ريـــكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ

التقرير الرئيسي



ريـــكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على
الموارد المائية وقابلية تأثُّر القطاعات الاجتماعية
والاقتصادية في المنطقة العربية

التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ

التقرير الرئيسي

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية
وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

شركاء ريكار

الجهات المانحة

حقوق النشر محفوظة © 2017
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

جميع الحقوق محفوظة بموجب الاتفاقيات ذات الصلة. لا يوجز استنساخ أي جزء من هذه الوثيقة أو نقله في أي شكل وبأي وسيلة، سواء بطريقة إلكترونية أو آلية، بما في ذلك الاستنساخ الفوتوغرافي، أو التسجيل أو استخدام أي نظام من نظم تخزين المعلومات واسترجاعها، دون الحصول على إذن خطي مسبق من الناشر. وترسل الاستفسارات إلى شعبة سياسات التنمية المستدامة في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، صندوق بريد: 8575-11, بيروت، لبنان.

البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org
الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org; www.riccar.org

متوفر عبر:
United Nations Publication
E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report

يشار إليه كمرجع بما يلي:
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) وآخرون، 2017. التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ- التقرير الرئيسي. Beirut,E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report.

المؤلفون:
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) التابع لجامعة الدول العربية
منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)
الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية
جامعة الدول العربية
المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية
برنامج الأمم المتحدة للبيئة
مكتب منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) في القاهرة
مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث
معهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

إخلاء المسؤولية:
ليس في التسميات المستخدمة في هذا المنشور، ولا في طريقة عرض مادته، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان للأمانة العامة للأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد، أو إقليم، أو مدينة، أو منطقة، أو بشأن سلطات أي منها، أو بشأن تعيين تخومها أو حدودها.

إن الآراء الواردة في هذه المادة الفنية هي آراء المؤلفين، وليست بالضرورة آراء الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، أو الحكومة السويدية، أو حكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية، أو جامعة الدول العربية أو الأمانة العامة للأمم المتحدة.

صدر هذا التقرير دون تحرير رسمي.

صورة الغلاف© Kertu- Fotolia.com #131675281
التصميم: غزل لبابيدي
مارلين داغر

توطئة

إن المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثُر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) مبادرة مشتركة بين الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية أطلقت في عام 2010.

وتنفَّذ ريكار عبر شراكة قائمة على التعاون بين 11 منظمة إقليمية ومتخصصة هي لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (فاو)، والوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية، وجامعة الدول العربية، والمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومكتب منظمة الأمم المتحدة للتربية و العلم و الثقافة (اليونسكو) في القاهرة، ومكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، ومعهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وتتولى الإسكوا تنسيق المبادرة الإقليمية. وقدمت تمويلَها الحكومة السويدية وحكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية.

وتنفَّذ ريكار برعاية المجلس الوزاري العربي للمياه وتستمد أهدافها من القرارات التي اعتمدها هذا المجلس، كما من مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية، والدورة الوزارية الخامسة والعشرين للإسكوا.

وغطت الحكومة السويدية تكاليف إعداد هذا التقرير ومرفقه التقني عن طريق الوكالة السويدية للتعاون الدولي في مجال التنمية.

المحتويات

توطئة III
تمهيد XIX
الجهات المساهمة والشكر والتقدير XX
الرموز والمختصرات XXII

لمحة عامة

الخلفية 3
1 التفويضات والشراكات 4
2 الأهداف 5
3 إطار التنفيذ 5

لمحة عامة 7
1 منهجية التقييم المتكامل 7
2 هيكل التقرير 8

المعلومات المرجعية ومجموعات البيانات 9
1 الخصائص المناخية للمنطقة العربية 9
1.1 المناطق والسمات المناخية 9
1.2 أنماط الغلاف الجوي التي تؤثر في تقلّبية المناخ 10
1.3 الظواهر المناخية المتطرفة والأخطار المرتبطة بالمناخ 11
2 تشخيص حالة المناخ 13
2.1 الاتجاهات المناخية المرصودة العالمية 13
2.2 الرصدات الإقليمية للمناخ 14
3 مؤشرات المناخ ومصادر البيانات 17
3.1 المتغيرات المناخية الأساسية 17
3.2 مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة 17
3.3 مصادر البيانات المتعلقة بالأرصاد الجوية 19
3.4 الموارد المائية في المنطقة العربية 21
4 الخصائص الطوبوغرافية والأرضية ومصادر البيانات المتعلقة بها 23
4.1 الخصائص الطوبوغرافية للمنطقة العربية 23
4.2 مصادر البيانات الطوبوغرافية وسائر البيانات المتعلقة بطبيعة الأرض 25
5 مصادر البيانات الاجتماعية والاقتصادية 27
5.1 مجموعات البيانات الديمغرافية 27
5.2 مجموعات البيانات الاقتصادية 27
5.3 مجموعات البيانات المتعلقة بالتكنولوجيا 27
5.4 مجموعات البيانات المتعلقة بالإنصاف 27
6 قواعد بيانات الخسائر الناجمة عن الكوارث 27
6.1 أبرز النتائج المستمدة من قواعد البيانات لخسائر الكوارث في دول عربية مختارة 28
6.2 استخدام بيانات تاريخية بشأن الكوارث لتحليل تغيّر المناخ 29

الحواشي 30
المراجع 32

الجزء الأول. تقييم الأثر

الفصل الأول

النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في المنطقة العربية 41

1.1 النمذجة المناخية العالمية 41
1.1.1 الفترة المرجعية وفترات الإسقاطات المستقبلية 42
1.1.2 مسارات التركيز النموذجية (RCPs) 42
1.2 النمذجة المناخية الإقليمية 43
1.2.1 النطاق العربي 44
1.2.2 اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية 46
1.3 النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 47
1.3.1 تصحيح الانحياز للنمذجة الهيدرولوجية 48
1.3.2 النماذج الهيدرولوجية المطبّقة 48
1.4 شرح التحليل وعرض النتائج 50
1.4.1 التحليل بالمجموعة 50
1.4.2 مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية 50
1.4.3 مخرجات النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 50
1.4.4 مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة 52
1.4.5 المخرجات الموسمية 54
1.4.6 النطاقات الفرعية 54

الحواشي 56
المراجع 57

الفصل الثاني

نتائج النمذجة المناخية الإقليمية للنطاق العربي ولنطاقات فرعية مختارة 61

2.1 التغير المَسقط في المناخ في النطاق العربي 61
2.1.1 التغير في درجات الحرارة 61
2.1.2 التغير في معدل التساقطات 62
2.1.3 التغير في مؤشرات الحرارة المتطرفة 66
2.1.4 التغير في مؤشرات التساقطات المتطرفة 68
2.2 تحليل مقارن مع التقييمات الإقليمية الأخرى للنمذجة المناخية 71
2.2.1 الاستنتاجات المتعلقة بالدول العربية في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ 71
2.2.2 استنتاجات من اسقاطات مناخية أخرى ذات صلة 72
2.2.3 الاستنتاجات المستمدة من CORDEX-MENA مقارنة بـ CORDEX-AFRICA 73
2.3 التغير المَسقط في المناخ في المرتفعات المغربية 79
2.4 التغير المَسقط في المناخ على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط 79

الحواشي 82
المراجع 83



الفصل الثالث

نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية للمنطقة العربية ولنطاقات فرعية مختارة 87

3.1 التغير المَسقط في مستوى توفر المياه بسبب تغيّر المناخ في المنطقة العربية 87
3.1.1 التغير في الجريان السطحي 87
3.1.2 التغير في التبخر النتحي 87

3.2 المرتفعات المغربية 92

3.3 ساحل البحر الأبيض المتوسط 93

الحواشي 94

المراجع 94



الفصل الرابع

الاستنتاجات بالنسبة لمجموعة مختارة من الأحواض المائية المشتركة في المنطقة العربية 95

4.1 حوض نهر النيل 96
4.1.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي 96
4.1.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ 96
4.1.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية 97
4.1.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 99

4.2 حوض نهري دجلة والفرات 100
4.2.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي 100
4.2.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ 101
4.2.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية 102
4.2.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 105

4.3 حوض نهر مجردة 107
4.3.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي 107
4.3.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ 107
4.3.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية 108
4.3.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 110

4.4 حوض نهر الأردن 111
4.4.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي 111
4.4.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ 111
4.4.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية 113
4.4.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 115

4.5 حوض نهر السنغال 116
4.5.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي 116
4.5.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ 116
4.5.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية 118
4.5.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية 118

الحواشي 121

المراجع 122



الفصل الخامس

تقييم أثر الظواهر المناخية المتطرفة في مجموعة مختارة من الأحواض 127

5.1 المؤشرات والظواهر المناخية المختارة للتحليل 128
5.1.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة 128
5.1.2 حالات الجفاف 128
5.1.3 حالات الفيضانات المتطرفة 128

5.2 حوض النهر الكبير - لبنان/الجمهورية العربية السورية 129
5.2.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة 129
5.2.2 حالات الجفاف 131
5.2.3 حالات الفيضانات المتطرفة 132

5.3 حوض نهر وادي الضيقة 133
5.3.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة 133
5.3.2 حالات الجفاف 135
5.3.3 حالات الفيضانات المتطرفة 136

5.4 حوض نهر مجردة 137
5.4.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة 137
5.4.2 حالات الجفاف 139
5.4.3 حالات الفيضانات المتطرفة 141

5.5 موجز لأبرز النتائج 141

الحواشي 142

المراجع 142



الفصل السادس

آثار تغيّر المناخ على قطاع الزراعة 143

6.1 أثر تغيّر المناخ على نظم الزراعة 144

6.2 أثر تغيّر المناخ على المواشي 147

6.3 أثر تغيّر المناخ على مصائد الأسماك وتربيتها 147

6.4 أثر تغيّر المناخ على الغابات 147

6.5 أثر تغيّر المناخ على مجموعة مختارة من المحاصيل الزراعية في مصر ولبنان والأردن 149

6.6 الاستنتاجات 152

الحواشي 154

المراجع 154



الفصل السابع

أثر تغيّر المناخ على صحة الإنسان في مجموعة مختارة من المناطق 155

7.1 الاعتبارات والنتائج المتعلقة بمؤشر الحرارة 156

7.2 دراسات حالة لأمراض المناطق المدارية المهملة 157
7.2.1 الإطار المفاهيمي 157
7.2.2 داء الليشمانيا 158
7.2.3 مرض البلهارسيا 159
7.2.4 التبعات والاستنتاجات 161
7.2.5 حدود الدراسة 162

الحواشي 164

المراجع 165

الجزء الثاني.
التقييم المتكامل لقابلية التأثر

الفصل الثامن
الخلفيّة والمنهجيّة 171
8.1 الإطار المفاهيمي 171
8.2 القطاعات المستهدفة والآثار 172
8.3 خطوات وضع المنهجية 172
8.4 منهجية رسم الخرائط المتكاملة 173
8.5 عرض النتائج 174
الحواشي 176
المراجع 177

الفصل التاسع
قطاع المياه - قابلية التأثر 179
9.1 توفر المياه 179
9.1.1 الفترة المرجعية 180
9.1.2 الفترات المستقبلية 182
9.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 187
الحواشي 188
المراجع 188

الفصل العاشر
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر 191
10.1 مناطق مكسوة بالغابات 191
10.1.1 الفترة المرجعية 192
10.1.2 الفترات المستقبلية 195
10.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 200
10.2 مناطق تغطيها الأراضي الرطبة 201
10.2.1 الفترة المرجعية 201
10.2.2 الفترات المستقبلية 204
10.2.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 209
10.3 قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية: قابلية التأثر الإجمالية 210
10.3.1 الفترة المرجعية 210
10.3.2 الفترات المستقبلية 211
10.3.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 213
الحواشي 216
المراجع 217

الفصل الحادي عشر
قطاع الزراعة - قابلية التأثر 219
11.1 المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية 219
11.1.1 الفترة المرجعية 220
11.1.2 الفترات المستقبلية 222
11.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 228
11.2 المياه المتوفرة لإرواء المواشي 229
11.2.1 الفترة المرجعية 229
11.2.2 الفترات المستقبلية 233
11.2.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 239
11.3 قطاع الزراعة: قابلية التأثر الإجمالية 239
11.3.1 الفترة المرجعية 239
11.3.2 الفترات المستقبلية 240
11.3.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 242
الحواشي 243
المراجع 243

الفصل الثاني عشر
قطاع البنية التحتية والمستوطنات البشرية - قابلية التأثر 245
12.1 مناطق فيضانات داخلية 245
12.1.1 الفترة المرجعية 246
12.1.2 الفترات المستقبلية 249
12.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 254
الحواشي 255
المراجع 255

الفصل الثالث عشر
قطاع الإنسان- قابلية التأثر 257
13.1 المياه المتوفرة للشرب 257
13.1.1 الفترة المرجعية 258
13.1.2 الفترات المستقبلية 261
13.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 266
13.2 الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري 266
13.2.1 الفترة المرجعية 267
13.2.2 الفترات المستقبلية 269
13.2.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 275
13.3 معدل العمالة في القطاع الزراعي 275
13.3.1 الفترة المرجعية 276
13.3.2 الفترات المستقبلية 279
13.3.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 284
13.4 قطاع الإنسان: قابلية التأثر الإجمالية 285
13.4.1 الفترة المرجعية 285
13.4.2 الفترات المستقبلية 285
13.4.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 286
الحواشي 289
المراجع 289

الفصل الرابع عشر
التقييم المتكامل لقابلية التأثر- ملخص 291
14.1 لمحة عامة عن اتجاهات قابلية التأثر 291
14.2 المناطق الشديدة التأثر (hotspots) 293

الخلاصة
النتائج والخلاصات الرئيسية 299
الخطوات المقبلة 303

الأشكال

الشكل 1: الإطار التنفيذي لريكار — 6

الشكل 2: الآليات التشاورية لريكار والتي يستند إليها التقييم المتكامل — 6

الشكل 3: منهجية التقييم المتكامل المتبعة في ريكار — 7

الشكل 4: توزُّع متوسط التساقطات السنوي في المنطقة العربية (1986-2005) — 10

الشكل 5: المتوسط العالمي المرصود للشذوذ في درجة حرارة سطح الأرض والمحيطات حتى عام 2012 (قياساً بالفترة 1986-2005) — 13

الشكل 6: المتوسط العالمي للتغير في مستوى سطح البحر حتى عام 2010 (قياساً بالفترة 1986-2005) — 13

الشكل 7: المتوسط العالمي المرصود لتركيزات غازات الإحتباس الحراري حتى عام 2011 — 13

الشكل 8: تواتر الأخطار بحسب النوع (في البلدان الستة مجتمعةً) — 29

الشكل 9: كل الخسائر الاقتصادية (بالدولار الأمريكي) بحسب نوع الأخطار — 29

الشكل 10: كل الخسائر الاقتصادية (بالدولار الأمريكي) بحسب البلد — 29

الفصل الأول — 29

الشكل 11: الفترات الزمنية المختارة للتحليل — 42

الشكل 12: مسارات التركيز النموذجية — 42

الشكل 13: إسقاطات تغير درجات الحرارة العالمية لسيناريوهات مسارات التركيز النموذجية ضمن المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة — 43

الشكل 14: رسم بياني للطريقة الأحادية الاتجاه لإدراج النماذج المناخية الإقليمية — 43

الشكل 15: نطاقات التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي (CORDEX) — 44

الشكل 16: مختلف مجموعات النطاقات التي اختُبرت لتحديد نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المشمول ببرنامج CORDEX (النطاق العربي) — 45

الشكل 17: نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المشمول ببرنامج — 45

الشكل 18: موقع النطاقات الفرعية المختارة للتحليل — 55

الفصل الثاني — 62

الشكل 19: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية (درجة مئوية) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية — 62

لشكل 20: التغير في متوسط درجات الحرارة (درجة مئوية) مع مرور الزمن في النطاق العربي بمتوسط متحرك لفترة 30 سنة بالنسبة لستة اسقاطات مناخية فردية — 62

الشكل 21: متوسط التغير في معدل التساقطات السنوية (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية — 63

الشكل 22: متوسط التغير في معدل التساقطات حسب الموسم (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 مقارنة بالفترة المرجعية — 64

الشكل 23: متوسط التغير في معدل التساقطات حسب الموسم (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية — 64

الشكل 24: توافق بشأن متوسط التغير في معدل التساقطات السنوية من الفترة المرجعية، بين مجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته — 65

الشكل 25: متوسط التغير في عدد أيام الصيف (SU) (الأيام/بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية — 66

الشكل 26: متوسط التغير في عدد الأيام الحارة (SU35) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية — 67

الشكل 27:
متوسط التغير في عدد الأيام الحارة جداً (SU40) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية
67

الشكل 28:
متوسط التغير في عدد الليالي الاستوائية (TR) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية
68

الشكل 29:
متوسط التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية
69

الشكل 30:
متوسط التغير في الطول الأقصى لفترات المطر (CWD) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية
69

الشكل 31:
متوسط التغير في العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≤ 10 ملم (R10) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية
70

الشكل 32:
متوسط التغير في العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≤ 20 ملم (R20) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية
70

الشكل 33:
التغير في مؤشر شدة التساقطات البسيط (SDII) (ملم) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية2011
71

الشكل 34:
الحدود المكانية للمناطق الجغرافية المستخدمة في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ
72

الشكل 35:
المقارنة بين نتائج CORDEX-MENA و CORDEX-AFRICA من حيث تغير درجات الحرارة في نهاية القرن
74

الشكل 36:
عدد نماذج CORDEX-AFRICA الواقعة ضمن مدى نماذج CORDEX-MENA من حيث درجات الحرارة في نهاية القرن
74

الشكل 37:
المقارنة بين نتائج CORDEX-MENA و CORDEX-AFRICA من حيث تغير معدلات التساقطات في نهاية القرن
75

الشكل 38:
عدد نماذج CORDEX-AFRICA الواقعة ضمن مدى نماذج CORDEX-MENA من حيث معدلات التساقطات في نهاية القرن
75

الشكل 39:
المدى المكاني للنطاق المختار باستخدام نموذج ALADIN-Climate
76

الشكل 40:
التغير المستقبلي في مختلف متغيرات اسقاطات نموذج ALA-DIN-Climate في إطار RCP 4.5 للفترة 2036-2065 مقارنة بالفترة المرجعية 1971-2000
77

الشكل 41:
التغير المستقبلي في مختلف متغيرات اسقاطات نموذج ALADIN-Climate في إطار RCP 8.5 للفترة 2036-2065 مقارنة بالفترة المرجعية 1971-2000
77

الشكل 42:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة المرتفعات المغربية
80

الشكل 43:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط
81

الفصل الثالث

الشكل 44:
متوسط التغير في الجريان السطحي السنوي (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية باستخدام نموذجين هيدرولوجيين
88

الشكل 45:
توافق بشأن متوسط التغير في الجريان السطحي السنوي من الفترة المرجعية، بين مجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته
89

الشكل 46:
متوسط التغير في مستوى التبخر النتحي السنوي (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية باستخدام نموذجين هيدرولوجيين
90

الشكل 47:
توافق بشأن متوسط التغير في مستوى التبخر النتحي السنوي من الفترة المرجعية، بين مجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته
91

الشكل 48:
متوسط التغير في الجريان السطحي و مستوى التبخر النتحي (باستخدام HYPE و VIC) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة المرتفعات المغربية
92

الشكل 49:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) واستبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 في منطقة المرتفعات المغربية
92

الشكل 50:
متوسط التغير في الجريان السطحي و مستوى التبخر النتحي (باستخدام HYPE و VIC) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط
93

الشكل 51:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط
93

الفصل الرابع

الشكل 52:
خريطة حوض نهر النيل وامتداد النطاق الفرعي
96

الشكل 53:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع النيل الأزرق
98

الشكل 54:
متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع النيل الأزرق
99

الشكل 55:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 في منابع النيل الأزرق
99

الشكل 56:
خريطة حوضي نهري دجلة والفرات وامتداد النطاق الفرعي
100

الشكل 57:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر دجلة
103

الشكل 58:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر الفرات
104

الشكل 59:
متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر دجلة
105

الشكل 60:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لمنابع نهر دجلة
106

الشكل 61:
متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر الفرات
106

الشكل 62:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لمنابع نهر الفرات
106

الشكل 63:
خريطة حوض نهر مجردة وامتداد النطاق الفرعي
107

الشكل 64:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة
109

الشكل 65:
متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في نهر مجردة
110

الشكل 66:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لنهر مجردة
110

الشكل 67:
خريطة حوض نهر الأردن وامتداد النطاق الفرعي
111

الشكل 68:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر الأردن
114

الشكل 69:
متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في نهر الأردن
115

الشكل 70:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لنهر الأردن
115

الشكل 71:
خريطة حوض نهر السنغال وامتداد النطاق الفرعي
116

الشكل 72:
متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر السنغال
119

الشكل 73:
متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر السنغال
120

الشكل 74:
المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لمنابع نهر السنغال
120

الفصل الخامس

الشكل 75:
دراسات حالة بشأن الظواهر المناخية المتطرفة: المنطقة المشمولة بالدراسة
127

الشكل 76:
متوسط التغير في مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض النهر الكبير
130

الشكل 77:
الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الستة أشهر لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض النهر الكبير
132

الشكل 78:
الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض النهر الكبير
132

الشكل 79:
متوسط عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض النهر الكبير
132

الشكل 80:
متوسط التغير في قيمة الفيضان لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 وRCP 8.5 في حوض النهر الكبير
132

الشكل 81:
متوسط التغير في مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة
134

الشكل 82:
الاتجاهات المَسقطة لمؤشر SPI على فترة الستة أشهر لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة
136

الشكل 83:
الاتجاهات المَسقطة لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة
136

الشكل 84:
متوسط عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر وادي الضيقة
136

الشكل 85:
متوسط التغير في قيمة الفيضان لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 وRCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة
136

الشكل 86:
متوسط التغير في مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة
138

الشكل 87:
الاتجاهات المَسقطة لمؤشر SPI على فترة الستة أشهر لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة
140

الشكل 88:
الاتجاهات المَسقطة لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة
140

الشكل 89:
متوسط عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر مجردة
141

الشكل 90:
متوسط التغير في قيمة الفيضان لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 وRCP 8.5 في حوض نهر مجردة
141

الفصل السادس

الشكل 91:
أبرز نظم الزراعة في المنطقة العربية
144

الشكل 92:
توزيع (بالنسبة المئوية) أبرز نظم الزراعة في فئات قابلية التأثر (منتصف القرن)
145

الشكل 93:
توزيع (بالنسبة المئوية) أبرز نظم الزراعة في فئات قابلية التأثر (نهاية القرن)
145

الشكل 94:
توزيع مساحة المحاصيل في فئات قابلية التأثر (منتصف القرن)
146

الشكل 95:
توزيع مساحة المحاصيل في فئات قابلية التأثر (نهاية القرن)
146

الشكل 96:
نسبة مساحات المحاصيل المروية المعرضة إلى الفئتين الأعلى قابلية للتأثر
146

الشكل 97:
مكان المواقع التجريبية للتحقيق في آثار تغير المناخ
148

الشكل 98:
محاكاة غلة محاصيل الذرة والقمح والقطن وطول فترة نموها في مصر للفترة المرجعية ومنتصف القرن ونهاية القرن في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5
150

الشكل 99:
محاكاة غل ة محاصيل الباذنجان والذرة والبطاطا وطول فترة نموها في لبنان للفترة المرجعية ومنتصف القرن ونهاية القرن في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5
151

الشكل 100:
محاكاة غلة محاصيل القمح والشعير وطول فترة نموها في الأردن للفترة المرجعية ومنتصف القرن ونهاية القرن في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5
152

الفصل السابع

الشكل 101:
التعرض الماضي والمُسقط لداء الليشمانيا في شمال أفريقيا في تشرين الثاني/نوفمبر
159

الشكل 102:
التأثرية لداء الليشمانيا وانعدام القدرة على التكيف معه في المغرب
159

الشكل 103:
التعرض في الماضي والمُسقط لمرض البلهارسيا في مصر في كانون الأول/ديسمبر
160

الشكل 104:
التأثرية لداء البلهارسيا وانعدام القدرة على التكيف معه في مصر
161

الفصل الثامن

الشكل 105: مكوّنات قابلية التأثر استناداً إلى تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ 171

الشكل 106: القطاعات والقطاعات الفرعية المختارة لتقييم قابلية التأثر في المنطقة العربية 172

الشكل 107: عرض النتائج 175

الفصل التاسع

الشكل 108: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة لتوفر المياه 179

الشكل 109: توفر المياه - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل 180

الشكل 110: توفر المياه - القدرة على التكيف 181

الشكل 111: توفر المياه - الفترة المرجعية - قابلية التأثر 182

الشكل 112: توفر المياه - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل 183

الشكل 113: توفر المياه - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل 183

الشكل 114: توفر المياه - نهاية القرن RCP- 4.5 الأثر المحتمل 184

الشكل 115: توفر المياه - نهاية القرن RCP- 8.5 الأثر المحتمل 184

الشكل 116: توفر المياه - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 185

الشكل 117: توفر المياه - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 186

الشكل 118: توفر المياه - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 186

الشكل 119: توفر المياه - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 187

الفصل العاشر

الشكل 120: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمناطق المكسوة بالغابات 191

الشكل 121: مناطق مكسوة بالغابات - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل 191

الشكل 122: مناطق مكسوة بالغابات - القدرة على التكيف 193

الشكل 123: مناطق مكسوة بالغابات - الفترة المرجعية - قابلية التأثر 194

الشكل 124: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل 195

الشكل 125: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل 196

الشكل 126: مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP- 4.5 الأثر المحتمل 196

الشكل 127: مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP- 8.5 الأثر المحتمل 197

الشكل 128: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 198

الشكل 129: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 199

الشكل 130:
مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
199

الشكل 131:
مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
200

الشكل 132:
سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمناطق التي تغطيها الأراضي الرطبة
201

الشكل 133:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل
202

الشكل 134:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - القدرة على التكيف
203

الشكل 135:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - الفترة المرجعية - قابلية التأثر
204

الشكل 136:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل
205

الشكل 137:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل
205

الشكل 138:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل
206

الشكل 139:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل
206

الشكل 140:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
207

الشكل 141:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
208

الشكل 142:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
208

الشكل 143:
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
209

الشكل 144:
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر- الفترة المرجعية
210

الشكل 145:
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 4.5
211

الشكل 146:
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 8.5
212

الشكل 147:
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 4.5
212

الشكل 148:
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 8.5
213

الشكل 149:
خريطة للأهوار العراقية تُبرز المناطق الرئيسية الأربع
214

الشكل 150:
التغير الذي شهدته مساحة الأهوار الجنوبية في الفترة من عام 1973 إلى عام 2010
214

الفصل الحادي عشر

الشكل 151:
سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية
219

الشكل 152:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل
221

الشكل 153:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - القدرة على التكيف
221

الشكل 154:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - الفترة المرجعية - قابلية التأثر
222

الشكل 155:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل
223

الشكل 156:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل
224

الشكل 157:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل
224

الشكل 158:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل
225

الشكل 159:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
226

الشكل 160:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
227

الشكل 161:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
227

الشكل 162:
المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
228

الشكل 163:
سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمياه المتوفرة لإرواء المواشي
229

الشكل 164:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل
230

الشكل 165:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - القدرة على التكيف
231

الشكل 166:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - الفترة المرجعية - قابلية التأثر
232

الشكل 167:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل
233

الشكل 168:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل
234

الشكل 169:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل
234

الشكل 170:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل
235

الشكل 171:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
237

الشكل 172:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
237

الشكل 173:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
238

الشكل 174:
المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
238

الشكل 175:
قطاع الزراعة - قابلية التأثر- الفترة المرجعية
239

الشكل 176:
قطاع الزراعة - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 4.5
240

الشكل 177:
قطاع الزراعة - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 8.5
241

الشكل 178:
قطاع الزراعة - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 4.5
241

الشكل 179:
قطاع الزراعة - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 8.5
242

الفصل الثاني عشر

الشكل 180:
سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة لمناطق فيضانات داخلية
245

الشكل 181:
مناطق فيضانات داخلية - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل
247

الشكل 182:
مناطق فيضانات داخلية - القدرة على التكيف
248

الشكل 183:
مناطق فيضانات داخلية - الفترة المرجعية - قابلية التأثر
249

الشكل 184:
مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل
250

الشكل 185:
مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل
250

الشكل 186:
مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل
251

الشكل 187:
مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل
251

الشكل 188:
مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
252

الشكل 189:
مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
253

الشكل 190:
مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
253

الشكل 191:
مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
254

الفصل الثالث عشر

الشكل 192:
سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمياه المتوفرة للشرب
257

الشكل 193:
المياه المتوفرة للشرب - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل
259

الشكل 194:
المياه المتوفرة للشرب - القدرة على التكيف
259

الشكل 195:
المياه المتوفرة للشرب - الفترة المرجعية - قابلية التأثر
260

الشكل 196:
المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل
261

الشكل 197:
المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل
262

الشكل 198:
المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل
262

الشكل 199:
المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل
263

الشكل 200:
المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
264

الشكل 201:
المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
264

الشكل 202:
المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر
265

الشكل 203:
المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر
265

الشكل 204:
سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري
266

الشكل 205:
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل
267

الشكل 206:
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - القدرة على التكيف
268

الشكل 207:
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - الفترة المرجعية - قابلية التأثر
269

الشكل 208:
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل
270

الشكل 209:
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل
270

الشكل 210:
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل
271

الشكل 211: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل 271

الشكل 212: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 273

الشكل 213: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 273

الشكل 214: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 274

الشكل 215: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 274

الشكل 216: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة لمعدل العمالة في القطاع الزراعي 275

الشكل 217: معدل العمالة في القطاع الزراعي - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل 276

الشكل 218: معدل العمالة في القطاع الزراعي - القدرة على التكيف 277

الشكل 219: معدل العمالة في القطاع الزراعي - الفترة المرجعية - قابلية التأثر 278

الشكل 220: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل 279

الشكل 221: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل 280

الشكل 222: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل 280

الشكل 223: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل 281

الشكل 224: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 282

الشكل 225: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 283

الشكل 226: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر 283

الشكل 227: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر 284

الشكل 228: قطاع الإنسان - قابلية التأثر- الفترة المرجعية 285

الشكل 229: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 4.5 286

الشكل 230: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 8.5 287

الشكل 231: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 4.5 287

الشكل 232: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 8.5 288

الفصل الرابع عشر

الشكل 233: قطاع المياه - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5 294

الشكل 234: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5 294

الشكل 235: قطاع الزراعة - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5 295

الشكل 236: قطاع البنية التحتية والمستوطنات البشرية - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5 295

الشكل 237: قطاع الإنسان - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5 296

الجداول

الجدول 1:
المتغيرات المناخية الأساسية
17

الجدول 2:
مؤشرات المناخ (التي وضعتها فرقة الخبراء التابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية المعنية بكشف تغيّر المناخ ومؤشراته)
18

الجدول 3:
موجز الخسائر والأضرار في الدول العربية المختارة للفترات التي تغطيها البيانات المحددة
28

الجدول 4:
عمليات محاكاة النمذجة المناخية الإقليمية في نطاق CORDEX-MENA التي أجراها مركز روسبي لدى المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية وفي إطار ريكار
46

الجدول 5:
النماذج الهيدرولوجية المستخدمة في إطار ريكار
48

الجدول 6:
أوصاف مجموعات نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي الرابع (RCA4)
50

الجدول 7:
متغيرات مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية
51

الجدول 8:
مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة موضوع الدراسة
52

الجدول 9:
المقارنة بين نتائج مؤشرات الحرارة و SU40 في الفترة المرجعية المشمولة بريكار (1986-2005) و بيانات الرصد المستمدة من المحطات (1980-2008)
53

الجدول 10:
مقارنة النتائج المتعلقة بالتساقطات بين النمذجة المناخية الإقليمية في ريكار (1986-2005) والبيانات المستمدة من المحطات (1980-2008)
53

الجدول 11:
قائمة النطاقات الفرعيّة التي يشملها التحليل
55

الجدول 12:
وصف المحاكاة
76

الجدول 13:
المؤشرات المعروضة
128

الجدول 14:
قيم مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض النهر الكبير
131

الجدول 15:
متوسط مجموعة قيَم الفيضانات لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض النهر الكبير
132

الجدول 16:
قيَم مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر وادي الضيقة
135

الجدول 17:
متوسط مجموعة قيَم الفيضانات لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر وادي الضيقة
136

الجدول 18:
قيَم مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر مجردة
139

الجدول 19:
النسبة المئوية المُسقطة من الوقت الذي يشهد حالات جفاف معتدل وحاد ومتطرف حتى نهاية القرن، لقيمة مؤشر SPI على فترة الستة أشهر وقيمة مؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً في حوض نهر مجردة
140

الجدول 20:
متوسط مجموعة قيَم الفيضانات لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر مجردة
141

الجدول 21:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية التأثر إزاء توفر المياه
185

الجدول 22:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المناطق المكسوة بالغابات
198

الجدول 23:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المناطق التي تغطيها الأراضي الرطبة
207

الجدول 24:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية
211

الجدول 25:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية
225

الجدول 26:
الطلب على المياه لمزروعات معينة في المنطقة العربية
226

الجدول 27:
محتوى كمية المياه الافتراضية لمجموعة مختارة من المواشي في المنطقة العربية
230

الجدول 28:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المياه المتوفرة لإرواء المواشي
236

الجدول 29:
النسبة المئوية لأعداد الحيوانات المجترة بحسب فئات قابلية التأثر لكل من السيناريوهات
236

الجدول 30:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر قطاع الزراعة
240

الجدول 31:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر مناطق الفيضانات داخلية
252

الجدول 32:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المياه المتوفرة للشرب
263

الجدول 33:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري
272

الجدول 34:
متوسط البارامترات المناخية بحسب فئات قابلية التأثر
272

الجدول 35:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر معدل العمالة في القطاع الزراعي
281

الجدول 36:
متوسط مؤشرات الحساسية المختارة لمعدل العمالة في القطاع الزراعي
282

الجدول 37:
النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر قطاع الإنسان
286

الجدول 38:
ملخص نتائج تقييم قابلية التأثر
292

الإطارات

الإطار 1:
العواصف الرملية والترابية في المنطقة العربية
12

الإطار 2:
واحة سيوة في مصر
25

الإطار 3:
مقارنة بيانات الفترة المرجعية لريكار مع بيانات رصد في شبه الجزيرة العربية
53

الإطار 4:
الإسقاطات المناخية من نموذج ALADIN-Climate للمنطقة العربية
76

الإطار 5:
استخدام مخرجات ريكار لإثراء البحوث المتعلقة بالأحواض
120

الإطار 6:
تفشي بعض الأمراض مؤخراً بسبب الظروف المناخية: الحمى الصفراء وأمراض أخرى
163

الإطار 7:
تبعات تغيّر المناخ على أهوار العراق
213

الإطار 8:
تطبيق التقييم المتكامل لقابلية التأثر على الصعيد القطري
296

تمهيد

يشكل هذا التقرير العربي حول تقييم تغيّر المناخ ثمرة للأعمال التي تم الاضطلاع بها في إطار المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) التي شاركت في إطلاقها جامعة الدول العربية ومنظمات تابعة للأمم المتحدة بعد الإعلان العربي الأول حول تغير المناخ الصادر في كانون الأول/ديسمبر 2007.

ويشكل هذا التقرير أول تقييم إقليمي شامل لتأثير تغيّر المناخ على الموارد المائية في المنطقة العربية كوحدة جغرافية مكانية واحدة، وذلك من خلال توليد مجموعات من الإسقاطات في إطار نمذجة إقليمية مناخية وهيدرولوجية حتى عام 2100. وهو الأول من نوعه من حيث تقييمه المتكامل لآثار تغيّر المناخ هذه بسبب وقعها على قابلية التأثر الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في الدول العربية. والتحليلات السابقة لتغيّر المناخ في المنطقة العربية استُمدت من التقييمات العالمية التي تقسم الدول العربية إما بين قارتي آسيا وأفريقيا أو نطاقات فرعية مختلفة؛ أو كمخرجات نمذجة قائمة بذاتها؛ أو دراسات على المستوى القطري تهدف إلى إعطاء صورة تمثل المناطق، على الرغم من اختلاف الافتراضات والسيناريوهات والمنهجيات.

والنتائج الواردة في هذا التقرير تسد هذا النقص وتستند إلى إطار منهجي واحد موحد يسري على المنطقة العربية كلها، مما يسمح بالحوار على الصعيد الإقليمي وتبادل المعلومات بين مجموعات الجهات العربية المعنية، سواء أكانت تقع على المحيط الأطلسي أو بحر عُمان. واستُحدث هذا الإطار ضمن ريكار من خلال شراكة تعاونية ضمت جامعة الدول العربية ومنظمات تابعة للأمم المتحدة ووكالات متخصصة، وذلك من خلال إشراك علماء وأصحاب مصلحة في تقييم متكامل يأخذ في الاعتبار مؤشرات إقليمية خاصة تتعلق بالجغرافيا والمناخ والمياه وقابلية التأثر، وتستند إلى أساليب علمية. وهذه الخلاصات هي أيضاً نتيجة للشراكة التي أُرسيت مع مشروع التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام) الذي ساهم إلى حد بعيد في التقييم المتكامل لقابلية التأثر المشمول بهذا التقرير.

وقد ساهم إعداد هذا التقرير ونتائجه على حد سواء في إثراء حوار السياسات بشأن تغير المناخ على مستوى المنطقة العربية. وقد عزز قدرة الحكومات والخبراء والمجتمع المدني على الاستفادة من علوم المناخ لإرشاد عمليات صنع القرار، وذلك عبر تزويدهم بالمعلومات والتفاعل معهم بانتظام خلال المرحلة التحضيرية، عن طريق الدورات الحكومية الدولية، ومجموعات الخبراء، والمنتديات الاستشارية، وحلقات العمل، والمجموعات العاملة، وفرق العمل، والاجتماعات الرفيعة المستوى. وشمل ذلك المداولات التي جرت برعاية المجلس الوزاري العربي للمياه، واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية، والمجموعة العربية للمفاوضين العرب بشأن تغيّر المناخ المسؤولة أمام مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة.

وبذا، يسر الشركاء التنفيذيين والجهات المانحة للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية أن يقدموا إليكم – أنتم أصحاب المصلحة والزملاء – هذا التقرير العربي حول تقييم تغيّر المناخ وذلك بعد 10 سنوات من صدور الإعلان العربي الأول حول تغيّر المناخ. ويؤمل أن يستمر هذا التقرير في إثراء الحوار الإقليمي وتحديد الأولويات والمواقف من مسألة تغيّر المناخ في المنطقة العربية، على النحو المتوخى في إطار هذا الجهد الإقليمي التعاوني.

الجهات المساهمة والشكر والتقدير

الشركاء التنفيذيون لريكار

في ما يلي أسماء الخبراء من ضمن الشركاء التنفيذيين لريكار والذين ساهموا في تحضير هذا التقرير أو إعداده. الأسماء مذكورة بالترتيب الأبجدي.

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا): المنسقون

مارلين توماسكييوكز[1]
زياد خياط
ثريا زين
كارول شوشاني شرفان[1]
طارق صادق
جويل قمير[1]
رلى مجدلاني

جامعة الدول العربية

جمال جاب الله
شهيرة وهبي
أشرف نور شلبي

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)

هيام الأشقر[1]
إيهاب جناد[1]

الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية (GIZ)

ماتياس برتلز[1]
عبدالله دروبي
حمّو لعمراني[2]
غيرهارد ليختنتهالر[2]

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (فاو)

صافيناز أحمد
عزيز البرحي[1]
عبد الحميد حامد[2]
باسكوال ستيدوتو[2]
جيوسيبينا سينارديي[2]
محمد عبد المنعم
ألسندرا فالكوتشي[2]
جيانلوكا فرنشيسكيني
فوزي كراجي[2]
ميشيلّا مارينيلّي
آنّ موتّيت[2]

المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية (SMHI)

كريستينا أليونتي إكلوند
توماس بوسّهارد[1]
نينا بوسّهارد[1]
جويل دهني[1]
إلين سيبكفيست[2]
قاسم علوي[1]
بود غبوبانييي[2]
فيل غراهام[1]
إليونور مارمِفلت
غريغوري نكولين[1]

مكتب منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) في القاهرة

بشر إمام
عبد العزيز زكي

برنامج الأمم المتحدة للبيئة - مكتب غربي آسيا (UN Environment)

ديان كليمي

معهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة (UNU-INWEH)

فلاديمير سماختين

مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث (UNISDR)

راجي سارو
سحر صفي

المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)

عمر بدّور
روبا كومار كولّي

الجهات المانحة

أمكن إعداد هذا التقرير بفضل مساهمة الشركاء التنفيذيين لريكار والدعم المالي الذي قدمته الجهات التالية:

الحكومة السويدية - الوكالة السويدية للتعاون الدولي من اجل التنمية (سيدا)

حكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية - الوزارة الإتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية عبر مشروع التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام) الذي تشرف عليه الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية.

المساهمون من خبراء ومراجعين وأعضاء في فريق العمل المعني بتقييم قابلية التأثر

وفاء أبو الحسن، شعبة الإحصاءات، الإسكوا
ياسر أبو النصر، الجامعة الأميركية في بيروت، لبنان
آية بدران، الجامعة الأميركية في بيروت، لبنان
أدريانا بروغمان، معهد قبرص، قبرص

عمر عبد العزيز حلاج، الجامعة الأميركية في بيروت، لبنان

فاطمة دريوش، مديرية الأرصاد الجوية الوطنية، المغرب[2]

خالد الراز، مديرية الأرصاد الجوية الوطنية، المغرب

بثينة راشد، شعبة سياسات التنمية المستدامة، الإسكوا

رشيد زعبول، المركز الدولي للزراعة الملحية، الإمارات العربية المتحدة

رمزي الزعتري، شعبة الإحصاءات، الإسكوا

جورج زيّس، معهد قبرص، قبرص

جورجي ستِنشيكوف، جامعة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية

فهد سعيد، مركز الخدمات المناخية، ألمانيا

أحمد حميد شهاب، وزارة الموارد المائية، العراق

سعيد الصارمي، مجلس التعاون الخليجي، المملكة العربية السعودية[2]

شادي عبد الله، المجلس الوطني للبحوث العلمية، لبنان

ربى عرجا، شعبة التنمية الاجتماعية، الإسكوا

وديد عريان، جامعة القاهرة، مصر

خديجة كبيدي، الوزيرة المفوضة المسؤولة عن شؤون المياه، المغرب

إسماعيل لبّاد، شعبة الإحصاءات، الإسكوا

منصور المزروعي، جامعة الملك عبد العزيز، المملكة العربية السعودية

بانوس هاديينيكولاو، معهد قبرص، قبرص

نقاط الإتصال الوطنية المعنية بالشؤون الهيدرولوجية

مذكورة بالترتيب الأبجدي بحسب البلد

صالح العوران، وزارة المياه والري، الأردن

إسماعيل علمي هابان، وزارة الزراعة وثروة الحيوانية والصيد البحري، جيبوتي

عمار أبو بكر عبد الله، وزارة الموارد المائية والري والكهرباء، السودان

وداد متوكل سعدالله، وزارة الموارد المائية والري والكهرباء، السودان

أحمد شهاب، وزارة الموارد المائية، العراق

سهير زكي، وزارة الموارد المائية، العراق

علي بن محسن بن جواد، وزارة البلديات الإقليمية ومواردالمياه، عُمان

سلام أبو هنطش، سلطة المياه الفلسطينية، دولة فلسطين

سعد عبد الله الحتمي، وزارة البيئة، قطر

ياسر بن مسفر الأسمري، وزارة المياه والكهرباء، المملكة العربية السعودية

محمد عبد الله علي، وزارة المياه والصرف الصحي، موريتانيا

عبد الخالق علوان، وزارة المياه والبيئة، اليمن

أعضاء الفريق المعني بتقييم قابلية التأثر

فؤاد أبو سمرا، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، البحرين

علي إدينجال، الهيئة الاستشارية التابعة للمركز الوطني للأرصاد الجوية الوطنية، ليبيا

منيا براهام، وزارة البيئة، تونس

ماتياس برتلز، مشروع التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام)، الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية، مصر

إيهاب جناد، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، الجمهورية العربية السورية

صباح الجنيد، جامعة الخليج العربي، البحرين

نهال الحمصي، منظمة الصحة العالمية، لبنان

عبد العزيز زكي، اليونسكو، مصر

أشرف نور شلبي، جامعة الدول العربية، مصر

كارول شوشاني شرفان، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

محمد عبد ربّه، جامعة الإسكندرية، مصر

طارق عبد العزيز، وزارة الموارد المائية والري، مصر

ديب عبد الغفور، سلطة المياه الفلسطينية، دولة فلسطين

نديم فرج الله، الجامعة الأميركية في بيروت، لبنان

راشيل مكدونّيل، المركز الدولي للزراعة الملحية، الإمارات العربية المتحدة

المستشارون التقنيون

ألكسندر كاريوس، أدلفي كونسلت (Adephi Consult)، ألمانيا

كرستين فريتزشي، أدلفي كونسلت (Adephi Consult)، ألمانيا

ستيفان شنيدرباور، معهد الاستشعار التطبيقي عن بعد، أكاديمية بوزِن/بولزانو الأوروبية، إيطاليا

كاترين ريتّير، معهد الاستشعار التطبيقي عن بعد، أكاديمية بوزِن/بولزانو الأوروبية، إيطاليا

شكر خاص

إلى الزملاء أدناه الذين ساهموا في تحضير التقرير أو تقدّمه:

فؤاد أو سمرا، لونا أبو صويح، كاترين إيدنلّ، محمود السباعي، سارة دكين[2]، دوني القوستا، فاطمة الملّاح، أندِرز ياغرسكوك، خالد معوض، نانور مومجيان، جورج نصر، أتسوكو أوكودا، خوسيه أنطونيو بيدروسا غارسيا، ديبتر برنز، يانّيس روستيج، وائل سيف، جون سلون، عادل زافار

فريق التحرير والتصميم والطباعة لدى الإسكوا

جوديث تورّيس

مارلين داغر

الهادي رضوان

إميل عون

غزل لبابيدي

[1] مؤلف رئيسي

[2] مؤلف مساهم

الرموز والمختصرات

abs.diff	الفرق المطلق
ACCWaM	مشروع التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام)
ACSAD	المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)
ALADIN	مشروع "علاء الدين" - مجال محدود، تطويع ديناميكي، تطوير دولي
APR-SEP	الفترة الزمنية من نيسان إلى أيلول
ArabCOF	المنتدى العربي لتوقعات المناخ
ArcGIS	نظام المعلومات الجغرافية
AR4	تقرير التقييم الرابع (للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ)
BCIP	مشروع مقارنة لتصحيح الانحياز
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف
CH_4	الميثان
CL	الليشمانيا الجلدي
CMIP5	المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة
CNRM-CM5	المركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية - النموذج المناخي 5
CORDEX	التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي
CORDEX-AFRICA	التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي - منطقة أفريقيا
CORDEX-MENA	التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي - منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
CPET	البرنامج التعاوني لنهري الفرات ودجلة
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر
C3 (crops)	(محاصيل) ثلاثية الكربون
CYI-WRF	معهد قبرص - الأبحاث والتنبؤات في مجال الأرصاد الجوية
DARE	إنقاذ البيانات المناخية
DBS	الطريقة القائمة على التوزيع لتصحيح الإنحياز
DEM	نموذج الارتفاعات الرقمي
DTR	نطاق التغير اليومي في درجة الحرارة
EAF	شرق أفريقيا
EBM	إدارة قائمة على النظم البيئية
EC-EARTH	نموذج نظام الأرض القائم على أنظمة نماذج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى
ECMWF	المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى
EH	المرتفعات الإثيوبية (منابع النيل الأزرق)
ESCWA	لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)
ESM	نموذج نظام الأرض
ETCCDI	فرقة الخبراء المعنية بكشف تغيّر المناخ ومؤشراته
EU	حوض الفرات الأعلى (منابع نهر الفرات)
FAO	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (فاو)
FRRMIS	نظام إدارة معلومات للحدّ من مخاطر الفيضانات والاستجابة لها
GCM	نموذج مناخي عالمي أو نموذج دوران عالمي
GCOS	النظام العالمي لرصد المناخ
GFDL-ESM2M	نموذج نظام الأرض 2 الذي وضعه مختبر ديناميكيات السوائل الجيوفيزيائية
GIZ	الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية
HEC-HMS	نموذج نظام وضع النماذج الهيدرولوجية (نموذج هيدرولوجي)
HYPE	نموذج التنبؤات الهيدرولوجية للبيئة (نموذج هيدرولوجي)
IM	رسم خرائط متكاملة
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ
ITCZ	نقطة الإلتقاء المدارية
JR	نهر الأردن
MD	ساحل البحر الأبيض المتوسط
MED	جنوب أوروبا/منطقة البحر الأبيض المتوسط

MH	المرتفعات المغربية
m	متر
mm	مليمتر
mm/month	مليمتر في الشهر
m^3/sec	متر مكعب في الثانية
MNA22	استبانة 25 كلم (0.22 درجة في نطاق MENA)
MNA44	استبانة 50 كلم (0.44 درجة في نطاق MENA)
MR	نهر مجردة
MSLP	متوسط الضغط عند مستوى سطح البحر
NAO	ظاهرة التذبذب في شمال المحيط الأطلسي
NCAR	المركز الوطني للأبحاث الجوية في الولايات المتحدة
NWP	التنبؤ العددي بأحوال الطقس
N_2O	أكسيد النيتروز
OCT-MAR	الفترة الزمنية من تشرين الأول إلى آذار
ppb	أجزاء من البليون
RCA4	نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي
RCM	النمذجة المناخية الإقليمية
RCP	مسار التركيز النموذجي
RHM	النماذج الهيدرولوجية الإقليمية
RICCAR	المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الإجتماعية والإقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)
R10	العدد السنوي للأيام التي يتجاوز فيها معدّل التساقطات 10 ملم (أيام التساقطات الغزيرة)
R20	العدد السنوي للأيام التي يتجاوز فيها معدّل التساقطات 20 ملم (أيام التساقطات الغزيرة جداً)
SAH	الصحراء الكبرى
SDII	مؤشر الشدة اليومية البسيط
Sida	الوكالة السويدية للتعاون الدولي من اجل التنمية (سيدا)
SMHI	المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية
SPI	الرقم القياسي المعياري للهطول
SR	منابع نهر السنغال
SRES	سيناريوهات التقرير الخاص
SU	عدد أيام الصيف
SU35	عدد الأيام الحارة
SU40	عدد الأيام الحارة جداً
Td	درجة حرارة نقطة الندى
ton/ha	طن بالهكتار
TR	عدد الليالي الإستوائية
TU	حوض دجلة الأعلى (منابع نهر دجلة)
UN Environment	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNESCO	منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو)
UNISDR	مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث
UNU-INWEH	معهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة
VA	تقييم قابلية التأثّر
VA-WG	الفريق العامل المعني بتقييم قابلية التأثر
VIC	نموذج قدرة التسرب المتغيرة (نموذج هيدرولوجي)
WADI	مؤشر الأمراض المرتبطة بالمياه
WAF	غرب أفريقيا
WAS	غرب آسيا
WCRP	البرنامج العالمي للبحوث المناخية
WMO	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
WRF	نموذج البحث والتنبؤات في مجال الأرصاد الجوية
W/m^2	واط للمتر المربع
6-month SPI value	قيمة مؤشر الرقم القياسي المعياري للهطول على فترة الستة أشهر
12-month SPI value	قيمة مؤشر الرقم القياسي المعياري للهطول على فترة الاثني عشر شهراً
%	في المائة
°C	درجة مئوية



لمحة عامة

الخلفية

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

تواجه المنطقة العربية بظروفها الجيوسياسية والاقتصادية والاجتماعية الفريدة والمعقدة تحديات كبيرة تؤثر على قدرة الدول العربية[1] على ضمان إدارة مواردها المائية بطريقة مستدامة وتوفير خدمات المياه للجميع. وأدت عوامل شحّ المياه العذبة والنمو السكاني والتوسع الحضري والصراعات وتغير أنماط الهجرة إلى اشتداد الضغوط على المستوطنات البشرية والنظم الإيكولوجية، وهي تؤثر على صحة وخير الشعوب، نساء ورجالاً وأطفالاً ومسنين، ولا سيما الفئات الهشة منهم. ويحدث ذلك على الرغم من الجهود المبذولة على الصعد الإقليمية والوطنية والمحلية لتحقيق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة بطريقة متكاملة لا تستثني أحداً.

ويأتي تغيّر المناخ وتقلب المناخ ليفرضا ضغوطاً إضافية، فيخلفان تداعيات سلبية تظهر على نطاق واسع على كمية موارد المياه العذبة ونوعيتها، وعلى قدرة المنطقة على ضمان أمنها الغذائي، وتلبية الطلب على الطاقة، وإدامة سبل العيش في المناطق الريفية، وحماية صحة الإنسان وصون النظم الإيكولوجية. كذلك شهد العديد من الدول العربية فيضانات أكثر تواتراً وشدّة، وموجات جفاف وظواهر مناخية متطرفة.

وقد أثرت هذه الكوارث على البيئة المبنية، والموارد الأرضية الهشة، والنظم الإيكولوجية الطبيعية، مما جعل حال الفئات الهشة أصلاً أكثر تردّياً، وتسبب بخسائر اقتصادية جمة وتفكك اجتماعي وتدهور بيئي وحالات نزوح في عدة أنحاء من المنطقة.

وخلصت الدراسات التي أُجريت منذ أوائل القرن العشرين إلى أن المناخ يتغير فعلاً. وأظهرت السجلات المناخية التاريخية أن متوسط درجة الحرارة العالمية ارتفع أثناء الأعوام الـ 165 الماضية، حيث إن عام 2016 اعتُبر العام الأعلى حرارةً على الإطلاق من جانب المنظمة العالمية للأرصاد الجوية التي حددت أن متوسط حرارة الأرض اليوم يتجاوز ما كان عليه قبل الثورة الصناعية بما قدره 1.1 درجة مئوية[2]. ويشير تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ[3] إلى أنّه يُتوقّع أن يزداد متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً بمقدار 1.1 درجة مئوية على الأقل بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين في ظل سيناريو الانبعاثات المعتدل، أو بما يصل إلى 4.8 درجة مئوية في ظلّ السيناريو الأسوأ، مقارنة بالفترة المرجعية 1986-2005.

وبموازاة ذلك، يؤكد التقرير المذكور أن ظاهرة درجات الحرارة المتطرفة ستغدو أكثر تواترا في معظم الأراضي بقدر ما يرتفع متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً. ويشرح التقرير بالتفصيل مدى اتساع وحدّة المخاطر الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تعزى إلى تغيّر المناخ، لا سيما مع ارتفاع درجات الحرارة تتجاوز 1.5 درجة مئوية ودرجتين مئويتين قياساً بما قبل الثورة الصناعية.

ومع أن هذه التقييمات الدولية توفر معلومات مهمة عن التغيّرات العالمية والأخطار التي تهدد النظم العالمية، من الأهمية إدراك ما يعنيه ذلك بالنسبة للمنطقة العربية التي تعاني أصلاً من الحرارة المرتفعة والقحولة وشح المياه. ولإدراك ذلك، يتعين تقييم هذه التغيّرات في درجات الحرارة عالمياً انطلاقاً من زاوية إقليمية تميز الخصائص والظروف والمعوقات الإقليمية. ويجب ترسيخ هذه الجهود في إطار العلم الذي يمكن أن يوضح السياسات اللازم اتباعها وذلك من خلال الحوار بين الدول العربية وبين مختلف مجموعات أصحاب المصلحة.

ولتحسين التفاعل بين العلوم والسياسات، يجب أن تراعي هذه التقييمات تبعات تغيّر المناخ على الموارد المائية وما يعنيه ذلك على مستوى قابلية تأثر الشعوب والنظم الإيكولوجية في المنطقة بمجملها. والجمع بين الإسقاطات المشمولة بتقييم الأثر وبين تقييم قابلية التأثر يعزز أيضاً الجهود الرامية إلى الكشف عن المناطق الشديدة التأثر في المنطقة وتحديد الأولويات التي يتم الاستناد إليها للتحرك بشكل منسق بغية التكيف مع تغيّر المناخ في المنطقة العربية.

1 التفويضات والشراكات

اعتمد مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة الإعلان الوزاري العربي الأول حول التغيّر المناخي في كانون الأول/ديسمبر 2007 خلال دورته التاسعة عشرة التي عُقدت في أمانة جامعة الدول العربية في القاهرة، مصر. ويعتبر الإعلان نقطة الانطلاق للعمل الجماعي العربي لمواجهة آثار تغيّر المناخ، ويشكل الأساس للتحرك العربي وتحديد موقف من مسألة تغيره. ويؤكد الإعلان أن المنطقة العربية ستكون في عداد أشد المناطق عرضة لآثار تغيّر المناخ المحتملة وأنه يمكن أن تخلف هذه الآثار تبعات سلبية على التنمية الإقليمية العربية. غير أن إدراك نطاق هذه التبعات والآثار المحتملة لم يكن كافياً آنئذ، لأن المراجع الوحيدة التي كانت متوفرة تمثلت في تقارير التقييم العالمية الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ وفي عدد محدود من التقارير الصادرة على المستوى القطري. ولم تكن توجد صورة شاملة عن آثار تغيّر المناخ في كل المنطقة العربية، وبالتالي لم تكن هناك استراتيجية لمعالجتها. وأشار الإعلان العربي إلى هذا التحدي وجسّد إدراكاً واضحاً وسريعاً للدور الهام الذي يؤديه تقييم تغيّر المناخ في المساعدة على تحديد كيفية مواجهة تغيره. وهو يقوم بذلك من خلال الدعوة إلى أن تكون تدابير التكيف مع تغيّر المناخ متسقتاً اتساقاً كاملاً مع التنمية الاقتصادية والاجتماعية، على نحو يحقق أهداف النمو الاقتصادي المستدام والقضاء على الفقر، وذلك من خلال «استحداث ونشر منهجيات وأدوات لتقييم آثار التغيّر المناخي ومدى التأثر به». وينتهي الإعلان بالدعوة إلى: «إنشاء مراكز بحوث ودراسات للتغيّرات المناخية في أقاليم الدول النامية بما فيها إقليم الوطن العربي، تعنى بدراسة التأثيرات والتحديات التي يعاني منها مواطنو وشعوب الدول النامية من جراء التغيرات المناخية».

إزاء هذه المهام، اعتمدت الدورة الوزارية الخامسة والعشرون للإسكوا القرار 281 (د - 25) في أيار/مايو 2008 في صنعاء، اليمن. ويطلب القرار من الإسكوا إعداد تقييم لآثار تغيّر المناخ على مقومات التنمية الاقتصادية والاجتماعية في المنطقة، مع التركيز على موارد المياه العذبة[4]. وتشاورت اللجنة بعدئذ مع جامعة الدول العربية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والشركاء الإقليميين للقيام بذلك. ومن ثم، عرض المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) التابع لجامعة الدول العربية معلومات موجزة عن مشروع إلى القمة العربية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية يقترح إجراء تقييم لآثار تغيّر المناخ على الموارد المائية في المنطقة العربية، كواحد من المشاريع الخمسة المقترحة لتقدَّم الإدارة المتكاملة للموارد المائية لتحقيق التنمية المستدامة في المنطقة. وأيدت القمة العربية المشاريع الخمسة في دورتها الوزارية التي عُقدت في كانون الثاني/يناير 2009 في الكويت، حيث طلبت أيضاً تشكيل المجلس الوزاري العربي للمياه كآلية جديدة مشتركة بين الحكومات تكون مسؤولة عن التصدي للتحديات التي تواجهها المنطقة العربية في مجال المياه. وأناطت قمة الكويت



محمية سيرس المكس، دولة فلسطين، 2017. المصدر: علاء كنعان.

بهذا المجلس الوزاري الجديد مسؤولية متابعة تنفيذ المشاريع الخمسة المتعلقة بالإدارة المتكاملة للموارد المائية التي قدمها مركز أكساد. وبموازاة ذلك، بدأ في عام 2009 العمل على إعداد خطة عمل إطارية عربية بشأن تغيّر المناخ (2010-2020) بإشراف مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة لصياغة برنامج عمل جماعي بشأن التكيف مع تغيّر المناخ، والتخفيف من حدته والقضايا المشتركة بين مجموعة من القطاعات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

وتم بعد ذلك إضفاء الطابع الرسمي على التعاون المشترك بين الهيئات وذلك في اجتماع الأمم المتحدة– جامعة الدول العربية القطاعي التاسع (القاهرة، حزيران/يونيو 2009) الذي ركز على مسألة تغيّر المناخ. وانتهى الاجتماع بالاتفاق على أن تتعاون الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية ومنظماتهما المتخصصة لإعداد تقييم مشترك لآثار تغيّر المناخ وقابلية التأثر على إدارة الموارد الأرضية والمائية. وفي فترة لاحقة، نظمت الإسكوا وجامعة الدول العربية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة اجتماع الخبراء المعني بتقييم مدى تأثر قطاع الموارد المائية بتغيّر المناخ في المنطقة العربية (بيروت، تشرين الأول/أكتوبر 2009) بدعم مالي من المنظمة الاسلامية الدولية للتربية والثقافة والعلوم والدول العربية الأعضاء ومنظمات الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية المعنية.

وصيغت مذكرة نظرية مشتركة حددت أربع ركائز لإجراء التقييم، قدمها أكساد إلى المجلس الوزاري العربي للمياه في تموز/يوليو 2010 وتم إقرارها. وخضعت بعد ذلك هذه الركائز الأربع لنقاش معمق خلال اجتماع فريق خبراء الأمم المتحدة – جامعة الدول العربية حول تطوير تقييم قابلية تأثر المنطقة العربية بتغيّر المناخ بهدف لتقييم آثاره على قطاع الموارد المائية (بيروت، نوفمبر/تشرين الثاني 2010) الذي استضافته الإسكوا ورحبت به بعدئذ آلية التنسيق الإقليمية المشتركة بين الوكالات استناداً إلى التقرير الذي قدمه برنامج الأمم المتحدة للبيئة بوصفه رئيس فريق العمل المواضيعي المعني بتغيّر المناخ (بيروت، نوفمبر/تشرين الثاني 2010). وفي كانون الأول/ديسمبر 2010، أنجزت الإسكوا المذكرة النظرية الخاصة بالمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية

وقابلية تأثر القطاعات الإجتماعية والإقتصادية في المنطقة العربية. وطلب فريق العمل هذا التابع لآلية التنسيق الإقليمية من الإسكوا الإشراف على تنسيق هذه المبادرة الإقليمية التي يشار إليها الآن بالمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الإجتماعية والإقتصادية في المنطقة العربية (ريكار).

وتُنفَّذ ريكار من خلال شراكة قائمة على التعاون بين 11 منظمة شريكة، و هي المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، والإسكوا، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (فاو)، والوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية، وأمانة جامعة الدول العربية، والمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية، ومكتب منظمة الأمم المتحدة للتربية و العلم و الثقافة (اليونسكو) في القاهرة، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، ومعهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

واستشيرت ثلاثة مراكز تجري أبحاثاً عن المناخ وذلك بشأن العنصر من المبادرة الخاص بالنمذجة المناخية الإقليمية، وهي مركز التميز لأبحاث التغيّر المناخي في جامعة الملك عبد العزيز (المملكة العربية السعودية)، وجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (المملكة العربية السعودية) ومركز الخدمات المناخية (ألمانيا). واستشير أيضاً معهد قبرص (قبرص) والمركز الدولي للزراعة الملحية (الإمارات العربية المتحدة) أثناء المراجعة الفنية للجزء المخصص للنطاق العربي في ريكار الذي اعتمد لاحقا تحت مسمى نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بواسطة برنامج CORDEX (التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي) المشمول بالبرنامج العالمي للبحوث المناخية (WCRP)[5].

وتم توفير التمويل للمبادرة من المساهمات العينية التي قدمها الشركاء المنفذون، وبدعم سخي من حكومة السويد عن طريق الوكالة السويدية للتعاون الدولي من اجل التنمية (سيدا) منذ عام 2010. وفي عام 2011، أطلقت حكومة ألمانيا الاتحادية عن طريق الوزارة الإتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية برنامج التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام)، تحت إشراف الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية. وبعد ذلك انضمت هذه الوكالة إلى ريكار كشريك منفّذ ومنذئذ وهي تدعم المبادرة بفاعلية. وانضمت الفاو رسميا إلى المبادرة في عام 2013 وتساهم فيها عن طريق مبادرة ندرة المياه في الشرق الأدنى وشمال أفريقيا.

وجسدت الدول العربية التزامها بالمبادرة ودعمها لها من خلال القرارات اللاحقة التي اعتمدها المجلس الوزاري العربي للمياه واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية ومجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة. كذلك، استمر مجلس إدارة أكساد المكوّن من وزراء الزراعة العرب، ولجنة الموارد المائية التابعة للإسكوا بمنح التفويض للعمل الذي يقام في سياق ريكار. ويشار كذلك إلى هذه المبادرة الإقليمية في الاستراتيجية العربية للأمن المائي في المنطقة العربية لمواجهة التحديات والمتطلبات المستقبلية لتحقيق التنمية المستدامة 2010-2030 وخطة العمل الخاصة بها، وخطة العمل الإطارية العربية للتعامل مع قضايا تغيّر المناخ، والاستراتيجية العربية للحد من مخاطر الكوارث 2020 وخطة تنفيذها.

2 الأهداف

ترمي ريكار إلى تقييم آثار تغير المناخ على موارد المياه العذبة في المنطقة العربية، ودراسة تداعيات هذه الآثار على قابلية التأثّر الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، استنادًا إلى الخصائص الإقليمية. وتقوم بذلك عبر تطبيق الأساليب العلمية وعمليات التشاور التي ترتكز بشدة على مبدأ تعزيز الوصول إلى المعرفة وبناء القدرات وتعزيز المؤسسات لتقييم تغيّر المناخ في المنطقة العربية. ومن خلال عملها، توفر المبادرة منصة مشتركة لتقييم ومعالجة وتحديد التحديات الإقليمية المتعلقة بتغير المناخ، والتي تهدف بدورها إلى إثراء الحوار وتحديد الأولويات وصياغة السياسات وتعزيز الاستجابات المتعلقة بتغير المناخ على المستوى الإقليمي العربي.

3 إطار التنفيذ

تتمحور المبادرة الإقليمية حول أربع ركائز لإجراء التقييم (انظر الشكل 1):

الركيزة 1: بحث البيانات المرجعية المتعلقة بالمياه والمناخ واستحداث مركز إقليمي للمعرفة لتوفير قاعدة معرفة مشتركة؛

الركيزة 2: إعداد تقييم متكامل يجمع على الصعيد الإقليمي ما بين النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية وأدوات تقييم قابلية التأثر؛

الركيزة 3: تعزيز الجانب المؤسسي وبناء القدرات في الهيئات المعنية بالمياه والأرصاد الجوية والوزارات المعنية وأصحاب المصلحة المتخصصين، وذلك في مجالات إدارة البيانات، وتوقع المناخ بحسب الفصول، والنمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية، وتقييم قابلية التأثر إزاء تغيّر المناخ؛

الركيزة 4: أنشطة توعية وأدوات نشر المعلومات لتيسير اطلاع أصحاب المصلحة المستهدفين على أبرز الرسائل والمنهجيات والمعلومات.

ونتائج الأعمال المضطلع بها حتى تاريخه على الركيزة الثانية تتجسد في إصدار هذا التقرير. غير أن إعداده هو ثمرة الجهود التي بَذلت في إطار ركائز العمل الأربع وأفضت إلى التشاور والتواصل بشكل منتظم مع الدول العربية والخبراء الدوليين والمنظمات الإقليمية وأصحاب المصلحة المحليين.

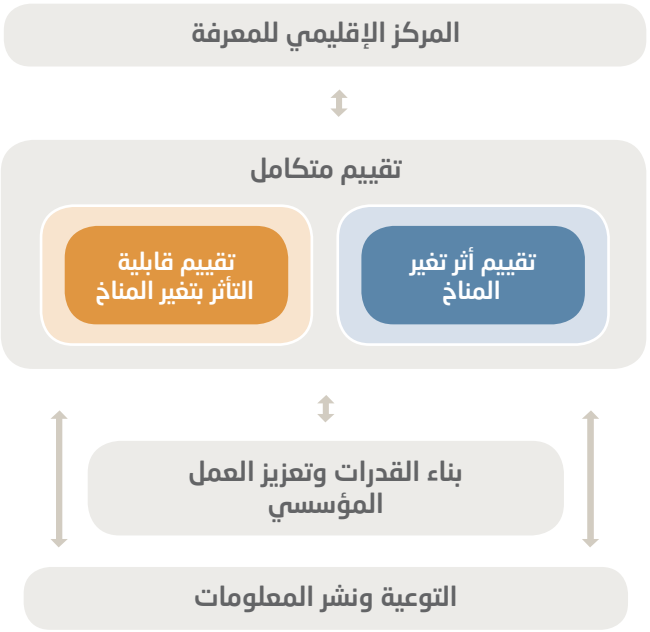
وعلى النحو المبيّن في الشكل 2، شملت هذه العملية تعيين نقاط اتصال وطنية معنية بالمسائل الهيدرولوجية وتشكيل أفرقة عمل وفرق عمل خاصة ممثلة على الصعيد الإقليمي، منها فريق العمل المعني بتقييم قابلية التأثر، وفريق العمل المعني بالمركز الإقليمي للمعرفة، وفرقة العمل الخاصة المعنية بتقييم الحساسية إزاء تغيّر المناخ، وفرقة العمل الخاصة المعنية بقدرة التكيف مع تغيّر المناخ. وفرقة العمل الخاصة المعنية بالنمذجة المناخية الإقليمية شُكلت في بداية إطلاق المبادرة وساهمت في التحقق من النطاق العربي وتحديده، واعتمد WCRP-CORDEX هذا النطاق في ما بعد كنطاق CORDEX-MENA. وتلا ذلك التشاورُ مع علماء المناخ الدوليين المهتمين بالنمذجة المناخية الإقليمية.

ونُظمت أيضاً اجتماعات سنوية لأفرقة الخبراء أثناء إعداد منهجية التقييم المتكامل والنتائج الأولية والتحقق منهما، بينما وفرت حلقات تدريبية لبناء القدرات في مجالات إنقاذ البيانات المناخية، ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، والنمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية، واستخدام أدوات لإعداد خرائط متكاملة لتقييم قابلية التأثر. ودُعي أصحاب المصلحة أيضاً إلى ملء استبيان للمساعدة في الانتهاء من إعداد مجموعة المؤشرات وترجيحات المؤشرات المخصصة كمنطلق للتقييم المتكامل لقابلية التأثر إزاء تغيّر المناخ.

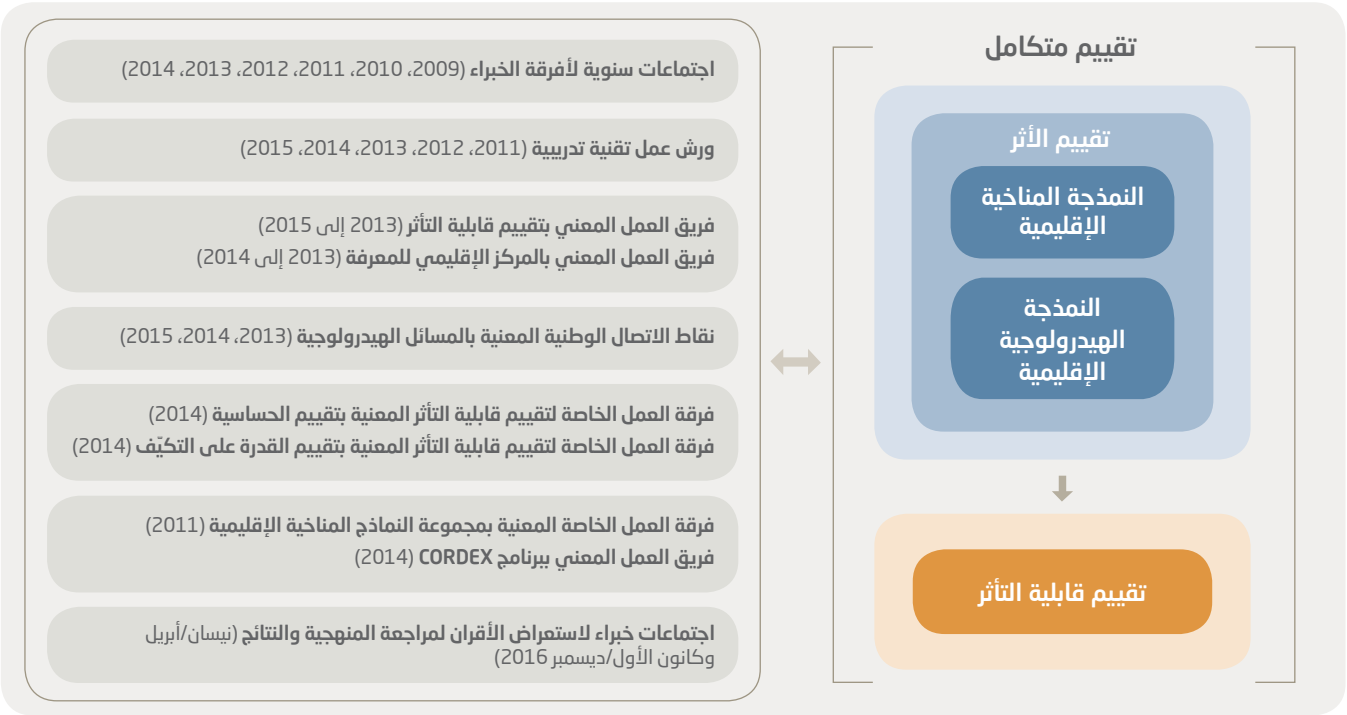
ومع التقدّم في إعداد نتائج التقييم الإقليمي، نُظمت اجتماعات خبراء لاستعراض الأقران لمراجعة ما اعتُمد من منهجية ونتائج للتأكد من صحتهما.

وأسفرت هذه الجهود أيضاً عن إنشاء المنتدى العربي لتوقعات المناخ (ArabCOF) والمركز الإقليمي للمعرفة، اللذين يواصلان دعم الركائز الأربع لمبادرة ريكار والسعي إلى العمل على تحقيقها.

الشكل 1: الإطار التنفيذي لريكار



الشكل 2: الآليات التشاورية لريكار والتي يستند إليها التقييم المتكامل



لمحة عامة

يقدم هذا التقرير العربي حول تقييم تغيّر المناخ صورة شاملة عن تبعات تغيّر المناخ المتوقعة على موارد المياه العذبة في المنطقة العربية وبالتالي قابلية تأثر الموارد المائية والزراعة والنظم الإيكولوجية الطبيعية والمستوطنات البشرية والإنسان حتى نهاية القرن.

وتعتمد النتائج على حصيلة التقييم المتكامل لمنطقة بعينها الذي يستند إلى اسقاطات النماذج المناخية الإقليمية والنماذج الهيدرولوجية الإقليمية للمنطقة العربية ولنطاقات فرعية مختارة، بما في ذلك أبرز الأحواض المائية السطحية المشتركة في المنطقة. ومن ثم تُستخدم هذه المخرجات لإثراء تقييم متكامل لقابلية التأثر الذي ينظر إلى كيفية تأثير التعرض لتغيّر المناخ مع مرور الزمن على قابلية تأثر خمسة قطاعات رئيسية وتسعة قطاعات فرعية في المنطقة العربية، في غياب تدابير التكيّف معه أو أي تدابير للتخفيف من تداعياته.

وتقدم دراسات تقييم الأثر التي تركز على الظواهر المناخية المتطرفة وقطاع الزراعة وصحة الإنسان معلومات إضافية عن الأثر المُسقط أن يخلفها تغيّر المناخ على الدول العربية. وبذا، يحدد التقرير المناطق الشديدة التأثر والقطاعات القابلة للتأثر في المنطقة العربية كلها، ويوضح كيفية تأثر القدرة النسبية على التعافي التي يتمتع بها المجتمعات العربية والقطاعات الاستراتيجية ما لم تُتخذ إجراءات جماعية ومتسقة ومنسقة لمعالجة الأسباب الجذرية الكامنة وراء قابلية التأثر وللتكيف مع تغيّر المناخ. وتستخدم سلسلة مختارة من المتغيرات المناخية الأساسية، ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، والبارامترات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لعرض نتائج التقييم المتكامل وتوضيحها. واختيرت ثلاث فترات زمنية لعرض النتائج، وهي الفترة المرجعية (1986-2005) وفترات منتصف القرن (2046-2065) ونهاية القرن (2081-2100). واستند التحليل إلى مساري تركيز نموذجيين (RCP) يصفان بشكل عام سيناريو انبعاثات معتدلة (RCP 4.5) وسيناريو انبعاثات مرتفعة (RCP 8.5). واختيرت هذه الفترات الزمنية وهذان السيناريوهان لتسهيل المقارنة مع تجارب نمذجة مناخية أخرى تجري على الصعد العالمي والإقليمي والوطني. وأُعدت مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية الواردة في هذا التقرير على أساس شبكة بمساحة 50 كلم^2، بينما اعتُمدت قياسات تحليل أخرى عند إجراء بعض دراسات حالة التي تتعلق بتقييم الأثر وأثناء إعداد التقييم المتكامل لقابلية التأثر.

ويُتوقع أن يساعد هذا التقرير العلمي في تزويد صناع القرار والمستشارين والباحثين وأصحاب المصلحة بمعلومات عن آثار تغيّر المناخ بفعل الوقع الذي تخلفه على المنطقة العربية، بهدف إثراء الحوار وتحديد الأولويات والإجراءات في المنطقة العربية كلها.

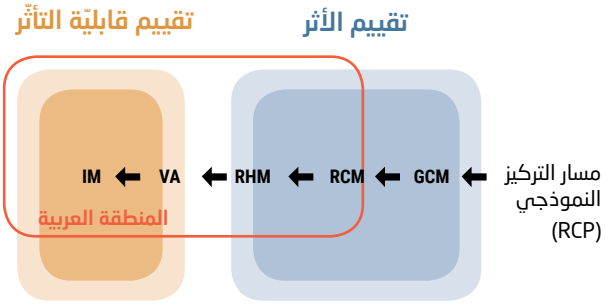
1 منهجية التقييم المتكامل

يعرض هذا التقرير نتائج منهجية التقييم المتكامل المشمولة بريكار، والتي أُعدت استناداً إلى الاهتمام بالجمع بين منهجية تقييم الأثر ومنهجية تقييم قابلية التأثر في إطار متماسك، لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية على الصعيد الإقليمي العربي. وتقوم المنهجية على استخدام النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية وتقييم قابلية التأثر وأدوات رسم خرائط متكاملة. واتُفق على خمس مراحل للتحليل (انظر الشكل 3):

الخطوة الأولى: اختيار مسارات التركيز النموذجية لاعتماد النماذج المناخية العالمية (GCMs) المتاحة ومراجعتها. توخياً للاتساق مع أعمال أخرى يُضطلع بها في سياق CORDEX، تقرر أن توضع في سياق ريكار نمذجة مناخية إقليمية للسيناريوهين RCP 4.5 (السيناريو المعتدل) و RCP 8.5(السيناريو الأسوأ).

الخطوة الثانية: توليد مجموعات من اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية (RCM) في نطاق عربي محدّد. واستتبع ذلك تحديد النطاق العربي وتوليد مجموعة اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية قد انطبق عليها التقليص الديناميكي للنطاق، لسيناريوهات مناخية واستبانات مكانية محددة، وذلك لمتغيرات مناخية عامة كما لمؤشرات ظواهر مناخية متطرفة خاصة بالمنطقة.

الشكل 3: منهجية التقييم المتكامل المتبعة في ريكار



الخطوة الثالثة: ربط النماذج الهيدرولوجية الإقليمية (RHM) بمخرجات النماذج المناخية الإقليمية لتحليل آثار تغيّر المناخ على الموارد المائية. وشمل ذلك تصحيح انحياز نتائج النمذجة المناخية الإقليمية لاستخدامها كمعلومات من أجل توليد مجموعات النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية، مع التركيز تحديداً على الأحواض المائية المشتركة في المنطقة وعلى نطاقات فرعية محددة.

الخطوة الرابعة: إجراء تقييم لقابلية التأثّر (VA) إستناداً إلى نتائج تقييم الأثر في كل المنطقة العربية ضمن قطاعات وقطاعات فرعية مستهدفة حُددت عبر عملية تشاورية، وعلى أساس تصنيف وترجيح المؤشرات الجغرافية المكانية الخاصة بالمنطقة والتي تصف تعرض القطاع لتغيّر المناخ وحساسيته إزاءه وقدرته على التكيف معه.

الخطوة الخامسة: استكمال رسم الخرائط المتكاملة (IM) للتقييم بغية تسهيل تحليل السياسات والحوار على الصعيد الإقليمي عبر عرض المناطق الشديدة التأثر واتجاهات تغيّر المناخ والتحديات الماثلة في المنطقة العربية كلها.

يرد هذا الإطار المنهجي في سلسلة من المنشورات التي تركز على جوانب شتى من التقييم المتكامل[6]. وتم إعداد هذا الإطار المنهجي وتطبيقه بعد التشاور مراراً وتكراراً مع الدول العربية والخبراء الدوليين، وتعيين نقاط اتصال وطنية معنية بالمسائل الهيدرولوجية، ومشاورات إقليمية في إطار أفرقة خبراء وورش عمل تدريبية وأفرقة عاملة وفرق عمل، على النحو المبيّن في الشكل 2.

والهدف من منهجية التقييم المتكامل هذه هو توفير تقييم إقليمي قائم على أسس علمية لآثار تغيّر المناخ وقابلية التأثر إزاءه استناداً إلى مجموعات بيانات وافتراضات موحدة ومتناسقة يمكن أن تسهم في إثراء المزيد من البحوث حول تغيّر المناخ وتعزيز الحوار بين الدول العربية حول القضايا ذات الأولوية والتحديات الموجودة والفرص المتاحة للعمل الجماعي. ويوفر تطبيق هذه المنهجية أيضاً أساساً مرجعياً إقليمياً، ومجموعات بيانات إقليمية ونتائج من التقييم يمكن استخدامها بدورها لإثراء وإعداد التقييمات على نطاق أضيق وعلى الصعد دون الإقليمية والوطنية والمحلية.

2 هيكل التقرير

يتضمن هذا التقرير العربي حول تقييم تغيّر المناخ أربعة أقسام يشمل 14 فصلاً. ويبدأ بمقدمة يليها جزءان يعرضان العناصر الرئيسية لمنهجية التقييم المتكامل، وهما تقييم الأثر (الجزء الأول) وتقييم قابلية التأثر (الجزء الثاني) تعقبهما خلاصة.

وتعرض المقدمة خلفية المبادرة الإقليمية، ولمحة عامة عن التقرير، ومعلومات مرجعية، ومصادر البيانات المستخدمة لإعداد التقييم المتكامل. وجميع مخرجات التقييم المتكامل ودراسات الحالة المقدمة جديدة وأُعدت في إطار المبادرة الإقليمية وتبني على مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية تبع التقليص الديناميكي للنطاق التي تم استعراضها في الجزء الأول.

الجزء الأول (تقييم الأثر، الفصول من الأول إلى السابع) يبحث اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية التي أُعدت للنطاق العربي والنطاقات الفرعية المختارة، وكيفية التوصل إلى هذه النتائج. وتُعرض في الفصل الرابع النتائج والاستنتاجات المهمة الخاصة ببعض الأحواض المائية السطحية المشتركة في المنطقة العربية. وتعرض الفصول الخامس والسادس والسابع دراسات حالة بشأن تقييم أثر الظواهر المناخية المتطرفة ودراسات حالة قائمة على قطاعات محددة على أساس مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية.

الجزء الثاني (التقييم المتكامل لقابلية التأثر، الفصول من الثامن إلى الرابع عشر) يستعرض منهجية تقييم قابلية التأثر وعناصر التقييم الرئيسية (الفصل الثامن)، تليه النتائج المتعلقة بكل من القطاعات الخمسة وقطاعات الفرعية التسعة التي دُرست (الفصول من التاسع إلى الثالث عشر) ومن ثم موجز مقتضب للنتائج (الفصل الرابع عشر).

وتتضمن الخلاصة النتائج الرئيسية وتبحث كيف يمكن لتقرير التقييم هذا أن يساعد في رسم السياسات الإقليمية وتحديد الأعمال المستقبلية.

ويضاف إلى التقرير الرئيسي مرفق تقني يعرض أكثر من 400 خريطة وشكل توفر معلومات أخرى عن المؤشرات والنتائج المنبثقة من تطبيق التقييم المتكامل على الصعيد الإقليمي. ويشكل هذا التقرير جزءاً من سلسلة منشورات ريكار التي تشرح وتكمل المنهجيات المقدمة في هذا التقرير. وتشتمل سلسلة المنشورات على:

مذكرات تقنية – هي بمثابة مذكرات تفسيرية مستقلة تسهب في تفسير المنهجيات المطبقة ومصادر المعلومات المستخدمة.

تقارير تقنية – هذه بمثابة منشورات مستقلة تقدم دراسات حالة مفصلة أو تحليلات إضافية تستند إلى مخرجات النمذجة المشمولة بريكار، يلخَّص عدد منها في التقرير الرئيسي.

مواد تدريبية – يمكن استخدامها لتوفير معلومات أثناء التدريب عن المنهجيات وتقييم تغيّر المناخ والتكيف معه في المنطقة العربية، استناداً إلى الأعمال المضطلع بها في إطار مبادرة ريكار والمشاريع والمبادرات ذات الصلة بها.

يمكن الاطلاع على مجموعات بيانات وملفات مستخدمة لإعداد نتائج النمذجة وعلى نتائج وخرائط التقييم المتكامل إما عن طريق الإنترنت أو عند الطلب عبر المركز الإقليمي للمعرفة.

المعلومات المرجعية ومجموعات البيانات

يـؤدي توفـر البيانـات وجودتهـا دوراً حيويـاً فـي إجـراء أي تقييـم. والبيانات المتوفرة المستمدة من محطات رصد المناخ والمياه في كل المنطقة العربية محدودة للغاية، وتوزيع مراكز الرصد المضبوطة النوعيـة والطويلـة المـدى فـي المنطقـة العربيـة متفـاوت. ففـي الأنحاء التي تسجَّل فيها بيانات المحطة، قد لا يكون الوصول إلى مجموعات البيانات متاحًا للجمهور أو غير متوفر في شكل رقمي للسماح باستخدامه في تطبيقات النمذجة المستندة إلى الحاسوب.

ولذلك انصبت جهود ريكار على استخدام بيانات وطنية مستمدة من مصادر بيانات إقليمية أو عالمية، كلما أمكن، لضمان استخدام مجموعات بيانات موحدة ومضبوطة النوعية يمكن مقارنتها بين دولة عربية وأخرى. وقد حدّ ذلك من قدرة المبادرة على اعتماد مؤشرات واستخدام بيانات تم إعدادها بشكل جيد في بعض الدول العربية، ولكن ليس في غيرها.

وقد لا تُواجه هذه القيود عند إجراء تقييم متكامل لقابلية التأثر باستخدام منهجيّة موحّدة على المستوى الوطني أو المحلي.

وفي الأقسام التالية استعراض للخصائص والسمات الرئيسية التي تميّز المناخ في المنطقة العربية، يليه وصف للبيانات المناخية وتلك المتعلقة بالموارد المائية والطبوغرافيا وبيانات أرضية أخرى، إضافة إلى مجموعات البيانات الاجتماعية والاقتصادية المستخدمة في تقييم المناخ والهيدرولوجيا وقابلية التأثر المعروض في هذا التقرير. ويقدّم هذا القسم أيضاً معلومات عن العمل الجاري في إطار ريكار لدعم الدول العربية في مجال إنقاذ البيانات المناخية (DARE) وتطوير قواعد بيانات عن الخسائر الناجمة عن الكوارث، مع التركيز على فعاليتها في تحليل تغيّر المناخ.

1 الخصائص المناخية للمنطقة العربية

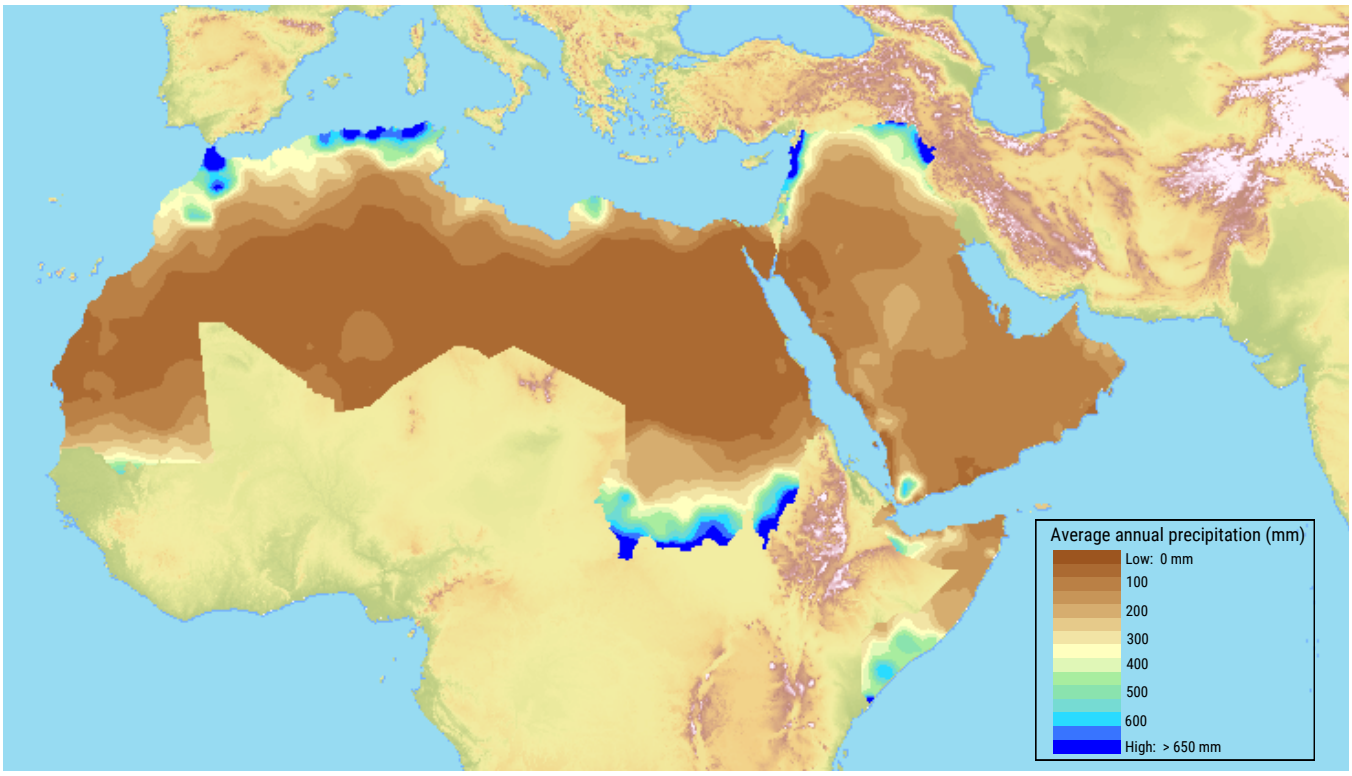
1.1 المناطق والسمات المناخية

يسود معظم المنطقة العربية مناخٌ قاحل إلى شبه قاحل (توزُّع الأمطار السنوي يرد في الشكل 4). وتحتل الصحراء الكبرى غالبية مساحة شمال أفريقيا، إذ تغطي موريتانيا وجنوبي المغرب وتمتد شرقاً إلى مناطق واسعة من ليبيا ومصر وتبلغ عطبرة في السودان. ومناخ الصحراء من أقسى المناخات في العالم، حيث يقل معدل سقوط الأمطار السنوي عن 25 ملم وتتجاوز الحرارة 50 درجة مئوية في الأشهر الأكثر حرارة لتنخفض إلى ما دون مستوى التجمد في فصل الشتاء. ومنطقة الساحل التي تقع في جنوب الصحراء الكبرى مباشرة، تتميز بمناخ استوائي ومناخ السهوب الحار، وهي تمثل منطقة مناخية إيكولوجية تتوسط الصحراء الكبرى شمالاً والسهول العشبية السودانية. وتشمل هذه المنطقة جنوبي موريتانيا وأقصى جنوبي الجزائر، بالإضافة إلى وسط وجنوبي السودان. والحرارة في هذه المنطقة ثابتة وتكاد لا تتغير، ولا يقل متوسطها عن 18 درجة مئوية. ويستمر موسم الجفاف في منطقة الساحل فترة 8 إلى 10 أشهر مع هطول أمطار متقطعة خلال موسم الأمطار القصير، ويتراوح معدل تساقط الأمطار سنويا بين 100 و600 ملم، بحسب مختلف المناطق الفرعية (نحو 200-100 ملم في منطقة الخرطوم و600-200 ملم في كيفة، جنوب موريتانيا).

والمنطقة العربية، على الرغم من أنها بمعظمها قاحلة أو شبه قاحلة، تشتمل أيضاً على مناطق معتدلة المناخ في المرتفعات الشمالية والعليا من المغرب العربي والمشرق. وجبال الأطلس الواقعة في الأجزاء الشمالية من المغرب والجزائر وتونس تشكل معالم جغرافية مختلفة كلياً عن الصحراء الجافة، إذ إن الحرارة أقل والتساقطات أعلى بكثير (تصل إلى 1,500 ملم/بالسنة). والمناخ في هذه المناطق التي تمتد إلى الأجزاء الشمالية من ليبيا ومصر مناخ متوسطي شبيه بالمناطق الغربية في الأردن ولبنان ودولة فلسطين والجمهورية العربية السورية، فصيفها حار وجاف وشتاؤها ماطر وبارد. وفي مرتفعات لبنان وشمالي الجمهورية العربية السورية وشمالي شرقي العراق، تقل الحرارة بالمتوسط عن 10 درجات مئوية في الشتاء (كانون الثاني/يناير)، ويتجاوز فيها معدل التساقطات 1,000 ملم/بالسنة، وتغطي الثلوج المناطق الجبلية التي يتخطى ارتفاعها 1,500 متر. وجنوبي المرتفعات، يسود مناخ السهوب البارد شبه القاحل مع فصول شتاء باردة على امتداد منطقة ضيقة من المغرب والجزائر وتونس، إلى جانب الأردن والجمهورية العربية السورية والعراق في المشرق. وفي الأجزاء الداخلية، يصبح المناخ صحراوياً قاحلاً عند الاقتراب من الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا والصحراء الشاسعة في الجمهورية العربية السورية التي تغطي أكثر من نصف مساحة البلد وتمتد إلى العراق والأردن. وفي جزء محدود من المنطقة العربية يسود مناخ استوائي ترتفع فيه درجات الحرارة على مدار السنة وتشتد فيه التساقطات في معظمها، مثل جنوبي الصومال وبعض أجزاء جنوبي السودان. ففي منطقة جنوبي الصومال، على سبيل المثال، يتراوح معدل هطول الأمطار سنوياً بين 300 و500 ملم، وتبلغ الحرارة الدنيا نحو 30 درجة مئوية ويمكن أن تصل إلى 41 درجة مئوية في آذار/مارس، وهو أشد الأشهر حرارة في السنة.

ومناخ شبه الجزيرة العربية مناخ صحراوي حار ويقل فيها معدل الأمطار عن 100 ملم/بالسنة. ويتراوح متوسط درجات الحرارة فيها بين 40 و50 درجة مئوية في فصل الصيف وبين 5 درجات مئوية إلى 15 درجة مئوية في فصل الشتاء، مع تقلبات شديدة بين يوم وآخر.

الشكل 4: توزُّع متوسط التساقطات السنوي في المنطقة العربية (1986-2005)



وتُستثنى من ذلك المناطق الساحلية في شرقي عُمان وجنوبي غربي المملكة العربية السعودية (الحجاز) واليمن، حيث ترتفع كمية الأمطار بسبب الرياح الموسمية وتوسع منطقة الالتقاء المدارية (Intertropical Convergence Zone (ITCZ) شمالاً. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يصل معدل التساقطات إلى 1,500 ملم/بالسنة على المنحدرات الجبلية الجنوبية الغربية في اليمن[7].

وبينما يتراوح معدل الأمطار السنوي بين 0 ملم و650 ملم بالنسبة للمنطقة ككل (يمكن أن يتعدى 900 ملم في بعض الأنحاء)، فإن معدلات التبخر كثيراً ما تتجاوز متوسطها 2,000 ملم/بالسنة. وتشير ارصاد عمليات التبخر على طول السواحل الجنوبية والشرقية للبحر الأبيض المتوسط إلى معدلات في حدود 1,000 ملم/بالسنة وترتفع إلى2,000 ملم/بالسنة أو أكثر مع الاقتراب من الداخل. وهذا الاتجاه لا يتغير عند الانتقال من ساحل شمال أفريقيا نحو داخل الصحراء الكبرى، ليعود إلى الإنخفاض تدريجياً مع ازدياد هطول الأمطار والرطوبة النسبية حيث إن معدلات التبخر في جنوبي السودان تبلغ 1,500 ملم/بالسنة. وفي شبه الجزيرة العربية، يتراوح معدل التبخر السنوي بين 2,500 ملم في المناطق الساحلية إلى أكثر من 4,500 ملم في الأنحاء الداخلية. وتبين من الارصاد أن معدلات التبخر النتحي ، شأنها شأن التبخر، تتباين مكانياً وزمنياً. وأعلى معدلات التبخر النتحي السنوية يشهدها جنوبي غربي الجزائر وجنوبي مصر، وجيبوتي، وجنوبي العراق وجنوبي شرقي المملكة العربية السعودية وشمالي شرقي اليمن وغربي عُمان، حيث تتجاوز 2,200 ملم/بالسنة. ومعدل التبخر النتحي في فصل الصيف في شبه الجزيرة العربية هو ثلاث مرات أكثر من المعدل المحتمل في فصل الشتاء[8].

1.2 أنماط الغلاف الجوي التي تؤثر في تقلّبية المناخ

إن حالة التذبذب في شمال المحيط الأطلسي (NAO) – وهو العامل الرئيسي الذي يؤثر في تقلّبية المناخ في النصف الشمالي للكرة الأرضية – يتحكم إلى حد بعيد بالتغيّرات السنوية في هطول الأمطار في المغرب العربي ومعظم مناطق المشرق والجزء الشمالي من شبه الجزيرة العربية. وهو ينبثق من الاختلاف بين مناطق الضغط الجوي المنخفض المتمركزة بالقرب من إيسلندا ومناطق الضغط الجوي المرتفع الموجودة في جنوب جزر الآزور في المحيط الأطلسي. وتفاعل هذين القطبين يغير دوران الرياح الغربية الرئيسية العابرة للمحيط الأطلسي نحو أوروبا والبحر الأبيض المتوسط، ويؤثر بشدة في فصل الشتاء عند خطوط العرض المتوسطة المرتفعة. وعندما يكون فرق الضغط مرتفعاً (مرحلة NAO الإيجابية)، تشتد الرياح الغربية وتتجه أكثر نحو الشمال، مما يرفع درجات الحرارة ومعدلات التساقطات إلى أكثر من مستواهما المعتاد في كل منطقة أوروبا الشمالية في فصل الشتاء، ولكنه يزيد الجفاف في منطقة البحر الأبيض المتوسط. وفي المرحلة العكسية، تتجه الرياح الغربية مع ما تجلبه من عواصف نحو الجنوب، مما يؤدي إلى برودة في فصل الشتاء في أوروبا،

ولكن إلى المزيد من العواصف في منطقة البحر الأبيض المتوسط ومن الأمطار في شمال أفريقيا[9]. ويتأثر تباين معدلات الأمطار في شبه الجزيرة العربية بالرياح الموسمية الهندية التي تجلب معها كتلاً هوائية رطبة من المحيط الهندي، مما يتسبب بهطول الأمطار في المناطق الساحلية في شرقي عُمان والمملكة العربية السعودية (منطقة الحجاز) واليمن. ومعظم التساقطات تحدث في أيار/مايو وتتواصل حتى آب/أغسطس في الأراضي المرتفعة، ولكن غالباً ما تبدأ اعتباراً من آذار/مارس. وفي هذه المنطقة، تكون الأمطار في غالب الأحيان غزيرة لدرجة أنها تسفر عن سيول مفاجئة. وبين الفينة والأخرى، تعاني هذه البلدان أيضاً من العواقب الخطيرة التي تخلفها الأعاصير الاستوائية. ويخضع نظام الرياح الموسمية الهندية إلى حد بعيد لموقع منطقة ITCZ، وهي منطقة ذات ضغط منخفض موجودة عند خط الاستواء، تتلاقى فيها الرياح الشمالية الشرقية والرياح الجنوبية الشرقية لتشكل حزاماً تزداد فيه الحمل الحراري والغيوم والتساقطات، وتتحرك بشكل موسمي باتجاه جنوبي وشمالي خط الاستواء[10]. وتؤثر ITCZ أيضاً في الرياح الموسمية لغرب أفريقيا التي تشكل نمط الدوران الذي يؤثر في هطول القسم الأعظم من الأمطار في منطقة الساحل. ويتجسد ذلك في رطوبة منخفضة المستوى في الجزء ين الاستوائي والجنوبي من حوض المحيط الأطلسي. عندما تتجه ITCZ بشكل موسمي نحو الشمال لتبلغ غرب أفريقيا في منتصف حزيران/يونيو، تتفاعل مع الرياح الموسمية لغرب أفريقيا التي تتجه نحو القارة وتجلب معها الأمطار إلى منطقة الساحل من تموز/يوليو إلى أيلول/سبتمبر[11].

1.3 الظواهر المناخية المتطرفة والأخطار المرتبطة بالمناخ

في السنوات الأخيرة، أسفر تطرف درجات الحرارة والتساقطات في المنطقة، مراراً وتكراراً، عن مجموعة متنوعة من الأخطار المرتبطة بأحوال الطقس والمناخ، مثل موجات الحر والجفاف والفيضانات والأعاصير والعواصف الرملية والترابية. وأصبحت هذه الظواهر الطبيعية أكثر تواتراً وحدة، مخلفةً عواقب جمة وواسعة النطاق على الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية في مناطق عديدة. والجفاف هو أكثر الأخطار المناخية انتشاراً؛ وآثاره على سبل العيش شديدة وتسبب بأكبر نسبة من الخسائر في الأرواح. ومن تبعاته هذه انخفاضُ إمدادات المياه، فضلاً عن خسارة المحاصيل ونفوق المواشي، وهذا بدوره يهدد الأمن الغذائي وغالباً ما يسبب سوء التغذية على نطاق واسع. ومن الأمثلة على ذلك حالات الجفاف المدمر التي شهدتها الجمهورية العربية السورية في الفترتين 1998-2000 و2007-2010، التي تجاوزت حدتها كل حالات الجفاف التي حدثت منذ نحو 1,100 سنة، فتسببت بخسائر اقتصادية فادحة وبتشريد أكثر من مليون نسمة[12]. وهذه هي حال القرن الأفريقي الكبير، حيث أدت فترة الجفاف الطويلة إلى ضرب مواسم الحصاد ونفوق أعداد كبيرة من المواشي في بعض المناطق[13]. والمنطقة، مع أنها تعاني عادة من الجفاف والتصحر، شهدت في الآونة الأخيرة فيضانات مدمرة وسيولاً مفاجئة، تحدث بعد حدوث عواصف مطيرة غزيرة وقصيرة المدة، فتلحق أضراراً جسيمة بالبنى التحتية وتودي غالباً بحياة الكثيرين. واجتاحت المملكة العربية السعودية وبشكل متكرر منذ عام 2009 فيضاناتٌ – أحدثها في شباط/فبراير 2017 – تسببت بخسائر عديدة في الأرواح. وشهدت بلدان أخرى، مثل عُمان، فيضانات مثيلة إذ عانت من فيضان هائل في أوائل عام 2017، أدى إلى وفاة أربعة أشخاص وتدمير مئات المنازل[14]. ومنخفض البحر الأحمر هو ظاهرة مناخية تنشأ بين وقت وآخر تستتبع كميات هائلة من التساقطات، وسيولاً مفاجئة وأضراراً اجتماعية جسيمة في منطقة الشرق الأوسط، وهذا ما حدث عندما ضرب فيضان جارف مدينة جدة السعودية، في 25 تشرين الثاني/نوفمبر 2009. هذا المنخفض ناجم عن تفاعل موجة ثابتة مستحكمة من الرياح الشرقية الاستوائية ترافقها موجة روسبي هوائية، مما يؤدي في الشمال إلى انتشار كتل هوائية رطبة فوق البحر الأحمر[15].

والفيضانات الجارفة تحدث في الغالب أيضاً بعد الأعاصير الاستوائية الشائعة في المحيط الهندي وبحر العرب التي يمكن أن تخلف أضراراً بعيدة الأمد على المراكز السكنية الساحلية والنظم الطبيعية. ومن الأمثلة على ذلك إعصار غونو الاستوائي، وهو أقوى إعصار استوائي يشهده بحر العرب، الذي ضرب سلطنة عُمان في حزيران/يونيو 2007 وأودى بحياة 49 شخصاً وألحق أضراراً بالغة قُدرت قيمتها بنحو 4 مليارات دولار أميركي[16]. وفي الآونة الأخيرة، ضرب إعصار شابالا الاستوائي ساحل اليمن في تشرين الثاني/نوفمبر 2015 وكان بمثابة أول عاصفة بقوة الإعصار معروف أنها أدت إلى إغراق المناطق الساحلية المنخفضة، وغمرت مئات المساكن بالمياه[17]. والظواهر المتطرفة مثل هبوب العواصف في المنطقة تزيد أيضاً من هشاشة المناطق الساحلية التي تتواجد فيها مدن ذات كثافة سكانية عالية فضلاً عن مراكز كبرى للتنمية الاقتصادية. وهي تعرض الأماكن الهشة لارتفاع مستوى سطح البحر، لا سيما في المناطق المنخفضة. ومن الأمثلة على ذلك دلتا النيل التي كُتب الكثير عنها وخضعت لأبحاث مكثفة لأنها منطقة يشتد عليها خطر ارتفاع مستوى سطح البحر، علماً أن الأماكن المعرضة للغرق بالمياه تشمل أحياء حضرية هامة ومناطق زراعية وأراض رطبة ساحلية[18]. والأخطار الطبيعية الجسيمة الأخرى التي تهدد المنطقة هي العواصف الرملية والترابية. وهذه العواصف تنجم عن رياح عاتية مصحوبة بحرارة شديدة، وتسببت في العديد من الدول العربية بأضرار خطيرة على صحة الإنسان والإنتاج الزراعي، فضلاً عن حوادث مرور وتأخر إقلاع الرحلات الجوية (انظر الإطار 1). كل هذه الظواهر المتطرفة، عندما تضاف إلى ظروف غير مستقرة، مثل بناء مناطق سكنية عشوائية وغير آمنة أو محدودية الوصول إلى وسائل النقل والخدمات الصحية والتعليم وسائر الخدمات الأساسية، تصبح كوارث وليس مجرد أخطار، بفعل الدمار الهائل الذي يمكن أن تسببه، ولا بد من تخفيف مخاطرها على نطاق واسع. وفي ضوء ازدياد تواتر هذه الكوارث وحدتها، ثبتت الحاجة الملحة في المنطقة إلى الوقاية منها وإلى تطويقها، ويجري حالياً التحضير لذلك عبر استحداث قواعد بيانات لخسائر الكوارث، ترد تفاصيلها في الجزء المخصص لهذه الخسائر.

الإطار 1: العواصف الرملية والترابية في المنطقة العربية

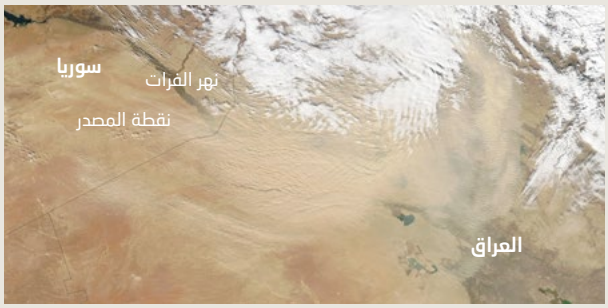
تشكل العواصف الرملية والترابية أمثلة شائعة على الأحوال الجوية المتطرفة في المنطقة العربية. ويمكن أن تستمر هذه العواصف من عدة ساعات إلى عدة أيام وأن تلحق أضرار دائمة بيئية طويلة الأجل في مناطق مصدرها (اختفاء الترسبات السطحية، وتقلص الطبقات السطحية من التربة الصالحة للزارعة)، ولكنها، وهذا هو الأهم، تلحق أضراراً جسيمة بالمناطق التي تضربها. ومن أضرارها المعروفة تلوث الهواء بشكل حاد وانخفاض في الرؤية يزيد حوادث المرور وحوادث الطائرات. وإضافة إلى ذلك، ترد على الدوام أنباء عن أضرارها الشديدة على صحة الإنسان، منها على سبيل المثال، تكاثر الأمراض التي تصيب الجهاز التنفسي. وهي تضر أيضاً بسبل العيش والاقتصاد، لأنها، على نحو متكرر، تزيد من الخسائر في الإنتاج الزراعي، ومن اختفاء النظام الإيكولوجي والتنوع البيولوجي، فينزح السكان وتختفي الموائل الحيوية الأهمية والأراضي الرطبة في منطقة ما بين النهرين[19]. وما تسببت به العواصف الترابية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من خسائر في إجمالي الناتج المحلي يقدَّر بنحو 13 مليار دولار أميركي سنوياً.

وتشكل منطقة شمال أفريقيا أكبر مصدر في العالم للعواصف الرملية والترابية (إن الصحراء الكبرى هي أهم مصدر للغبار) تليها منطقة غربي آسيا[20]. وفي المنطقة الأخيرة، تمتد أبرز مصادر الغبار بدون أي انقطاع من الجزء الشمالي من حوض دجلة والفرات إلى ساحل عُمان[21]. ولذلك، لا تزال مشكلة العواصف الرملية والترابية تثير القلق، خاصة في العراق وجنوبي شبه الجزيرة العربية، وهي أكثر انتشاراً خلال أشهر فصلي الربيع والصيف بسبب الرياح القوية التي تميز الفترة الانتقالية بين فصل الشتاء وفصل الربيع. ومن الأمثلة على ذلك العاصفة الترابية التي ضربت شبه الجزيرة العربية في أواخر شباط/فبراير 2015، عندما تسبب الضغط المنخفض بهبوب رياح شمالية غربية قوية حملت كميات من الغبار من شمالي المملكة العربية السعودية والعراق والكويت إلى شواطئ الخليج الفارسي وبحر العرب[22]. وشهدت منطقة المشرق هي أيضاً في الآونة الأخيرة وعلى نطاق واسع هذا النوع من العواصف، إذ إن عاصفة ترابية هائلة ضربت الجمهورية العربية السورية والعراق في أيلول/سبتمبر 2015 واستمرت لعدة أيام وامتدت لتشمل لبنان ومصر والأردن[23]. وهذه العاصفة التي أودت بحياة خمس أشخاص وتسببت بحالات اختناق أو ضيق في التنفس شملت 750 شخصا لم يشهد لبنان في تاريخه مثيلا لها[24].

ومع أن الخصائص الطبيعية الجيولوجية والطوبوغرافية والمناخية تشكل عوامل رئيسية في حدوث العواصف الرملية والترابية، فإن تدخل الإنسان وتغييره للخصائص الطبيعية للأرض هو أيضاً عامل من العوامل البارزة التي تساهم في حدوثها. ومما يقوم به الإفراط في استغلال المراعي والمناطق الزراعية، وسوء استخدام المياه، وإفراغ الأراضي من كل ما عليها. ويضاف إلى مجموعة هذه العوامل اشتداد تقلّبية المناخ في العديد من المناطق الهشة، إضافة إلى انخفاض معدل الأمطار، وازدياد فترات الجفاف، وارتفاع درجات الحرارة وحالات هبوب الرياح الفائقة السرعة، وكل ذلك يؤدي إلى تفاقم الظروف التي تحفز العواصف الرملية والترابية[25]. وبما يتفق مع الاستنتاجات التي توصلت إليها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ في تقرير التقييم الخامس الصادر عنها، تتوقع النتائج المشمولة بريكار ارتفاع درجات الحرارة في المنطقة، فضلاً عن ازدياد حدة الظواهر المناخية المتطرفة، مما يعني أن المنطقة ستواجه في المستقبل مشاكل ناجمة عن الجفاف وشح المياه، تتفاقم جراء العواصف الرملية والترابية المتزايدة.

ولهذه الأسباب وبفعل التواصل الجغرافي للنظم الإيكولوجية والتضاريس الطبيعية وترابطهما في جميع أنحاء المنطقة، يلزم اعتماد نهج منسق ومتكامل بين البلدان المتضررة لحل هذه المشاكل. واتُخذت عدة خطوات على الصعيد الإقليمي لحلها، مثل إعلان أنقرة الوزاري عن مشكلة العواصف الرملية والترابية الذي وقعته في عام 2010 بلدان غربي آسيا، بما فيها العراق والجمهورية العربية السورية، المشفوع بخطة عمل لتنفيذه. وعلى الصعيد الوطني، بذلت الحكومة العراقية جهوداً لوضع برنامج وطني لمكافحة هذه العواصف، بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومنظمة الأغذية والزراعة.

وفي الآونة الأخيرة، اعتُمدت أيضاً قرارات دولية بشأن هذه المشكلة. واستناداً إلى القرار 1/7 الصادر عن جمعية الأمم المتحدة للبيئة بشأن تحسين نوعية الهواء[26] والقرار 70/195 الصادر عن الجمعية العامة للأمم المتحدة بشأن مكافحة العواصف الرملية والترابية[27]، اعتمدت جمعية الأمم المتحدة للبيئة في عام 2016 قراراً[28] بشأن العواصف الرملية والترابية(UNEP/EA.2/Res21) للحث على اعتماد نهج منسق لمكافحة هذه العواصف عالمياً ومساعدة الدول الأعضاء في مواجهة التحديات من خلال تدابير وإجراءات السياسية العامة. ويؤدي برنامج الأمم المتحدة للبيئة أيضاً دوراً هاماً في التوعية بمشكلة العواصف الرملية والترابية واعتبارها ضمن برنامج عمله قضية بيئية إقليمية وعالمية ناشئة، ولا سيما في مكتب غربي آسيا الذي يغطي منطقة متضررة للغاية من هذه الظاهرة[29].



عاصفة ترابية في سوريا والعراق، 2011. المصدر: LANCE/EOSDIS MODIS Rapid Response Team.

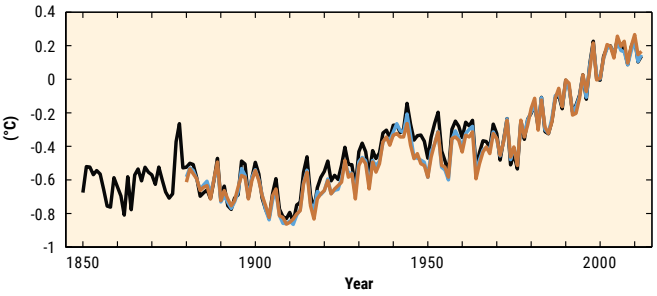
2 تشخيص حالة المناخ

2.1 الاتجاهات المناخية المرصودة العالمية

يستند رصد التغيّرات في النظام المناخي إلى السجلات المستمدة من قياسات فيزيائية و بيوجيوكيميائية مباشرة، ومحطات أرضية، وأقمار صناعية وأنواع أخرى عديدة من نظم الرصد التي تراقب الطقس والمناخ في الكرة الأرضية. وتُدرس سجلات بيانات من مئات إلى ملايين السنين من خلال عمليات إعادة رسم المناخ الذي ساد الأرض في القِدم، في حين أن الرصد العالمي الفعلي بدأ في منتصف القرن التاسع عشر. وكل ذلك، معاً، يعطي صورة شاملة عن التقلبات والتغيّرات الطويلة الأجل في الغلاف الجوي والمحيطات والغلاف الجليدي وسطح الأرض[30]. وتعتبر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ أنه لا يمكن دحض الأدلة العلمية التي تثبت إحترار النظام المناخي. وسجل كل من العقود الثلاثة الأخيرة، واحداً تلو الآخر، حرارةً أعلى على مستوى سطح الأرض، تجاوزت حرارة كل العقود الماضية منذ عام 1850 (الشكل 5)[31]. وتظهر البيانات المتعلقة بالمتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح الأرض والمحيطات، كما حُسبت على نحو خطي، أن الحرارة ارتفعت بنحو 0.85 درجة مئوية من عام 1880 إلى عام 2012 (استناداً إلى مجموعات بيانات متعددة أعدت على نحو مستقل)، وبنحو 0.72 درجة مئوية من عام 1951 إلى عام 2012 (استناداً إلى ثلاث مجموعات بيانات أعدت على نحو مستقل).

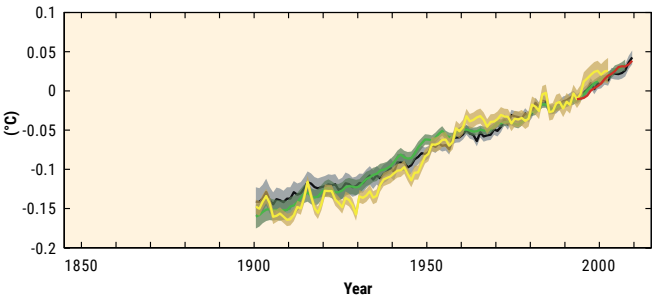
وأظهرت عمليات الرصد والتحليلات التي قامت بها مؤخراً وكالة ناسا والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي التابعتان للولايات المتحدة الأمريكية أن حرارة سطح الأرض، منذ بدء حفظ السجلات في عام 1880، كانت الأعلى في عام 2016، مما يجعله العام الثالث على التوالي الذي يسجل مستوى قياسياً جديداً لمتوسط درجات حرارة سطح الأرض عالمياً[32]. وإن ظواهر معينة، مثل إعصار النينيو أو لانينيا، التي تدفئ أو تبرّد الطبقة العليا من المحيط الهادئ الاستوائي وتغيّر أنماط الرياح والطقس العالمية، تساهم في إحداث تقلبية قصيرة الأجل في متوسط درجات الحرارة العالمية. وحدث إعصار دافئ من نوع النينيو في معظم عام 2015 والأشهر الأربعة الأولى من عام 2016، ويُعتقد أن أثره المباشر لإحترار المحيط الهادئ الاستوائي قد أدى إلى ارتفاع المتوسط العالمي للشذوذ في درجة حرارة لعام 2016 بما قدره 0.12 درجة مئوية. وامتصت المحيطات نسبة كبيرة من هذه الحرارة المتزايدة، تجاوزت 90 في المائة من الحرارة المتراكمة في النظام المناخي بين عامي 1971 و2010 (حوالي 1 في المائة فقط مخزّنة في الغلاف الجوي) مع ارتفاع درجة الحرارة في الطبقة العليا من المحيط (0-700 م) يكاد يكون من المؤكد أثناء هذه الفترة[33]. ويشير اتجاه الاحترار الحالي إلى حدوث تغير بارز في توازن تدفق الطاقة، فما يدخل منها يتجاوز ما يخرج منها. وينعكس ذلك أيضاً في ظواهر أخرى تمت رصدها إذ إنها

الشكل 5: المتوسط العالمي المرصود للشذوذ في درجة حرارة سطح الأرض والمحيطات حتى عام 2012 (قياساً بالفترة 1986-2005)



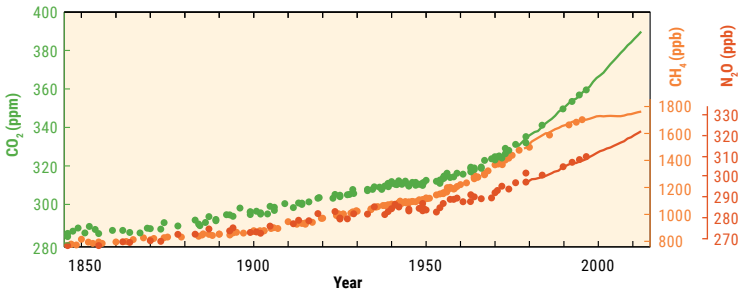
المصدر: IPCC, 2014.

الشكل 6: المتوسط العالمي للتغير في مستوى سطح البحر حتى عام 2010 (قياساً بالفترة 1986-2005)



المصدر: IPCC, 2014.

الشكل 7: المتوسط العالمي المرصود لتركيزات غازات الإحتباس الحراري حتى عام 2011



المصدر: IPCC, 2014.

هي بدورها تتغير لتعكس انتقال النظام المناخي نحو حالة أعلى حرارة. فعلى سبيل المثال، تقلصت الصفائح الجليدية في غرينلاند والقطب الجنوبي على مدى العقدين الماضيين، واستمر تقلص الكتل الجليدية على النطاق العالمي كله تقريباً وساهمت في ارتفاع مستوى البحر في القرن العشرين، إذ إنه ارتفع بما متوسطه العالمي 0.19 م أثناء الفترة 1901-2010. وعلاوة على ذلك، تبين أن استمر نطاق الغطاء الثلجي الربيعي في النصف الشمالي للكرة الأرضية في التناقص أثناء العقود الخمسة الماضية[34].

وازدياد كمية غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي يؤدي الدور الأهم في اتجاهات الاحترار هذه إذ إنه يُحدث خللاً إشعاعياً في توازن طاقة الأرض. وازدادت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة من الأنشطة البشرية قياساً بالحقبة ما قبل الصناعية نتيجة للنمو السكاني والتقدم الاقتصادي (الشكل 7). وأسفرت الانبعاثات التاريخية عن تركيزات جوية من ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز بمستويات غير مسبوقة على الأقل في آخر 800,000 سنة، مما أدى إلى امتصاص النظام المناخي للطاقة. وشهدت تركيزات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز زيادات كبيرة منذ عام 1750 (40 في المائة و150 في المائة و20 في المائة على التوالي)[35].

وأكدت البيانات المستمدة من الأقمار الصناعية أن مستوى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوي تجاوز الآن 400 أجزاء في المليون كمتوسط عالمي، مقارنة بحوالي 280 أجزاء في المليون تم قياسه عبر أخذ عينات جليدية جوفية الشكل أثناء فترة ما قبل الثورة الصناعية[36].

أما بالنسبة لاتجاهات التساقطات المرصودة، فإن تقرير التقييم الخامس الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ يشير إلى أن معدل التساقطات يرجَّح أنه ارتفع منذ عام 1901 عند النظر إلى متوسطها فوق المناطق اليابسة الكائنة على خطوط العرض المتوسطة في النصف الشمالي للكرة الأرضية. غير أن هذه الهيئة تعرب عن ثقة منخفضة في النتائج المتعلقة بمتوسط اتجاهات التغير الطويلة الأجل في مناطق واقعة عند خطوط العرض الأخرى، بسبب رداءة البيانات أو نقصها أو تباين التقديرات المتوفرة[37]. ويتأكد ذلك باتجاهات التساقطات المرصودة على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط التي شهدت انخفاضاً في التساقطات. وبحث التقرير المذكور الأدبيات المتعلقة بتغير الظواهر المناخية المتطرفة عالمياً وإقليمياً، فأشار إلى اتجاه عالمي مرجح بدرجة كبيرة نحو انخفاض عدد الأيام والليالي الباردة وارتفاع عدد الدافئ منها. كما ذكر أن ثمة إجماعاً على أن على الأرجح زادت حالات التساقطات الغزيرة في عدد من المناطق تجاوز عدد المناطق التي انخفضت فيها. والتغير بين عقد وآخر هو البارز في الاتجاهات البعيدة المدى التي تسلكها حالات الجفاف المتطرف، على الرغم من رصد اتجاهات إقليمية في هذا الصدد، بما في ذلك ازدياد الجفاف في شرق آسيا ومنطقة البحر الأبيض المتوسط وغرب أفريقيا وتناقصه في وسط أمريكا الشمالية وشمالي غربي أستراليا[38]. وأظهرت دراسات أخرى أن عمليات الرصد والنمذجة كلاهما تكشفان عن اتجاهات متزايدة عموماً في التساقطات المتطرفة منذ عام 1901، وأهم تغير يحدث في عمق المناطق المدارية. وعلى الصعيد العالمي، يشير التقرير إلى أن المعدل السنوي للتساقطات اليومية القصوى المرصودة ارتفع بما متوسطه 5.73 ملم/باليوم خلال الفترة 2010-1901، أي بنسبة 8.53 في المائة[39]. وهذه الزيادة لم تكن بالطبع هي نفسها في العالم. وهذه التغطية الواسعة الرامية إلى ضمان تمثيل الاتجاهات العالمية السائدة على ارتفاعات عالية ومنخفضة



نبات العشار الباسق يشير إلى التصحر، شمال كردفان، السودان، 2004.
المصدر: Stefan Schneiderbauer.

من العالم، من القطبين إلى المناطق المدارية، تدل على أهمية إجراء تقييمات جغرافية أضيق نطاقاً لأنه يمكن أن توفر صورة إقليمية أكثر دقة.

2.2 الرصدات الإقليمية للمناخ

لا يعرف إلا القليل نسبياً عن تغيّر المناخ في المنطقة العربية في العقود الأخيرة مقارنة بأجزاء أخرى من العالم. وإحدى أول الدراسات الإقليمية التي تناولت الاتجاهات المناخية وركزت على المؤشرات المتطرفة أعدها Zhang et al. 2005، وبحثت اتجاهات ظواهر الحرارة والأمطار المتطرفة في الفترة 1950-2003، وذلك على أساس بيانات وطنية استُمدت من 52 محطة في 15 بلداً في الجزء الشرقي من المنطقة العربية[40]. وأظهرت النتائج أن ثمة اتجاهات بارزة إحصائياً نحو الاحترار في المنطقة استندت إلى مؤشرات الحرارة التي تدل على زيادة ملحوظة في تواتر الأيام الدافئة، ولا سيما مع تسعينيات القرن الماضي، إضافة إلى انخفاض هام ولكن تدريجي في عدد الأيام الباردة اعتباراً من سبعينيات القرن الماضي. وفي المقابل، تميزت اتجاهات التساقطات بتقلبية شديدة فيما بين السنوات بدون بروز اتجاه هام لها. والدراسة الأكثر دقة لاتجاهات المناخ المتطرف في المنطقة العربية التي أعدت في الآونة الأخيرة وحتى تاريخه هي تلك التي أعدها Donat et al. 2014 وجاءت بعد ورشة عمل نظمتها الإسكوا في عام 2012[41]. وجُمعت بيانات الرصد اليومية تم الحصول عليها من أكثر من 100 محطة للأرصاد الجوية تغطي المنطقة العربية[42] منذ منتصف القرن العشرين، ومن ثم حُللت بيانات أُخذت من 61 محطة بعد تقييم نوعيتها وتجانسها. والنتائج التي توصلت إليها أعطت الدليل على وجود اتجاهات نحو الاحترار منسقة وملحوظة في المنطقة كلها، مع ازدياد تواتر الأيام والليالي الدافئة، وارتفاع نسبة درجات الحرارة المتطرفة وانخفاض عدد الأيام والليالي الباردة، وتقلص فترات البرد منذ أوائل سبعينيات القرن الماضي. ومن ناحية أخرى، كانت تحليلات التغير في التساقطات المتطرفة

أقل أهمية وتباين بين مكان وآخر، حيث أظهرت النتائج المتعلقة بمتوسط الاتجاهات الطويلة الأجل منذ عام 1960 أن ثمة منحى نحو مزيد من الجفاف، لكن التغير منذ سبعينيات القرن الماضي لا يُذكر. غير أن النتائج أشارت إلى أن الجزء الغربي من المنطقة (الجزائر، المغرب، موريتانيا) شهد في السنوات الثلاثين الماضية منحى ثابتاً نحو أحوال أكثر مطراً، بخلاف الجزء الشرقي منها (مصر، جيبوتي، شبه الجزيرة العربية) الذي ساده منحى ثابت نحو أحوال جوية جافة.

وأُجريت دراسات أخرى غطت المنطقة العربية كلها، استخدمت مجموعات بيانات متاحة عالمياً مثل Tanarhte et al. 2012 قارنت بين مجموعات شتى من البيانات الشبكية والمتعلقة بدرجات الحرارة والتساقطات في عدة مناطق دون إقليمية في منطقة البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط في الفترة 1961-2000 [43]. وبينت كل مجموعات البيانات أن ثمة اتجاهات مثيلة نحو ارتفاع الحرارة وانخفاض التساقطات في معظم المناطق دون الإقليمية، لكنها تتفاوت في الحجم والمستوى. فعلى سبيل المثال، تبين أن ثمة اتجاهاً عاماً نحو ارتفاع درجات الحرارة من 0.2 درجة مئوية إلى 0.4 درجة مئوية لكل عقد في المملكة العربية السعودية والخليج العربي وكان ذلك بارزاً خاصة في أشهر الصيف. وتبين أيضاً أن ثمة اتجاهات مثيلة بالنسبة للأجزاء الشمالية من المغرب والجزائر وتونس وليبيا ومصر، بدءاً من منتصف سبعينيات القرن الماضي. وبالنسبة للتساقطات، أشارت الدراسة إلى وجود اتجاهات بمعظمها نحو الانخفاض، لكن هناك نتائج مختلفة وأحياناً متناقضة بين مجموعات البيانات التي تتضمن اتجاهات شاملة غير ذات شأن، وينسجم ذلك مع النتائج المذكورة سابقاً. وتم التحقق أيضاً من خصائص موجات الحر في منطقة الشرق الأوسط (باستثناء شمال أفريقيا)، استناداً إلى بيانات مشمولة بمجموعة بيانات عالمية تغطي الفترة 1973-2010. وأشار تحليل البيانات المتعلقة بالحرارة على المدى البعيد إلى ازدياد تواتر ظواهر الحرارة المتطرفة منذ سبعينيات القرن الماضي، وبينت جميع المحطات وجود اتجاهات نحو ارتفاع عدد موجات الحر، على الرغم من عدم الكشف عن وجود تغير كبير في مدتها ودرجة الحرارة القصوى، مما يدل على عدم حدوث تغير في حدتها[44].

وركزت معظم الدراسات التي تبحث مسألة تغيّر المناخ في المنطقة العربية على تحليل الاتجاهات في مناطق دون إقليمية أو بلدان بعينها.

وفي المشرق، معظم الدراسات التي تستخدم بيانات المحطات تجري على المستوى القُطري. فعلى سبيل المثال، أظهر تحليل حديث للقياسات اليومية التي أُخذت على مدى 44 عاما في 58 محطة في المناطق الغربية المأهولة والمناطق الزراعية في الأردن خلال الفترة 1970-2013 أن ثمة انخفاضاً هاماً في معدل هطول الأمطار بمعدل 1.8 ملم/بالسنة[45]. وفي الجمهورية العربية السورية، أظهر تحليل السجلات التي تغطي 52 عاماً (1955-2006) من 30 محطة أرصاد جوية عامة مختارة والمتعلقة بدرجات الحرارة والتساقطات، انخفاضاً عاماً في التساقطات في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من البلد، في حين أنها تزداد بشكل كبير في الخريف في المحطات الكائن معظمها في المنطقة الشمالية من وسط الجمهورية العربية السورية. وفي ما يتعلق بالحرارة، أظهرت الاتجاهات زيادة كبيرة في درجة الحرارة في فصل الصيف في جميع محطات الجمهورية العربية السورية، وأعلاها في المناطق الساحلية والغربية. وأظهر تحليل الظواهر المناخية المتطرفة ومؤشراتها في الفترة 1965-2006 اتجاهات هامة متزايدة بالنسبة للعديد من البارامترات، مثل درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا، وعدد الليالي الاستوائية وعدد أيام الصيف. وفي المقابل، تبين أن ثمة اتجاهاً نحو انخفاض كبير في عدد الليالي والأيام الباردة ودرجات الحرارة خلال النهار[46]. وفي العراق، تم تقييم التغيّرات الزمانية والمكانية في التساقطات ودرجات الحرارة في الفترة 2011-1980، استناداً إلى بيانات 28 محطة موزعة في البلد. فلوحظت اتجاهات نحو الارتفاع في درجات الحرارة الدنيا والقصوى، واتجاهات نحو انخفاض التساقطات (يتراوح بين 1.3 إلى 6.2 ملم/بالسنة). كما أظهرت النتائج عدم وجود فروق بين موقع جغرافي وآخر في العراق، مما يدل على أن تبعات المناخ هي نفسها من الناحية المكانية في هذه المنطقة[47].

وبحثت عدد من الدراسات اتجاهات المناخ والظواهر المناخية المتطرفة في مناطق بعينها في شمال أفريقيا. وقيَّمت إحداها الاتجاهات التي استندت إلى بيانات عن التساقطات اليومية من 22 محطة في الجزائر والمغرب وتونس خلال الفترة المشتركة بين 1970 و2002. وأشارت النتائج إلى وجود اتجاهات شديدة نحو انخفاض كميات التساقطات وتقلص فتراتها (طول فترات المطر)، ترافقها زيادة في نسبة الأيام الجافة وطول فترات الجفاف. وكانت هذه النتائج جلية خصوصاً بالنسبة للمغرب وغربي الجزائر. وأشارت الدراسة أيضاً إلى وجود مستوى أعلى من الأهمية ومن الاتساق مكانياً في سياق المؤشرات التي تمثل فترات الجفاف مقارنة بمؤشرات التساقطات الغزيرة، مما يشير إلى أن فترات الجفاف تؤثر على المناطق الشاسعة في الوقت نفسه[48]. وركزت دراسة أخرى على منطقة القرن الإفريقي الكبير وحللت بيانات محطات الرصد اليومية المتعلقة بدرجات الحرارة والتساقطات القصوى والدنيا في الفترة من عام 1971 إلى عام 2009. وبينت زيادة في تواتر الأيام والليالي الدافئة مع انخفاض تواتر الأيام والليالي الباردة. ولوحظ أيضاً أن مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، مثل الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) والطول الأقصى لفترات المطر (CWD)، انخفضت بشكل ملحوظ في إريتريا وجيبوتي. ويرجَّح أن يكون هذا الأمر ناجماً عن الانخفاض الحاد في إجمالي التساقطات السنوية في هذه المناطق التي لوحظت حوالي الفترة 2010-2000 [49]. وتم الاضطلاع بأعمال أخرى بشأن الاتجاهات المناخية في شمال أفريقيا باستخدام مجموعات البيانات المتاحة عالمياً. فعلى سبيل المثال، أظهر تحليل لتطور درجة حرارة الهواء وموجات الحر مع مرور الزمن في هذه المنطقة في الفترة 2011-1979 ارتفاعاً ملحوظاً في الاحترار (3-1 درجة مئوية) في منتصف ستينيات القرن الماضي في الصحراء الكبرى ومنطقة الساحل.

وارتبط هذا الارتفاع مع ارتفاع تواتر درجات الحرارة الدافئة بشكل واضح وانخفاض تواتر درجات الحرارة الباردة، وظهور فترات أطول من موجات الحر وازدياد عددها (متوسط التواتر مضروب بـ 2 أو3 بعد عام 1997). وازداد طول هذه الفترات في غالب الأحيان في موسم الجفاف الممتد بين آذار/مارس وأيار/مايو وتسبقها في كثير من الأحيان نوبة حارة غير طبيعية تبدأ من ليبيا وتنتشر شرقاً[50]. وبحثت دراسة أخرى بشأن أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى (5°S-25°N) إطاراً من مجموعات البيانات العالمية المقلصة النطاق وبيانات المحطات تغطي الفترة 2005-1979. وقد أظهرت النتائج زيادة ملحوظة إحصائياً في العدد السنوي للأيام والليالي الدافئة وانخفاض مثيل في الأيام والليالي الباردة. علاوة على ذلك، لوحظت زيادة في إجمالي التساقطات السنوية ولا سيما في الجزء الغربي من شمال أفريقيا، مصحوبة بانخفاض مهم في العدد السنوي لأيام الجفاف المتتالية (CDD) في هذه المناطق[51] وهذا أمر يدعم استنتاجات Donat et al. 2014. وأفيد أيضاً بوجود اتجاهات احترار إقليمية في الدراسات التي أجريت على الصعيد القطري بشأن شمال أفريقيا في محطات مثل تلك الموجودة في ليبيا[52] والسودان[53] وتونس[54] والمغرب. فمثلاً، أجريت دراسة في المغرب في 20 محطة مختارة للفترة 1970-2012، يقع معظمها في الجزء الشمالي من المغرب وتغطي أهم المناطق الزراعية وأكثر المناطق تلقياً للأمطار والتي تؤمن معظم موارد البلد المائية. وكما يتبين من النتائج الآنفة الذكر، أشار تحليل الاتجاهات إلى وجود اتجاهات أكثر أهمية إحصائياً لمؤشرات درجات الحرارة مقارنة بمؤشرات التساقطات. وفي هذه الدراسة، أظهرت جميع المؤشرات القائمة على الحرارة اتجاهات نحو ارتفاع عدد الأيام والليالي الدافئة وانخفاض في عدد الأيام والليالي الباردة على مدى العقود الأربعة الماضية. وفي المقابل، أظهرت مؤشرات التساقطات ميلاً نحو مزيد من الأمطار في بعض الأماكن في أقصى الشمال في المغرب، مقارنة بمزيد من أحوال الجفاف في الجنوب[55].

وتم أيضاً تقييم الاتجاهات المناخية في المنطقة الشرقية من المنطقة العربية مثل شبه الجزيرة العربية. وأجرى AlSarmi and Washington (2011) تحليلاً للسجلات المضبوطة النوعية لبيانات من 44 محطة[56] متعلقة بالحرارة والتساقطات في الفترة 2008-1980، وتبين منه أن ثمة منحى نحو إحترار ملحوظ. وأشارت النتائج إلى أن درجات الحرارة السنوية الدنيا والقصوى ارتفعت بنسبة 0.55 درجة مئوية للأولى و0.32 درجة مئوية للثانية في العقد الواحد، بما يشمل كل شبه الجزيرة العربية، مما أدى إلى انخفاض مهم في نطاق التغير اليومي في درجة الحرارة (DTR). وتبين أيضاً أن معدلات الاحترار كانت أعلى في المنطقة التي لا تشهد رياحاً موسمية والواقعة على خط 20 درجة شمالي خط الاستواء، وأن أعلى درجات الاحترار البارزة سُجلت في فصلي الربيع (آذار/مارس – نيسان/أبريل) والصيف (أيار/مايو – أيلول/سبتمبر). ومن ناحية أخرى، لوحظت اتجاهات نحو انخفاض التساقطات ولكنه لا يُذكر، وأشارت التقلبية فيما بين السنوات لدرجات الحرارة ومعدلات التساقطات إلى وجود ارتباط سلبي واضح بينهما بعد عام 1998 [57]. وأشارت دراسة لاحقة عن الظواهر المناخية المتطرفة استندت إلى مجموعات بيانات يومية إلى اتجاه عام نحو انخفاض في ظواهر درجات الحرارة المتطرفة الباردة واتجاهات نحو ارتفاع ظواهر درجات الحرارة المتطرفة الدافئة أثناء الفترة قيد التحليل[58]. وبشكل خاص، حدثت زيادة ملحوظة وعالية في الليالي الشديدة الدفء في العقدين الماضيين إذ بلغت نسبة زيادة تواترها ما قدره 3.6 في المائة في العقد الواحد أثناء الفترة 2008-1986. ومن ناحية أخرى، بينت الأنماط السائدة بحسب المكان، عموماً، اتجاهات نحو ارتفاع الحرارة من حيث الحدة والمستوى في شمالي شبه الجزيرة العربية بالنسبة للظواهر المتطرفة في النهار، بينما الاتجاهات بالنسبة للظواهر المتطرفة أثناء الليل كانت أعلى وهامة في المنطقة الجنوبية ولا سيما أثناء العقود الأخيرة. وأظهر تحليل مؤشرات التساقطات نتائج أقل متانة مع عدم وجود أي اتجاه ذات أهمية باستثناء اتجاه العدد السنوي للأيام التي يزيد فيها معدل التساقطات على 10 ملم (R10)، إذ إنه أظهر انخفاضاً كبيراً في هذا العدد أثناء الفترة 2008-1986. وعلاوة على ذلك، أشار تحليل التغير في درجة حرارة نقطة الندى (Td) ومتوسط الضغط عند مستوى سطح البحر (MSLP) إلى احتمال التحكم الفعلي وإلى حد بعيد بتغيّر المناخ في هذه المنطقة. وأشارت أيضاً دراسة أخرى استندت إلى بيانات المحطات وتناولت ناحية شمالي شرقي شبه الجزيرة العربية/منطقة الخليج والفترة 2012-1973 إلى اتجاه نحو ارتفاع الحرارة بما متوسطه 0.8 درجة مئوية، مصحوب بانخفاض الضغط الجوي (1 هكتو باسكال)، وانخفاض نسبة الرطوبة (6 في المائة)، وتقلص الرؤية (9 في المائة)[59]. وتأتي هذه النتائج لتدعم عموماً النتائج التي توصلت إليها التحليلات على المستوى القطري، مثل اتجاه الانخفاض الهام إحصائياً الذي أفيد به بشأن هطول الأمطار في المملكة العربية السعودية بما يصل إلى 47.8 ملم لكل عقد في الماضي القريب (2009-1994)، بالإضافة إلى معدلات ارتفاع كبيرة في درجات الحرارة والتي كانت أسرع في موسم الجفاف الممتدة بين حزيران/يونيو وأيلول/سبتمبر (0.72 درجة مئوية لكل عقد) مما كانت عليه في الموسم الماطر الممتد بين تشرين الثاني/نوفمبر ونيسان/أبريل (0.51 درجة مئوية لكل عقد)[60]. وأشارت دراسة أخرى بشأن الكويت غطت الفترة 2000-1958 واستندت إلى ظواهر الحرارة المتطرفة في فصل الصيف، إلى أن أهم موجات الحر التي لوحظت سُجلت في العقد الأخير من القرن العشرين[61].

وكما يتبين من الرصد، تسود المنطقةَ اتجاهات واضحة نحو الاحترار منذ منتصف القرن العشرين. وعلى الرغم من أن الدراسات التي أجريت تعطي فكرة معقولة عن حالة المناخ في الماضي واتجاهاته حتى هذا التاريخ، من المهم الإشارة إلى أن معظم البيانات المتوفرة من المحطات في المنطقة محدودة من حيث التغطية والاتساق والتوفرُّ، مما يحول دون معرفة اتجاهات المناخ في المنطقة العربية كلها معرفة دقيقة. وبالتالي، فإن توفر مجموعات بيانات للأرصاد الجوية جيدة النوعية واستخدام قياسات بعيدة المدى يشكلان عاملين حيويين في هذا المجال، ويسمحان بإجراء تحليل أكثر عمقاً وتفصيلاً لمسألة تغيّر المناخ مع مراعاة تغطية مكانية أوسع وفترات زمنية أطول.

3 مؤشرات المناخ ومصادر البيانات

3.1 المتغيرات المناخية الأساسية

لأغراض توفير معلومات مناخية بشكل متسق، يوصَف المناخ باستخدام مجموعة من المتغيرات المناخية الأساسية يبلغ عددها 50 واستُحدثت في إطار النظام العالمي لرصد المناخ[62] (GCOS)، وهي مذكورة في الجدول 1. وقد اعتمدت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ مجموعة المتغيرات هذه كمنطلق لفهم تقلبية وتغيّر المناخ، ماضياً وحاضراً ولربما مستقبلاً[63].

3.2 مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة

تؤثر الأحوال الجوية المتطرفة تأثيراً حاداً في العديد من جوانب هامة من الحياة، مثل الصحة والزراعة والاقتصاد والبنية التحتية، ولذلك يلزم التنبؤ بأنماط هذه الأحوال في المستقبل بهدف تعزيز قدرة الدول العربية على الصمود إزاءها. وفي هذا الصدد، توفر بيانات الرصد قاعدة صلبة لفهم ما يطرأ عليها من تغييرات على المدى البعيد، وتشكل الأساس الذي يقوم عليه تقييم النماذج المناخية والاسقاطات. ووضعت فرقة الخبراء التابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية المعنية بكشف تغيّر المناخ ومؤشراته (ETCCDI) قائمة مؤشرات للظواهر المناخية المتطرفة بغية توفير مجموعة مؤشرات يسهل فهمها وإدارتها لإعداد دراسات عن أثر تغيره، وإجراء مقارنة عالمية ومتعددة النماذج. وتقترح فرقة الخبراء 27 مؤشراً (الجدول 2) مرتبطاً إما بالحرارة أو بالتساقطات، وتُحسب عادة استناداً إلى بيانات رصد يومية للتساقطات ولدرجات الحرارة اليومية الدنيا والقصوى[64]. اختيرت للدراسة في هذا التقرير مجموعة من مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة الأكثر تمثيلاً وإثارة للاهتمام للمنطقة (انظر الفصل 1). وتحليل مؤشرات إضافية من قائمة المؤشرات التي أعدتها فرقة الخبراء الآنفة الذكر يمكن أن يُستمد من بيانات النمذجة المناخية الإقليمية المشمولة بريكار التي ستتوفر في مركز إقليمي للمعرفة لتستند إليها بحوث أخرى.

واهتمام المتخصصين بالأرصاد الجوية العرب في تحسين التحليل إقليمياً لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة كان جلياً في ورشة عمل ريكار الإقليمية التي تناولت مسألة التنبؤ / إسقاطات تغيّر المناخ ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة في المنطقة العربية، ونظمتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية والإسكوا، بالتعاون مع المديرية الوطنية للأرصاد الجوية في المغرب (الدار البيضاء، آذار/ مارس 2012). وبدأت حلقة العمل أنشطة مكثفة لجمع البيانات وتبويبها باستخدام المعلومات اليومية المأخوذة من عدد كبير من محطات الأرصاد الجوية في المنطقة. وأتاحت النتائج تبيان اتجاهات التساقطات اليومية القصوى السنوية ووفرت معلومات جديدة عن الظواهر المناخية المتطرفة في المنطقة العربية باللجوء إلى رصدات تاريخية أصبحت موثقة الآن في مقال خاضع لإستعراض الأقران ومنشور في مجلة مخصصة[65].

الجدول 1: المتغيرات المناخية الأساسية

الغلاف الجوي	**السطح** • حرارة الهواء • ضغط الهواء • التساقطات • ميزانية الإشعاع • بخار الماه • سرعة واتجاه الرياح بالقرب من السطح	**طبقات الجو العليا** • الحرارة • بخار الماه • سرعة واتجاه الرياح • خصائص الغيوم • ميزانية الإشعاع الأرضي	**المكونات** • ثاني أكسيد الكربون • ميثان • غازات الإحتباس الحراري الطويلة العمر الأخرى • الأوزون والهباء الجوي التي تغذيها سلائفها
المحيطات	**السطح** • حرارة سطح البحر • ملوحة سطح البحر • مستوى البحر • حالة البحر • الجليد البحري • تيار السطح • الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون • لون المحيطات • حموضة المحيطات • العوالق النباتية	**تحت السطح** • الحرارة • الملوحة • التيار • العناصر الغذائية • الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون • حموضة المحيطات • الأكسيجين • مواد نزرة	
الأرض	• تصريف النهر • استخدام المياه • المياه الجوفية • البحيرات • الغطاء الثلجي • الكتل الجليدية • الصفحات الجليدية	• التربة الصقيعية • نسبة الأشعة الشمسية المنعكسة قياساً بالأشعة الواردة (Albedo) • الغطاء الأرضي (بما فيه أنوع النباتات) • جزء الإشعاع النشط الممتص بالتخليق الضوئي	• دليل كثافة الغطاء النباتي • الكتلة الأحيائية فوق سطح الأرض • كربون التربة • رطوبة التربة • الخلل الناجم عن حريق

المصدر: GCOS,2010.

الجدول 2: مؤشرات المناخ (التي وضعتها فرقة الخبراء التابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية المعنية بكشف تغيّر المناخ ومؤشراته)

المؤشر	الوصف	التعريف	الوحدة
مؤشرات الحرارة			
***TXn**	الحد الأدنى للحرارة القصوى	الحرارة القصوى اليومية الأبرد	درجة مئوية
***TNn**	الحد الأدنى للحرارة الدنيا	الحرارة الدنيا اليومية الأبرد	درجة مئوية
***TXx**	الحد الأقصى للحرارة القصوى	الحرارة القصوى اليومية الأشد حرارة	درجة مئوية
***TNx**	الحد الأقصى للحرارة الدنيا	الحرارة الدنيا اليومية الأشد حرارة	درجة مئوية
***DTR**	نطاق التغيير اليومي في درجة الحرارة	متوسط الفرق بين الحرارة القصوى اليومية والحرارة الدنيا اليومية	درجة مئوية
GSL	طول موسم النمو الزراعي	العدد السنوي للأيام الذي بين أول مجموعة 6 أيام متتالية تكون فيها متوسط الحرارة> 5 درجات مئوية وأول مجموعة 6 أيام متتالية تكون فيها متوسط الحرارة <5 درجات مئوية	أيام
CSDI	مؤشر طول فترات البرد	العدد السنوي للأيام الذي يشتمل على ما لا يقل عن 6 أيام متتالية تكون فيها الحرارة الدنيا < المئين العاشر	أيام
WSDI	مؤشر طول فترات الحر	العدد السنوي للأيام الذي يشتمل على ما لا يقل عن 6 أيام متتالية تكون فيها الحرارة القصوى > المئين التسعين	أيام
***TX10p**	الأيام الباردة	نسبة الأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى < المئين العاشر	النسبة المئوية للأيام
***TN10p**	الليالي الباردة	نسبة الأيام التي تكون فيها الحرارة الدنيا < المئين العاشر	النسبة المئوية للأيام
***TX90p**	الأيام الدافئة	نسبة الأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى> المئين التسعين	النسبة المئوية للأيام
***TN90p**	الليالي الدافئة	نسبة الأيام التي تكون فيها الحرارة الدنيا >المئين التسعين	النسبة المئوية للأيام
FD	أيام الصقيع	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة الدنيا < درجة صفر مئوية	أيام
ID	أيام الجليد	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى < درجة صفر مئوية	أيام
SU	أيام الصيف	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى> 25 درجة مئوية	أيام
TR	الليالي الاستوائية	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة الدنيا> 20 درجة مئوية	أيام
مؤشرات التساقطات			
***Rx1day**	التساقطات القصوى ليوم واحد	مجموع التساقطات القصوى ليوم واحد	ملم
***Rx5day**	التساقطات القصوى لخمسة أيام	مجموع التساقطات القصوى لخمسة أيام	ملم
SDII	مؤشر الشدة اليومية البسيط	مجموع التساقطات السنوية مقسوم على عدد أيام المطر (عندما تكون التساقطات ≥ 1.0 ملم)	ملم/باليوم
R95p	المساهمة السنوية من أيام ماطرة جداً	المجموع السنوي للتساقطات اليومية > المئين الخامس والتسعين	ملم
R99p	المساهمة السنوية من أيام ماطرة للغاية	المجموع السنوي للتساقطات اليومية > المئين التاسع والتسعين	ملم
PRCPTOT	المساهمة السنوية من أيام ماطرة	المجموع السنوي للتساقطات اليومية ≥ 1 ملم	ملم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر/الأيام الماطرة المتتالية	العدد السنوي الأقصى للأيام المتتالية التي تكون فيها التساقطات اليومية ≥ 1.0 ملم	أيام
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف/أيام الجفاف المتتالية	العدد السنوي الأقصى للأيام المتتالية التي تكون فيها التساقطات اليومية < 1.0 ملم	أيام
R10 mm	أيام التساقطات الغزيرة	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≥ 10 ملم	أيام
R20 mm	أيام التساقطات الغزيرة جداً	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≥ 20 ملم	أيام
Rnnmm	التساقطات التي تتجاوز السقف الذي يحدده المستخدم	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≥ nn ملم (nn: السقف الذي يحدده المستخدم)	أيام

ملاحظة: كل المؤشرات تُحسب سنويا. * المؤشرات التي تُحسب أيضاً شهرياً.
المصدر: ETCCDI,2009;Donat et al., 2014.

3.3 مصادر البيانات المتعلقة بالأرصاد الجوية

تُستمد مجموعات البيانات المناخية من قياسات متغيرات الطقس الفرعية اليومية أو اليومية التي تُجمع مع الزمن وتُدمج لإعداد سجلات مناخية. والقياسات المحددة مكانياً وزمانياً التي تؤخذ من مواقع محطات المراقبة هي عادة الأكثر مباشرة وبالتالي الأكثر دقة. غير أن هذه القياسات، بالنسبة للتحليل الإقليمي، يمكن ألّا تمثل مناطق أوسع، خاصة عندما تكون التضاريس شديدة التنوع (مثلاً، جبال وسواحل)، ويمكن أن يكون القياس نفسه عرضة للخطأ. وكمثال على ذلك، يمكن أن تكون بيانات رصد التساقطات التي قيست نسبتها أقل من كميتها الفعلية نظراً بما يختفي منها بسبب الرياح أو التبخر. ويجب مراعاة هذه القيود عند استخدام البيانات المناخية المستمدة من الرصد. ويمكن أيضاً تنظيم هذه البيانات في مجموعات بيانات موزعة على خلايا شبكية، على غرار طريقة تنظيم البيانات في مخرجات النماذج المناخية. وهو عبارة عن استكمال بيانات محطات الرصد المتاحة المحددة مكانيا وزمانيا غير الموحدة وإدخالها إلى الشبكة المختارة. وفي حين أن ميزة البيانات المنظمة في شبكة هي توفيرها لبيانات في أماكن لا توجد فيها محطات مراقبة، لكن نوعية البيانات المنظمة في شبكة هي دائماً دالة على حجم بيانات المحطة التي تحتوي عليها.

ونظراً لندرة التقارير ومشاكل متعلقة بضمان النوعية، قد يكون العمل مباشرة انطلاقاً من بيانات المحطة أمراً صعباً ويستدعي الكثير من الوقت. بيد أن أفرقة بحثية دولية وضعت مجموعات شبكية مستمدة من محطات الرصد المناسبة للدراسات المتعلقة بالمناخ والمتوفرة بدون أي قيود. وأُخضعت مجموعات البيانات هذه لنوع من ضبط النوعية والمعالجة لاحقا لجعلها أسهل استخداما. وتوليد البيانات التي سيعاد تحليلها هو تطبيق محدد يستخدم نموذج التنبؤ العددي بأحوال الطقس (NWP) لإدراج جميع البيانات المتوفرة المتعلقة بالأحوال الجوية المرصودة (من محطات الأرصاد الجوية الأرضية والسواتل) في إطار مشترك خلال فترة زمنية معينة، ويشار إلى هذه العملية باستيعاب البيانات[66]. والنتيجة هي بيانات موزعة بالتساوي في الخلايا الشبكية لنموذج NWP، أفقياً وعلى مستويات عمودية مختلفة في الغلاف الجوّي. وبما أنه يتم في عمليات المحاكاة هذه استيعاب كميات كبيرة من المعلومات القائمة على رصد السطح وطبقات الجو العليا، فإنها توفر تمثيلاً قريباً للواقع وهي مفيدة بشكل خاص للمواقع التي لا تجري فيها رصد فعلي.

والبيانات المعاد تحليلها تُعتبر جانباً مهماً للاختبارات ولتقييم النماذج المناخية، وهي تُستخدم أيضاً مع بيانات رصد أخرى لتحسين مجموعات البيانات الشبكية المرصودة. لكن لها، شأنها شأن البيانات المناخية كافة، بعض القيود. منها مثلاً البيانات المتعلقة بالتساقطات المنبثقة من إعادة التحليل، التي ثبت أنها توفر تمثيلاً جيداً لتوزُّع التساقطات زمنياً، لكن يمكن أن تنطوي على انحيازات هامة في مداها يمكن أن تختلف باختلاف الموقع. والبيانات المتعلقة بالحرارة والمعاد تحليلها، على خلاف ذلك، تُظهر بشكل عام درجة أعلى من الاتساق مع البيانات المرصودة. يتوفر للمنطقة العربية العديد من مجموعات البيانات التاريخية بشأن الأحوال الجوية، وهي تتطور باستمرار لأنه لا تفتأ تظهر أساليب جديدة للجمع ما بين بيانات الرصد في مواقع محددة والطرائق العددية والاستشعار عن بعد. وعلى الرغم من وجود قياسات لمجموعة واسعة من البارامترات، لا تقدم أي من مجموعات البيانات هذه، وحدها، تمثيلاً كاملاً للأرصاد الفعلية، ولذلك وُضعت مجموعات شتى من البيانات في إطار ريكار لاستخدام خصائصها المختلفة أفضل استخدام. وتشمل هذه المجموعات بيانات من محطات الرصد تقدمها مصالح الأرصاد الجوية عن طريق أكساد فضلاً عن مجموعات البيانات التالية:

Climatic Research Unit Time Series (CRU v3.21) جامعة إيست أنغليا): تتضمن مجموعات بيانات بشأن التغيّرات الشهرية في المناخ، اعتباراً من عام 1901 على شبكات باستبانة 0.5 درجة. وهذه المتغيرات تشمل الغطاء السحابي، و نطاق التغيير اليومي في درجة الحرارة، وتواتر أيام الصقيع، و التبخر النتحي المحتمل، والتساقطات، ومتوسط درجات الحرارة اليومية، والمعدل الشهري للحرارة القصوى والحرارة الدنيا اليومية، وضغط البخار، وتواتر الأيام الماطرة. والفترة المشمولة بالبيانات المستخدمة في ريكار تصل إلى عام 2012 وفقا للمعلومات التي كانت متوفرة وقت إعداد الدراسة[67].

Global Precipitation Climatology Project (GPCP) v1.2 تتضمن بيانات للفترة من عام 1979 وما بعده عن التساقطات الشهرية السطحية باستبانة شبكية اتساعها (درجة واحدة)[68] 60 arcminute.

Global Precipitation Climatology Centre (GPCC v6) تحليل كامل للبيانات المتعلقة بالتساقطات العالمية الشهرية السطحية بالاستناد إلى 67,200 محطة عالمياً. والبيانات المستخدمة وقت التحليل غطت الفترة 1901-2010 باستبانة مكانية قدرها 0.5 x 0.5 درجة[69].

Air Temperature and Precipitation (جامعة ديلاوير) (UDEL v3.01) تتضمن سلسلة من مجموعات بيانات شبكية عن الحرارة والتساقطات واستندت إلى سجلات محطات بدأت في عام 1900 (البيانات المستخدمة لهذه الدراسة غطت الفترة 1900-2010). وتوفر معلومات عالمية مفصلة نسبياً من سطح الأرض عن اثنين من أهم المتغيرات وذلك باستبانة مكانية قدرها 0.5 x 0.5 درجة[70].

Tropical Rainfall Measurement Mission Project (TRMM 3B42-v7) الصادرة عن مركز Goddard Space Flight Center (GSFC DAAC)، تتضمن بيانات عن التساقطات اليومية تغطي الفترة من عام 1997 وما بعده باستبانة قدرها 0.25x0.25 درجة[71].

المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF) ERA-Interim Reanalysis

هي كناية عن بيانات عالمية لإعادة تحليل الحالة الجوية تغطي الفترة من عام 1979 وما بعده، ويتم تحديثها آنيا وبشكل دائم. وهي تتضمن مجموعة بارامترات عن السطح كل ثلاث ساعات تصف أحوال الطقس وأمواج المحيطات وحالات سطح الأرض، وبارامترات عن طبقات الجو العليا كل ست ساعات تغطي طبقة التروبوسفير وطبقة الستراتوسفير. والإستبانة المكانية تبلغ نحو 80 كلم (T255 spectral) على 60 مستوى عمودي من السطح حتى 0.1 هكتوباسكال[72].

WATCH forcing data methodology applied to ERA-Interim (WFDEI):

استُخدمت لوضع النماذج الهيدرولوجية ولتصحيح إنحيازات التساقطات المشمولة بالنماذج. وأدخلت في شبكة قدرها 0.5 درجة. وهي كناية عن إطار جامع لبيانات مرصودة وبيانات نماذج إعادة التحليل. وعلى نحو ما تقدم، تستخدم إعادة التحليل نظام التنبؤ العددي بأحوال الطقس لإدراج كل الأرصاد الجوية المتوفرة داخل بنية مشتركة لفترة زمنية معينة[73]. و WFDEI تغطي الفترة 1979-2012 وتقوم على قيَم شهرية مرصودة لمجموعة بيانات CRU الموزعة على القيَم اليومية بحسب التوزيع الزماني من إعادة تحليل ERA-Interim[74] .

3.3.1 إنقاذ البيانات المناخية

تشتمل السجلات الماضية لنظام المناخ على معلومات أساسية تمكّن من إجراء تقييمات مناخية شاملة وموثوقة. وعلى الرغم من كمّ البيانات المناخية السابقة والجهود التي بدأت مؤخرا لتحسين مستوى توفر البيانات وإمكانية الاطلاع عليها، لا تزال السجلات محدودة من الناحية المكانية والزمانية وغالباً ما تكون غير متجانسة من حيث معايير الجودة. وعلاوة على ذلك، يقدَّر أن معظم هذه السجلات العائدة لما قبل ستينيات القرن الماضي ليست بنسخة رقمية وتتوفر فقط في شكل نسخ ورقية أو مصورة[75]. وحتى البيانات المناخية الرقمية الخام غالباً ما تنطوي على أخطاء كثيرة يمكن أن تدخل في خطوات معالجة البيانات ونقلها. وهذا الوضع يجعل هذه السجلات غير صالحة للاستعمال مما يحول دون إجراء تحليل للمناخ موثوق به ودون معرفة طبيعة تقلب المناخ ماضياً ومستقبلا. ولذلك، من فائق الأهمية بمكان إنقاذ هذه السجلات المناخية وضمان توفر سلسلة زمنية طويلة الأجل عالية الجودة ليتسنى فهم وتبيان وتكهن تقلب وتغيّر المناخ العالمي على نحو أفضل. وفي هذا السياق، بدأ يتزايد إدراك الهيئات الدولية والعلمية أن ثمة ضرورة قصوى وملحة لجمع ونقل المعلومات التاريخية الخاصة بالطقس والموجودة في شكل وسائط قابلة للتلف ونقلها إلى نسخة رقمية، وذلك لمعالجتها، وبذا انبثقت مبادرات هامة لإنقاذ البيانات (DARE).



عمّان، الأردن، 2017. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

ويشير هذا المفهوم إلى عملية الحفاظ على جميع البيانات المعرضة لخطر الضياع بسبب تدهور الوسائط التي تحتويها وإلى إنتاج نسخ رقمية من البيانات الحالية والسابقة يمكن استخدامها على الحاسوب لتسهيل الاطلاع عليها[76]. وهذه البيانات التي تم إنقاذها مُضافة إلى البيانات المتوفرة أصلاً تتيح تعزيز عملية تقييم النماذج المناخية وبالتالي تحسين عمليات تقييم اسقاطات المناخ في المستقبل التي يمكن أن تكون بمثابة معلومات يستفيد منها واضعو السياسات لإعداد الخطط المناسبة في ضوء تغيّر المناخ. وثمة فائدة إضافية مهمة من ذلك ألا وهي أن السجلات المناخية التي تغطي مناطق واسعة النطاق تمكّن من إجراء تحليل أفضل للظواهر المناخية المتطرفة[77].

ينفَّذ حالياً عدد من مبادرات DARE على المستويات العالمي والإقليمي والوطني، استناداً إلى المبادئ التوجيهية التي أعدتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وتشمل عدداً من هذه المبادرات الرامية إلى تحسين توفُّر السجلات المناخية البعيدة المدى والرفيعة الجودة وإمكانية الاطلاع عليها، إضافة إلى بناء القدرات من خلال مشاريع DARE المتكاملة الثنائية والمتعددة الأطراف[78]. واستحدث مؤخراً إطار قيِّم وهو البوابة الإلكترونية I-DARE التي تتكون من قاعدة بيانات على شبكة الإنترنت توفر نقطة دخول واحدة للحصول على معلومات عن حالة مشاريع DARE السابقة والحالية في العالم، وعلى البيانات التي يلزم إنقاذها، وعلى الأساليب والتكنولوجيات المستخدمة لذلك[79]. وإضافة إلى ذلك وعلى نحو ما تقدم في الجزء السابق، استُحدثت مجموعة من المعايير والبروتوكولات المتعلقة بالبيانات المناخية وتنفَّذ على الصعيد العالمي (درجات الحرارة والتساقطات المتطرفة، على سبيل المثال) لكي تعود البيانات التي تم إنقاذها ومجموعات البيانات الجديدة التي تنتَج بأقصى درجة من الفائدة وللتغلب على المشاكل المتعلقة بمعايير البيانات وتحويلها إلى نسخ رقمية، وتبادلها وتوفيرها على مستويات مكانية متعددة.

وكجزء من اجتماعات ريكار، وعملاً بتوصيات المشاركين فيها حول ضرورة اتخاذ إجراءات متابعة بشأن تبادل البيانات المناخية بين دوائر الأرصاد الجوية في المنطقة وإنقاذ هذه البيانات، نظمت الإسكوا في عام 2013 وبرعاية ريكار، ورشة عمل تدريبية دون إقليمية حول إنقاذ البيانات المناخية ورقمنتها.

وهدفت إلى تقديم التدريب على الجوانب النظرية والعملية لمبادرة إنقاذ البيانات المناخية (DARE) ورقمنتها، بما في ذلك مناقشة طرق نقل وسيلة المصدر، وتحويل البيانات إلى سجلات رقمية، وتحديد البيانات الفوقية المطلوبة، وممارسات التخزين والمساندة، فضلاً عن مراقبة جودة البيانات والتجانس بينها. وأدت ورشة العمل هذه، التي شارك فيها ممثّلون عن مراكز الأرصاد الجوية في الأردن ودولة فلسطين والمملكة العربية السعودية واليمن، إلى تمهيد الطريق أمام تحقيق فرص التعاون وإلى إطلاق مبادرات جديدة لإنقاذ البيانات المناخية[80]. وقد تمثلت إحدى نتائج ورشة العمل في وضع خطة تنفيذية لإنقاذ البيانات المناخية لصالح دائرة الأرصاد الجوية الأردنية وهيئة الأرصاد الجوية الفلسطينية. والسجلات الورقية الموجودة في دائرة الأرصاد الجوية الأردنية هي بمعظمها بمثابة دفاتر تتضمن بيانات يومية ولفترات تقل عن الساعة، فضلا عن عدد كبير من الرسوم البيانية.

وهكذا، نظمت الإسكوا والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية بعثة مشتركة إلى دائرة الأرصاد الجوية الأردنية لتدريب الموظفين المحليين على كيفية إنقاذ البيانات ورقمنة السجلات المناخية؛ ووضع قائمة جرد لسجلات البيانات المناخية التي تم الاحتفاظ بها في شكل ورقي، من أجل استردادها ورقمنتها؛ والتأكّد من خزن وأرشفة البيانات المناخية بشكل آمن ومنظّم للغاية بمشاركة السلطات المحلية؛ ووضع خطة تنفيذية لاستعادة ورقمنة جميع المحفوظات التي تم جردها، بما في ذلك تحديد المهل الزمنية التقريبية التي يتطلبها إنجاز كل مرحلة من مراحل الخطة. وعلى إثر ذلك، تم تنظيم السجلات الشهرية وما يرتبط بها من رسوم بيانية (البيانات المتعلقة بالحرارة والرطوبة وهطول الأمطار والضغط وأشعة الشمس والرياح)، ووضعها في صناديق محفوظات تحمل بطاقات تعريفية، وفهرسة كل صندوق إلكترونياً. وتم جرد حوالي 98 في المائة من البيانات الورقية لدى دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، ومراقبة جودتها وإدخالها في نظام البيانات المناخية الأردني. كذلك أنشئت في دائرة الأرصاد الجوية الأردنية بعثة مشتركة بين دائرة الأرصاد الجوية الأردنية وهيئة الأرصاد الجوية الفلسطينية لإنقاذ البيانات المناخية الخاصة بمحطات الأرصاد الجوية في الضفة الغربية، كما تم إنجاز مشروع مشترك لإنقاذ البيانات المناخية الخاصة بعشر محطات رصد تعود إلى خمسينيات وستينيات القرن الماضي، بدعم من الإسكوا والوكالة السويدية للتعاون الدولي من اجل التنمية[81].

3.4 الموارد المائية في المنطقة العربية

3.4.1 توفّر المياه

تشكل المياه مورداً نادراً وهشاً في المنطقة العربية، يتفاوت توزُّعه مكانياً وزمانياً على الصعيد الإقليمي وداخل كل بلد. وأدت عوامل عديدة إلى زيادة الضغوط على هذا المورد كمّاً ونوعاً خلال العقود الأخيرة. وتشمل هذه العوامل على الصعيد الإقليمي النمو السكاني والهجرة وتغير أنماط الاستهلاك والصراعات الإقليمية والحوكمة. والتبعات المحتملة لتغيّر المناخ وتقلب المناخ في المستقبل هي عوامل إضافية تزيد الضغوط على الكمية المتوفرة منها التي تختلف من حيث حجمها ومداها في المنطقة.

ويتأثر توفر الموارد المائية بالمناخ السائد الشبه القاحل إلى القاحل واجتماع التفاوت الهائل في معدل الأمطار وفقاً للمكان والزمان. وتكثر الأمطار في أجزاء معينة فقط من المناطق الجبلية على طول الحدود الشمالية والجنوبية للمنطقة فتمكن وجود المياه السطحية. والسهول الساحلية الضيقة في شمال أفريقيا وشرقي البحر الأبيض المتوسط والزاوية الجنوبية الغربية من شبه الجزيرة العربية تتلقى كميات هامة من الجريان المائي من سلاسل الجبال، مقارنة بالصحارى الداخلية. وفي شمال أفريقيا، تفضي الأحوال الرطبة في جبال الأطلس إلى تشكُّل عدة أنهار ساحلية مثل نهر سيبو في المغرب ونهر شليف في الجزائر ونهر مجردة في تونس.

وموارد المياه السطحية في المشرق تنبع بمعظمها من المناطق الرطبة الشاسعة في شمالي المنطقة العربية التي تتميز بتساقطات بمعدلات أعلى ولفترات أطول. وسلسلة جبال طوروس-زاغروس في الشمال تشهد تساقطات كثيفة بفعل الرياح الغربية الرطبة، وتشكل منابع المياه الرئيسية لنهري الفرات ودجلة. وكذلك الأمر، فإن التساقطات على سلاسل جبال شرقي البحر الأبيض المتوسط تغذي منابع أنهار الأردن والعاصي والنهر الكبير المشتركة، إلى جانب أنهار لبنانية وسورية صغيرة. وفي جنوبي المنطقة العربية، يشكل جريان المياه المتأتي من المرتفعات الإثيوبية والاستوائية منابع نهر النيل المشترك بين مصر والسودان وتسع دول أخرى غير عربية تقع على ضفافه. أما بالنسبة لشبه الجزيرة العربية، فإن قلة الأمطار التي تهطل فيها ومعدلات التبخر المرتفعة للغاية تحول دون تشكُّل المياه السطحية وتجدد المياه الجوفية ولا يمكنها رفد الأنهار الدائمة الجريان. غير أن الأمطار المتقطعة ولكن الغزيرة التي تهطل في المناطق الجبلية على طول البحر الأحمر وبحر العرب تتراكم وتتسرب عبر قنوات الوادي الواسعة (مجاري مياه غير دائمة) التي كثيرا ما تصبح مصادر محصورة هامة للمياه العذبة.

والمياه الجوفية مصدر رئيسي لإمدادات المياه في المنطقة. وموارد المياه الجوفية المتجددة محدودة وتتمثل بمعظمها في شكل خزانات ضحلة تتغذى من أنشطة تعتمد على المياه السطحية، خاصة خلال الفيضانات الكبيرة. وغالبية شبكة الخزانات الجوفية موجودة في التشكلات الجيولوجية الضخمة التي يمكن أن تغطي مئات الكيلومترات مع كميات ضخمة من المياه الجوفية الأحفورية المخزنة المتأتية بشكل رئيسي من الفترات الماطرة الماضية. وهذه الموارد غير المتجددة موجودة خصوصاً في الصحراء وشبه الجزيرة العربية وتمتد إلى دول عربية عديدة. ومن الأمثلة على ذلك حوض الحجر الرملي النوبي للمياه الجوفية في مصر وليبيا والسودان وتشاد، وخزان المياه الجوفي في شمالي غربي الصحراء الكبرى (الجزائر

وليبيا وتونس)، وخزان المياه الجوفي في شرقي شبه الجزيرة العربية (الأردن والإمارات العربية المتحدة والبحرين والجمهورية العربية السورية والعراق وعُمان وقطر والكويت والمملكة العربية السعودية واليمن)، وخزان المياه الجوفي في الديسي (المملكة العربية السعودية والأردن). كما توجد شبكات خزانات جوفية أصغر، مثل تلك الموجودة في مناطق تصريف المياه في الوديان، حيث تلتقي عدة قنوات وتسمح بتراكم ترسبات طميية السميكة لتكوين طبقات المياه الجوفية في الوادي. وغالباً ما تشكل مصدراً رئيسياً لتغذية طبقات المياه الجوفية الأعمق. بالإضافة إلى ذلك، فإن خزانات المياه الجوفية الساحلية شائعة في المنطقة خاصة حول البحر الأبيض المتوسط، أي على ساحل مصر الشمالي والساحل اللبناني وقطاع غزة، بالإضافة إلى العديد من المدن الساحلية على طول شرقي الخليج.

وبتوفر المياه بالشكل الطبيعي المكاني، يشتد اعتماد بعض البلدان على موارد المياه السطحية (مصر والعراق، مثلاً)، في حين يعتمد البعض الآخر بشكل أساسي على موارد المياه الجوفية (ليبيا وبلدان الخليج). وتعتمد كل الدول العربية تقريباً لتأمين إمداداتها المائية على الأنهار أو طبقات المياه الجوفية المشتركة مع الدول العربية أو غير العربية المجاورة. وهذا الاعتماد الشديد يؤكد ضرورة وأهمية التعاون عبر الحدود لإدارة هذه الموارد بفعالية وضمان استدامتها، علماً أن الدول العربية هي من بين أكثر دول العالم ندرة في المياه. وفي هذا الصدد، وبناء على طلبات المجلس الوزاري العربي للمياه، انصب التركيز بشكل خاص على الموارد المائية المشتركة في ريكار عبر توفير اسقاطات عن تغيّر المناخ وتحليلات له بالنسبة لخمسة أحواض مائية سطحية مشتركة مختارة (انظر الفصل 4).

3.4.2 ترسيم الأحواض المائية وشبكات التصريف

استُخدمت مجموعة البيانات الهيدرولوجية HydroSHEDS لأغراض الطوبوغرافيا وترسيم الأحواض المائية وشبكات التصريف لتقييم الأثر وقابلية التأثر. وهي مستمدة من بيانات عن المرتفعات من Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) باستبانة 3 arcsecond (GL3S). وتم تكييف بيانات SRTM الأصلية من حيث الهيدرولوجيا باستخدام سلسلة من الإجراءات المؤتمتة. وأُدخلت تصويبات يدوية حيثما لزم ذلك[82]. ولم تُستخدم المعلومات المتعلقة بموارد المياه الجوفية إلا لتقييم قابلية التأثر، واستندت إلى بيانات مدرجة في خريطة Global Groundwater Vulnerability to Floods and Droughts بمقياس 1: 25,000,000 الصادرة في عام 2015 [83].

3.4.3 البيانات المتعلقة بتصريف الأنهار

إن بيانات رصد تصريف النهر هي قياسات محددة مكانياً وزمانياً تمثل المجموع المتكامل للجريان السطحي الذي يحدث في أعالي نقطة القياس. وهي توفر متغيراً مهما لتحليل الظروف الهيدرولوجية والمناخية والإنمائية المتغيرة في حوض المنبع. وتوفر أيضاً متغيراً مهما لمعايرة النماذج الهيدرولوجية واختبارها.

غير أن بيانات الرصد لتصريف الأنهار محدودة في المنطقة العربية. وتبيّن أن المصادر الدولية من خارج المنطقة هي المصدر الرئيسي لهذه البيانات، وهي محدودة النطاق. واستُخدمت البيانات الموجودة في مركز Global Runoff Data Centre (GRDC)[84] ولكن ما كان لدى العديد من محطات التصريف لا يتعدى سجلات لفترات زمنية قصيرة انتهت في مطلع إلى منتصف ثمانينيات القرن الماضي. وتم الحصول أيضاً على السجلات المتعلقة بتصريف الأنهار من تقارير ومنشورات شتى متاحة بدون قيود، مثل تقرير نشرته هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) عن حوضي نهري دجلة والفرات[85]. كما تم الحصول على بعض السجلات من نقاط اتصال وطنية معنية بالمسائل الهيدرولوجية وعينتها الدول العربية عن طريق المجلس الوزاري العربي للمياه. وتوفّر سجلات أطول عن تصريف الأنهار المعايَن كان سيفيد التقييم.

3.4.4 البحيرات والخزانات

فيما يلي مصادر البيانات المتعلقة بالبحيرات والخزانات المستخدمة لتقييم الأثر:

Global Lakes and Wetlands Database (GLWD): أصدرها الصندوق العالمي للحياة البرية (WWF) ومركز بحوث النظم البيئية (Centre for Environmental Systems Research) التابع لجامعة كاسّيل الألمانية، استناداً إلى مجموعة أفضل المصادر الموجودة بشأن البحيرات والأراضي الرطبة على قياس عالمي (دقة 1:1 إلى 1.3 مليون)، وتطبيق نظام المعلومات الجغرافية (GIS). وأمكن بذلك وضع قاعدة بيانات تركز على ثلاثة مستويات منسقة: البحيرات والخزانات الكبرى، والكتل المائية الصغيرة، والأراضي الرطبة[86].

Global Reservoir and Dam Database (GRanD): تقوم على تبويب المعلومات المتوفرة بشأن الخزانات والسدود والتي أُدخلت عليها التصويبات اللازمة وأضيفت إليها المعلومات الناقصة التي استُمدت من مصادر جديدة أو إحصاءات. وشملت بدايةً كل الخزانات التي تزيد سعتها على 0.1 كلم^3، غير أنه أضيفت خزانات صغيرة عديدة رهنا كلما توفرت بيانات عنها[87]. وأضاف أكساد بيانات وطنية إلى قاعدة البيانات هذه.

وبالنسبة لتقييم قابلية التأثر، استندت البيانات المتعلقة بالسدود إلى قاعدة بيانات Aquastat 2015[88]، وأضيفت إليها بيانات من مصادر وطنية في بلدان مختارة (عُمان والمملكة العربية السعودية والعراق والسودان والجمهورية العربية السورية)[89].

4 الخصائص الطوبوغرافية والأرضية ومصادر البيانات المتعلقة بها

4.1 الخصائص الطوبوغرافية للمنطقة العربية

تمتد المنطقة العربية على مساحة نحو 14,000,000 كلم^2 تشمل حوالى 30,000 كيلومتر من السواحل، وخصائصها الطوبوغرافية وتضاريسها شديدة الاختلاف. وتغطي معظمَها مناطق جبلية ضخمة وصحارى شاسعة توجد فيها واحات عديدة تشكل مناخات صغيرة محلية حيث يمكن الزراعة فيها بشكل محدود. وتشتمل الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا على ارتفاعات تتراوح ما بين 30 م تحت مستوى سطح البحر إلى قمم تتجاوز 3,000 م في جبال الهقار في جنوبي الجزائر وجبال تيبستي في جنوبي ليبيا. وتشكل جبال الأطلس على طول الساحل الشمالي درعاً واقياً من الصحراء وتمتد من جنوبي غربي المغرب (يصل إلى 4,167 م) إلى الطرف الشرقي من تونس. وعلى مسافة أبعد باتجاه الشرق، توجد شبه جزيرة سيناء التي هي كناية بمعظمها عن صحراء تضم تضاريس جبلية وتغطي مساحة 13,000 كلم^2. وجبال كركر الصومالية الممتدة على طول خليج عدن تشكل ارتفاعاً طوبوغرافياً مقابل تضاريس جلّها من الهضاب والسهول والمرتفعات في القرن الأفريقي.

وتحد غربي آسيا في الشمال سلسلة جبال طوروس-زاغروس التي تمتد من جنوبي تركيا إلى الحدود العراقية الإيرانية. وتبلغ مساحتها آلاف الكيلومترات المربعة وتمثل حاجزاً أمام حركة الكتل الهوائية الباردة من الشمال. وثمة سلسلتان جبليتان أخرى على طول الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط هما: سلسلة جبال لبنان الغربية مع أعلى قممها وهي القرنة السوداء (3,090 م) وسلسلة الجبال الشرقية الموازية لها التي تصل إلى هضبة الجولان جنوباً حيث تقع على الحدود اللبنانية السورية إلى قممها أي جبل الشيخ (2,814 م). تغطي الصحراء السورية أكثر من نصف مساحة الجمهورية العربية السورية (500,000 كلم^2) وتمتد إلى أجزاء من غربي العراق والأردن والمملكة العربية السعودية.

وفي شبه الجزيرة العربية، تمتد صحراء النفود (65,000 كلم^2) إلى شمالي غربي المملكة العربية السعودية لتبلغ صحراء الدهناء. وهي تلتقي بصحراء الربع الخالي التي تشكل إحدى أكبر الصحاري الرملية في العالم إذ تغطي أكثر من 650,000 كلم^2 في جنوب المملكة العربية السعودية وأجزاء من عُمان والإمارات العربية المتحدة واليمن. وتضم شبه الجزيرة العربية أيضاً سلاسل جبال عديدة منها جبال الحجاز وعسير على طول ساحل البحر الأحمر إلى وتصل مرتفعاتها إلى 2,000 م. وإلى الجنوب، ترتفع سلسلة جبال اليمن إلى 3,666 م وتمتد على طول المنطقة الجنوبية لساحل البحر الأحمر، ومن ثم بموازاة خليج عدن لتصبح سلسلة جبل حضرموت. وترتفع هضبة نجد الخصبة في وسط شبه الجزيرة العربية إلى 1,500 م ومن ثم تنحدر من الغرب إلى الشرق. والأودية ومناطق استخراج الملح (السبخات) شائعة في شبه الجزيرة. وفي الجنوب الشرقي، تحد سلسلة جبال عُمان (جبال حجر) خليج عُمان والمنطقة الشرقية من الإمارات العربية المتحدة، وتتجاوز في ذروتها 3,000 م في جبل شمس. بالإضافة إلى سلاسل الجبال والمناطق المرتفعة، تضم المنطقة أيضاً أماكن يقل مستواها إلى حد بعيد عن مستوى سطح البحر، وتشمل أكثر نقطة انخفاضاً في العالم على البحر الميت (422 م دون مستوى سطح البحر) ومناطق أخرى منخفضة مثل بحيرة أساي في جيبوتي التي تقع على 155 م دون مستوى البحر.

4.1.1 الوديان

تشكل المجاري المائية المتقطعة أو الوديان، أكثر المعالم الطبيعية شيوعا في المنطقة، وخاصة في شبه الجزيرة العربية، وتعبرها مستجمعات مياه ضخمة يتراوح طولها بين 10 كلم ومئات الكيلومترات. منها، على سبيل المثال، وادي الباطن البالغ طوله 970 كلم الذي يعبر العراق والكويت ويتجه إلى الجنوب الغربي ليبلغ المملكة العربية السعودية حيث يسمى وادي الرمة. ولعبت الأودية دوراً هاماً في التاريخ القديم والحديث لقبائل وسكان شبه الجزيرة مثل اليمن والمملكة العربية السعودية وسلطنة عُمان، فزودت السكان بإمدادات هامة من المياه للأغراض المنزلية والري. وتتأثر هذه المجاري المائية الموسمية بنظام التصريف والنقل وطبيعة الرواسب وتكرر الفيضانات وتغير معدلات هطول الأمطار. وعند تساقط الأمطار الغزيرة، يمكن أن تصل ذروة كمية تدفق المياه في الوادي إلى آلاف الأمتار المكعبة في الثانية (م^3/بالثانية). ويتزايد اهتمام الدول العربية بتحسين إدارة تدفقات الوديان والتحكم بها للوقاية من مخاطر الكوارث، إذ إن فيضانات مياه الوديان المدمرة ظاهرة شائعة وتلحق أضراراً هائلة بالمساكن والمناطق الزراعية. غير أن هذه الوديان تشكل في الوقت نفسه مصدراً هاماً للمياه العذبة لاستغلالها في ضوء الطلب المتزايد غير المسبوق على المياه[90].

4.1.2 السبخات

تشكل السبخات أو مسطحات الملح سمة جيومورفولوجية مميزة للمنطقة العربية. وهذه كناية عن منخفضات تغطيها طبقة من الملح مع أرضيات مانعة للتسرب تقع فوق سطح المياه مباشرة، حيث تراكمت المياه المالحة بعد تعرضها دورياً للفيضانات والتبخر[91]. والسبخات شائعة في شرقي شبه الجزيرة العربية (الإمارات العربية المتحدة، قطر، عُمان)، وفي أجزاء من العراق والجمهورية العربية السورية، وعلى طول سواحل خليج السويس والبحر الأحمر والأراضي الساحلية لشمال أفريقيا، حيث تُدعى "الشط"[92]. ومن الأمثلة البارزة على السبخات سبخة أم السميم، وهي واحدة من أعلى مناطق الملح في المنطقة (ارتفاع

100 م) وتقع في شرقي صحراء الربع الخالي في عُمان. وشط الجريد في تونس مثال آخر، وهو أكبر حقل ملح في الصحراء الكبرى إذ تتجوز مساحته 5,000 كلم^2، وهو جزء من مجموعة حقول الملح الموسمية في البلد التي تغذيها المياه الجوفية في جبال الأطلس، وبعضها يمتد إلى الجزائر[93]. واعتُبرت السبخات حتى الفترة الأخيرة أراضي مهجورة تُضر بالغطاء النباتي، وتتسبب بتآكل التربة وبأضرار في مواقع البناء. أما الآن فهي تُعتبر أكثر فأكثر نظماً إيكولوجية هامة وتنطوي على مقومات هائلة كمصادر لتوليد الطاقة الشمسية وزراعة الطحالب والطاقة الهيدروكربونية[94].

4.1.3 الواحات

إن الواحات مناطق خضراء معزولة موجودة في الصحارى وتمثل نظماً إيكولوجية زراعية معقدة وحساسة. وهي تقع بشكل عام إما على طول أنهار غير دائمة الجريان (الأودية)، أو مسطحات من المياه الضحلة، أو مياه جوفية ارتوازية عميقة، مما يخلق ضغطاً كافياً يدفع المياه إلى السطح. وتشهد الواحات الطبيعية عواصف مطرية في بعض الأحيان تغذي الأرض بالمياه. والممارسات المتبعة منذ آلاف السنين في إدارة الموارد الطبيعية وزراعة الأرض في واحات العالم تعكس المهارات الفائقة التي كان يمتلكها السكان المحليون في استخدام مواردهم الطبيعية المحدودة استخداماً مستداماً.

والنظم الإيكولوجية في الواحات فريدة في طبيعتها وتمكنت من الصمود في المنطقة العربية بفعل التشدد في إدارة الموارد المائية والأراضي والموارد البيولوجية المحدودة على مر السنين، التي تساعد فيها بشدة بساتين النخيل. ودأب السكان على زرع أشجار قوية، مثل النخيل، على محيط الواحات للحد من الضرر وزحف رمال الصحراء. وتحتضن المنطقة واحات هامة مثل واحة الأحساء في المملكة العربية السعودية، وهي الأكبر في العالم، حيث تبلغ مساحتها 10,000 هكتار وفيها نحو 3 ملايين شجرة نخيل[95]. وواحة تافيلالت المغربية هي أيضاً واحدة من أكبر الواحات في العالم. ويتعرض وجود هذه الواحة للتهديد المتزايد. وأشارت دراسة حديثة إلى أن المياه الجوفية تقلصت بنسبة 50 في المائة خلال الأربعين سنة الماضية، مما أدى إلى انخفاض بنسبة 50 في المائة في عدد أشجار النخيل[96]. وتوجد واحات كبيرة أخرى في الجزائر وتونس ومصر وليبيا والإمارات العربية المتحدة.

ولعقود عديدة، ساهمت واحات المنطقة مساهمة هامة في تنمية المجتمعات المحلية وفي صون التوازن الإيكولوجي بفضل المعارف الثقافية ومعارف الشعوب الأصلية. وهي تمثل مواقع حيوية لطرق التجارة والنقل في الصحارى ومناطق مهمة للتنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية الغنية[97]، لكنها تصبح تدريجيا هشة إزاء تغير البيئة. ولذلك، حظيت باهتمام شديد في السنوات القليلة الماضية، حيث اعتبرت منظمة الفاو عدداً منها نظماً من نظم التراث الزراعي ذات الأهمية العالمية (GIAHS). وهذه الواحات هي واحات جبال الأطلس في المغرب (2011)، وواحات قفصة في تونس، وواحتا النخيل القديمتان في العين وليوا في الإمارات العربية المتحدة (2015)، ومؤخراً واحة سيوة في مصر التي اختيرت في عام 2016 لصونها النظام الإيكولوجي والتراث البيئي في زراعة نخيل البلح (انظر الإطار 2)[98]. والصعوبات الرئيسية التي تعيق إدارة الواحات في المنطقة العربية بطريقة متكيفة ومستدامة هي نقص المعلومات والمعارف في أوساط صناع القرار عن حالة النظم الإيكولوجية واتجاهات تفاعلها، فضلا عن عدم توعية العموم علما أن التوعية هي وسيلة لدعم تنفيذ أفضل ممارسات الإدارة الزراعية البيئية والاقتصادية.



شط الجريد، تونس، 2012. المصدر: Dennis Jarvis-flickr.com.

4.2 مصادر البيانات الطوبوغرافية وسائر البيانات المتعلقة بطبيعة الأرض

تم اللجوء إلى مصادر شتى لعمليات النمذجة المناخية، للحصول على بيانات عن طبيعة الأرض اختلف مستوى تفاصيلها باختلاف النماذج المطبقة (الفصل 1). فاستُخدم برنامج WHIST (World Hydrological Input data Set-up Tool)[99] لإعداد المعلومات المرجعية للنماذج التي طبقها المعهد السويدي في هذه الدراسة. (SMHI) للأرصاد الجوية والهيدرولوجية وكانت وظيفة هذا البرنامج إعداد المعلومات اللازمة للنماذج الهيدرولوجية (مثل ترسيم الأحواض الفرعية، وإنتاج مسارات الأنهار، وحساب حجم طبقات التربة واستخدام الأراضي) استناداً إلى مصادر مختلفة من قواعد البيانات المتعلقة بالطوبوغرافيا والتربة واستخدام الأراضي والزراعة والمفصلة في الأجزاء أدناه.

4.2.1 البيانات الطوبوغرافية

تستند البيانات الطوبوغرافية إلى قاعدة البيانات HydroSHEDS[100] التي استُخدمت أيضاً في إطار شبكات التصريف وترسيم حدود الأحواض المائية.

4.2.2 التربة

استندت البيانات المتعلقة بالتربة إلى قاعدة بيانات Harmonized World Soil Database (HWSD) والنسخة 1.2 هي عبارة عن قاعدة بيانات من أشكال بيانية نقطية (بدقة 30 arcsecond) تضم أكثر من 15,000 خريطة تجمع ما بين آخر المعلومات الإقليمية والوطنية عن التربة عالمياً. وتستند إلى أربعة

الإطار 2: واحة سيوة في مصر

تقع واحة سيوة في منخفض في المنطقة الشمالية من الصحراء الغربية في مصر، على بعد 80 كلم من الحدود المصرية الليبية و 300 كلم جنوبي مدينة مرسى مطروح الساحلية المتوسطية. والجزء الأعظم من المنخفض يقع تحت مستوى سطح البحر، وأعمقه يبلغ 133 م تحت مستوى سطح البحر. ومناخ سيوة شديد القحولة من نيسان/أبريل إلى تشرين الثاني/نوفمبر وتنخفض فيها التساقطات للغاية من كانون الأول/ديسمبر إلى آذار/مارس (ما متوسطه 10 ملم/بالسنة)، وزاد عدد سكانها من حوالى 8,000 نسمة في عام 1980 إلى 28,000 نسمة في عام 2016.

والعزلة البيئية الجغرافية لسيوة من وادي النيل والدلتا المصرية جعلت ظروفها ملائمة للإنتاج الزراعي الذي يعتمد بالكامل على موارد المياه الجوفية للري. وتقع الواحة فوق خزانين من المياه الجوفية. والخزان العلوي شديد الملوحة (1,800-7,500 جزء في المليون) وخزان الحجر الرملي النوبي العميق مالح مثل ملوحة مياه الشرب (325-170 جزءاً في المليون).

ونحو 97 كلم^2 (10 في المائة من مساحة المنخفض الإجمالية) مزروعة حالياً بشكل رئيسي بأشجار النخيل والزيتون التي يتم ريها من عدة مئات من آبار المياه الجوفية. وكانت الزراعة وما زالت أبرز نشاط اقتصادي في سيوة وهي المصدر الرئيسي لمعيشة سكانها. ويوجد حالياً نحو 280,000 نخلة تنتج سنوياً حوالى 25,000 طن من التمور، مما يمثل غذاء محلياً هاماً في الواحة وأحد أركان الأمن الغذائي المحلي. كما تنتج الواحة نسبة كبيرة من إنتاج الزيتون الوطني، إذ تنتج سنوياً ما قدره 27,500 طن من الزيتون الأخضر. والمواشي هي أيضاً عنصر هام في نظام سيوة الزراعي بوجود نحو 9,000 رأس من الماعز والأغنام وأكثر من ألف رأس من البقر توفر سماداً عضوياً للمزروعات.

وفي عام 2002، أعلنت الحكومة المصرية مساحة قدرها 7,800 كلم^2 في واحة سيوة وحولها منطقة محمية وذلك اعترافاً بتنوعها الثقافي والبيولوجي والبيئي. وفي تشرين الأول/أكتوبر 2016، منحت منظمة الفاو قطاع إنتاج التمور في واحة سيوة شهادة نظام التراث الزراعي ذات الأهمية العالمية، التي تمنح الواحة صفة نظام التراث الزراعي ذات الأهمية العالمية الذي يصون التنوع الزراعي والمعارف وسبل الرزق التقليدية المرتبطة بزراعة التمور.





واحة سيوة، مصر، 2016. المصدر: منظمة الفاو.

مصادر من قواعد البيانات: قاعدة البيانات الأوروبية المتعلقة بالتربة (ESDB)، وخريطة الصين المتعلقة بالتربة (1:1000000)، وقواعد بيانات SOTER إقليمية مختلفة (SOTWIS Database) وخريطة التربة العالمية لليونسكو ومنظمة الأغذية والزراعة[101].

4.2.3 استخدام الأراضي

بالنسبة لتقييم أثر تغيّر المناخ، استخدم المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية مجموعة بيانات Global Land Cover (GLC 2000) للنمذجة المناخية. ومجموعة البيانات هذه التي تنتج عبر شراكة دولية تضم 30 فريقاً بحثياً ينسقها مركز الأبحاث المشترك التابع للمفوضية الأوروبية، وتبلغ دقة قاعدة البيانات 1 كلم وتشتمل على مستويين من المعلومات الخاصة بالغطاء الأرضي – إيضاحات مفصلة وموضوعة على الصعيد الإقليمي عن الغطاء الأرضي لكل قارة وإيضاحات أقل تفصيلاً على مستوى الموضوع توحد الإيضاحات الإقليمية في منتج واحد متسق[102].

وبالنسبة للنمذجة باستخدام نموذج نظام وضع النماذج الهيدرولوجية (HEC-HMS) وتقييم قابلية التأثر، استندت البيانات المتعلقة باستخدام الأراضي إلى قاعدة البيانات Global Land Cover-SHARE (GLC-SHARE) التي أصدرتها منظمة الفاو في عام 2014، وتوفر مجموعة من 11 مستوى رئيسي من المواضيع المتعلقة بالغطاء الأرضي ناتجة من مزيج من أفضل قواعد البيانات الوطنية والإقليمية و/أو دون الإقليمية العالية الدقة المتوفرة بشأن الغطاء الأرضي. وأنتجت قاعدة البيانات بدقة 30arsecond وأهم إيجابيات بيانات GLC-SHARE هي قدرتها على الحفاظ على المعلومات المتوفرة عن الغطاء الأرضي على صعيد البلدان التي تم الحصول عليها من خلال البيانات المكانية والزمانية المتعددة[103].

4.2.4 الزراعة

بالنسبة لتقييم الأثر وقابلية التأثر، استُخدمت النسخة 5 من خريطة Global Map of Irrigation Areas (GMIA) التي أصدرتها منظمة الفاو في عام 2013. وتبين هذه الخريطة المساحة المجهزة للري حوالى عام 2005 بالنسبة المئوية من المساحة الإجمالية التي وُضعت بأشكال بيانية نقطية بدقة 5 arcminutes. وتظهر مستويات الخريطة الإضافية النسبة المئوية للمساحة المجهزة للري والتي استُخدمت بالفعل للري[104]. وبالإضافة إلى ذلك، استُخدمت مجموعة البيانات Global Monthly Irrigated and Rainfed Crop Areas (MIRCA) للنمذجة التي وضعها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية. وهي تعرض مناطق زراعية مروية وبعلية مشمولة بـ 26 فئة من المحاصيل لكل شهر من السنة باستبانة مكانية قدرها 5arcminutes[105].

4.2.5 الغطاء الحرجي

استُخدمت خريطة تبين التغير العالمي في الغابات لتقييم قابلية التأثر، أصدرها قسم العلوم الجغرافية في جامعة ميريلاند الأميركية. وهي باستبانة مكانية قدرها 1arcsecond وتبين ما اختفى وزُرع من غابات في العالم في الفترة من 2000 إلى 2012 استناداً إلى بيانات استُمدت من قمر اصطناعي لمراقبة الكرة الأرضية[106].



الجبل الأخضر، ليبيا، 2009. المصدر: إيهاب جناد.

5 مصادر البيانات الاجتماعية والاقتصادية

ترد في ما يلي مجموعات البيانات الاجتماعية والاقتصادية الرئيسية المستخدمة في تقييم قابلية التأثر. والمعلومات المفصلة عن البيانات المعتمدة، بما في ذلك البيانات الوصفية لمصادر البيانات، وكيفية تطوير البيانات، ودقتها المكانية، والقياس الإحصائي، وغير ذلك، ترد في صفيحة معلومات لكل مؤشر التي ستوفَّر عبر المركز الإقليمي للمعرفة.

5.1 مجموعات البيانات الديمغرافية

ترد أدناه أبرز مصادر البيانات المستخدمة للتقديرات المتعلقة بالسكان والحالة الديمغرافية في المنطقة.

الكثافة السكانية. استندت التقديرات إلى قاعدة البيانات LandScan Global Population Database التي تعرض التوزُّع الجغرافي للسكان وهي بدقة 1 كلم. وهي تمثل بيانات عن التعداد السكاني للفترة 2010-2014 وتم تعديلها لأخذ اللاجئين والنازحين داخلياً في عام 2015 في الاعتبار[107].

المهاجرون واللاجئون. استُخدمت بيانات شعبة السكان التابعة لإدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية في الأمم المتحدة، التي تغطي الفترة 2010-2015 لتوفير تقديرات عن أعداد المهاجرين[108] في حين أن التقديرات المتعلقة بأعداد اللاجئين استندت إلى بيانات صادرة في عام 2015 عن مفوضية الأمم المتحدة لشؤون اللاجئين[109]. وأُعطيت التقديرات في شكل عدد المهاجرين/اللاجئين لكل 1,000 مقيم.

النطاق الحضري. استُخدمت لهذا المؤشر النسخة 1 من Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMPv1) وهي تتضمن التقديرات المتعلقة بالسكان للسنوات 1990 و1995 و2000 باستبانة شبكية 1 كلم (30arcsecond)[110]. وشبكات النطاق الحضري تميز المناطق الحضرية والمناطق الريفية على أساس عدد السكان (الأشخاص) ونقاط التجمعات السكانية ووجود الأضواء في الليل.

نسبة الأطفال والمسنين من مجموع السكان. استندت البيانات لهذا المؤشر إلى بيانات شعبة السكان التابعة لإدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية في الأمم المتحدة لعام 2015.[111]

5.2 مجموعات البيانات الاقتصادية

تضمنت مجموعات البيانات الاقتصادية تقديرات عن مؤشرات معينة مثل الناتج المحلي الإجمالي للفرد، بناء على أحدث البيانات المتوفرة (2007-2014) الصادرة عن البنك الدولي[112].

بالإضافة إلى ذلك، استُخدمت قاعدة بيانات إحصاءات التنمية الدولية (IDS) الموجودة على الإنترنت لتقديم معلومات عن مؤشر المساعدة الإنمائية الرسمية المخصصة للدول العربية. وهي تستند إلى أحدث البيانات المتوفرة (2007-2014) وتغطي المساعدات الثنائية والمساعدات المتعددة الأطراف والمساعدات الواردة من جهات خاصة وتدفقات الموارد الأخرى إلى البلدان النامية[113].

5.3 مجموعات البيانات المتعلقة بالتكنولوجيا

استُخدمت مجموعات البيانات الصادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات في عام 2013 لتوفير معلومات عن تكنولوجيا الاتصالات يعبَّر عنها مؤشر تطور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT Development Index) للبلد[114].

5.4 مجموعات البيانات المتعلقة بالإنصاف

تشتمل بعض المؤشرات المتعلقة بالإنصاف على نسبة البطالة في أوساط النساء مقارنة بالرجال واستندت البيانات إلى تقديرات منظمة العمل الدولية المشمولة بآخر بيانات متوفرة (2007-2014)[115]. ومثال آخر هو نسبة قرائية النساء قياساً بالرجال في الدول العربية، التي توفرت من التقديرات الخاصة بعام 2015 من معهد الإحصاءات التابع لليونسكو[116].

6 قواعد بيانات الخسائر الناجمة عن الكوارث

يمثل استحداث قواعد بيانات وطنية عن الكوارث استراتيجية منخفضة التكلفة وشديدة الفعالية لحساب خسائر الكوارث بصورة منتظمة. وهذه هي الخطوة الأولى التي لا بد منها لإنتاج المعلومات اللازمة لتقييم المخاطر بشكل دقيق، والتكيف مع تغيّر المناخ، والحد من مخاطر الكوارث. وتسجل قواعد البيانات الوطنية المتعلقة بالكوارث عدداً لا بأس به من المؤشرات عن الخسائر البشرية والخسائر الاقتصادية، مثل الوفيات والإصابات والإجلاء، فضلاً عن الأضرار التي تصيب البنية التحتية وسبل العيش، مثل المساكن والزراعة والمواشي والخدمات الحيوية والمرافق الأساسية. وتُجمع هذه المعلومات محلياً على درجة عالية نسبياً من التفصيل، تصل عادة إلى مستوى البلديات أو حتى أقل، في ضوء حجم البلد.

ولتعزيز الحساب للخسائر الناجمة عن الكوارث على المستوى العالمي، أطلق مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث (UNISDR) المبادرة العالمية لجمع قواعد بيانات خسائر الكوارث، التي صُممت للمساعدة في إنشاء قواعد بيانات وطنية لخسائر الكوارث في كل مناطق العالم باتباع منهجية وضعت في إطار

مشروع ديس إنفنتر Desinventar[117]. وهذه هي المنهجية الوحيدة المتوفرة للعموم والمصدر المفتوح الوحيد لإنشاء قواعد بيانات عن الكوارث، وتسمح بجمع المعلومات المتعلقة بحالات الكوارث والخسائر الناجمة عنها وبتحليلها وتمثيلها في رسوم بيانية. وهي منذ عقدين تخضع دوما للتطوير والتحسين، عندما بدأت دول أمريكا اللاتينية تنشئ قواعد بيانات منهجية تتضمن جرداً للكوارث.

وُضع إطار سينداي للحد من مخاطر الكوارث، الذي اعتمده المجتمع الدولي في آذار/مارس 2015، لتوجيه جهود الحد من مخاطر الكوارث في الفترة 2015-2030، ويدعو البلدان إلى حساب خسائرها من الكوارث بشكل منظم لقياس وفهم مخاطرها بجميع أبعادها من حيث قابلية التأثر، والقدرات، وتعرض الأشخاص والممتلكات، وطبيعة الخطر، والبيئة. والدول العربية، إدراكا منها لأهمية وجود قواعد بيانات صلبة عن الخسائر والأضرار الناجمة عن الكوارث لاستخدامها كمعلومات للحد بفعالية من المخاطر وتحقيق التنمية، أعربت مؤخراً عن اهتمامها بإنشاء هذا النوع من قواعد البيانات. ودعمت ريكار تغذية قواعد البيانات هذه في ست دول عربية هي الأردن وتونس ودولة فلسطين ولبنان والمغرب واليمن، استناداً إلى المنهجية والأدوات التي استحدثها مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث. وكانت النتيجة عبارة عن تحليل دقيق للكوارث المتعلقة بالطقس والجيولوجيا بالإضافة إلى تداعياتها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية على مدى فترة 30 عاما. وتقوم نتائج هذا التقرير[118] على بيانات وطنية مصنفة عن خسائر الكوارث تم تكييفها مع تقرير التقييم العالمي للحد من مخاطر الكوارث لعام 2015، (GAR, 2015) ، وتقدم نظرة عامة عن سياق المخاطر الوطنية للبلدان المختارة تستند إلى خسائرها من الكوارث محسوبةً على الصعيد الوطني مع التركيز على مؤشرات تواتر الكوارث والوفيات والخسائر الاقتصادية. وأفضت إلى مراجعة تاريخية لاتجاهات الكوارث توفر منطلقاً لاتخاذ قرارات مستنيرة ولعمليات تدخل فعالة للحد من مخاطر الكوارث، وتُعرض أبرز نتائجها الرئيسية في الجزء التالي.



حريق في غابة، لبنان، 2010. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

6.1 أبرز النتائج المستمدة من قواعد البيانات لخسائر الكوارث في دول عربية مختارة

إن مجموعات البيانات المتعلقة بالكوارث التي وردت من البلدان استُخدمت وعُدِّلت لمراعاة الكوارث الناجمة فقط عن عوامل طبيعية (المتعلقة بالطقس أو بعوامل جيولوجية)، وبالتالي تستثني السجلات التي تشير إلى الأخطار التي من صنع الإنسان (مثل ترسب النفط والكوارث التكنولوجية وما إلى ذلك)[119]. بالإضافة إلى ذلك، خضعت السجلات قبل تحليلها للتقييم قياساً بمجموعة من معايير الجودة[120]. ولمقارنة خسائر الكوارث وأضرارها في البلدان الستة التي تمتلك قواعد بيانات وطنية لخسائر الكوارث، اختيرت البيانات المتوفرة عن آخر 30-40 سنة للتحليل الإقليمي. وموجز الخسائر والأضرار الناجمة عن الكوارث خلال هذه السنوات يرد في الجدول 3 للفترة التي تغطيها البيانات في كل بلد.

وعلى النحو المبيّن في الشكل 8، كانت حرائق الغابات هي الأكثر تواتراً بالنسبة للبلدان المعنية مجتمعةً، يليها الجفاف. ومن حيث الخسائر الاقتصادية مجتمعةً لكل نوع من الأخطار، تُظهر النتائج أن الفيضانات هي الأكثر تسبباً بها (الشكل 9)، وكانت هذه هي الحال في كثير من الأحيان على مستوى البلد.

الجدول 3: موجز الخسائر والأضرار في الدول العربية المختارة للفترات التي تغطيها البيانات المحددة

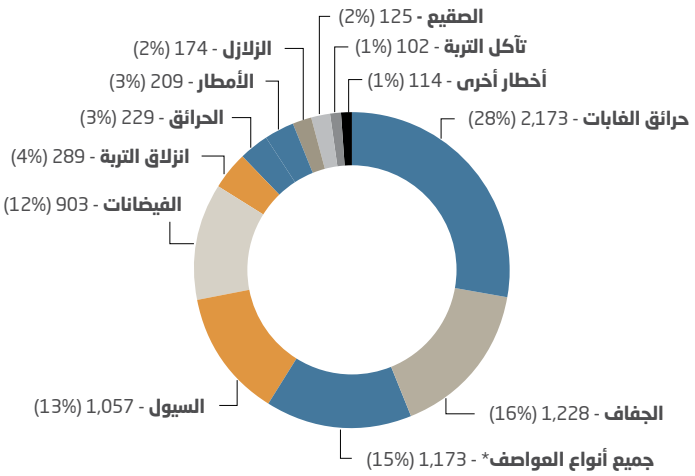
البلد	فترة البيانات	عدد الأحداث	عدد الوفيات	المنازل المدمرة	المنازل المتضررة	الأضرار في المساحات الزراعية (هكتار)
الأردن	1982-2012	593	145	83	594	840
تونس	1982-2013	1,918	330	17,821	24,728	837,288
دولة فلسطين	1980-2013	388	45	65	798	0
لبنان	1980-2013	2,527	156	181	1,366	17,700
المغرب	1990-2013	713	2,165	5,109	21,915	281,807
اليمن	1971-2013	1,637	4,126	22,392	37,311	20,234

المصدر: بيانات UNISDR, 2017a، استناداً إلى قاعدة البيانات Desinventar Consolidated Database, 2015.

ففي اليمن، مثلاً، نتجت معظم الخسائر الاقتصادية (87 في المائة) من الفيضانات والسيول. وأكبر عدد من الخسائر البشرية سُجل في اليمن والمغرب (حتى عند مقارنة فترات زمنية مماثلة) وأعلى الخسائر الاقتصادية مجتمعةً تكبدها اليمن إذ قُدرت بنحو 3 مليارات دولار أمريكي، تليه تونس (نحو 685 مليون دولار أمريكي) من ثم المغرب (نحو 530 مليون دولار أمريكي) على النحو الوارد في الشكل 10.

وعند دراسة توزُّع الخسائر الناجمة عن الأخطار المتصلة بالمناخ والعوامل الجيولوجية والواردة في قاعدة البيانات، تبين البيانات بوضوح أن الأخطار المرتبطة بالمناخ في هذه البلدان، باستثناء اليمن، تستتبع معظم الأضرار. والأخطار المرتبطة بالمناخ تسلك اتجاهات شديدة الوضوح نحو التزايد في المنطقة. وتواتر الكوارث ومعدلات الوفيات والخسائر الاقتصادية على ارتفاع، لا سيما فيما يتعلق بالكوارث الضيقة والمتوسطة النطاق (الكوارث الممتدة)[121].

الشكل 8: تواتر الأخطار بحسب النوع (في البلدان الستة مجتمعةً)



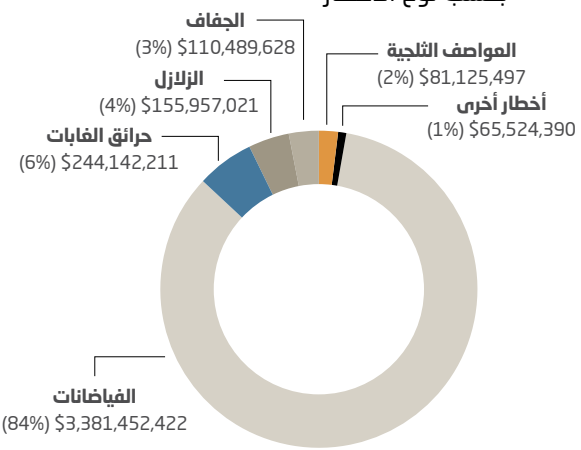
* جميع أنواع العواصف تشمل بتواتر تنازلي: العواصف الثلجية والصواعق وتساقط البرد والعواصف الهوائية والعواصف الرملية.

6.2 استخدام بيانات تاريخية بشأن الكوارث لتحليل تغيّر المناخ

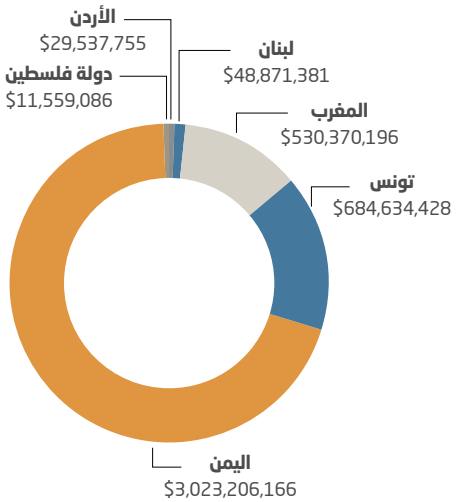
يمكن لقواعد البيانات لخسائر الكوارث أن تؤدي دوراً هاماً في تحليل تغيّر المناخ من خلال تبيان المناطق الأكثر تأثُّر التي تشمل آثار أعلى أو أكثر تواتراً من المعتاد، بالمساعدة على ترتيب الإجراءات بحسب الأولوية بناء على الأدلة وتقديم أسباب مقنعة تبرر الاستثمارات في التكيف مع تغيّر المناخ والحد من مخاطر الكوارث. ويمكن لرفع مستوى فهم أنماط المخاطر واتجاهاتها وقياساتها الكمية أن يساهم في تحسين عملية التخطيط بجعلها أكثر شفافية وشمولية، ويمكن أن يوفر التدابير الكمية اللازمة لتحديد الحلول والدعوة إلى تبنّيها على أعلى مستويات ممكنة من الكفاءة و/أو الفعالية. وبالنسبة للدول العربية التي بُحثت أوضاعها، فإن المعدل المرتفع لخسائرها السنوية يُملي بشكل قاطع الاستثمار في برامج الحد من مخاطر الكوارث والتكيف مع تغيّر المناخ: فمثلاً، الخسائر البالغة نحو 20 مليون دولار أمريكي التي يتكبدها المغرب سنوياً بسبب كوارث مرتبطة بالمناخ في المغرب هي واقع يمكن استخدامه لتبرير المشاريع عبر تحليل التكلفة والعائد. وفي لبنان، حيث يقل معدل الخسائر أكثر بكثير عن ذلك سنوياً، تُظهر البيانات أن 40 في المائة من كل التكاليف ناجمة عن حرائق الغابات، مما يجعلها لربما أولى أولويات خطط التكيف مع المناخ والحد من الكوارث. وفي تونس، تتركز نسبة نحو 50 في المائة من الوفيات الناجمة عن الفيضانات في ولاية صفاقس، بينما تتركز نسبة 70 في المائة من الخسائر الاقتصادية في ولاية توزر: وهذه المناطق يمكن أن تُمنح الأولوية عند وضع الإجراءات الرامية إلى الحد من مخاطر الفيضانات.

والبيانات المتوفرة في قواعد البيانات لخسائر الكوارث هذه ساعدت أيضاً أكساد على رسم خرائط للمنطقة العربية تبين المعلومات المتعلقة بمخاطر حدوث فيضانات، واستُخدمت لتقييم قابلية التأثر وخصوصاً تقييم مدى تعرض القطاع الفرعي المتعلق بالفيضانات الداخلية.

الشكل 9: كل الخسائر الاقتصادية (بالدولار الأمريكي) بحسب نوع الأخطار



الشكل 10: كل الخسائر الاقتصادية (بالدولار الأمريكي) بحسب البلد



ملاحظة: تستند الأرقام الواردة في الأشكال 8 و 9 و 10 إلى بيانات UNISDR, 2017a، استناداً إلى قاعدة البيانات Desinventar Consolidated Database, 2015.

الحواشي

1. يبلغ عدد الدول العربية 22 بلداً هي: الأردن والإمارات العربية المتحدة والبحرين وتونس والجزائر وجزر القمر والجمهورية العربية السورية وجيبوتي ودولة فلسطين والسودان والصومال والعراق وعُمان وقطر والكويت ولبنان وليبيا ومصر والمغرب والمملكة العربية السعودية وموريتانيا واليمن.
2. WMO, 2017
3. IPCC, 2014
4. ESCWA, 2008
5. البرنامج العالمي للبحوث المناخية يشارك في رعايته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية والمجلس الدولي للعلوم ولجنة اليونسكو الدولية الحكومية لعلوم المحيطات.
6. ESCWA, 2011; ACSAD et al., 2017; SMHI, 2017; ESCWA et al., 2017
7. Shahin, 2007; WWF, 2011; UNEP, 2013.
8. إستناداً إلى Shahin, 2007; Odhiambo, 2016; Terink et al.,2013.
9. Brandimarte et al., 2011; Hurrell et al., 2013.
10. Krishnamurti et al., 2013.
11. Cornforth, 2012; Roehrig et al., 2013.
12. Kelley et al., 2015; Flohr et al., 2017.
13. UNISDR, 2017c.
14. Khan, 2013; Express News, 2017; The National, 2017.
15. Vries et al., 2013.
16. Fritz et al., 2010.
17. AccessScience, 2015; WHO, 2015.
18. Hereher, 2010; Hasan et al., 2015; Shaltout et al., 2015.
19. De Longueville et al., 2010; Almazroui, 2013;Giannadaki et al., 2014.
20. UNEP et al., 2016.
21. WMO and UNEP, 2013.
22. NASA, 2015.
23. UNISDR, 2015b; Jasim, 2016.
24. The Daily Star Lebanon, 2015
25. UNEP et al., 2016.
26. UNEA, 2014.
27. Resolution A/RES/70/195 of 2015 (UNGA, 2015).
28. UNEA, 2016.
29. WMO and UNEP, 2013.
30. Stocker et al., 2013.
31. IPCC, 2014.
32. NASA, 2017a.
33. IPCC, 2014.
34. IPCC, 2014.
35. IPCC, 2014.
36. NASA, 2017b.
37. IPCC, 2013.
38. IPCC, 2013.
39. Asadieh and Krakauer, 2015.
40. عن دراسة Zhang et al., 2005، تشمل المشرق وشبه الجزيرة العربية.
41. ورشة عمل الإقليمية التي تناولت مسألة التنبؤات وإسقاطات تغيّر المناخ ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة في المنطقة العربية، الدار البيضاء،16-13 آذار/مارس 2012 ، المغرب (ESCWA 2012)
42. تألفت محطات الرصد من البلدان التالية: الجزائر، البحرين، جيبوتي، مصر، الأردن، الكويت، ليبيا، موريتانيا، المغرب، المملكة العربية السعودية، السودان، الجمهورية العربية السورية، تونس والإمارات العربية المتحدة.
43. Tanarhte et al., 2012.
44. Tanarhte et al., 2015.
45. Rahman et al., 2015.
46. MSEA and UNDP, 2010.
47. Agha and Şarlak, 2016.
48. Tramblay et al., 2013.
49. Omondi et al., 2014.
50. Fontaine et al., 2013.
51. Chaney et al., 2014.
52. El-Fadli, 2012.
53. Elagib, 2010.
54. Dahech and Beltrando, 2012.
55. Filahi et al., 2016.
56. البحرين (محطة واحدة)، الكويت (محطة واحدة)، عُمان (24 محطة)، قطر (محطة واحدة)، المملكة العربية السعودية (11 محطة)، الإمارات العربية المتحدة (4 محطات) واليمن (محطتان).
57. AlSarmi and Washington, 2011.
58. AlSarmi and Washington, 2014.
59. Senafi and Anis, 2015.
60. Almazroui et al., 2012a; Almazroui et al., 2012b.
61. Nasrallah et al., 2004.
62. وضع نظام GCOS في عام 1992 المنظمةُ العالمية للأرصاد الجوية ولجنة اليونسكو الدولية الحكومية لعلوم المحيطات وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والمجلس الدولي للعلوم.

63. Bojinski et al., 2014; GCOS, 2010.

64. ترد القائمة الكاملة لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة في ETCCDI, 2009.

65. Donat et al., 2014. عنوان المرجع بالكامل Donat, M. G., Peterson, T. C., Brunet, M., King, A. D., et al. 2014. Changes in Extreme Temperature and Precipitation in the Arab Region: Long-term Trends and Variability Related toENSO and NAO. International Journal of Climatology, 34(3): pp. 581-592

66. Uppala et al., 2005.

67. CRU, 2013.

68. Adler et al., 2003.

69. Schneider et al., 2011.

70. NCAR, 2014.

71. TRMM, 2015.

72. Dee et al., 2011.

73. Uppala et al., 2005.

74. Weedon et al., 2014.

75. Brunet et al., 2014.

76. WMO, 2016.

77. McGregor, 2015.

78. WMO, 2015.

79. WMO and GFCS, 2016b. تتولى شؤون هذه البوابة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بمساعدة المعهد الملكي الهولندي للأرصاد الجوية وفريق الخبراء المعني بإنقاذ البيانات التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

80. ESCWA, 2013.

81. ESCWA, 2014; WMO and GFCS, 2016a.

82. Lehner et al., 2008.

83. BGR and UNESCO, 2015b. تستند البيانات المتعلقة بأحواض موارد المياه الجوفية الواردة في هذه الخريطة إلى خريطة العالم لموارد المياه الجوفية 1:25000000 الصادرة عن BGR/UNESCO في عام 2008 التي أضيفت إليها أنواع أخرى من المياه الجوفية في عام 2015 (BGR and UNESCO, 2015a).

84. GRDC, 2012.

85. USGS, 2012.

86. Lehner and Döll, 2004; WWF and CESR, 2004.

87. GWSP, 2015; Lehner et al., 2011.

88. FAO, 2015.

89. المعلومات المستمدة من قاعدة البيانات Aquastat أُخذت من بيانات عام 2010 ومن مصادر وطنية من بيانات عام 2013. انظر صفيحة المعلومات المعنونة «Areas served by Dams» للحصول على معلومات مفصلة عن مجموعات البيانات المستخدمة لتقييم قابلية التأثر.

90. استناداً إلى Edgell, 2006; Şen, 2008; Shahin, 2007.

91. West, 2013.

92. Al-Farraj, 2005; Ghazanfar, 2006; Ashour, 2013; El-Omla and Aboulela, 2012.

93. IUCN, 2015.

94. Gulf News Environment, 2015; The Gulf Today, 2015.

95. Aldakheel, 2011.

96. Khoumsi et al., 2014; Euronews, 2016.

97. Hassan, 2003; Battesti, 2005; Mekki et al., 2013.

98. FAO, 2017; Egyptian Desert Research Center, 2016; FAO 2016.

99. SMHI, 2014.

100. Lehner et al., 2008.

101. Fischer et al., 2008; Batjes, 2012.

102. Arino et al., 2008; JRC, 2000.

103. Latham et al., 2014.

104. FAO, 2013; Siebert et al., 2005.

105. Portmann et al., 2010.

106. Hansen et al., 2013.

107. University of Tennessee Battelle, 2015.

108. UN-DESA, 2016a.

109. UNHCR, 2016.

110. CIESIN, 2014.

111. UN-DESA, 2016b.

112. The World Bank, 2015.

113. OECD, 2015.

114. ITU, 2016.

115. ILO, 2015.

116. UNESCO Institute for Statistics, 2015

117. DesInventar, 2016.. هي بمثابة بيانات من مصدر مفتوح تساعد على جمع قائمة تجرد بالتفصيل خسائر الكوارث وأضرارها. وتوفر عدة وسائل لتحليل المعلومات التي تُجمع عن التقييمات التي تتبع مؤشرات محددة سلفاً ولكن قابلة للتكييف عن طريق وصلة بينية بسيطة للغاية وسهلة الاستخدام.

118. UNISDR, 2015a.

119. يمكن الاطلاع على GAR على الموقع: www.desinventar.net.

120. ترد معلومات إضافية عن المنهجية وبيانات المجموعات اللاحقة في التقرير الذي أعده مكتب UNISDR الإقليمي للدول العربية كجزء من سلسة منشورات ريكار (UNISDR, 2017).

121. المقصود بمخاطر الكوارث الممتدة هي الكوارث ذات التأثير المنخفض والتواتر العالي، في حين أن الأحداث الشديدة هي كوارث حادة ومتوسطة إلى منخفضة التواتر.

المراجع

AccessScience. 2015. Tropical Cyclones Chapala and Megh (Arabian Sea, 2015). *Available at:* https://doi.org/10.1036/1097-8542.BR1110151.

ACSAD (Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. 2017.
إتجاهات تغيير المناخ في المنطقة العربية واثرها على الموارد المائية *RICCAR Technical Report*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.4. *Forthcoming 2017.*

ACSAD, GIZ and ESCWA (Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit; United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2017. Training Manual on the Integrated Vulnerability Assessment Methodology. In *Adaptation to Climate Change in the Water Sector in the MENA Region (ACCWaM) Programme*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Manual.

Adler, R. F., Huffman, G. J., Chang, A., Ferraro, R., et al. 2003. The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979–Present). *Journal of Hydrometeorology, 4: p. 1147-1167.*

Agha, O. M. A. M. and Şarlak, N. 2016. Spatial and Temporal Patterns of Climate Variables in Iraq. *Arabian Journal of Geosciences, 9(302).*

Al-Farraj, A. 2005. An Evolutionary Model for Sabkha Development on the North Coast of the UAE. *Journal of Arid Environments, 63(2005): p. 740–755.*

Aldakheel, Y. Y. 2011. Assessing NDVI Spatial Pattern as Related to Irrigation and Soil Salinity Management in Al-Hassa Oasis, Saudi Arabia. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 39(2): p. 171-180.*

Almazroui, M. 2013. Climatology and Monitoring of Dust and Sand Storms in the Arabian Peninsula. Available at: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/dust_storms.pdf.

Almazroui, M., Islam, M. N., Jones, P. D., Athar, H., et al. 2012a. Recent Cimate Change in the Arabian Peninsula: Annual Rainfall and Temperature Analyis of Saudi Arabia for 1979–2009. *International Journal of Climatology, 32(6): p. 953–966.*

Almazroui, M., Islam, M. N., Jones, P. D., Athar, H., et al. 2012b. Recent Cimate Change in the Arabian Peninsula: Seasonal Rainfall and Temperature Climatology of Saudi Arabia for 1979–2009. *Atmospheric Research, 111: p. 29–45.*

AlSarmi, S. and Washington, R. 2011. Recent Observed Climate Change over the Arabian Peninsula. *Journal of Geophysical Research, 116(D11).*

AlSarmi, S. H. and Washington, R. 2014. Changes in Climate Extremes in the Arabian Peninsula: Analysis of Daily Data. *International Journal of Climatology, 34: p. 1329-1345.*

Arino, O., Bicheron, P., Achard, F., Latham, J., et al. 2008. GLOBCOVER - The most detailed portrait of Earth. *European Space Agency Bulletin, 135: p. 25-31.*

Asadieh, B. and Krakauer, N. Y. 2015. Global Trends in Extreme Precipitation: Climate Models Versus Observations. *Hydrology and Earth System Sciences, 19: p. 877–891.*

Ashour, M. M. 2013. Sabkhas in Qatar Peninsula. *Landscape and Geodiversity, 1(2013): p. 10-35.*

Batjes, N. H. 2012. ISRIC-WISE Derived Soil Properties on a 5 by 5 arc-minutes Global Grid (ver. 1.2). Published by ICSU World Data Centre for Soils, Wageningen: ISRIC - World Soil Information, 2012 (Report 2012/01). Available at: http://edepot.wur.nl/206736.

Battesti, V. 2005. Jardins au désert, Evolution des Pratiques et Savoirs Oasiens, Jérid Tunisien. Published by IRD Editions. Available at: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00004609v2/document

BGR and UNESCO (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2015a. The Global Map of Groundwater Vulnerability to Floods and Droughts - Explanatory Notes. *In World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme (WHYMAP).* Available at: http://www.whymap.org/whymap/EN/Downloads/Global_maps/whymap_ed2015_explan_notes.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

BGR and UNESCO (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2015b. The Map of Global Groundwater Vulnerability to Floods and Droughts at the scale of 1: 25 000 000. *In World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme (WHYMAP).* Available at: http://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/OpenSearch.do?search=0cf5c86b-ac00-4c3d-845b-792f8bdce023&type=/Query/OpenSearch.do.

Bojinski, S., Verstraete, M., Peterson, T. C., Richter, C., et al. 2014. The Concept of Essential Climate Variables in Support of Climate Research, Applications, and Policy. *Bulletin of the American Meteorological Society, 95: p. 1431–1443.*

Brandimarte, L., Baldassarre, G. D., Bruni, G., D'Odorico, P., et al. 2011. Relation Between the North-Atlantic Oscillation and Hydroclimatic Conditions in Mediterranean Areas. *Water Resources Management*, (25): p. 1269-1279.

Brunet, M., Jones, P. D., Jourdain, S., Efthymiadis, D., et al. 2014. Data Sources for Rescuing the Rich Heritage of Mediterranean Historical Surface Climate Data. *Geoscience Data Journal, (1): p. 61-73.*

Chaney, N. W., Sheffield, J., Villarini, G. and Wood, E. F. 2014. Development of a High-Resolution Gridded Daily Meteorological Dataset over Sub-Saharan Africa: Spatial Analysis of Trends in Climate Extremes. *Journal of Climate, 27(15): p. 5815–5835.*

CIESIN (Center for International Earth Science Information Network). 2014. Urban Extents Grid, v1 (1995). Published by Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Available at: http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/grump-v1-urban-extents.

Cornforth, R. 2012. Overview of the West African Monsoon 2011. *Weather, 67(3).*

CRU (University of East Anglia Climatic Research Unit). 2013. CRU TS3.21: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) Version 3.21 of High Resolution Gridded Data of Month-by-month Variation in Climate (Jan. 1901- Dec. 2012). Published by NCAS British Atmospheric Data Centre. Available at: http://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/ac4ecbd554d0dd52a9b575d9666dc42d.

Dahech, S. and Beltrando, G. 2012. Observed Temperature Evolution in the City of Sfax (Middle Eastern Tunisia) for the Period 1950–2007. *Climatic Change, 114(2-3): p. 689-706.*

De Longueville, F., Hountondji, Y.-C., Henry, S. and Ozer, P. 2010. What Do We Know About Effects of Desert Dust on Air Quality and Human Health in West Africa Compared to other Regions?. *Science of the Total Environment, 409: p. 1-8.*

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., et al. 2011. The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 135: p. 553-597.*

DesInventar. 2016. Disaster Information Management System. Published by United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Available at: http://www.desinventar.net/index_www.html.

Desinventar Consolidated Database. 2015. Global Assessment Report 2015 Consolidated Database. Published by United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Available at: http://www.desinventar.net/DesInventar/main.jsp?countrycode=g15.

Donat, M. G., Peterson, T. C., Brunet, M., King, A. D., et al. 2014. Changes in Extreme Temperature and Precipitation in the Arab Region: Long-term Trends and Variability Related to ENSO and NAO. *International Journal of Climatology, 34(3): p. 581-592.*

Edgell, H. S. 2006. Arabian Deserts: Nature, Origin and Evolution. Published by Springer. Dordrecht. Available at: http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0824/2007468216-d.html

Egyptian Desert Research Center. 2016. Siwa Oasis Proposal for Designation as Globally Important Agricultural Heritage Site. Published by Ministry of Agriculture in Egypt. Available at: http://www.fao.org/3/a-bp825e.pdf.

El-Fadli, K. I. 2012. Climate Change over Libya and Impacts on Agriculture. M.Sc. Thesis in Meteorology. Cairo University, Faculty of Science. Cairo.

El-Omla, M. M. and Aboulela, H. A. 2012. Environmental and Mineralogical Studies of the Sabkhas Soil at Ismailia—Suez Roadbed, Southern of Suez Canal District, Egypt. *Open Journal of Geology, 2: p. 165-181.*

Elagib, N. A. 2010. Trends in Intra- and Inter-Annual Temperature Variabilities Across Sudan. *AMBIO, 39: p. 413-429.*

ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2008. Report on the Twenty-Fifth Session 26-29 May 2008. E/ESCWA/25/10/Rev.1. Available at: https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/ministerial_sessions/reports/25th.pdf.

ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2011. Assessing the Impact of Climate Change on Water Resources and Socio-Economic Vulnerability in the ESCWA Region: A Methodological Framework for Pursuing an Integrated Assessment. New York. Available at: https://www.unescwa.org/publications/assessing-impact-climate-change-water-resources-and-socio-economic-vulnerability-arab.

ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2012. Regional Workshop on Climate Prediction/Projection and Extreme Events Indices in the Arab Region. Available at: https://www.unescwa.org/events/regional-workshop-climate-predictionprojection-and-extreme-events-indices-arab-region.

ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2013. Sub-regional Training Workshop on Climate Data Rescue and Digitization. Available at: https://www.unescwa.org/events/sub-regional-training-workshop-climate-data-rescue-and-digitization.

ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2014. Climate Data Rescue in the Arab Region. *In Scoping Meeting for the Establishment of the Arab Climate Outlook Forum (ArabCOF), 14-16 October 2014, Amman, Jordan.* Available at: http://css.escwa.org.lb/SDPD/3520/3-2.pdf.

ESCWA, ACSAD and GIZ (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2017. Integrated Vulnerability Assessment: Arab Regional Application. *RICCAR Technical Note.* Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.2.

ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices). 2009. ETCCDI/CRD Climate Change Indices: Definition of the 27 Core Indices. Available at: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml.

Euronews. 2016. World's Largest Oasis Threatened by Climate Change. Available at: http://www.euronews.com/2016/11/03/world-s-largest-oasis-threatened-by-climate-change.

Express News. 2017. Saudi Arabia Hit by Mass Flooding as 'Apocalyptic' Storm Sweeps Desert. Article by Oli Smith. *Issued on February 18, 2017.* Available at: http://www.express.co.uk/news/weather/769079/Saudi-Arabia-Middle-East-apocalyptic-weather.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. Global Map of Irrigation Areas (GMIA). Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index.stm.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. AQUASTAT Main Database 2015. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. FAO Awards Siwa Oasis, the Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) Certificate and Signs the First Project within Strategy to Develop Dates Sector in Egypt. *Issued on October 28, 2016.* Available at: http://www.fao.org/neareast/news/view/fr/c/450664/.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) - Near East and North Africa. Available at: http://www.fao.org/giahs/giahsaroundtheworld/designated-sites/near-east-and-north-africa/en/.

Filahi, S., Tanarhte, M., Mouhir, L., Morhit, M. E., et al. 2016. Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitations Extremes in Morocco. *Theoretical and Applied Climatology, 124.*

Fischer, G., F., Nachtergaele, S., Prieler, H. T., Van Velthuizen, L., et al. 2008. Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). *Published by IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.* Available at: http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/.

Flohr, P., Fleitmann, D., Zorita, E., Sadekov, A., et al. 2017. Late Holocene Droughts in the Fertile Crescent Recorded in a Speleothem from Northern Iraq. *Geophysical Research Letters, 44: p. 1528–1536.*

Fontaine, B., Janicot, S. and Monerie, P.-A. 2013. Recent Changes in Air Temperature, Heat Waves Occurrences, and Atmospheric Circulation in Northern Africa. *Journal of Geophysical Research, 118(8536–8552).*

Fritz, H. M., Blount, C. D., Albusaidi, F. B., Hamoud, A., et al. 2010. Cyclone Gonu Storm Surge in Oman. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 86(1): p. 102–106.*

GCOS (Global Climate Observing System). 2010. GCOS Essential Climate Variables. *Published by World Meteorological Organization.* Available at: http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php?name=EssentialClimateVariables#footnote1.

Ghazanfar, S. 2006. Sabkhat Regions of Iraq. In *Sabkha Ecosystems: West And Central Asia.* Published by Springer. Dordrecht, the Netherlands.

Giannadaki, D., Pozzer, A. and Lelieveld, J. 2014. Modeled global effects of airborne desert dust on air quality and premature mortality. *Atmospheric Chemistry and Physics.*

GRDC (Global Runoff Data Centre). 2012. The GRDC World-wide Repository of River Discharge Data and Associated Metadata. Published by Federal Institute of Hydrology (BfG), Koblenz, Germany. Available at: http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html.

Gulf News Environment. 2015. Abu Dhabi's Sabkhas Well Worth Preserving. Article by Sami Zaatari. *Issued on April 10, 2015.* Available at: http://gulfnews.com/culture/environment/abu-dhabi-s-sabkhas-well-worth-preserving-1.1489415.

GWSP (Global Water System Project). 2015. Global Reservoir and Dam (GRanD) Database. Available at: http://www.gwsp.org/products/grand-database.html.

Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., et al. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *In Science 342 (15 November): 850–853. Published by University of Maryland Department of Geographical Sciences.* Available at: http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest.

Hasan, E., Khan, S. I. and Hong, Y. 2015. Investigation of Potential Sea Level Rise Impact on the Nile Delta, Egypt using Digital Elevation Models. *Environmental Monitoring and Assessment, 187: p. 649.*

Hassan, F. 2003. Climatic Changes and Cultural Transformations in Farafra Oasis, Egypt. *Archaeology International, 7: p. 35-39.*

Hereher, M. E. 2010. Vulnerability of the Nile Delta to Sea Level Rise: An Assessment using Remote Sensing. *Geomatics, Natural Hazards and Risk 1(4): p. 315-321.*

Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. and Visbeck, M. 2013. An Overview of the North Atlantic Oscillation. In *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact. Published by American Geophysical Union.*

ILO (International Labour Organization). 2015. Key Indicators of the Labour Market 2015 (KILM). Available at: http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/research-and-databases/kilm/WCMS_422438/lang--en/index.htm,%20except%20for%20Djibouti%20from%20http://www.unicef.org/djibouti/overview_3604.html.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattneret al (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: www.climatechange2013.org

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds). Published by Cambridge University Press. Geneva, Switzerland. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

ITU (International Telecommunication Union). 2016. Information and Communication Technologies Index. Available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/default.aspx.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2015. TABE'A II Report: Enhancing Regional Capacities for World Heritage.

Jasim, F. H. 2016. Investigation of the 6-9 September 2015 Dust Storm over Middle East. *American Journal of Engineering Research, 5(11): p. 201-207.*

JRC (Joint Research Centre of the European Commission). 2000. Global Land Cover 2000. Available at: http://www.glcn.org/dat_1_en.jsp.

Kelley, C. P., Mohtadi, S., Cane, M. A., Seager, R., et al. 2015. Climate Change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112(11): p. 3241–3246.*

Khan, R. 2013. Flood as a Disaster in the Middle East Region. *International Journal of Scientific Engineering and Research, 1(3).*

Khoumsi, W. E., Hammani, A., Kuper, M. and Bouaziz, A. 2014. Deterioration of Groundwater in Arid Environments: What Impact in Oasis Dynamics? Case Study of Tafilalet, Morocco. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 8(11): p. 764-770.*

Krishnamurti, T. N., Stefanova, L. and Misra, V. 2013. The Intertropical Convergence Zone. In *Tropical Meteorology: An Introduction. Published by Springer New York.*

Latham, J., Cumani, R., Rosati, I. and Bloise, M. 2014. FAO Global Land Cover (GLC-SHARE) Database. *Published by Land and Water Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.* Available at: http://www.glcn.org/databases/lc_glcshare_downloads_en.jsp.

Lehner, B., Liermann, C. R., Revenga, C., Vörösmarty, C., et al. 2011. High-resolution Mapping of the World's Reservoirs and Dams for Sustainable River-flow Management. *Frontiers in Ecology and the Environment, 9: p. 494-502.*

Lehner, B., Verdin, K. and Jarvis, A. 2008. New Global Hydrography Derived From Spaceborne Elevation Data. *EOS, Transactions American Geophysical Union, 89(10): p. 93-94.* Database available at: http://www.hydrosheds.org/.

McGregor, G. 2015. Climatology in Support of Climate Risk Management: A Progress Report. *Progress in Physical Geography, 39(4): p. 536-553.*

Mekki, I., Jacob, F., Marlet, S. and Ghazouani, W. 2013. Management of Groundwater Resources in Relation to Oasis Sustainability: The Case of the Nefzawa Region in Tunisia. *Journal of Environmental Management, 121: p. 142-151.*

MSEA and UNDP (Ministry of State for Environemental Affairs in the Syrian Arab Republic and United Nations Development Programme). 2010. Initial National Communication of the Syrian Arab Republic. In *National Communication to the UNFCCC.* Available at: http://unfccc.int/resource/docs/natc/syrnc1.pdf.

NASA (National Aeronautics and Space Administration USA). 2015. Persistent Dust Storms on the Southern Arabian Peninsula. Available at: https://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=85370.

NASA (National Aeronautics and Space Administration USA). 2017a. NASA, NOAA Data Show 2016 Warmest Year on Record Globally. Issued on Januray 18, 2017. *Published by Goddard Institute for Space Studies.* Available at: http://climate.nasa.gov/news/2537/nasa-noaa-data-show-2016-warmest-year-on-record-globally/.

NASA (National Aeronautics and Space Administration USA). 2017b. Satellite Data Confirm Annual Carbon Dioxide Minimum Above 400 ppm. Article by Laurie J. Schmidt, NASA's Jet Propulsion Laboratory. *Issued on January 31, 2017.* Available at: http://climate.nasa.gov/news/2535/satellite-data-confirm-annual-carbon-dioxide-minimum-above-400-ppm/.

Nasrallah, H. A., Nieplova, E. and Ramadan, E. 2004. Warm Season Extreme Temperature Events in Kuwait. *Journal of Arid Environments, 56(2): p. 357–371.*

NCAR (National Center for Atmospheric Research USA). 2014. The Climate Data Guide: Global (land) Precipitation and Temperature. Available at: https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/global-land-precipitation-and-temperature-willmott-matsuura-university-delaware.

Odhiambo, G. O. 2016. Water Scarcity in the Arabian Peninsula and Socio-economic Implications. *Applied Water Science, June, p. 1-14.*

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development). 2015. International Development Statistics (IDS) Online Databases. Available at: http://www.oecd.org/dac/stats/idsonline.htm.

Omondi, P. A., Awange, J. L., Forootan, E., Ogallo, L. A., et al. 2014. Changes in Temperature and Precipitation Extremes over the Greater Horn of Africa Region from 1961 to 2010. *International Journal of Climatology, 34: p. 262–1277.*

Portmann, F. T., Siebert, S. and Döll, P. 2010. MIRCA2000—Global Monthly Irrigated and Rainfed Crop Areas Around the Year 2000: A New High-Resolution Data Set for Agricultural and Hydrological Modeling. *Global Biochemical Cycles, 24(1).*

Rahman, K., Gorelick, S. M., Dennedy-Frank, P. J., Yoon, J., et al. 2015. Declining Rainfall and Regional Variability Changes in Jordan. *Water Resources Research, 51(5): p. 3828-3835.*

Roehrig, R., Bouniol, D. and Guichard, F. 2013. The Present and Future of the West African Monsoon: A Process-Oriented Assessment of CMIP5 Simulations along the AMMA Transect. *Journal of Climate, 26: p. 6471-6505.*

Schneider, U., Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., et al. 2011. GPCC Full Data Reanalysis Version 6.0 at 0.5°: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historic Data. Available at: ftp://ftp.dwd.de/pub/data/gpcc/html/fulldata_v6_doi_download.html.

Şen, Z. 2008. Wadi Hydrology. ISBN: 3-6154-4200-1-978. Published by CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

Senafi, F. A. and Anis, A. 2015. Shamals and Climate Variability in the Northern Arabian/Persian Gulf from 1973 to 2012. *International Journal of Climatology, 35: p. 4509–4528.*

Shahin, M. 2007. Water Resources and Hydrometeorology of the Arab Region. In *Water Science and Technology Library.* Published by Springer. Dordrecht. Available at: http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0824/2007425100-d.html

Shaltout, M., Tonbol, K. and Omstedt, A. 2015. Sea-level Change and Projected Future Flooding along the Egyptian Mediterranean Coast. *Oceanologia*, 57: p. 293—307.

Siebert, S., Döll, P., Hoogeveen, J., Faures, J.-M., et al. 2005. Development and Validation of the Global Map of Irrigation Areas. *Hydrology and Earth System Sciences, 9: p. 535-547.*

SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute). 2014. WHIST - World Hydrological Input Set-up Tool. Available at: http://www.smhi.se/en/research/research-departments/hydrology/whist-eng-1.22052.

SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute). 2017. Regional Climate Modelling and Regional Hydrological Modelling Applications in the Arab Region. *RICCAR Technical Note.* Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.1.

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Alexander, L. V., et al. 2013. Technical Summary. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds). Published by Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_TS_FINAL.pdf

Tanarhte, M., Hadjinicolaou, P. and Lelieveld, J. 2012. Intercomparison of Temperature and Precipitation Data sets Based on Observations in the Mediterranean and the Middle East. *Journal of Geophysical Research, 117(D12102).*

Tanarhte, M., Hadjinicolaou, P. and Lelieveld, J. 2015. Heat Wave Characteristics in the Eastern Mediterranean and Middle East using Extreme Value Theory. *Climate Research, 63: p. 99-113.*

Terink, W., Immerzeel, W. W. and Droogers, P. 2013. Climate Change Projections of Precipitation and Reference Evapotranspiration for the Middle East and Northern Africa until 2050. *International Journal of Climatology, 33: p. 3055–3072.*

The Daily Star Lebanon. 2015. Five Dead as Sandstorm Whips through Lebanon. Article by Rima Aboulmona. *Issued on September 8, 2015.* Available at: http://www.dailystar.com.lb/News/Lebanon-News/2015/Sep-08/314395-lebanon-engulfed-by-sand-storm-130-hospitalized.ashx.

The Gulf Today. 2015. Sabkhas Ideal Source of Energy. *Issued on March 15, 2015.* Available at: http://gulftoday.ae/portal/c1f60171-c494-41a6-a79a-fced073c045a.aspx.

The National. 2017. Oman Flash Floods Kill Four and Leave 200 Homeless. Article by Saleh al Shaibany. *Issued on January 24, 2017.* Available at: http://www.thenational.ae/world/middle-east/oman-flash-floods-kill-four-and-leave-200-homeless.

The World Bank. 2015. GDP per Capita (Current US$). Available at: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?page=1.

Tramblay, Y., Adlouni, S. E. and Servat, E. 2013. Trends and Variability in Extreme Precipitation Indices over Maghreb Countries. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 13(12): p. 3235–3248.*

TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission Project). 2015. Daily TRMM and Others Rainfall Estimate (3B42 V7 derived). Published by Goddard Space Flight Center Distributed Active Archive Center (GSFC DAAC). Available at: http://mirador.gsfc.nasa.gov/collections/TRMM_3B42_daily__007.shtml.

UN-DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2016a. Migration Indicators. Published by United Nations Statistics Division. Available at: https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Migration/.

UN-DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2016b. Population Indicators. Published by United Nations Statistics Division. Available at: https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/.

UNEA (United Nations Environment Assembly). 2014. Resolution 1/7. Strengthening the Role of the United Nations Environment Programme in Promoting Air Quality. In *United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme First Session, Nairobi, 23–27 June 2014.* Available at: http://www.cepal.org/sites/default/files/pages/files/k1402364.pdf.

UNEA (United Nations Environment Assembly). 2016. Resolution 21. Sand and Dust Storms (UNEP/EA.2/Res.21). In *United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme Second Session, Nairobi, 23–27 May 2016.* Available at: https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/46881/retrieve.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2013. Arab Region Atlas of Our Changing Environment. Available at: https://na.unep.net/atlas/viewAtlasBookWithID.php?atlasID=2447.

UNEP, WMO and UNCCD (United Nations Environment Programme; World Meteorological Organization; United Nations Convention to Combat Desertification). 2016. Global Assessment of Sand and Dust Storms. Published by United Nations Environment Programme. Nairobi. Available at: https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/global_assessment_of_sand_and_dust_storms.pdf.

UNESCO Institute for Statistics (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2015. Education: Literacy Rate. Published by UIS.Stat. Available at: http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?queryid=166#.

UNGA (United Nations General Assembly). 2015. Resolution 70/195. Combating Sand and Dust Storms (A/RES/70/195). *In 70th Session of General Assembly. New York.* Available at: https://digitallibrary.un.org/record/820880/files/A_RES_70_195-EN.pdf.

UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees). 2016. UNHCR Population Statistics Database. Available at: http://popstats.unhcr.org/en/overview.

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015a. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Available at: https://www.unisdr.org/we/inform/publications/42809.

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015b. Sandstorm Causes Health Problems. Published by UNISDR Regional Office for Arab States. Available at: http://www.unisdr.org/archive/45756.

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2017a. Disaster Data Records for Selected Arab States. Personal Communication.

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2017b. Disaster Loss Data and Linkage to Climate Change Impacts for the Arab Region. *RICCAR Technical Report*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.3.

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2017c. Prolonged Drought Threatens Greater Horn of Africa. Published by UNISDR Regional Office for Africa. Available at: http://www.unisdr.org/archive/52011.

University of Tennessee Battelle. 2015. LandScan 2014 Global Population Database. *Published by Oak Ridge National Laboratory National Laboratory for the United States Department of Defense.* Available at: http://web.ornl.gov/sci/landscan/.

Uppala, S. M., Kållberg, P. W., Simmons, A. J., Andrae, U., et al. 2005. The ERA-40 re-analysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 131: p. 2961-3012.*

USGS (United States Geological Survey). 2012. Stream Gage Descriptions and Streamflow Statistics for Sites in the Tigris River and Euphrates River Basins, Iraq. *In Data Series 540.* Available at: http://pubs.usgs.gov/ds/540/pdf/ds540.pdf.

Vries, A. J. d., Tyrlis, E., Edry, D., Krichak, S. O., et al. 2013. Extreme Precipitation Events in the Middle East: Dynamics of the Active Red Sea Trough. *Journal of Geophysical Research Atmospheres, 118(13): p. 7087–7108.*

Weedon, G. P., Balsamo, G., Bellouin, N., Gomes, S., et al. 2014. The WFDEI Meteorological Forcing Data set: WATCH Forcing Data Methodology Applied to ERA-Interim Reanalysis Data. *Water Resources research, 50(9): p. 7505-7514.*

West, I. 2013. Sabkhas, Evaporites and Some Other Desert Features: an Introduction. Published by Southampton University, United Kingdom. Available at: http://www.southampton.ac.uk/~imw/Sabkhas-Bibliography.htm.

WHO (World Health Organization). 2015. Situation Report: Cyclone Chapala, Yemen. Available at: http://www.emro.who.int/images/stories/yemen/Cyclone_Chapala_05_November_2015_situation_report_1.pdf?ua=1.

WMO (World Meteorological Organization). 2015. Data Rescue Projects and Initiatives (DARE). Available at: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/CDM_2.php.

WMO (World Meteorological Organization). 2016. Guidelines on Best Practices for Climate Data Rescue. Available at: http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3318

WMO (World Meteorological Organization). 2017. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016. Geneva. Available at: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414.

WMO and UNEP (World Meteorological Organization; United Nations Environment Programme). 2013. Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs - Technical Report. Published by World Meteorological Organization. Available at: https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/1121_SDS_Technical_Report_en.pdf.

WMO and GFCS (World Meteorological Organization; Global Framework for Climate Services). 2016a. I-DARE Portal: Jordan. Available at: https://idare-portal.org/data/jordan.

WMO and GFCS (World Meteorological Organization; Global Framework for Climate Services). 2016b. International Data Rescue (I-DARE) Portal. Available at: https://www.idare-portal.org/

WWF (World Wildlife Fund). 2011. Deserts and Xeric Shrublands: Northern Africa. Available at: http://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa1327.

Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., et al. 2005. Trends in Middle East Climate Extreme Indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research, 110(D22104).*

الجزء الأول



تقييم الأثر

الفصل الأول

النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في المنطقة العربية

يتضمن هذا الفصل معلومات أساسية عن المنهجية المتبعة في عمليات النمذجة المناخية ويعرض المنهجية التي أُعدت تحديداً للمنطقة العربية وطُبقت في إطار الجانب المتعلق بتقييم أثر تغيّر المناخ ضمن ريكار. تقوم هذه المنهجية على استخدام النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية لتوليد اسقاطات مناخية في نطاق عربي محدد ومجموعة مختارة من نطاقات فرعية. واختيرت فيها مجموعة من المتغيرات المناخية والهيدرولوجية خضعت للتحليل استناداً إلى سيناريوهات انبعاثات مختلفة ونسب محددة من الدقة وفترات زمنية شتى، وذلك لتسهيل المقارنة مع تجارب أخرى للنمذجة المناخية أُجريت على الصعُد العالمي والإقليمي والوطني.

1.1 النمذجة المناخية العالمية

تستند الاسقاطات المناخية إلى نماذج مناخية عالمية (يشار إليها أيضاً باسم نماذج الدوران العام (GCMs)). وهذه النماذج هي كناية عن نماذج رقمية تجمع بين التفاعل المادي على سطح الأرض وفي المحيط والجو والغلاف الجليدي، لمحاكاة استجابة نظام المناخ العالمي لزيادة تركيزات غازات الاحتباس الحراري. وهي تُستخدم لدراسة مجموعة متنوعة من مواصفات المناخ منها، على سبيل المثال، حرارة سطح الأرض، وملامح درجة الحرارة في الغلاف الجوي، ومعدل هطول الأمطار، وحركة الغلاف الجوي والمحيطات، واتجاهات الريح، وكيفية توزُّع الثلج والجليد، فضلاً عن متغيرات كثيرة أخرى تشكل جزءاً من النظام المناخي العالمي. وثمة ما يربو على 100 خاصية عالمياً لوصف أحوال المناخ المرصودة في الغلاف الجوي أو المحيط أو الجليد البري والبحري، أو التفاعل في ما بينها (حقول التأثير الإشعاعي، مثلاً).

وفي هذه النماذج، يقسَّم كوكب الأرض إلى ما يشبه شبكة ثلاثية الأبعاد تُحسب فيها قيَم مجموعة مختارة من البارامترات لكل نقطة من الشبكة على مدى الزمان، بغرض إعطاء توقعات بشأن قيَمها المستقبلية وبالتالي توفير معلومات عن المناخ المتوقع في أوضاع محددة وإطار زمني محدد. ويميز كلٌّ نموذج استبانة (أي دقة) مكانية محددة تمثل حجم خلايا الشبكة العمودي والأفقي (يُعرب عنها عادة إما بدرجات خطوط العرض والطول أو بالكيلومترات) ودقةٌ زمنية أو «خطوات زمنية[1]» حسابية تحدد معدل العينات المأخوذة زمنياً والتي تُحسب على أساسها قيَم النموذج لكل من خلايا الشبكة. والفترة الفاصلة بين كل عملية حسابية والأخرى تختلف حسب دقة النموذج والقدرة الحسابية[2].

وتمثل النماذج المناخية العالمية، مضافةً إلى النماذج المناخية الإقليمية المتداخلة، أكثر الأدوات المتوفرة تطوراً لوضع تقديرات متسقة جغرافياً ومادياً عن تغيّر المناخ الإقليمي. وتتحسن النماذج المناخية العالمية باطراد نتيجة لتطور فهم مسألة المناخ علمياً ولازدياد القدرة الحسابية. ومع مرور السنين، تمخض عدد من مشاريع CMIPs (مشاريع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة) عن مجموعات واسعة من النتائج التي يمكن استخدامها لتقييم التغير المحتمل في المناخ مستقبلاً: ساعدت المرحلة الخامسة من هذه المشاريع في إعداد تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ[3]. والدقة الاعتيادية للنماذج المشمولة بهذه المرحلة الخامسة تتراوح بين 100 و200 كلم. وتصل الاستبانة (أي الدقة) الأفقية لبعض النماذج العالمية إلى نحو 70 كلم. ويمثل هذا الأمر تطوراً هاماً إذ إن النماذج المناخية العالمية التي استُحدثت في تسعينيات القرن الماضي واستُخدمت في تقرير التقييم الأول الصادر عن الهيئة المذكورة بلغت استبانة خلايا شبكتها ما معدله نحو 500 كلم[4]. ومكونات النماذج المناخية العالمية هي أيضاً تغيرت عبر السنين بنماذج نظام الأرض (ESMs) الفائقة التطور التي تضمنت جوانب إضافية من النظام المناخي منها، مثلاً، نماذج دقيقة عن سطح الأرض، ونماذج عن المحيط و الجليد البحري، والتحولات الحيوية الأرضية الكيميائية، ودورة الكربون، ومؤخراً نماذج فرعية للكيمياء الجوية والجليد البري يكلف حسابها تكاليف باهظة[5].



الهجير، عُمان، 2016. المصدر: خاجاك نظاريان.

1.1.1 الفترة المرجعية وفترات الإسقاطات المستقبلية

عند إعداد الإسقاطات المناخية المستقبلية، تبدأ النماذج المناخية بفترة من المناخ التاريخي المرصود تُستخدم كفترة مرجعية («فترة مقارنة») وتساعد في التحقق من قدرة النموذج على تمثيل الماضي وفي توفير أساس مرجعي لتقارَن به إسقاطات تغيّر المناخ في المستقبل. والانحياز في النماذج المناخية يعكس الفروق بين المتوسط الطويل الأجل للمناخ المرصود في منطقة ما ونتائج متوسطه الطويل الأجل المشمولة بالنماذج والناجمة عن فترة المقارنة في المنطقة نفسها. وتقارَن نتائج النمذجة المناخية الإقليمية أيضاً بالنتائج العالمية مما يعني أن هذه المقارنة تقتضي التجانس أثناء كل الفترات الزمنية المقارنة.

وتجري في إطار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ وتجارب إقليمية أخرى للنمذجة المناخية، عموماً، عمليات محاكاة للمناخ تقوم على فترتين زمنيتين مستقبليتين أو ثلاث فترات زمنية مستقبلية تقارَن بفترة مرجعية ماضية[6]. وتُستخدم عادة فترات العشرين سنة الزمنية التالية: 1986-2005 (الفترة المرجعية)، و2016-2035 (المستقبل القريب)، و 2046-2065 (المستقبل المتوسط)، و 2081-2100 (المستقبل البعيد). ويعرض هذا التقرير تحليل تغيّر المناخ قياساً بالفترة الزمنية المرجعية والمستقبل المتوسط (فترة منتصف القرن) والمستقبل البعيد (فترة نهاية القرن) على النحو المبيّن في الشكل 11. وفترة المستقبل القريب مستثناة لأن فترة العشرين سنة هذه قد تشهد تقلبيةً في المناخ لا تغيراً فيه، الأمر الذي يستدعي عموماً فترة زمنية أطول لتبيان الاتجاهات المناخية المنبثقة من الإسقاطات.

الشكل 11: الفترات الزمنية المختارة للتحليل

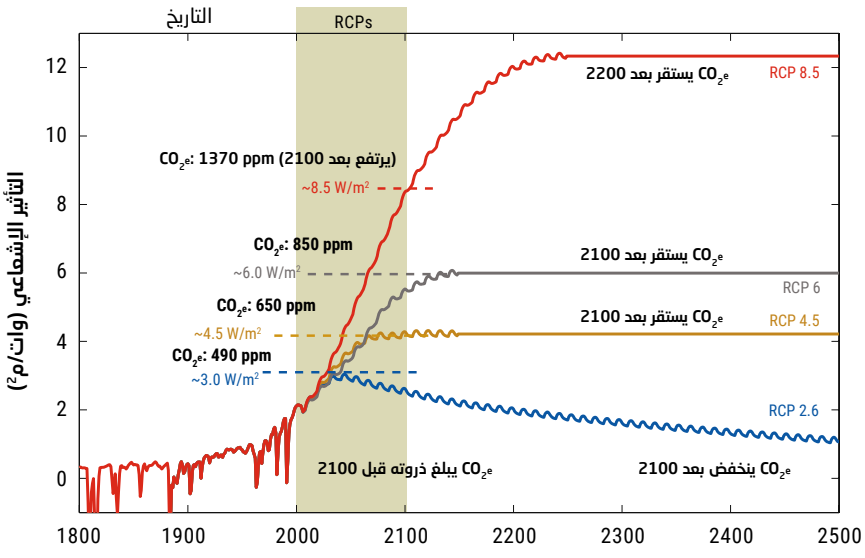


1.1.2 مسارات التركيز النموذجية (RCPs)

استُخدمت مع مرور الزمن نُهج متنوعة لسيناريوهات مناخية مستقبلية في إطار البحوث المتعلقة بالمناخ، وتراوحت بين عمليات تمثيل للزيادات السنوية في معدل تركيزات غازات الاحتباس الحراري عالمياً وبين عمليات تمثيل متقدمة لانبعاثات العديد من الغازات والجزيئات التي تؤثر في المناخ والمستمدة من افتراضات مفصلة اقتصادية واجتماعية وتكنولوجية.

والإسقاطات المناخية التي وُضعت في سياق مبادرة ريكار تقوم على مسارين من مسارات التركيز النموذجية الأربعة التي استحدثتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ لإنجاز العمل المتعلق بالنمذجة المناخية العالمية والإقليمية المعروضة في تقرير التقييم الخامس الصادر عنها، وهذا ابتعاد عن النهج السابق الذي قام على التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات (SRES) الذي استُخدم في تقارير التقييم السابقة التي أصدرتها هذه الهيئة. وعلى النحو المبيّن في الشكل 12، ثمة أربعة سيناريوهات لمسارات التركيز النموذجية التي سُميت تبعاً للتأثير الإشعاعي المتوقع وذلك بالواتّ لكل متر مربع (وات/م²)، وهي RCP 2.6 و RCP 4.5 وRCP 6.0 وRCP 8.5. ويمثل كل منها مساراً لتركيزات غازات الاحتباس الحراري مع مرور الزمن ليبلغ مستوى محدداً من هذا التأثير الإشعاعي في عام 2100. وبذا، فإن هذه المسارات لا تقدم أي فرضيات بشأن تغيير السياسات التي يمكن أن تؤثر في المناخ، بل تحدد فقط مجموعة التغيرات الممكنة في التأثير الإشعاعي. وفي وسع محللي السياسات والباحثين الاسترشاد بها للتحقق من أسباب التغير المحتملة. وفي إطار هذا النهج، يمكن

الشكل 12: مسارات التركيز النموذجية



	التأثير الإشعاعي	تركيز مكافئ ثاني أكسيد الكربون (CO2e) في عام 2010	معدل تغير التأثير الإشعاعي
RCP 8.5 انبعاثات مرتفعة	8.5 وات/م²	1370 جزء بالمليون	يرتفع
RCP 6.0 انبعاثات متوسطة	6.0 وات/م²	850 جزء بالمليون	يثبت
RCP 4.5 انبعاثات متوسطة	4.5 وات/م²	650 جزء بالمليون	يثبت
RCP 2.6 انبعاثات منخفضة	2.6 وات/م²	490 جزء بالمليون	ينخفض

المصدر: Meinshausen et al., 2011، بتصرّف.

لكل من هذه المسارات أن ينجم عن اجتماع عوامل مختلفة تشمل المستقبل الاقتصادي والتكنولوجي والديمغرافي والسياسي والمؤسساتي.وتستند الإسقاطات المناخية المدروسة في إطار ريكار إلى RCP 4.5 (السيناريو المعتدل) وRCP 8.5 ("الواقع على حاله" – أسوأ السيناريوهات). وبُحث السيناريو RCP 2.6 بدرجة أقل، حيث إن انبعاثات غازات الإحتباس الحراري العالمية تبلغ ذروتها بحلول عام 2020 لتعود إلى الانخفاض بعده لكنها ليست معروضة في هذا التقرير.

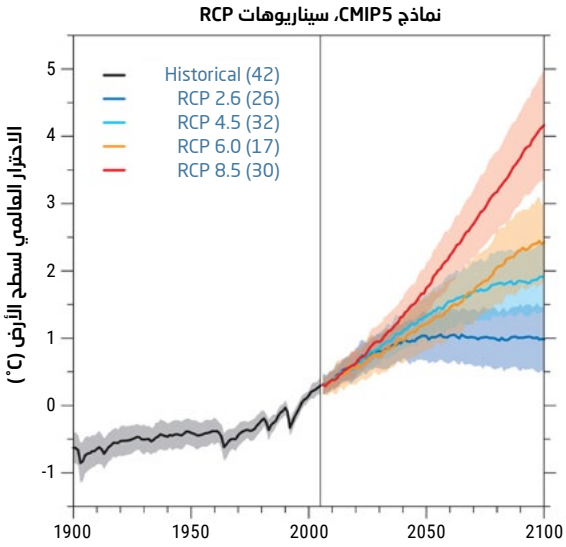
ولوضع هذه السيناريوهات في سياقها، يبين الشكل 13 تغيّر حرارة سطح الأرض العالمية المُسقط في إطار مسارات RCP الأربعة هذه التي استُخدمت لتوليد مخرجات النمذجة المناخية بغرض إعداد تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ. ويبيّن هذا الشكل أن متوسط حرارة سطح الأرض عالمياً، قياساً بالفترة المرجعية 1986-2005، من المُسقط أن يرتفع حتى نهاية القرن بدرجة مئوية واحدة استناداً إلى السيناريو RCP 2.6 المتفائل، وبنحو درجتين مئويتين استناداً إلى السيناريو RCP 4.5، ويُحتمل أن يتجاوز 4 درجات مئوية في إطار السيناريو RCP 8.5 المتشائم. وتشير هذه الهيئة في تقرير التقييم الخامس الصادر عنها إلى أن تزداد اخطار تغيّر المناخ عند تجاوز الحرارة حد الدرجتين المئويتين، ويرجح للغاية أن تصبح ظاهرة الأحوال الجوية المتطرفة أكثر تواترا وحدّة عند تجاوزه[7].

وفي إطار اتفاق باريس، طلب مؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغيّر المناخ من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ أن تزوده في عام 2018 بتقرير خاص حول تداعيات ارتفاع حرارة الأرض بـ 1.5 درجة مئوية عما كانت عليه قبل الحقبة الصناعية، وحول ما يتصل بها من مسارات لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري عالمياً للتحرك بمزيد من الصلابة لمواجهة الخطر الذي يمثله تغيّر المناخ والتهديد الذي تواجهه التنمية المستدامة والجهود المبذولة لاستئصال الفقر.

1.2 النمذجة المناخية الإقليمية

على الرغم مما تشهده النماذج المناخية العالمية من سرعة في التقدم والتطور، ما برحت توجد ثغرات هامة في مجال إعداد نتائج على نطاق أصغر. وبغية فهم هذه الآليات الصغيرة النطاق فهماً أفضل، قلص علماء المناخ قياس النماذج التي وضعوها لوصف مناطق محددة من العالم يشار إليها بنطاقات وذلك عبر استخدام نماذج مناخية إقليمية. ومن أهم الأنشطة المشمولة بمبادرة ريكار كان إنتاج اسقاطات مناخية تم تقليصها إقليمياً للمنطقة العربية، مما استتبع تحديد نطاق محدد. والنطاق يعيّن الحدود التي يُدرج فيها النموذج المناخي الإقليمي في نموذج مناخي عالمي. ومن ثم يمكن لنموذج مناخي إقليمي أن يوفر صورة أكثر دقة وفهماً أفضل لأحوال المناخ الإقليمية عبر التركيز على منطقة محددة (نطاق محدد) واستخدام القوى المحركة التي تنتج من النموذج المناخي العالمي كمدخلات، على النحو المبيّن في الشكل 14.

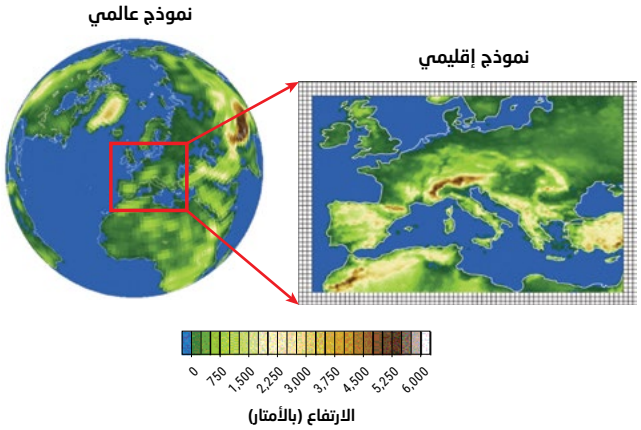
الشكل 13: إسقاطات تغير درجات الحرارة العالمية لسيناريوهات مسارات التركيز النموذجية ضمن المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة



ملاحظة: متوسط التغير في درجات الحرارة العالمية قياساً بالفترة 1986-2005 يرد في شكل خط ملوّن والانحراف المعياري عنه يرد في شكل ظلال ملوّنة. وعدد عمليات المحاكاة مذكور بين قوسين.

المصدر: Knuni and Sedlacek, 2013.

الشكل 14: رسم بياني للطريقة الأحادية الاتجاه لإدراج النماذج المناخية الإقليمية

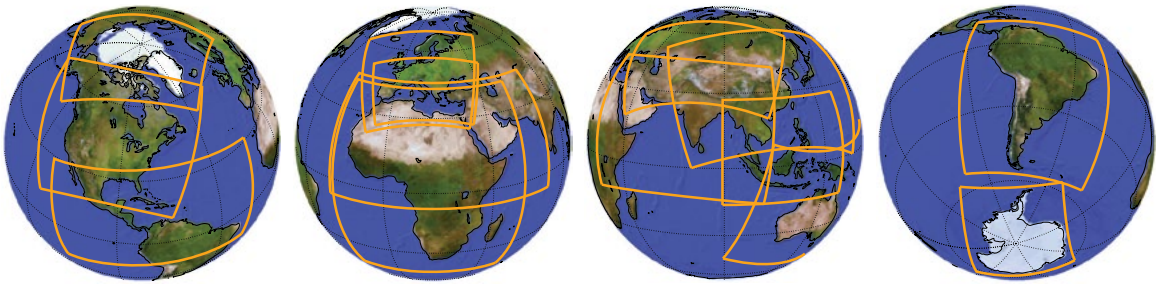


المصدر: Giorgi and Gulowski, 2015.

وهذا الأمر يجنّب تطوير وتطبيق نموذج مناخي بقياس عالمي عندما يكون الهدف إجراء تحليل لمنطقة محددة.

وفي هذا السياق، ثمة قدر عال من التعاون وتبادل الآراء عالمياً لتعزيز النهوض بعلم المناخ على الصعيدين العالمي والإقليمي. وهناك مبادرة ترمي إلى توثيق هذا التعاون وهو برنامج CORDEX (التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي) الذي ينظّم في إطار البرنامج العالمي للبحوث المناخية [8] (WCRP). من خلال وضع نهج موحد، يهدف CORDEX إلى تقييم وتحسين النماذج المناخية الإقليمية والتقنيات لتقليص

الشكل 15: نطاقات التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي (CORDEX)



المصدر: WCRP, 2015a.

النطاق، وإلى إنتاج مجموعات منسقة من الإسقاطات الإقليمية المقلّصة النطاق في جميع أنحاء العالم. ثمة جزء لا يتجزأ من هذا النهج يتمثل في تحديد نطاقات مشتركة لوضع نماذج محاكاة لها، تستخدمها كل المجموعات المشاركة في وضع هذه النماذج.

إن استخدام نطاق مشترك وقائمة مشتركة من مخرجات موحدة للنماذج يوفر إطاراً لمقارنة فعالية النماذج والإسقاطات المناخية المستقبلية في هذه المناطق، ويحسّن عمليات التواصل وتبادل المعلومات المناخية الإقليمية. والنماذج المناخية الإقليمية صالحة خصوصاً لتقدير التغير المتوقع في الأحوال الجوية المتطرفة، وهي تؤدي دوراً فائق الأهمية في رسم استراتيجيات التكيف مع تغيّر المناخ، لأنها أكثر تمثيلاً للعوامل المرتبطة بالأحوال الجوية/المناخية المتطرفة بالنسبة للنماذج المناخية العالمية[9]. وتقرر في بداية مبادرة ريكار أن اتباع نهج برنامج CORDEX يحسن نتائج الدراسة ويشكل وسيلة مثمرة للتطوير المستمر حتى بعد انتهاء المشروع. وأثناء كتابة هذا التقرير، كان عدد المناطق المشمولة ببرنامج CORDEX في العالم 14 منطقة (الشكل 15). ولم يكن هناك أي نطاق جامع يغطي المنطقة العربية قبل استحداثه في إطار ريكار.

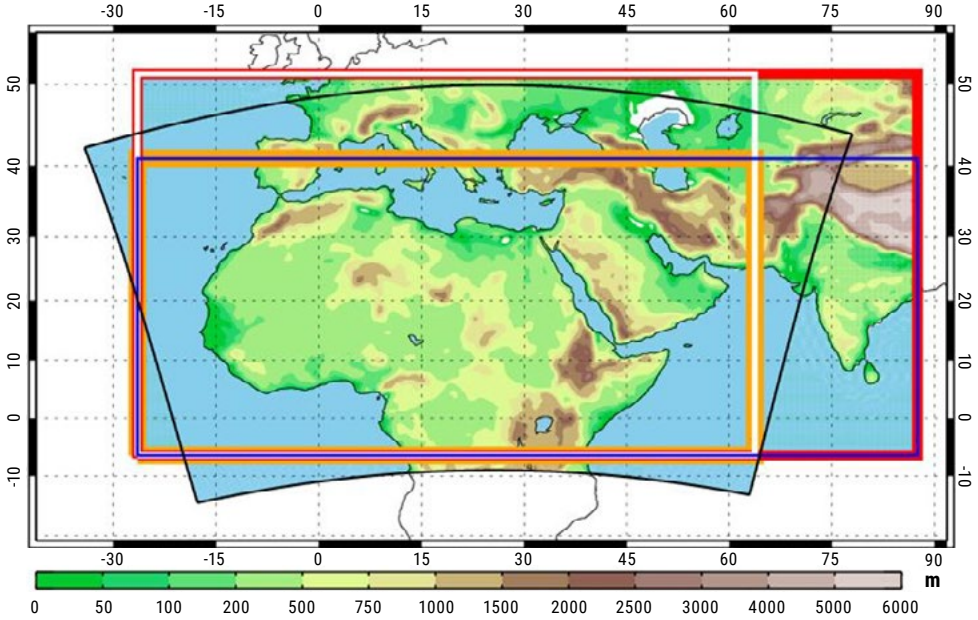
1.2.1 النطاق العربي

طُبق نهج النمذجة المناخية الإقليمية بغية التقليص الديناميكي لنتائج النمذجة المناخية العالمية إلى المستوى الإقليمي. ويتم ذلك عادة عبر القيام أولاً باختيار المنطقة المحددة من العالم المقرر للتقليص. وتغطي المنطقة ذات الاهتمام، بالنسبة لمبادرة ريكار، كل الدول العربية ومواردها المائية. وبما أن منبع معظم هذه الموارد يقع خارج المنطقة العربية، لزم تعيين حدود نطاق يتضمن جميع مصادر موارد المياه السطحية المشتركة التي تدخل المنطقة. والأمر يتعلق بمنطقة جغرافية أوسع من أراضي الدول العربية، لذلك يتعين توسيع نطاق المنطقة المشمولة بالدراسة ليغطي مصادر نهري دجلة والفرات في الشمال ومنبع نهر النيل في الجنوب. وتحديد النطاق الإقليمي المناسب ليس مهمة بسيطة إذ استدعت الحاجة إجراء عدد من الاختبارات لتبيان قدرة تشكيلات شتى من النطاقات على تمثيل المناخ الإقليمي بدقة. وتحقيقاً لذلك، أجريت مشاورات إقليمية في إطار فريق العمل لمجموعة النمذجة المناخية الإقليمية (RCM Ensemble Task Force) المعني بمبادرة ريكار وأشرف عليها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية. وتبيّن من اختبار أحجام مختلفة من النطاقات أن من المهم توسيع النطاق بشكل كاف شرقاً ليمثل بدقة أنماط الدوران السائدة المتأتية من المحيط الهندي. غير أنه وجب إيجاد مقابل لهذا الأمر، لأن تحديد نطاق أوسع يقتضي أيضاً متطلبات أكثر من حيث الحوسبة والخزن على قرص صلب أكثر سعة لحفظ النتائج. ولذلك، كان من المستحسن الاتفاق على تحديد نطاق يوفر نتائج مُرضية بدون فرض أي ضغوطات لا لزوم لها على الموارد المعلوماتية. وتم اختبار وتقييم خمس تشكيلات بالتعاون مع خبراء إقليميين متخصصين في شؤون المناخ، على النحو المبيّن في الشكل 16. وانصب التركيز على مقارنة نتائج الدوران ومعدل التساقطات ودرجات الحرارة وفقا لمختلف التشكيلات.

والنطاق النهائي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا CORDEX-MENA (الشكل 17) هو إطار مختلط لتشكيلات النطاق المختبَرة المعروضة في الشكل 16. وهو يقوم على النطاق الأصغر الوارد باللون البرتقالي والممتد شرقاً وشمالاً. غير أنه ينبغي الإشارة إلى أن نطاق CORDEX-MENA هو نطاق ممتد يستدعي موارد معلوماتية هامة لإنجاز عمليات محاكاة لفترة مئة عام. وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن جزر القمر، لئن كانت دولة عربية، غير مشمولة بالنطاق العربي بسبب موقعها الجغرافي. ويمكن بحث حالة جزر القمر استناداً إلى نماذج مناخية عالمية عالية الدقة أو نتائج نماذج مناخية إقليمية تغطي نطاق CORDEX-AFRICA. بناء على هذه الاعتبارات، حُددت «المنطقة 13: الشرق الأوسط وشمال أفريقيا» (27 غرباً-76 شرقاً، 7 جنوباً-45 شمالاً) كنطاق إقليمي CORDEX-MENA ضمن البرنامج العالمي للبحوث المناخية[10] (WCRP) على النحو المبيّن في الشكل 17. وهذا النطاق هو النطاق العربي موضوع هذا التقرير.

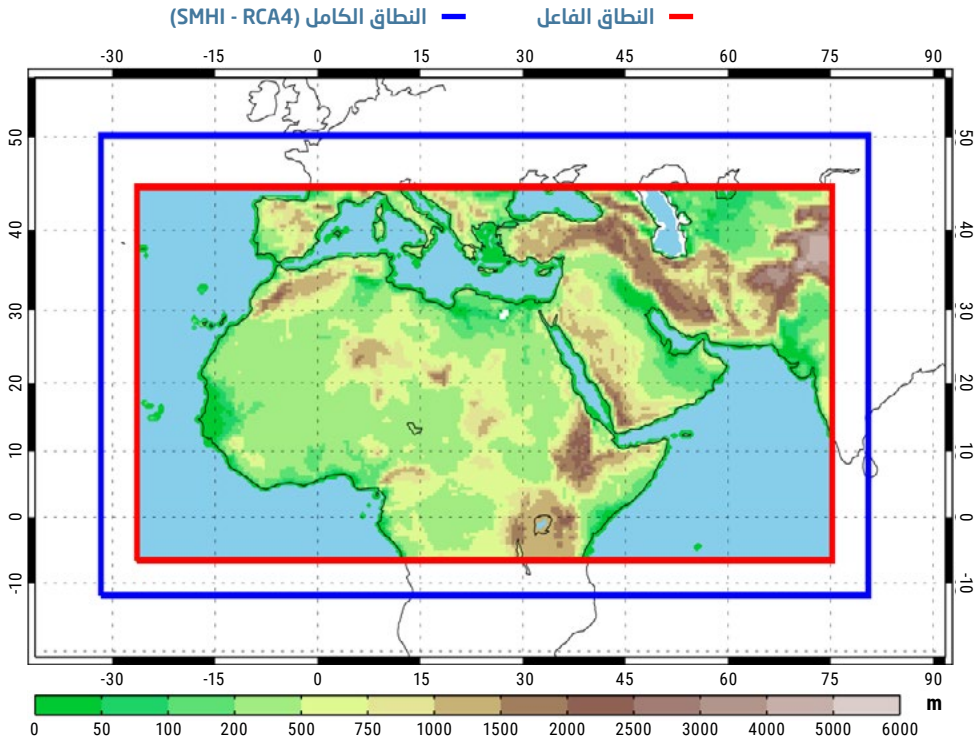
وجاء تحديد هذا النطاق نتيجة للاختبارات التي أُجريت ولتوصيات علماء المناخ في المنطقة الذين أجروا اختبارات مستقلة بنماذج مناخية إقليمية أخرى. واستناداً إلى الاختبارات، يوفر هذا الخيار تمثيلاً دقيقاً للدوران والتساقطات والحرارة. وهو بالتالي يستوفي مجموعة المعايير المحددة المتعلقة بالمكان والأداء وفي الوقت نفسه يحد من الامتداد.

الشكل 16: مختلف مجموعات النطاقات التي اختُبرت لتحديد نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المشمول ببرنامج CORDEX (النطاق العربي)



ملاحظة: يمثل الإطار البرتقالي النطاق الأصغر الذي يستوفي المعايير المتعلقة بالمكان واستُخدم كأول أساس مرجعي للمقارنة. ويمثل الإطار الأزرق أول امتداد شرقاً والأبيض أول امتداد شمالاً والأحمر أول امتداد شرقاً وشمالاً. ويمثل الإطار الأسود النطاق المستخدم لدراسات سابقة ساندتها منظمة اليونسكو.

الشكل 17: نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المشمول ببرنامج CORDEX



ملاحظة: يشمل النطاق الفاعل (الأحمر) المنطقة التي تُعتبر فيها نتائج النمذجة المناخية الإقليمية قابلة للاستخدام. والنطاق الكامل (الأزرق) يشير إلى المنطقة الفعلية اللازمة للنموذج الإقليمي المناخي (في هذه الحال، نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي الرابع «RCA4») كي يعمل بدقة ضمن النطاق الفاعل. والمنطقة الموجودة بين النطاق الفاعل والنطاق الكامل هي منطقة متوسطة بين حدود النموذج المناخي العالمي المَحرّك والنموذج المناخي الإقليمي: ينبغي تفادي استخدام النتائج التي يتم التوصل إليها من هذه المنطقة.

1.2.2 اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية

ترد في الجدول 4 قائمة عمليات المحاكاة المتوفرة للنمذجة المناخية الإقليمية لنطاق CORDEX-MENA والتي استُخدمت لتوليد النتائج المعروضة في هذا التقرير. ونموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي الرابع (RCA4) التي أعدها المركز السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية كان النموذج المناخي الإقليمي الوحيد المتوفر للتحليل بغرض إجراء عمليات محاكاة مستقبلية في ريكار. واستندت هذه النسخة على النسخة الثالثة (RCA3) لكن مع تضمينها تحسينات مادية وتقنية هامة[11] واستُحدثت انطلاقاً من نموذج HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) وهو نظام للتنبؤ العددي بأحوال الطقس (Numerical Weather Prediction). وهناك ثلاثة أنواع من المحاكاة مبينة في الجدول – المحاكاة بالتقييم والمحاكاة التاريخية والمحاكاة بالسيناريو:

المحاكاة بالتقييم (أو تحليل رجعي) تُستخدم لتقييم مدى تمثيل نموذج مناخي إقليمي ما لحالة المناخ التي كانت سائدة مؤخراً في النطاق. ووُلدت باستخدام نموذج ERA-Interim (لدى المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى)[12] كنموذج مناخي عالمي مُحرِّك وبياناته عند حدود النطاق، وهي تُعتبر معادلة لتشغيل النموذج المناخي الإقليمي مع بيانات الرصد.

المحاكاة التاريخية التي تستخدم بيانات الانبعاثات المرصودة في الفترة الزمنية التي ينبغي أن تمثل إحصائياً الفترة التاريخية الممتدة بين عامي 1950 و2005.

بالنسبة **للمحاكاة بالسيناريو** التي تجري في إطار ريكار، فإن عمليات المحاكاة المقلصة النطاق التي استندت إلى RCA4 حرّكتها بيانات الأحوال السائدة عند الحدود الأفقية لثلاثة نماذج مناخية عالمية مشمولة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) ، وهي نموذج نظام الأرض القائم على أنظمة نماذج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى[13] (EC- Earth)، والنموذج المناخي 5 للمركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية[14] (CNRM-CM5) ، و نموذج نظام الأرض 2 الذي وضعه مختبر ديناميكيات السوائل الجيوفيزيائية (GFDL-ESM2M)[15]. وكما تقدم، يركز هذا التقرير على نتائج اسقاطات السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 اللذين بدآ في عام 2006. ولم تحلَّل اسقاطات السيناريو RCP 2.6 بالتفصيل لكن يمكن استخدامها لبحوث مستقبلية عند الحاجة.

وترد في الجدول 4 تسعة اسقاطات في إطار RCA4. سبعة منها باستبانة 50 كلم واثنان باستبانة 25 كلم. وتم استخدام ستة من اسقاطات فئة الاستبانة 50 كلم المستندة إلى السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5، لإعداد وتحليل مجموعة اسقاطات تحتوي على ثلاثة عناصر. ووُضع الإسقاطان اللذان باستبانة 25 كلم للسيناريو RCP 8.5 من أجل معرفة ما إذا كان يمكن لتجارب النمذجة المناخية الإقليمية أصغر قياساً أن تعطي إشارات مناخية أوضح في إطار هذا السيناريو المناخي الأشد بروزاً. والاستنتاجات المتعلقة بمخرجات مجموعة الإسقاطات التي أجريت باستبانة 50 كلم معروضة في هذا التقرير، فضلاً عن مقارنة مع الإسقاطين اللذين أجريا باستبانة 25 كلم.

ومنذ تحديد نطاق CORDEX-MENA، بذلت مراكز أخرى متخصصة جهوداً للنمذجة المناخية إما لنطاق مثيل أو للنطاق نفسه، منها، على سبيل المثال، معهد قبرص (قبرص) ومركز الخدمات المناخية (ألمانيا) ومديرية الأرصاد الجوية الوطنية (المغرب) ومركز التميز لأبحاث التغيّر المناخي في جامعة الملك

الجدول 4: عمليات محاكاة النمذجة المناخية الإقليمية في نطاق CORDEX-MENA التي أجراها مركز روسبي لدى المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية وفي إطار ريكار

النموذج المناخي الإقليمي	النموذج المناخي العالمي المَحرّك/ إعادة التحليل	محاكاة التقييم 1979-2010	المحاكاة التاريخية 1950-2005	RCP 2.6 2006-2100	RCP 4.5 2006-2100	RCP 8.5 2006-2100	الاستبانة (كلم)
RCA4	ERA-INTERIM	X					50
RCA4	EC-Earth		X	X	X	X	50
RCA4	EC-Earth		X			X	25
RCA4	CNRM-CM5		X		X	X	50
RCA4	GFDL-ESM2M		X		X	X	50
RCA4	GFDL-ESM2M		X			X	25
HIRAM	GFDL-ESM2M		X				25
REMO	MPI-ESM-LR		X				50

عبد العزيز (المملكة العربية السعودية). وبدأت هذه الجهود إما أثناء مرحلة تقييم أثر تغيّر المناخ من التقييم المتكامل في سياق ريكار أو بعد إنجازها، ولذلك تعذر إضافتها إلى التحليلات الجامعة التي استُخدمت لتحضير تقييم قابلية التأثر إزاء تغيّر المناخ. غير أن معظمها خضع للاختبار في مرحلة مبكرة (إعداد النماذج المناخية الإقليمية للنطاق العربي وتحسينها إلى الحد الأقصى، إجراء محاكاة تقييم وتحاليل رجعية بناء على بيانات إعادة تحليل وغير ذلك). ويُنتظر أن تتواصل الأعمال بالنسبة لهذا النطاق مع تولي الفريق العامل المعني بنطاق CORDEX-MENA الموجود في معهد قبرص تنسيقها.

وقُيمت قدرة RCA4 على تمثيل المناخ عبر مقارنة نتائج نموذج الفترة المرجعية مع مجموعات البيانات المرصودة. وكلما اشتد الاتساق بين مخرجات النمذجة المناخية ومجموعات البيانات المرصودة، اشتدت الثقة بأنه يمكن استخدام النموذج المناخي الإقليمي لإسقاط حالة المناخ في المستقبل.

واتضح من نتائج عمليات المحاكاة هذه أن ثمة اتجاهاً مشتركاً نحو انحياز لبرودة أكثر بروزاً في فصل الشتاء منه في فصل الصيف في إطار ما استُخدم من نماذج مناخية إقليمية ونماذج مناخية عالمية. والاستثناء على ذلك هو انحياز يظهر ارتفاع درجات الحرارة في المنطقة الجنوبية الشرقية لشبه الجزيرة العربية والتي تشمل أجزاء من عُمان. وتُظهر النماذج المناخية العالمية الاتجاه نفسه كانحياز مما يشير إلى أن الاتجاه نُقل من هذه النماذج إلى النماذج المناخية الإقليمية. وما يدعم هذا الاتجاه هو أن RCA4 الذي حرّكته بيانات إعادة التحليل يُظهر نتائج أكثر دقة بشأن الحرارة (ERA-Interim)، لكن انحياز ارتفاع درجات الحرارة في شبه الجزيرة العربية هو أيضاً بيّن في عملية المحاكاة هذه. وتجدر الإشارة إلى أن أعلى الفروق بين مجموعتي بيانات الرصد (وحدة الأبحاث المناخية "CRU" وجامعة ديلاوير "UDEL") موجودة أيضاً بالنسبة لشبه الجزيرة العربية إذ قد توجد أوجه من عدم اليقين في مجموعتي البيانات هاتين.

وبالنسبة للتساقطات، أظهرت النتائج أن معظم عمليات محاكاة النمذجة المناخية الإقليمية تعكس اتجاه انحياز نحو الجفاف في وسط أفريقيا أثناء فصل الصيف، لكنه يبدو أشد بروزاً بالنسبة لـ RCA4. وأثناء فصل الشتاء، يظهر اتجاه انحياز للجفاف أيضاً شمالاً في جبال الأطلس ومنابع نهري دجلة والفرات. وهذا الأمر ظاهر كذلك بالنسبة لمجموعة النمذجة المناخية العالمية. ونظراً لأن نتائج الخلايا الشبكية للنماذج المناخية تمثل بشكل عام متوسطات المساحات، يشار إلى أن الفروق مقارنةً ببيانات الرصد التي تجري من المحطات، ناجمة ليس فقط عن أخطاء في النموذج بل أيضاً عن التباين في النطاق بين نطاق الخلايا الشبكية ونطاق نقطة محددة على سطح الأرض (كمواقع محطات الرصد)[16] . وهذا التباين غير الناجم عن خطأ في النموذج يُعرف بمشكلة التمثيل[17]. ولذلك، تُعتبر ببيانات الرصد المعروضة في شبكات أكثر ملاءمة لتأكيد قدرة نموذج مناخي عالمي على



سيول فيضانية، لبنان، 2014. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

تمثيل حالة المناخ. ويرد المزيد من المعلومات بشأن عمليات مقارنة مجموعات ببيانات الرصد هذه في مذكرة ريكار التقنية التي أعدها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية والمعنونة
Regional Climate Modelling and Regional Hydrological Modelling Applications in the Arab Region 2017.[18]

1.3 النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

على الرغم من أن النماذج المناخية تتضمن بعض تمثيل للعمليات الهيدرولوجية، إلا أنها عمومًا لا تحل الدورة الهيدرولوجية بمستوى تفصيل مناسب للتطبيقات الهيدرولوجية. ولذلك، تُستخدم النماذج الهيدرولوجية لتقييم أفضل لتأثير تغير المناخ على العمليات الهيدرولوجية. وكان الغرض من ريكار تقديم صورة إجمالية واسعة النطاق عن الآثار على الحالة الهيدرولوجية في المنطقة العربية بأسرها. وأُجريت النمذجة الهيدرولوجية على هذا المستوى الإقليمي ويشار إليها في هذا التقرير باسم النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية (RHM). ولا تتيح تطبيقات النماذج هذه الحصول على تمثيل دقيق لكمية تدفق الأنهار على المستوى المحلي. وبُذلت جهود لإنتاج تمثيل معقول للعمليات الهيدرولوجية على المستوى الإقليمي بسبب قلة البيانات المتاحة. وتكمن أهمية مخرجات هذه النمذجة في توفيرها نهجاً متماسكاً لتوليد معلومات عن جريان الأنهار، والتبخر النتحي، والتدفق ومتغيرات أخرى مع مستوى مماثل من التفاصيل في المنطقة بأكملها. وبتوفير صورة إجمالية إقليمية، يمكن مشاهدة الأنماط الإقليمية للتغير المُسقط في الحالة الهيدرولوجية وتبيان الاتجاهات والقطاعات التي ستتأثر به.

ولا تُلغي النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية الحاجة إلى إجراء دراسات محلية تعالج مسألة الموارد المائية بمزيد من التفصيل، لكنها تساعد على تحديد أبرز المناطق التي يمكن أن تجري بشأنها دراسات أكثر تفصيلاً.

1.3.1 تصحيح الانحياز للنمذجة الهيدرولوجية

إن المعلومات المنبثقة من النماذج المناخية العالمية، لئن كانت تستند إلى مبادئ مادية، تتألف من تقديرات رقمية تقريبية يمكن أن تفضي في بعض الحالات إلى انحياز يتسبب بانحراف المحاكاة المناخية من المناخ المرصود[19]. وبالتالي، ثمة إدراك واسع النطاق حالياً أنه لا يمكن استخدام نتائج هذه النماذج مباشرة كمعلومات في نماذج أكثر تخصصاً عن تبعات تغيّر المناخ وأنه يلزم تعديل التقديرات (تصحيح الانحياز) لتصبح أقرب إلى حالة المناخ المرصود. وخصوصاً، ثمة انحياز في إحصاءات النمذجة المناخية الإقليمية المتعلقة بالمتغيرات المناخية-الهيدرولوجية المحورية، مثل التساقطات ودرجة الحرارة[20]. وعدد هام من الانحيازيات ناجم إما عن النموذج المناخي العالمي المحرِّك أو عن النموذج المناخي الإقليمي المستخدم لتقليص النطاق المكاني. وبما أن النماذج الهيدرولوجية شديدة الحساسية إزاء الظواهر غير الطبيعية في كمية التساقطات، لا يكون الاستخدام المباشر لمخرجات النمذجة المناخية الإقليمية في دراسات الأثر. مناسبًا بشكل عام، ويلزم أولا تعديل المتغيرات الهيدرولوجية المتمثلة في التساقطات والحرارة قبل استخدامها في دراسات الأثر[21]. وعلى الرغم من وجود عدة طرق لتصحيح الانحياز، عُدلت كل اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية المشمولة بريكار باستخدام الطريقة القائمة على التوزيع (distribution-based scaling – DBS) التي وضعها Yang وآخرون (2010)[22]. وترد معلومات مسهبة عن مختلف طرق تصحيح الانحياز في Nikulin et al. 2015[23] وفي ما يلي المراحل التي نُفذت في إطار طريقة DBS:

- حُسبت عوامل التصحيح عبر مقارنة نتائج النمذجة المناخية الإقليمية بالمتغيرات المناخية المرصودة لفترة مقارنة مثيلة؛
- من ثم طُبقت عوامل تصحيح على مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية للفترة المناخية المستقبلية؛ وطُبق ذلك على التساقطات ودرجات الحرارة في مجمل النطاق الإقليمي؛
- استُخدمت مجموعة بيانات WFDEI كبيانات مناخية مرصودة من أجل تحديد بارامترات DBS لكل من اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لفترة المقارنة المرجعية 2009-1980؛
- من ثم استُخدمت القيَم المصححة للتساقطات والحرارة بطريقة DBS كمعلومات للنمذجة الهيدرولوجية وأيضاً لتحليل الظواهر المناخية المتطرفة.

واستُحدثت طريقة DBS الأصلية للتطبيقات على مجموعة واسعة من أنواع المناخ في أوروبا وأفريقيا. واختُبرت بدقة في المناطق التي تمثل إنحيازاً إيجابياً في التساقطات. وبالنسبة للمنطقة المشمولة بريكار، بينت اسقاطات المناخ أن ثمة منحى نحو إنحياز سلبي في التساقطات في مناطق عديدة[24]. لذلك وجب تشديد التركيز على تطوير طرائق DBS لمراعاة الانحرافات السلبية في التساقطات. ولم تستدع الحاجة أي تطوير إضافي لطريقة تصحيح الإنحياز في درجات الحرارة. ومن المهم الإشارة إلى أن هذا النهج يفترض أن الانحيازات المصححة متكررة بطبيعتها ولها المستوى نفسه بالنسبة للمناخ حاضراً ومستقبلاً. والانحيازات، على الرغم من ضرورة تصحيحها، يمكن أيضاً إلى حد ما أن تعدّل الدلائل على تغيّر المناخ. ومن المهم الإشارة أيضاً إلى أن تطبيق مبدأ تعديل الانحيازات على عمليات محاكاة النماذج المناخية يخلق مستوى من عدم اليقين في النمذجة المتعلقة بأثر تغيّر المناخ. وينبغي توخي الحذر بالنسبة لافتراضات تصحيح الانحيازات وقيود تطبيقها التي يستحيل تجنبها، على النحو الوارد في تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ (2015). وفي هذا الإطار، بدأ مؤخراً تنفيذ مشروع مقارنة لتصحيح الانحياز (BCIP) تحقيقاً لما يلي: معالجة مستوى عدم اليقين الناجم عن تعديل الانحياز في تدفق المعلومات المتعلقة بالمناخ؛ وتحسين طريقة تعديل الانحياز؛ وتوفير أفضل الممارسات المتبعة لاستخدام عمليات محاكاة المناخ المصححة الانحياز[25].

1.3.2 النماذج الهيدرولوجية المطبّقة

طُبقت ثلاثة نماذج هيدرولوجية (الجدول 5) ضمن ريكار. واستخدم نموذج التنبؤات الهيدرولوجية للبيئة (HYPE) ونموذج قدرة التسرب المتغيرة (VIC) لإعداد نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في مجمل المنطقة العربية، واستُخدم نموذج نظام وضع النماذج الهيدرولوجية (HEC-HMS) للتحقق مما يتركه التغير في الظواهر المناخية الإقليمية من تبعات على الحالة الهيدرولوجية على مستويات محلية مختارة. وهذه النظم كلها تقوم بنمذجة عمليات هطول الأمطار والجريان السطحي عبر التركيز في المقام الأول على المياه السطحية.

الجدول 5: النماذج الهيدرولوجية المستخدمة في إطار ريكار

النموذج الهيدرولوجي	التطبيق	النظام
HYPE	نهج إقليمي	أحواض الجريان السطحي
VIC	نهج إقليمي	خلايا شبكية، دقة 50 كلم
HEC-HMS	الظواهر المتطرفة المحلية	أحواض الجريان السطحي



أخذ قياسات مائية في بنجوين، العراق، 2014. المصدر: صادق عليوي سليمان.

ونموذجا HYPE وVIC كلاهما متوفر بسهولة من مصادر مفتوحة. واختيرا لأنهما صُمما للاستخدام في تطبيقات على نطاقات واسعة وقد حققا نجاحاً في مناطق شتى في العالم. وطُبقا لتقييم مستوى تغير الحالة الهيدرولوجية استناداً إلى الاسقاطات المناخية المستقبلية ويمكن أن يتكيفا بسهولة مع مجموعات متعددة من البيانات التي تغطي فترة أكثر من 100 عام. ونموذج HEC-HMS متوفر أيضاً مجاناً واستُخدم مراراً وتكرار كنموذج لهطول الأمطار والجريان السطحي في مجموعة متنوعة من التطبيقات. غير أنه غير معروف تحديداً بالنسبة للتطبيقات على نطاقات واسعة. ويرد في الجدول 5 وصف مقتضب لهذه النماذج الثلاثة.

1.3.2.1 نموذج التنبؤات الهيدرولوجية للبيئة (HYPE)

استَحدث نموذجَ HYPE المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية لمعالجة المشاكل البيئية التي تضر بالنظم الهيدرولوجية معالجة أفضل، بما في ذلك المغذيات التي تنتقل إليها وتبعات تغيّر المناخ[26]. ويقوم هذا النموذج على مفهوم نموذج Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning (HBV) المطبَّق كثيراً ويعمل على الأحواض الفرعية وفقاً للبيانات الطوبوغرافية وتحديد مختلف الطبقات ضمن كل حوض فرعي، ليمثل تنوعها على نحو أدق. وهذه الطبقات – أو وحدات التفاعل الهيدرولوجي – تقوم على استخدام الأراضي ونوع التربة والارتفاع.

ويُحسب الميزان المائي لكل طبقة بشكل فردي قبل جمعها كلها لمعرفة الميزان المائي الاجمالي في كل حوض فرعي. وصُمم نموذج HYPE ليراعي الكم الضخم من البيانات اللازمة لنمذجة مساحات شاسعة وفترات زمنية طويلة، مثل اسقاطات تغيّر المناخ. وطُبق بنجاح في تطبيقات واسعة وضيقة النطاق ويُستخدم في آن معاً كأداة بحث وكنموذج عملي لتوقع الأحوال الجوية[27]. والبيانات المُدخلة لهذا النموذج تشمل البيانات المتعلقة بالتأثير (التساقطات، الحرارة) والبيانات المتعلقة بحالات ثابتة (الغطاء الأرضي ونوع التربة والبحيرات والخزانات).

1.3.2.2 نموذج قدرة التسرب المتغيرة (VIC)

إن نموذج VIC نموذج هيدرولوجي واسع النطاق نصفي التوزيع استُحدث أصلاً كنموذج هيدرولوجي كلي النطاق[28]. ولذلك، هو يطبَّق عادة على نطاق قاري أو قاري فرعي باستخدام شبكة من الخلايا المستطيلة يتراوح حجمها بين 0.125 و2.0 درجة على الرغم من استحداث تطبيقات على نطاق أضيق في السنوات الأخيرة. وفي كل خلية من الشبكة يمكن تمثيل غطاءات أرضية كثيرة وتضمينها معلومات طوبوغرافية متنوعة عبر استخدام مستويات الارتفاع. ويوفر نموذج VIC طريقتين حسابيتين، إما طريقة موازنة المياه مع مرحلة زمنية تمتد لفترة 24 ساعة أو طريقة موازنة الطاقة بمراحل زمنية يومية فرعية. واستُخدمت طريقة موازنة المياه لهذا التطبيق. وتم نمذجة كل خلية من شبكة VIC بشكل منفصل لتحديد مختلف جوانب موازنة المياه[29]. والعمليات الممثلة تشمل تسرب المياه إلى التربة، والترشح، والتبخر النتحي، وتراكم الثلوج، وذوبان الثلوج (ليس هناك تمثيل للبحيرات والري وتدفق المياه دون السطحية/الجوفية وضحالتها وكميتها المفقودة بالقنوات، بما في ذلك التسرب والتبخر). ويمكن تمثيل الانتقال الأفقي بين الخلايا الشبكية في مرحلة مستقلة لتوجيه تدفقات المياه، لكن هذه المسألة لم تؤخذ في الاعتبار في هذه الدراسة. والبيانات المدخلة لنموذج VIC تشمل التساقطات اليومية والحرارة وسرعة الريح بدقّة 0.5 درجة لمجمل بيانات WFDI فضلاً عن بارامترات VIC العالمية التي تشمل البيانات المعالجة مسبقا عن التربة والغطاء الأرضي[30].

1.3.2.3 نموذج نظام وضع النماذج الهيدرولوجية (HEC-HMS)

إن نظام HEC-HMS هو مجموعة نمذجة مصممة للتكيف مع تطبيقات هيدرولوجية متغيرة في مجموعة من المناطق الجغرافية[31]. ويمكن استخدامه، وفقاً لطريقة تطبيقه، للتطبيقات في الأحواض الهيدرولوجية الكبيرة وفي الظروف الحضرية. وهو كثيراً ما يُستخدم بالتزامن مع أدوات نمذجة أخرى لعدد من التطبيقات المتعلقة بإدارة الموارد المائية. وهو يحل محل نموذج HEC-1 الهيدرولوجي الذي يستند إليه عبر عرض عدد من جوانب التطور وخيارات النمذجة، بما في ذلك طرق مختلفة لمحاكاة المتغيرات الرئيسية للتساقطات والتبخر النتحي والتسرب إلى التربة.

واستخدم هذا النموذجَ المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة في ريكار بغية دراسة آثار حالات المناخ المتطرفة في الحالة الهيدرولوجية على الصعيد المحلي بالنسبة لثلاثة أحواض مائية هي وادي ضيقة (عُمان) ونهر مجردة (تونس/الجزائر) والنهر الكبير (لبنان/الجمهورية العربية السورية). ولهذا الغرض، استُخدم أيضاً ملف HEC-GeoHMS المشمول بنظام المعلومات الجغرافية (GIS). ويزود هذا الملف المستخدِم بمجموعة من الخطوات والأدوات والخدمات اللازمة لإعداد بيانات GIS لإدخالها في HEC-HMS كما لتوليد بيانات GIS من مخرجات HMS. وهو يتيح العرض التصويري للمعلومات المكانية ومواصفات الحوض المائي، وإجراء تحليلات مكانية، وتحديد الأحواض المائية الفرعية والمجاري المائية، وإنتاج المدخلات للنماذج الهيدرولوجية، والمساعدة على إعداد التقارير. وثمة معلومات إضافية عن تصحيح الانحياز والتعيير والتصديق على نموذجي HYPE وVIC وأدائهما، واردة في مذكرة ريكار التقنية المعنونة

Regional Climate Modelling and Regional Hydrological Modelling Applications in the Arab Region 2017.[32]

وثمة معلومات أخرى إضافية عن تطبيق HEC-HMS واردة في تقرير ريكار التقني المعنون

Impact of Climate Change on Extreme Events in Selected Basins in the Arab Region 2017.[33]

1.4 شرح التحليل وعرض النتائج

1.4.1 التحليل بالمجموعة

للحصول على أفضل التقديرات الممكنة لنتائج مختلف النماذج المناخية، استُخدمت الطريقة القائمة على المجموعة والتي تقضي بجمع كل عمليات محاكاة النمذجة المستندة إلى نفس سيناريو الانبعاثات والاستبانة، وبعرضها كقيَم متوسطة: متوسط المجموعة. وبما أنه يلزم أن تضم المجموعة ما لا يقل عن 3 عناصر – والأفضل أكثر – لم يُجمع الاسقاطان القائمان على استبانة 25 كلم كمجموعة. وقام تحليلهما بمعظمه على مقارنات مع الاسقاطات التي تتميز باستبانة 50 كلم والمستمدة من النموذج المناخي العالمي نفسه (EC-Earth,GFDL-ESM2M) على النحو المبيّن في الجدول 6. وتكشف هذه التحليلات ما إذا كان استخدام درجة أعلى من الاستبانة يأتي بأي قيمة مضافة وأين يأتي بها.

الجدول 6: أوصاف مجموعات نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي الرابع (RCA4)

سيناريو/الاستبانة	مجموعة النماذج المناخية العالمية المَحرّكة
RCP 4.5, 50 km	EC-Earth, CNRM-CM5, GFDL-ESM2M
RCP 8.5, 50 km	EC-Earth, CNRM-CM5, GFDL-ESM2M

1.4.2 مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية

إن مختلف النماذج المناخية المطبقة في ريكار توفر اسقاطات لمتغيرات محددة، ويعبَّر عنها من حيث التغير التي تشهدها مقارنة بالفترة المرجعية. وأبرز المتغيرات المحللة ناتجة من تطبيق النمذجة المناخية الإقليمية التي أكثر ما تُستخدم لوضع الاسقاطات المتصلة بدرجة الحرارة والتساقطات (الجدول 7).

وثمة اعتبار هام متعلق بمتغيِّر التساقطات ألا وهو، كما بينت دراسات عديدة أُعدت عالمياً، أن التغير في معدل التساقطات غالباً ما يعبَّر عنه كتغير بنسبة مئوية مقارنة بفترة مرجعية أساسية، وتشكل منطلقاً سهلاً للمقارنة. ويمكن لاستخدام التغير بنسبة مئوية أن يطرح مشكلة في المناطق التي يندر فيها التساقطات، ففي ضوء ضآلة كميات التساقطات في الفترة المرجعية في هذه المناطق، يمكن أن تنبثق تغيرات شديدة بنسبة مئوية حتى لو كانت التغيرات في معدله قليلة نسبياً. وتتنوع المناخات بشدة في المنطقة العربية ولا سيما من حيث التساقطات الضئيلة للغاية في مناطق شاسعة من المنطقة. ولذلك، فإن التغيرات المُسقطة في معدل التساقطات تُعرض بشكل رئيسي في النص السردي من حيث المعدل (ملم) وأيضاً من حيث النسبة (النسبة المئوية). وبالنسبة للنتائج، تجدر الإشارة إلى أن أهم أوجه عدم اليقين يتصل بالتساقطات لا بالحرارة، حيث إن الإشارات على تغيره أكثر حساسية إزاء النموذج المناخي العالمي المُحرِّك منه إزاء سيناريو الانبعاثات.

1.4.3 مخرجات النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

إن مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية المصححة الانحياز توفر المدخلات اللازمة لإجراء النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية. والمعيار الرئيسي المدروس في هذه النمذجة هو الجريان السطحي للمياه. والمتغيرات الإضافية تشمل التبخر النتحي

الجدول 7: متغيرات مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

مصدر النمذجة	متغيرات المخرجات	الوحدة المطلقة/ وحدة الفروق
النمذجة المناخية الإقليمية	الحرارة (متوسط الحرارة، الحرارة القصوى، الحرارة الدنيا)	درجة مئوية
	التساقطات	ملم
النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية	الجريان السطحي	ملم
تتصل بالنتائج المتعلقة بالمنطقة العربية وساحل البحر الأبيض المتوسط والمرتفعات المغربية	التبخر النتحي	ملم
النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية	الجريان السطحي	ملم
	تصريف النهر (فقط HYPE)	
تتصل بعرض النتائج المتعلقة بأحواض المياه السطحية المشتركة	- متوسط التصريف	م³/بالثانية
	- تدفق مرتفع	م³/بالثانية
	- تدفق منخفض	م³/بالثانية أو عدد الأيام

ورطوبة التربة وتصريف الأنهار، ومعيارين مستمدين من التصريف هما قيَم التدفق المرتفع والمنخفض (الجدول 7)[34]. وتمت محاكاة هذه المتغيرات استناداً إلى النتائج المصححة الانحياز المتعلقة بالحرارة والتساقطات والناجمة عن النمذجة المناخية الإقليمية. وضماناً لاتساق عناصر التقييم المتكامل الممثلة في هذا التقرير، ترتكز كل النتائج على مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية المصححة الانحياز، ما لم يُذكر خلافه.

وعند بحث التغيرات المُسقطة في الجريان، ينبغي مراعاة أن هذه الاسقاطات مستندة إلى النتائج المتعلقة بالتساقطات التي تنطوي على أوجه عديدة من عدم اليقين على النحو المذكور في الفصول السابقة. وبالتالي، تنطوي الاسقاطات المتعلقة بالجريان هي أيضاً على أوجه عديدة من عدم اليقين لنموذجي HYPE وVIC.

وبالنسبة لبعض الأنهار والمجاري المائية التابعة لنطاقات فرعية محددة، لم تتوفر أي مجموعات بيانات مرصودة عن الجريان يمكن استخدامها لمقارنة النموذج بها. وتجدر الإشارة إلى أنه كلما اشتد التأثير البشري على نظام النهر (البنى التحتية للتحكم بالمياه، الري وغيرهما) مقارنة بحجم النهر، ارتفع مستوى عدم اليقين في النتائج. ويجب مراعاة هذه العوامل عند تفسير وتحليل النتائج المتعلقة بتصريف النهر. علاوة على ذلك، يشار بالنسبة للنتائج المتعلقة بالتصريف والنتائج المتصلة بها إلى أن نموذج VIC المستخدم في هذا التقييم لا يراعي الآثار المتأخرة في مجالي الخزن والتبخر من البحيرات الطبيعية أو السدود، لذلك لم تُنجز النتائج المتعلقة بالتصريف إلا عبر نموذج HYPE. والنتائج المتعلقة بتغذية طبقات المياه الجوفية ورطوبة التربة غير واردة في هذا التقرير لأنه يتعين بحثها استناداً إلى تحليل ضيق النطاق. وتغذية طبقات المياه الجوفية مهم للمنطقة في ضوء الكمية الهائلة من الموارد المائية الجوفية الأحفورية الموجودة.

ومن الأفضل تقييمه بالتوازي مع النمذجة الهيدرولوجية. والنمذجة الهيدرولوجية المختارة للتطبيق الإقليمي لا تمثل على نحو مباشر المياه الجوفية. ويمكن للباحثين المهتمين استخدام التغير في الجريان كمؤشر غير مباشر للتغير في تغذية المياه الجوفية، بينما يمكن تطبيق نماذج المياه الجوفية المتخصصة على نطاق تحليل أضيق وذلك استناداً إلى مجموعات البيانات المصححة الانحياز المتوفرة بالنسبة للمنطقة العربية.

وينبغي أيضاً توخي الحذر عند تفسير رطوبة التربة انطلاقاً من النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية. ويبيّن التحليل الأولي أن رطوبة



نهر النيل، مصر، 2015. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

التربة في محاكاة نماذج VIC لم تكن متوازنة في كل المناطق عند بدء تشغيل النموذج ولا سيما بالنسبة للمناطق الجافة، وان محتوى التربة من الرطوبة في هذه المناطق يتزايد مع مرور الزمن إلى أن يبلغ مستوى التوازن في النموذج. وهذا يعني أن مقارنة حالات رطوبة التربة في المستقبل مع حالاتها في الفترة المرجعية لا تعطي صورة دقيقة عن كيفية تغير رطوبة التربة مستقبلاً في هذه المناطق. ولمعالجة هذه المشكلة، يجب تشغيل نموذج VIC لفترة أطول باستخدام البيانات المناخية المتوفرة للقيام أولاً ببلوغ مستوى توازن أعلى لرطوبة التربة يشار إليه غالباً باسم دوران النموذج ("model spin-up") ومن ثم توليد كل محاكاة VIC من جديد. ونُظر في استخدام دوران النموذج لنموذج VIC غير أنه لم يكن على ما يبدو كافياً لمراعاة الأوضاع السائدة في المناطق الجافة في النطاق العربي. وفي ضوء هذه المشاكل، تعطي نتائج نماذج HYPE تقييماً أدق لتغير رطوبة التربة ويمكن توفيرها عند الطلب.

وبُحث التغير المستقبلي في رطوبة التربة لإعداد مؤشر «رطوبة منخفضة للتربة" يقوم على نتائج نموذج HYPE للنطاق العربي وعُرِّف على أنه متوسط لقيم رطوبة التربة الأقل لكل عام أثناء الفترة المرجعية (1986-2005). وعند مقارنة المناخ المستقبلي بمناخ الفترة المرجعية، يُعتبر أن التغير هو متوسط عدد الأيام الإضافية سنوياً لكل فترة مستقبلية. وتبيّن النتائج أن عدد هذه الأيام يزداد مع مرور الزمن. ونتائج هذين المؤشرين، بسبب شدة عدم اليقين في تغيرات قيَم رطوبة التربة، يمكن عرضها كتغيير «مرتفع" أو "منخفض" لتوفير فكرة عامة عن هذه التغيرات بدون إعطاء قيَم دقيقة وبالتالي تفادي إساءة تأويلها. وهذه النتائج غير واردة في التقرير.

1.4.4 مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة

وعلى الرغم من أن متوسط التغيرات في المناخ المستقبلي ذو أهمية للعديد من التطبيقات، فإن التغيرات في الأحوال الجوية المتطرفة تكون أكثر أهمية أحياناً بسبب عواقبها الوخيمة على صحة الإنسان والبنى التحتية والبيئة الطبيعية وقطاع النقل والاقتصاد بشكل عام.

ولذلك، يجب دراسة هذه الأحوال لتوفير المعلومات اللازمة للمساعدة على صنع السياسات واتخاذ القرارات المتعلقة بالتكيف مع تغيّر المناخ واعتماد التدابير الرامية إلى تعزيز القدرة على الصمود إزاءه في مجمل المنطقة العربية. وقائمة المؤشرات الـ 72 التي وضعتها فرقة الخبراء المعنية بكشف تغير المناخ ومؤشراته(ETCCDI) توفر وسائل قياس الظواهر المناخية المتطرفة وهي ترد في الفصل المخصص الذي يقدم اللمحة العامة[35].

ويتضمن هذا الفصل تحليلاً لسبعة مؤشرات من قائمة ETCCDI ومؤشرين إقليميين إضافيين خاصَّين بالمنطقة اعتُبرا أكثر أهمية لبحث حدود درجات الحرارة في المنطقة العربية الحارة أصلاً، وهي العدد السنوي للأيام التي تربو فيها درجة الحرارة القصوى اليومية على 35 درجة مئوية (SU35) والعدد السنوي للأيام التي تربو فيها درجة الحرارة القصوى اليومية على 40 درجة مئوية (SU40)، وتُعرض المؤشرات التسعة في الجدول 8. وفي الوسع توليد اسقاطات لإجراء تحليل لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة الإضافية.

الجدول 8: مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة موضوع الدراسة

المؤشر	الاسم الكامل	التعريف
مؤشرات الحرارة المتطرفة		
SU	عدد أيام الصيف	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى اليومية> 25 درجة مئوية
SU35	عدد الأيام الحارة	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى اليومية> 35 درجة مئوية
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة القصوى اليومية> 40 درجة مئوية
TR	عدد الليالي الإستوائية	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها الحرارة الدنيا اليومية> 20 درجة مئوية
مؤشرات التساقطات المتطرفة		
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	العدد السنوي الأقصى للأيام المتتالية التي تكون فيها التساقطات اليومية < 1.0 ملم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	العدد السنوي الأقصى للأيام المتتالية التي تكون فيها التساقطات اليومية ≥ 1.0 ملم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات اليومية ≥ 10 ملم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات اليومية ≥ 20 ملم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	نسبة مجموع التساقطات السنوية إلى عدد أيام المطر (عندما تكون فيها التساقطات ≥ 1.0 ملم)

الإطار 3: مقارنة بيانات الفترة المرجعية لريكار مع بيانات رصد في شبه الجزيرة العربية

يمكن لعلماء المناخ الاستعانة بمخرجات النمذجة الإقليمية المنبثقة من استخدام RCA4 في إطار ريكار ومقارنتها بنماذج المحاكاة الموضوعة بتطبيق نماذج مناخية إقليمية أخرى كوسيلة لمساعدتهم على مراجعة أعمالهم وتكوين صورة أدق عن الظواهر المناخية المعاينة في المنطقة العربية أو أجزاء منها.

وكمثال على ذلك، توفر النتائج أدناه مقارنة بين عمليات المحاكاة في إطار النموذج RCA4 للفترة المرجعية (1986-2005) ومجموعة من السجلات المرصودة لدرجات الحرارة والتساقطات في شبه الجزيرة العربية للفترة 1980-2008. ومحطات الأرصاد الجوية الوطنية التي استُخدمت لجمع البيانات شملت البلدان التالية: البحرين (محطة واحدة)، والكويت (محطة واحدة)، وعُمان (24 محطة)، وقطر (محطة واحدة)، والمملكة العربية السعودية (11 محطة)، والإمارات العربية المتحدة (4 محطات)، واليمن (محطتان).

ويتضح من المقارنات أن المحاكاة في سياق ريكار لفترة الماضي القريب متفقة عامة مع بيانات محطات شبه الجزيرة العربية، لا سيما ما يتعلق منها بالحرارة على النحو المبيّن في الجدول 9. أما بالنسبة لمؤشرات الحرارة المتطرفة، فإن المقارنات بين مجموعات البيانات الخاصة بالمؤشر SU40 (عدد أيام الصيف التي تربو فيها درجة الحرارة على 40 درجة مئوية) ومؤشر عدد الليالي الاستوائية (TR) تبيّن انسجاماً أفضل في إطار المؤشر الأخير. ويُعرض في الجداول أدناه التباين بين بيانات المحاكاة في إطار ريكار وبين البيانات المرصودة لمؤشر SU40. وسبب هذا التباين قد يكون الفرق بين فترات البيانات التي بُحثت في إطار نتائج النمذجة المناخية الإقليمية وبيانات المحطات، أو اختلاف وسائل حساب متوسط مجموعات البيانات. واستبانة النموذج المناخي الإقليمي (50 كلم) يمكن أن يكون هو أيضا سببا لهذا التباين.

أما بالنسبة للمتغيرات المتعلقة بالتساقطات، فلوحظ أن قيَمها السنوية قُدرت بشكل ملحوظ دون قيَمها السنوية في المحطات الواقعة على ارتفاع عال مثل محطة إزكي في عُمان ومحطة خميس مشيط في المملكة العربية السعودية ومحطة صنعاء في اليمن، وهذا امر يلزم مراعاته عند النظر في النتائج المتعلقة بهذه البلدان. غير أنه سُجلت متوسطات متقاربة بالنسبة لبلدان أخرى على النحو المبيّن في الجدول 10 وكانت واضحة أيضاً بالنسبة لمؤشرات متطرفة مثل CDD وCWD وR10 وR20.

الجدول 9: المقارنة بين نتائج مؤشرات الحرارة و SU40 في الفترة المرجعية المشمولة بريكار (1986-2005) و بيانات الرصد المستمدة من المحطات (1980-2008)

	درجات الحرارة (درجة مئوية)				SU40 (أيام)			
	الكويت	عُمان	قطر	الإمارات العربية المتحدة	الكويت	عُمان	قطر	البحرين
النماذج المناخية الإقليمية في ريكار	27.5	25.6	27.7	27.3	130.1	2.8	113.0	136.9
البيانات المستمدة من المحطات	26.3	22.5	27.3	27.6	139.4	29.6	90.7	30.0

الجدول 10: مقارنة النتائج المتعلقة بالتساقطات بين النمذجة المناخية الإقليمية في ريكار (1986-2005) والبيانات المستمدة من المحطات (1980-2008)

	التساقطات (ملم/بالشهر)		
	الكويت	عُمان	قطر
النماذج المناخية الإقليمية في ريكار	8.6	7.5	8.0
البيانات المستمدة من المحطات	10.0	9.9	6.4

المصدر: سعيد الصارمي، استناداً إلى تقييم مقارن للفترة المرجعية المشمولة بريكار والبيانات المرصودة المستمدة من المحطات، على النحو المبيّن في AlSarmi and Washington, 2014.

1.4.5 المخرجات الموسمية

على الرغم من أن التغير في متوسط قيَم التساقطات السنوية قد يكون كافياً لبعض التطبيقات التي تقيس أثره، من المهم في كثير من الأحيان أيضاً رؤية كيف ستحدث التغيرات المستقبلية في مواسم مختلفة. وبما أن المياه تشكل أحد محاور هذه الدراسة، تتسم الاختلافات بين الفصول "الرطبة" والفصول "الجافة" بشديد الأهمية، ولذلك تُعرض نتائج فترة فصلين هما نيسان/أبريل – أيلول/سبتمبر وتشرين الأول/أكتوبر – آذار/مارس لتقييم كيفية تنوع المناخ في المنطقة العربية بينهما.

وتمثل هاتان الفترتان عامة فترتين جافة ورطبة في مجمل النطاق على الرغم من أنهما تختلفان باختلاف المناطق الفرعية. واختير فصلان كفترتين زمنيتين مناسبتين يمكن تطبيقهما على مجمل النطاق لتفادي إجراء تحليل أشد تعقيداً لمسألة تغير فترة الفصول مستقبلاً في مناطق فرعية مختلفة. إضافة إلى ذلك، تم الحصول على بعض النتائج لأشهر الصيف الثلاثة في المناطق القريبة من القطب الشمالي (حزيران/يونيو، تموز/يوليو، آب/أغسطس) وأشهر الشتاء الثلاثة في المناطق القريبة من القطب الشمالي (كانون الأول/ديسمبر، كانون الثاني/يناير، شباط/فبراير).

وهذه الدراسة للتغير المُسقط عبر الفصول مع مرور الزمن طُبقت على معظم المتغيرات، باستثناء مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة. ويمكن أيضاً النظر في تحليل التقلبية الفصلية والبين فصلية.

1.4.6 النطاقات الفرعية

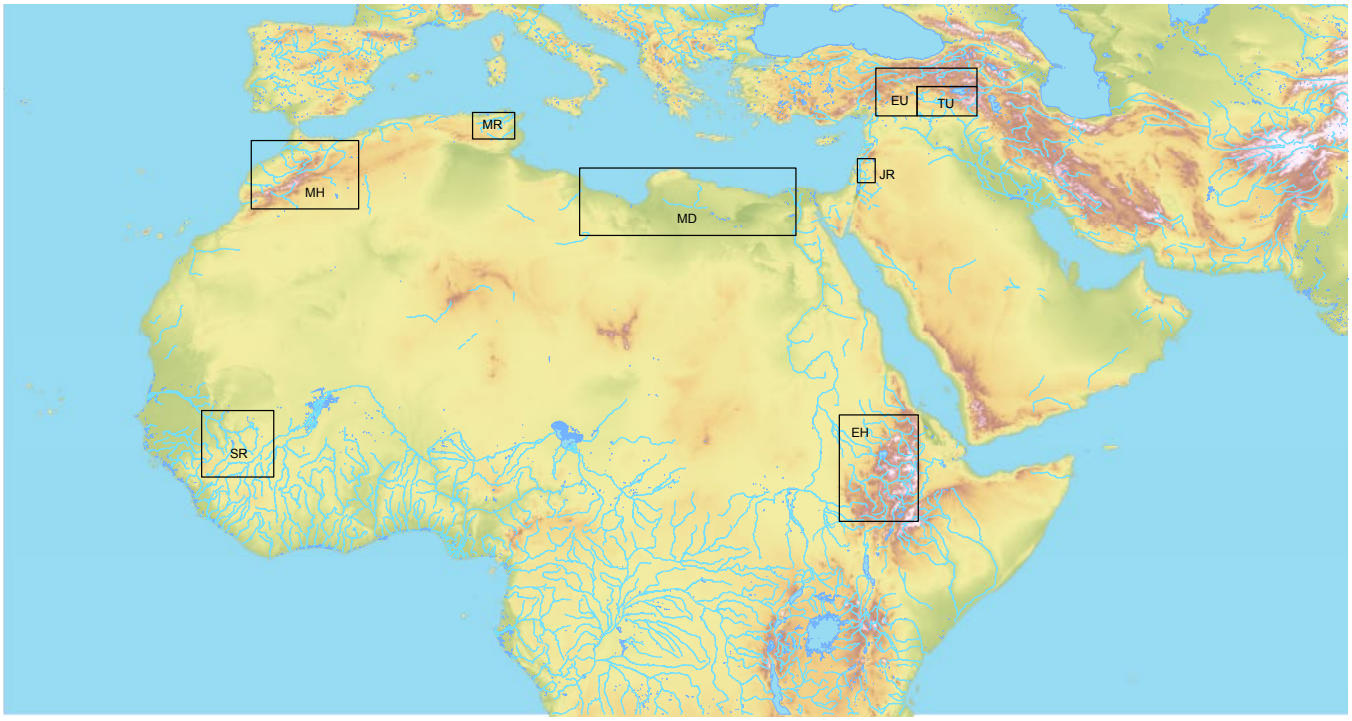
إن هذا التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ يوفر النتائج المعروضة في شكل خرائط وتسلسلات زمنية. وتُظهر الخرائط بشكل عام مجمل النطاق العربي. إلى جانب ذلك، فإن التسلسلات الزمنية المعروضة هي متوسطات موجزة لمساحة نطاقات فرعية محددة. واختيرت بعض النطاقات الفرعية لإعطاء لمحة عامة عن مناطق شتى ذات اهتمام خاص في المنطقة العربية (الشكل 18 والجدول 11). وتجدر الإشارة إلى أن النطاق الفرعي لساحل البحر الأبيض المتوسط (MD) يضم خمسة أنهار صغيرة والنطاق الفرعي للمرتفعات المغربية (MH) يضم ثلاثة أنهار (ملوية وأم الربيع وسبو).

واعتبرت الدول العربية أن ثمة نطاقين فرعيين إضافيين يشكلان منطقتين مهمتين بحثهما المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية وهما نهر صنعاء ووادي ضيقة. وضآلة حجم نظم المياه السطحية في حوض نهر صنعاء زاد عدم اليقين في النتائج، في حين أن تغير الحالة على الأرض عقّد الجهود الرامية إلى إجراء تحليل لتجدد المياه الجوفية على غرار المقرر أصلاً. وبالنسبة لعُمان، قام المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة بدراسة الإسقاطات المناخية ذات الصلة بوادي ضيقة وذلك في سياق إجراء تحليل للظواهر المناخية المتطرفة باستخدام HEC-HMS، وترد هذه الإسقاطات في الفصل الخامس. والنتائج المتعلقة بالنطاقات الفرعية المستندة إلى الإسقاطات المشمولة بالنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية متاحة لاستخدامها في تحليلات إضافية عند الطلب.



فيضانات في غزة بعد إعصار أليكسا، دولة فلسطين، 2011.
المصدر: Alhasan Sweirju/Oxfam-flickr.com

الشكل 18: موقع النطاقات الفرعية المختارة للتحليل



الجدول 11: قائمة النطاقات الفرعيّة التي يشملها التحليل

النطاقات الفرعية	رمز التعريف	اسم النطاق الفرعي	إحداثيات
نطاقات فرعيّة مختارة	MH	المرتفعات المغربية	9W 1W 30N 35N
	MD	ساحل البحر الأبيض المتوسط	15E 31E 28N 33N
أحواض الأنهار المشتركة	EH	المرتفعات الإثيوبية (منابع النيل الأزرق)	34E 40E 7N 15N
	TU	حوض دجلة الأعلى (منابع نهر دجلة)	40E 44E 37N 39N
	EU	حوض الفرات الأعلى (منابع نهر الفرات)	37E 44E 39N 40N
	MR	نهر مجردة	15E 31E 28N 33N
	JR	نهر الأردن	35E 37E 32N 34N
	SR	منابع نهر السنغال	12W 7W 10N 15N

الحواشي

1 . تمثل الزيادات في الوقت الذي تحدَّد فيه المعادلات في النموذج.

2 . ESCWA, 2011; Flato et al., 2013.

3 . Taylor et al., 2012.

4 . Miao et al., 2014.

5 . Heavens et al., 2013; Flato et al., 2013.

6 . IPCC, 2013; IPCC, 2014.

7. IPCC, 2014.

8. Giorgi et al., 2009; WCRP, 2015a.

9. Rummukainen, 2010.

10. WCRP, 2015b.

11. Kjellström et al., 2016; Samuelsson et al., 2011 . Strandberg et al., 2014

12. Dee et al., 2011.

13. Hazeleger et al., 2010.

14. Voldoire et al., 2012.

15. Dunne et al., 2012.

16. Maraun et al., 2015.

17. Klein Tank et al., 2009.

18. SMHI, 2017.

19. IPCC, 2015.

20. على سبيل المثال, Kotlarski et al., 2005; Kay et al., 2006.

21. على سبيل المثال, Graham et al., 2007; Lenderink et al., 2007.

22. See Yang et al., 2010.

23. See Nikulin et al., 2015.

24. Bosshard et al., 2014.

25. Nikulin et al., 2015. ترد معلومات مفصلة عن طريقة تصحيح الانحياز في المراجع الواردة في هذا الجزء. ويمكن الاطلاع على مجموعات البيانات المصححة الانحياز كلما وفرتها CORDEX وذلك على الموقع التالي: http://www.cordex.org.

26. Lindström et al., 2010.

27. SMHI, 2015.

28. Liang et al., 1994.

29. Gao, 2010; Devia et al., 2015.

30. SMHI, 2016.

31. US Army Corps of Engineers, 2000.

32. SMHI, 2017.

33. ESCWA et al., 2017.

34. تصريف النهر هو قيمة التصريف المتوسطة الرياضية. وتمثل قيمة التدفق المرتفع القيمة مع فترة العودة قدرها 100 عام (احتمال 1 في المائة بأن يحدث أو يتم تجاوزه في أي عام راهن ما). وتمثل قيمة التدفق المنخفض قيمة التصريف المتوسطة الرياضية لكل الأيام بقيم تقل عن المئين العشرين (إذا عُبر عنها بالمتر مكعب/الثانية) أو لعدد الأيام بقيمة تقل عن نسبة المئين العشرين في الفترة المرجعية (إذا عُبر عنها بعدد الأيام) مع الإشارة إلى أنه يساوي 73 يوما في الفترة المرجعية.

35. Peterson, 2005; Peterson and Manton, 2008.

المراجع

AlSarmi, S. H. and Washington, R. 2014. Changes in Climate Extremes in the Arabian Peninsula: Analysis of Daily Data. *International Journal of Climatology*, 34: p. 1329-1345.

Bosshard, T., Yang, W., Sjökvist, E., Arheimer, B., et al. 2014. Bias-correction of CORDEX- MENA Projections using the Distribution Based Scaling Method. In *European Geosciences Union General Assembly, Vienna, 27 April –2 May 2014*. Available at: http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-12989.pdf

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., et al. 2011. The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 135: p. 553-597.

Devia, G. K., Ganasri, B. P. and Dwarakish, G. S. 2015. A Review on Hydrological Models. *Aquatic Procedia*, 4: p. 1001-1007.

Dunne, J. P., John, J. G., Adcroft, A. J., Griffies, S. M., et al. 2012. GFDL's ESM2 Global Coupled Climate–Carbon Earth System Models. Part I: Physical Formulation and Baseline Simulation Characteristics. *Journal of Climate*, 25(19): p. 6646-6665.

ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2011. Assessing the Impact of Climate Change on Water Resources and Socio-Economic Vulnerability in the ESCWA Region: A Methodological Framework for Pursuing an Integrated Assessment. New York. Available at: https://www.unescwa.org/publications/assessing-impact-climate-change-water-resources-and-socio-economic-vulnerability-arab.

ESCWA, ACSAD and GIZ (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2017. Integrated Vulnerability Assessment: Arab Regional Applications. *RICCAR Technical Note*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.2.

Flato, G., J., Marotzke, B., Abiodun, P., Braconnot, S. C., et al. 2013. Evaluation of Climate Models (Chapter 9). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds). Published by Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter09_FINAL.pdf

Gao, H., Tang, Q., Shi,X., Zhu, C., et al. 2010. Water Budget Record from Variable Infiltration Capacity (VIC) Model. In *Algorithm Theoretical Basis Document for Terrestrial Water Cycle Data Records (in review)*.

Giorgi, F. and Gutowski, W. J. 2015. Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. *Annual Review of Environment and Resources*, 40(1): p. 467-490.

Giorgi, F., Jones, C. and Asrar, G. R. 2009. Addressing Climate Information Needs at The Regional Level: The CORDEX Framework. *World Meteorological Organization Bulletin*, 58: p. 175-183.

Graham, L. P., Hagemann, S., Jaun, S. and Beniston, M. 2007. On Interpreting Hydrological Change from Regional Climate Models. *Climatic Change*, 81(S1): p. 97-122.

Hazeleger, W., Severijns, C., Semmler, T., Ştefănescu, S., et al. 2010. EC-Earth: A Seamless Earth-System Prediction Approach in Action. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(1357-1363).

Heavens, N. G., Ward, D. S. and Natalie, M. M. 2013. Studying and Projecting Climate Change with Earth System Models. *Nature Education Knowledge*, 4(5).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattneret al (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: www.climatechange2013.org

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds). Published by Cambridge University Press. Geneva, Switzerland. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2015. Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Regional Climate Projections and their Use in Impacts and Risk Analysis Studies In *IPCC Working Group I Technical Support Unit*. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner and M. Tignor (eds). Published by University of Bern. Bern, Switzerland. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/RPW_WorkshopReport.pdf

Kay, A. L., Reynard, N. S. and Jones, R. G. 2006. RCM Rainfall for UK Flood Frequency Estimation. I. Method and Validation. *Journal of Hydrology*, 318(1-4): p. 151-162.

Kjellström, E., Bärring, L., Nikulin, G., Nilsson, C., et al. 2016. Production and Use of Regional Climate Model Projections – A Swedish Perspective on Building Climate Services. *Climate Services*, 2(3): p. 15-29.

Klein Tank, A. M. G., Zwiers, F. W. and Zhang, X. 2009. Guidelines on Analysis of Extremes in a Changing Climate in Support of Informed Decisions for Adaptation. In *Climate Data and Monitoring, WCDMP-No. 72*. Published by World Meteorological Organization (WMO). Available at: http://www.ecad.eu/documents/WCDMP_72_TD_1500_en_1.pdf.

Knutti, R. and Sedláček, J. 2013. Robustness and Uncertainties In The New CMIP5 Climate Model Projections. *Nature Climate Change*, 3(4): p. 369-373.

Kotlarski, S., Block, A., Bohm, U., Jacob, D., et al. 2005. Regional Climate Model Simulations as Input for Hydrological Applications: Evaluation of Uncertainties. *Advances in Geosciences*, 5: p. 119-125.

Lenderink, G., Buishand, A. and Deursen, W. V. 2007. Estimates of Future Discharges of the River Rhine using Two Scenario Methodologies: Direct Versus Delta Approach. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 11(3): p. 1145-1159.

Liang, X., Lettenmaier, D. P., Wood, E. F. and Burges, S. J. 1994. A Simple Hydrologically Based Model of Land Surface Water and Energy Fluxes for General Circulation Models. *Journal of Geophysical Research*, 99(D7): p. 14415-14428.

Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J., et al. 2010. Development and Testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) Water Quality Model for Different Spatial Scales. *Hydrology Research*, 41(3-4): p. 295-319.

Maraun, D., Widmann, M., Gutiérrez, J. M., Kotlarski, S., et al. 2015. VALUE - A Framework to Validate Downscaling Approaches for Climate Change Studies. *Earth's Future*, 3(1): p. 1–14.

Meinshausen, M., Smith, S. J., Calvin, K., Daniel, J. S., et al. 2011. The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change*, 109: p. 213-241.

Miao, C., Duan, Q., Sun, Q., Huang, Y., et al. 2014. Assessment of CMIP5 Climate Models and Projected Temperature Changes over Northern Eurasia. *Environmental Research Letters*, 9(5).

Nikulin, G., Bosshard, T., Yang, W., Bärring, L., et al. 2015. Bias Correction Intercomparison Project (BCIP): An Introduction and the First Results. Geophysical Research Abstracts Vol. 17. In *European Geosciences Union General Assembly, Vienna, 12 – 17 April 2015*. Available at: http://www.meteo.unican.es/en/node/73279 (Abstract).

Peterson, T. C. 2005. Climate Change Indices. *World Meteorological Organization Bulletin*, 54(2).

Peterson, T. C. and Manton, M. J. 2008. Monitoring Changes in Climate Extremes: A Tale of International Collaboration. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(9): p. 1266-1271.

Rummukainen, M. 2010. State-of-the-art with Regional Climate Models. *Climate Change*, 1(1): p. 82-96.

Samuelsson, P., Jones, C. G., Willen, U., Llerstig, A. U., et al. 2011. The Rossby Centre Regional Climate Model RCA3: Model Description and Performance. *Tellus*, 63(A): p. 4-23.

SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute). 2015. HYPE. Available at: http://www.smhi.se/en/research/research-departments/hydrology/hype-1.7994

SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute). 2016. Regional Hydrological Modelling using the HYPE and VIC Models. Presented at the Expert Peer Review of the RICCAR Integrated Assessment Findings, ESCWA, Beirut, 6-9 December 2016. Available at: http://www.smhi.se/en/research/research-departments/hydrology/hype-1.7994

SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute). 2017. Regional Climate Modelling and Regional Hydrological Modelling Applications in the Arab Region. *RICCAR Technical Note*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.1.

Strandberg, G., Bärring, L., Hansson, U., Jansson, C., et al. 2014. CORDEX Scenarios for Europe from The Rossby Centre Regional Climate Model RCA4. In *Reports Meteorology and Climatology Vol 116*. Available at: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.90273!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/RMK_116.pdf.

Taylor, K. E., Stouffer, R. J. and Meehl, G. A. 2012. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93: p. 485–498.

US Army Corps of Engineers. 2000. Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). Available at: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/.

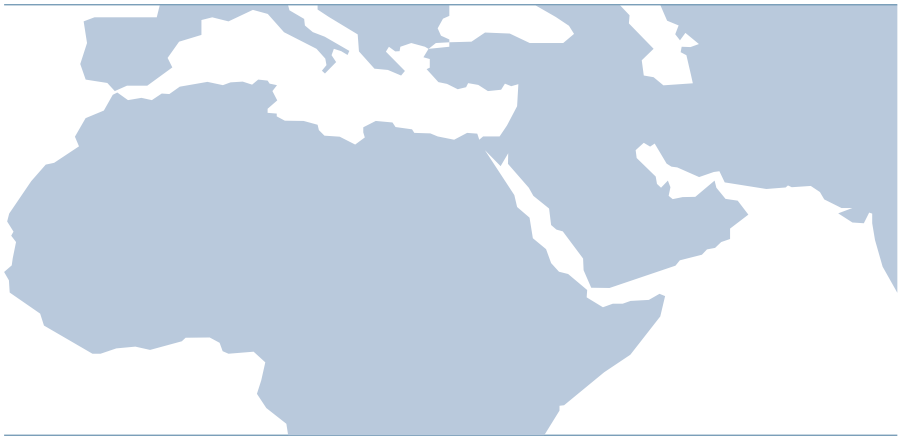
Voldoire, A., Sanchez-Gomez, E., Salas y Mélia, B., Decharme, B., et al. 2012. The CNRM-CM5.1 Global Climate Model: Description and Basic Evaluation. *Climate Dynamics*, 40: p. 2091–2121.

WCRP (World Climate Research Programme). 2015a. The Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX). Available at: http://www.cordex.org/index.php/community/domains.

WCRP (World Climate Research Programme). 2015b. Region 13: Middle East North Africa (MENA). Available at: http://www.cordex.org/index.php/domain-mena-cordex.

Yang, W., Andréasson, J., Graham, P., Olsson, J., et al. 2010. Improved Use of RCM Simulations in Hydrological Climate Change Impact Studies. *Hydrology Research*, 41: p. 211–229.

النمذجة المناخية الإقليمية:
النطاق العربي



الفصل الثاني

نتائج النمذجة المناخية الإقليمية للنطاق العربي ولنطاقات فرعية مختارة

إن مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية المصححة من الانحياز والمعروضة في هذا الفصل تشمل مؤشرات الحرارة والتساقطات ومجموعة مختارة من الظواهر المناخية المتطرفة، معبَّر عنها من حيث تغيرها مقارنة بالفترة المرجعية. وغالبية النتائج خاصة بمجمل النطاق العربي أو معروضة كسلسلة زمنية محددة تبيّن المتوسطات الإقليمية لنطاقين فرعيين ذوي اهتمام خاص، وهما المرتفعات المغربية وساحل البحر الأبيض المتوسط. والغرض من اختيار نطاقات فرعية محددة (معروضة في الفصل الأول) هو توفير معلومات إرشادية أكثر وضوحاً بالنسبة لمناطق معينة ذات اهتمام، من بينها الأحواض النهرية المشتركة. ونتائج النمذجة المناخية الإقليمية المتعلقة بالأحواض النهرية المشتركة معروضة مع نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في الفصل الرابع.
وقد استمدّ المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية باستخدام نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي (RCA4) مدفوعةً حتى حدودها عبر ثلاثة نماذج مناخية عالمية شديدة التطور هي EC-Earth و CNRM-CM5 و GFDL-ESM2M. وحُسب المتوسط لمخرجات النماذج الثلاثة («المجموعة») لـ RCP 4.5 و RCP 8.5 بالنسبة لمختلف المتغيرات المناخية حتى نهاية القرن الحادي والعشرين باستبانة أفقية تساوي 50×50 كلم.

ونظراً لضيق المجال، تُعرض مخرجات مختارة في هذا التقرير. وترد نتائج أخرى في المرفق التقني وعلى الإنترنت عبر المركز الإقليمي للمعرفة. والنتائج المتعلقة بدرجة الحرارة هي، على غرار ما تقدم في الفصل الأول، مؤكدة أكثر من النتائج المتعلقة بالتساقطات لأن الدلائل على تغير التساقطات هي أشد ترابطاً بالنموذج المناخي العالمي الأساسي، بدلاً من سيناريو الانبعاثات.

2.1 التغير المُسقط في المناخ في النطاق العربي

2.1.1 التغير في درجات الحرارة

ترد في الشكل 19 خرائط التغيرات المُسقطة في درجات الحرارة (مقارنة بالفترة المرجعية 1985-2005) في النطاق العربي لمختلف الفترات والسيناريوهات RCP. وتشير جميع الإسقاطات إلى أن درجات الحرارة ستشهد ارتفاعاً في المنطقة العربية خلال القرن الحالي. والتغير العام في الحرارة في إطار السيناريو RCP 4.5 يبيّن زيادة مُسقطة تتراوح بين 1.2 و1.9 درجة مئوية في منتصف القرن، وبين 1.5 و2.3 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة لـ RCP 8.5، ترتفع هذه الزيادة لتتراوح بين1.7 و2.6 درجة مئوية في منتصف القرن و بين 3.2 و4.8 درجة مئوية مع نهايته.

وتمثل طائفة هذه القيَم الواسعة النطاق اختلاف النتائج باختلاف الأنحاء في المنطقة. وأعلى ارتفاع فيها في منتصف القرن يلاحَظ في المناطق غير الساحلية وأهم التغيرات من المُسقط أن تجري في الصحراء الكبرى. وبحلول نهاية القرن، تصبح الزيادة في درجات الحرارة أكثر حدة في النطاق العربي كله. والمناطق التي تسجل أعلى الزيادات هي منطقة الصحراء ككل وشرق أفريقيا، بما فيها المغرب وموريتانيا. ولهذه الفترة، ستكون الدلائل على ازدياد درجات الحرارة على طول السواحل الغربية لليمن والمملكة العربية السعودية في إطار السيناريو

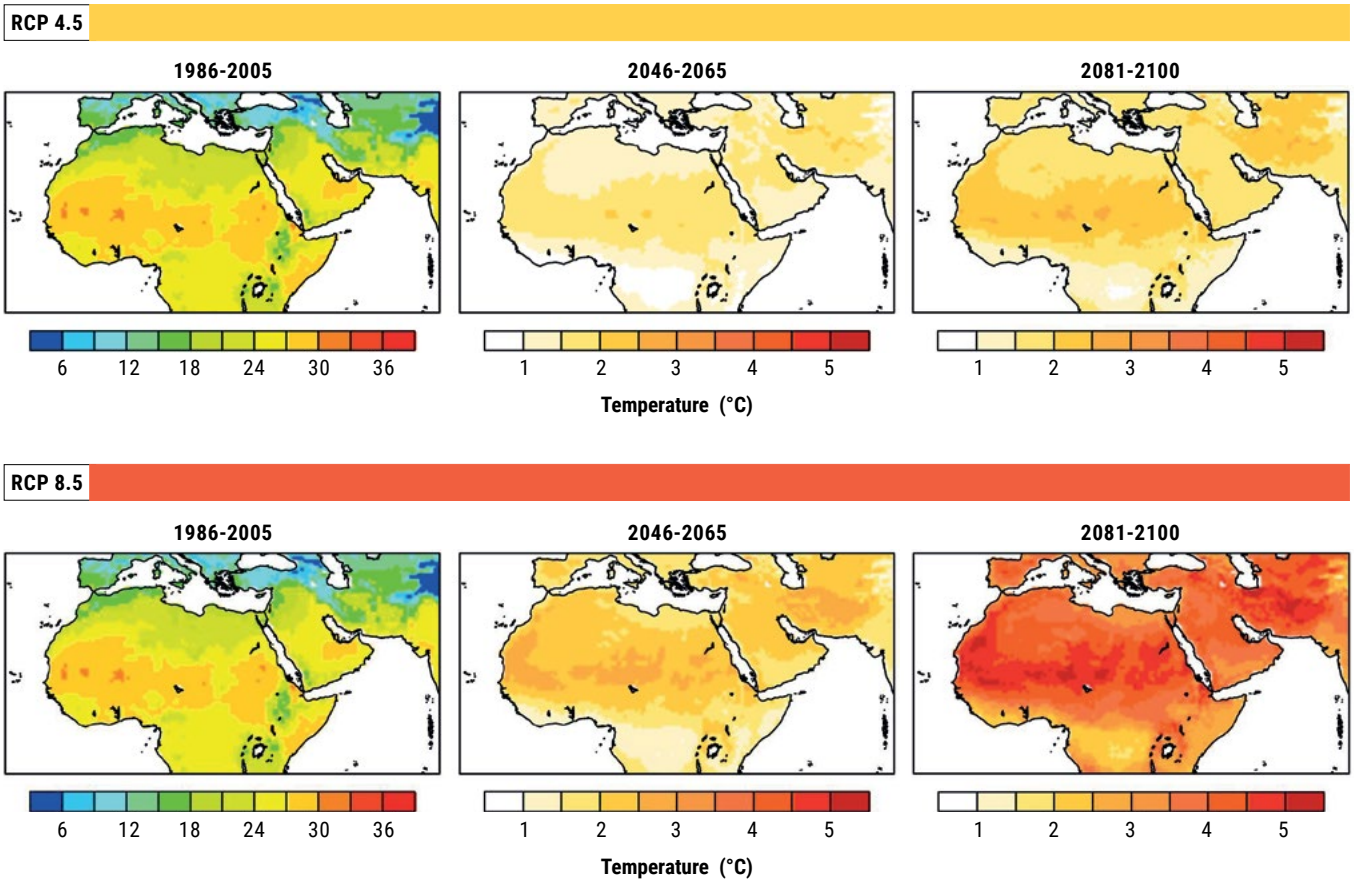


جبل رماع، اليمن، 2005. المصدر: إيهاب جناد.

RCP 8.5 هي أيضاً أعلى مما هي عليه في إطار السيناريو RCP 4.5، مقارنة ببقية شبه الجزيرة العربية.

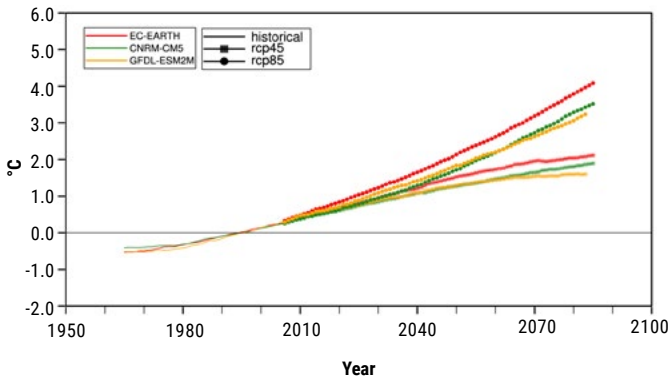
أما بالنسبة للتغيرات الموسمية، فقد أظهرت النتائج أن درجات الحرارة لا تتجه نحو الارتفاع بشكل واضح في موسم معين من السنة (غير معروض)، بل يكون الاحترار موزعًا بالتساوي على جميع الفصول. ومن المُسقط أن تسجّل بعض المناطق (مثل منابع نهر السنغال) ارتفاعاً أكبر في درجات الحرارة أثناء موسم الشتاء، بينما يظهر أن تسجّل مناطق أخرى ارتفاعاً أكبر في درجات الحرارة في موسم الصيف (مثل منابع نهر دجلة) وتُعرض بالتفصيل في الفصل الرابع. ومع ذلك، يبدو واضحًا أن الزيادة في درجات الحرارة بالنسبة لمعظم البلدان المتاخمة للبحر الأبيض المتوسط ستكون أكبر في موسم الصيف منها في فصل الشتاء.

الشكل 19: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية (درجة مئوية) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



يبين الشكل 20 التغير المُسقط في الحرارة في القرن الحادي والعشرين، بمتوسطه في مجمل النطاق العربي استناداً إلى الفترة المرجعية 1986-2005 وبمتوسط متحرك لفترة 30 سنة. وبما يتفق مع عمليات المحاكاة العالمية وأخرى إقليمية، تبدأ مختلف مسارات سيناريوهي الانبعاثات بالافتراق مع منتصف القرن. والتغير المُسقط في الحرارة يبدأ في الظهور للسيناريوهين بعد الفترة 2030-2040. وعلى نحو ما يمكن استنتاجه، تتفق كل الإسقاطات على أن الحرارة سترتفع في المنطقة العربية أثناء القرن القادم.

الشكل 20: التغير في متوسط درجات الحرارة (درجة مئوية) مع مرور الزمن في النطاق العربي بمتوسط متحرك لفترة 30 سنة بالنسبة لستة اسقاطات مناخية فردية



2.1.2 التغير في معدل التساقطات

بما أن معدل التساقطات يتفاوت أكثر بكثير في النطاق، لا فائدة تُذكر من عرض المتوسطات الإقليمية كسلسلة زمنية محددة في مجمل النطاق العربي بنفس طريقة عرض الحرارة. وهذا النوع من الأشكال أكثر فائدة عندما يُحسب متوسط الأمطار على مناطق فرعية أصغر. وهذه التسلسلات الزمنية المحددة معروضة بمزيد من التفصيل في أجزاء التقرير التالية.

وتبيّن الخرائط في الشكل 21 النطاق الجغرافي للتغير المُسقط في معدل التساقطات في المنطقة العربية، بالمتوسط لمجموعة العناصر الثلاثة وذلك في منتصف القرن الحادي والعشرين ونهايته، مع مراعاة سيناريوهي الانبعاثات RCP. وتتفاوت اسقاطات تغير معدل التساقطات إلى حد بعيد بين منطقة وأخرى في النطاق العربي، ولا يوجد اتجاه واحد لنتائجه السنوية ولا على مستوى

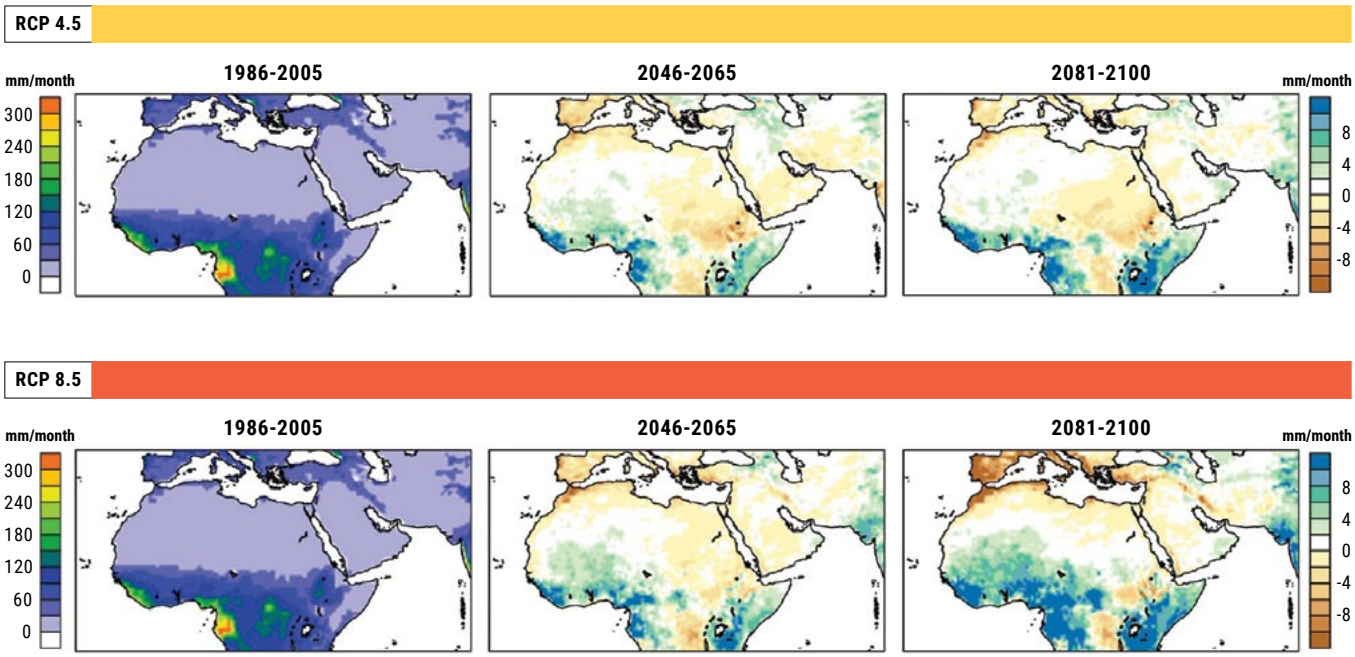
الفصول. وفي الوسع ملاحظة اتجاهات نحو انخفاضه في القسم الأكبر من المنطقة العربية في منتصف القرن. ومع نهاية القرن، يُظهر كلا السيناريوهين انخفاض بمعدل التساقطات الشهرية يصل إلى 10-8 ملم في المناطق الساحلية في النطاق العربي، وخصوصاً في منطقة جبال الأطلس غرباً وأعالي نهري دجلة والفرات شرقاً. غير أن تشهد بعض الأنحاء اتجاهات نحو ارتفاعه من بينها الجزء الجنوبي الشرقي من شبه الجزيرة العربية وبعض أجزاء منطقة الساحل الأفريقي. ويُحتمل أن يعود هذا المنحى إلى انزياح نقطة الالتقاء المدارية (intertropical convergence zone (ITCZ والذي، وفقاً لعدة دراسات، ينحو نحو الانتقال شمالاً بسبب الاحترار[1]. وبارتفاع الحرارة المُسقط في هذه الأماكن، ينسجم اتجاه الإسقاطات المتعلقة بالتساقطات مع هذه الفرضية.

وعلى مستوى الفصول (الشكلان 22 و23)، من المُسقط أن يكون تغير معدلات التساقطات على أشده أثناء أشهر الشتاء في بلدان البحر الأبيض المتوسط وسيكون سلبياً مع انخفاض يصل إلى 40% في أسوأ الحالات في مرتفعات المغرب، حسب الاسقاطات لنهاية القرن و لـ RCP 8.5. وبالنسبة لهذه المرتفعات، أكدت عدد من الدراسات التأثير الحاد للتذبذب في شمالي المحيط الأطلسي (NAO) على تقلبية معدلات التساقطات في المغرب، وتتواءم هذه النتائج مع حقيقة ارتباط التذبذب الإيجابي مع انخفاض كمية الأمطار في المغرب أثناء فصل الشتاء في المناطق القريبة من القطب الشمالي (كانون الأول/ديسمبر – شباط/فبراير)[2]. والتغير في معدل هطول الأمطار أكثر حدة في الجنوب أثناء أشهر الصيف، في حين أن إشارات التغير تختلف من الغرب باتجاه الشرق.



تآكل ضفاف النهر في المغرب، 2015. المصدر: Heribert Rustige.

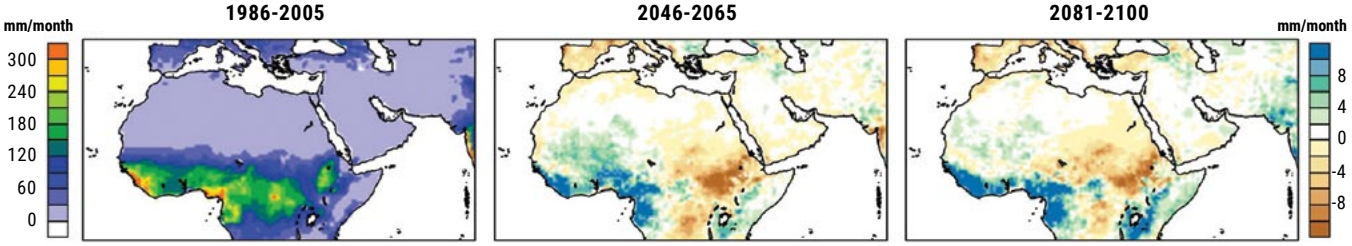
الشكل 21: متوسط التغير في معدل التساقطات السنوية (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



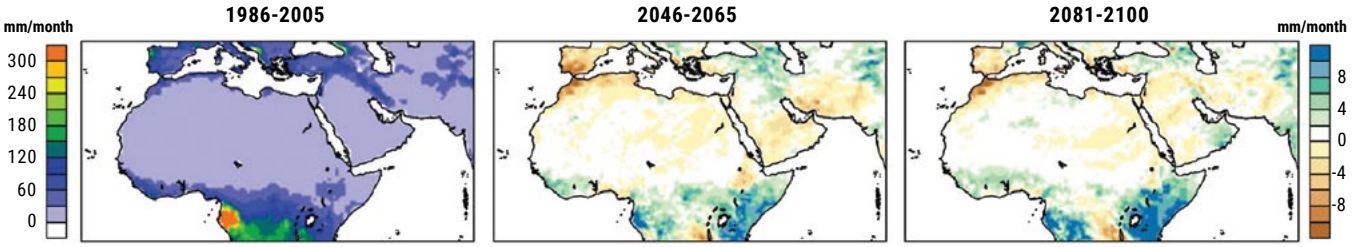
الشكل 22: متوسط التغير في معدل التساقطات حسب الموسم (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 مقارنة بالفترة المرجعية

RCP 4.5

APR-SEP



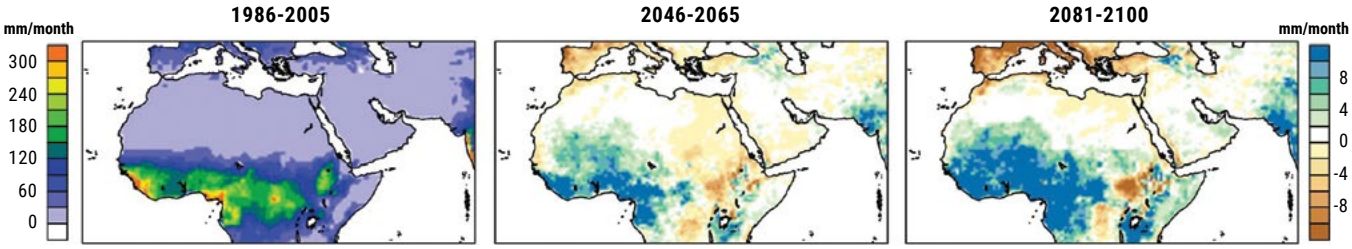
OCT-MAR



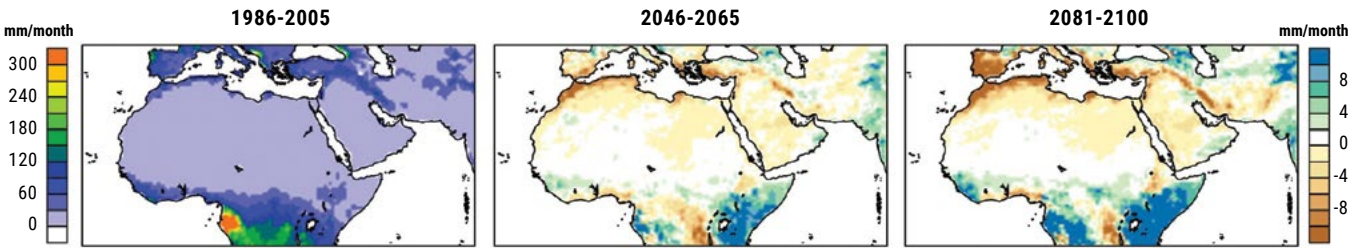
الشكل 23: متوسط التغير في معدل التساقطات حسب الموسم (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية

RCP 8.5

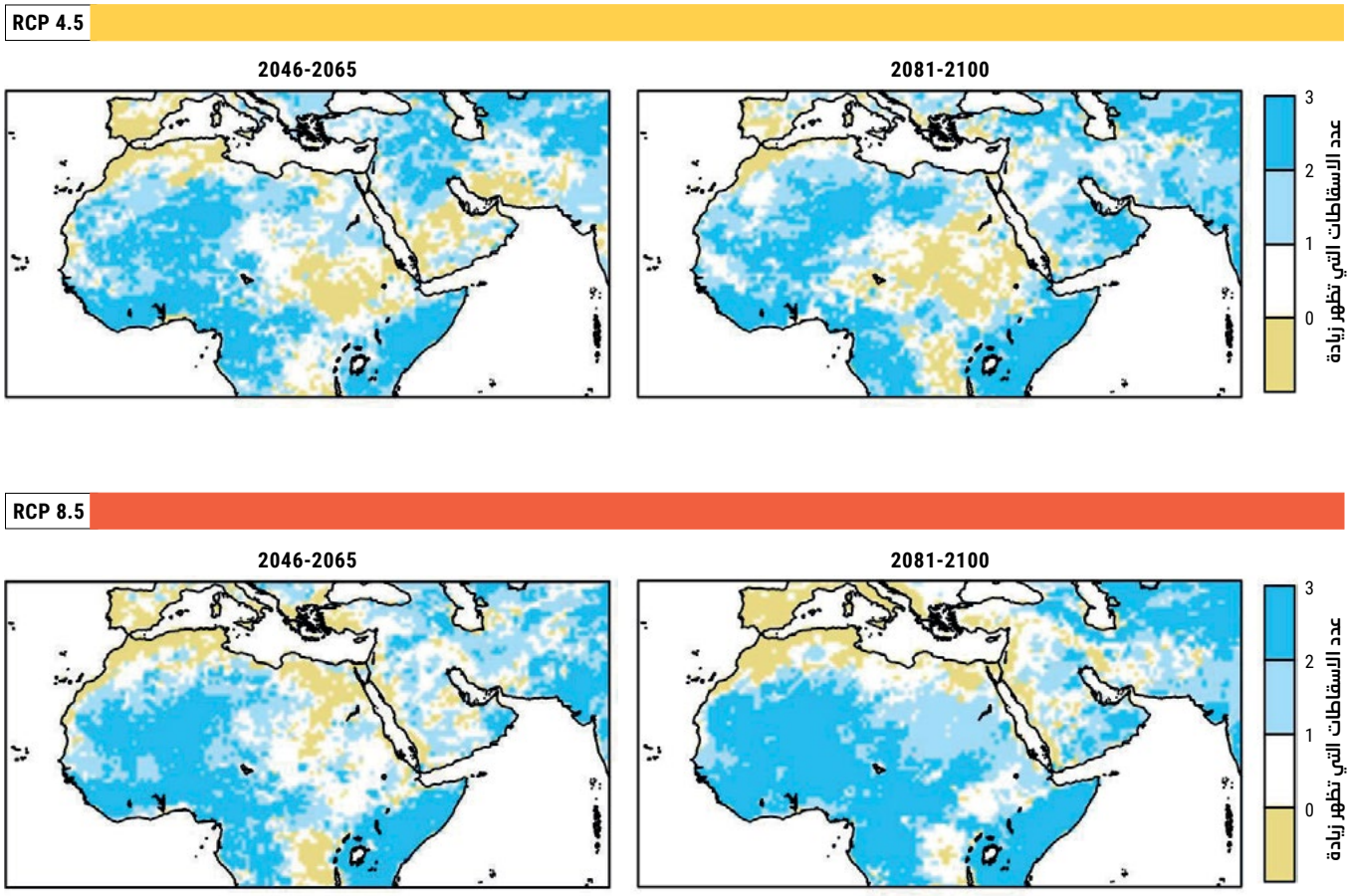
APR-SEP



OCT-MAR



الشكل 24: توافق بشأن متوسط التغير في معدل التساقطات السنوية من الفترة المرجعية، بين مجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته



ملاحظة: يشير اللون البني إلى توافق جميع الاسقاطات على انخفاض في التساقطات، بينما يشير اللون الأزرق الداكن إلى حيث تتفق جميع الإسقاطات على زيادة في التساقطات، يشير اللون الأبيض حيث يظهر اثنان من ثلاثة اسقاطات انخفاضًا ويشير اللون الأزرق الفاتح إلى حيث يظهر اثنان من ثلاثة اسقاطات زيادة.

يبيّن الشكل 24 أين تتفق عناصر المجموعة الثلاثة بالنسبة للتغير الإيجابي أو السلبي في معدل التساقطات السنوي. وهذا التوافق بين النماذج (الاختلاف) يمكن استخدامه كقياس عالي (منخفض) المتانة للإشارات على تغيّر المناخ.

وكما يلاحَظ، فإن الاسقاطات تتفق على أن ثمة انخفاضاً في معدل التساقطات في منطقة جبال الأطلس وينخفض أكثر أثناء معظم منتصف القرن (في إطار السيناريوهين)، ومع نهايته في إطار السيناريو RCP 8.5. وبالنسبة للفترة الأخيرة وهذا السيناريو، ثمة اتفاق على أن انخفاض معدل التساقطات واضح بالنسبة لمنطقة المشرق الساحلية وللمناطق الساحلية لشبه الجزيرة العربية بموازاة البحر الأحمر.

وثمة توافق بشأن الارتفاع المُسقط في معدل التساقطات في أماكن مختلفة من شبه الجزيرة العربية أثناء كل الفترات الزمنية والسيناريوهات، وخصوصاً في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية وفي منطقة الساحل الأفريقي.



الشارقة، الإمارات العربية المتحدة، 2013. المصدر: خاجاك نظاريان.

2.1.3 التغير في مؤشرات الحرارة المتطرفة

عند إلقاء نظرة بالإجمال على درجات الحرارة المتطرفة، تبيّن كل المؤشرات ذات الصلة بالأيام الحارة أن ثمة منحى نحو ارتفاعها على النحو المتوقع. وعموماً، يبين تغير عدد الأيام الحارة (SU35) والأيام الحارة جداً (SU40) ارتفاعاً يتجاوز الارتفاع في عدد أيام الصيف(SU). والاستنتاج الأخير غير مفاجئ لأن عدد أيام الصيف في سياق المناخ الحالي مرتفع أصلاً في معظم أنحاء المنطقة.

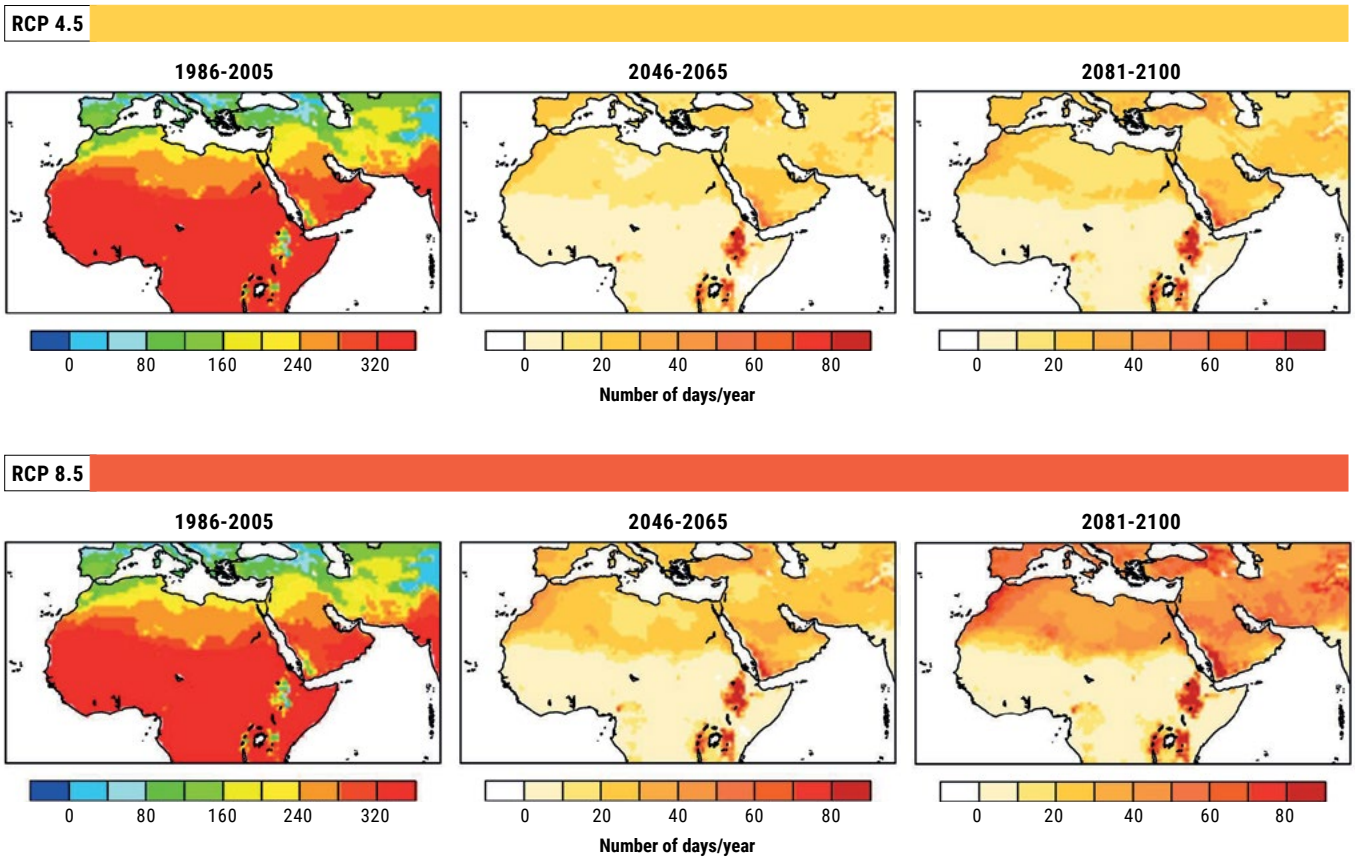
وبالنسبة لهذه المؤشرات، يتميز السيناريو RCP 8.5 المتعلق بنهاية القرن بإظهاره تغيراً حاداً للغاية في الأحوال المعيشية. ويسري ذلك أيضاً على عدد الليالي الاستوائية (TR)، مما يشير إلى ضعف احتمالات وجود ليلة أكثر برودةً بعد يوم حار. ويبين مؤشر الأيام الحارة (SU35) مستوى احترار مرتفعاً على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط في شرقي ليبيا ومصر.

وتبيّن نتائج نهاية القرن بالنسبة لـ SU35 (الشكل 26) أن ثمة منحى نحو احترار هام في إطار السيناريوهين إذ أنه سيشهد زيادةً بما قدرها 80 يوماً في جنوبي شبه الجزيرة العربية والساحل الغربي لأفريقيا في إطار سيناريو الانبعاثات RCP 8.5. ويبيّن تغير مؤشر الـ SU40 (الشكل 27) احتراراً شديداً مسقطاً في منطقة الصحراء الكبرى ووسط شبه الجزيرة العربية في إطار RCP 8.5، مما يشير إلى أن ارتفاع درجات الحرارة المتطرفة في المناطق الساحلية سيكون أقل مما هو عليه في المناطق الداخلية للمنطقة العربية في إطار السيناريوهين.

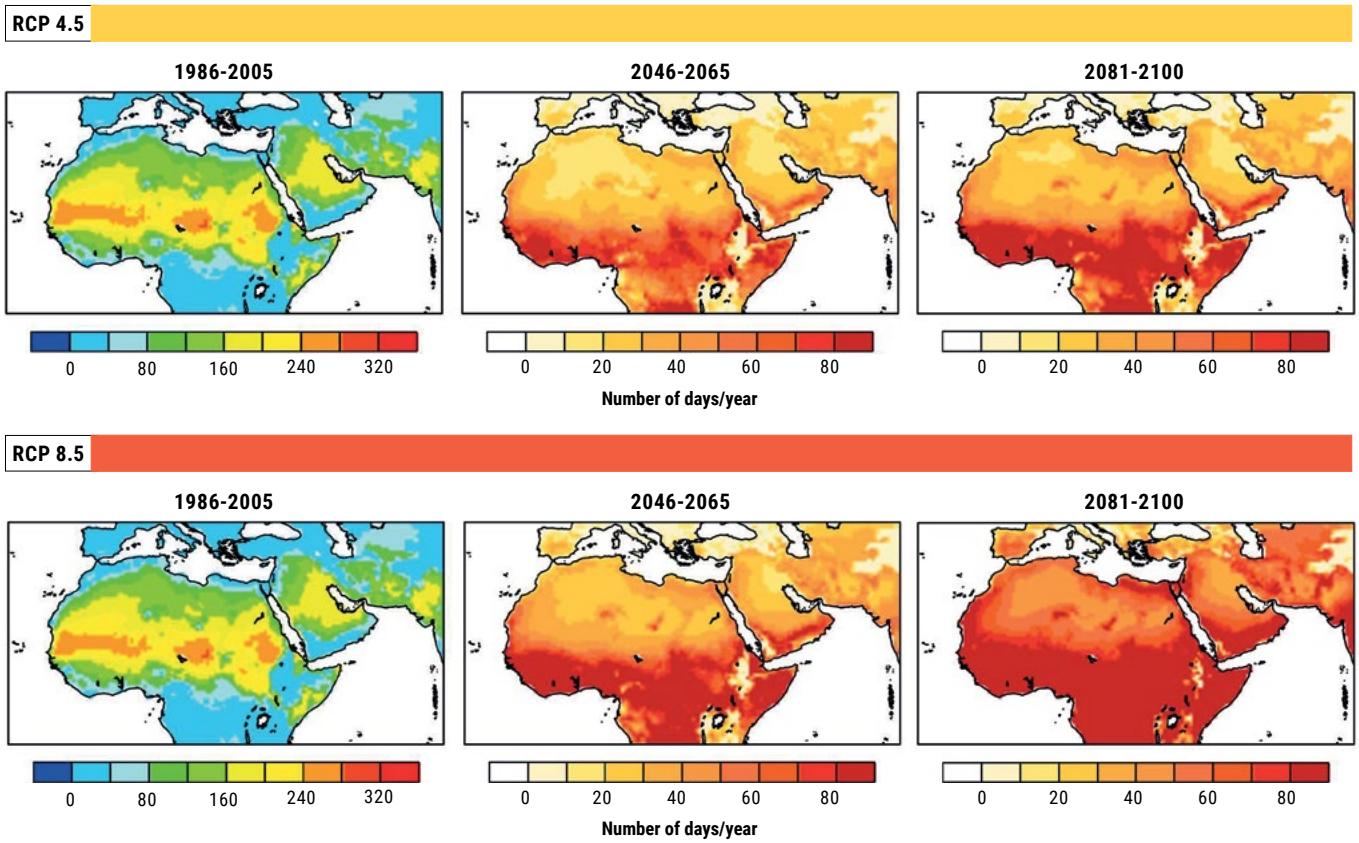
وبالنسبة للفترة المرجعية، يبين مؤشر الليالي الاستوائية منحى نحو احترار هام مع مرور الزمن، إذ من المسقط ارتفاع درجات الحرارة بشكل أساسي في وسط أفريقيا وجنوبي شبه الجزيرة العربية، ولاسيما في إطار السيناريو RCP 8.5. ووفقاً للأدبيات، ثمة مؤشر على أن درجات الحرارة المتطرفة أثناء الليل في شبه الجزيرة العربية يمكن أن تتأثر بدرجات حرارة سطح المحيط الهندي[3].

ولهذا المؤشر تبعات هامة على النظم الزراعية، لأن بعض المزروعات تقتضي درجات حرارة شديدة التباين بين النهار والليل. إضافة إلى ذلك، يمكن لارتفاع درجة الحرارة ليلاً أن يؤثر في صحة الإنسان والحيوان لأن من الأصعب لمكوناتهما العضوية استعادة وضعها الطبيعي بعد يوم شديد الحرارة أو فترة من الأيام الحارة (كموجات الحر، على سبيل المثال).

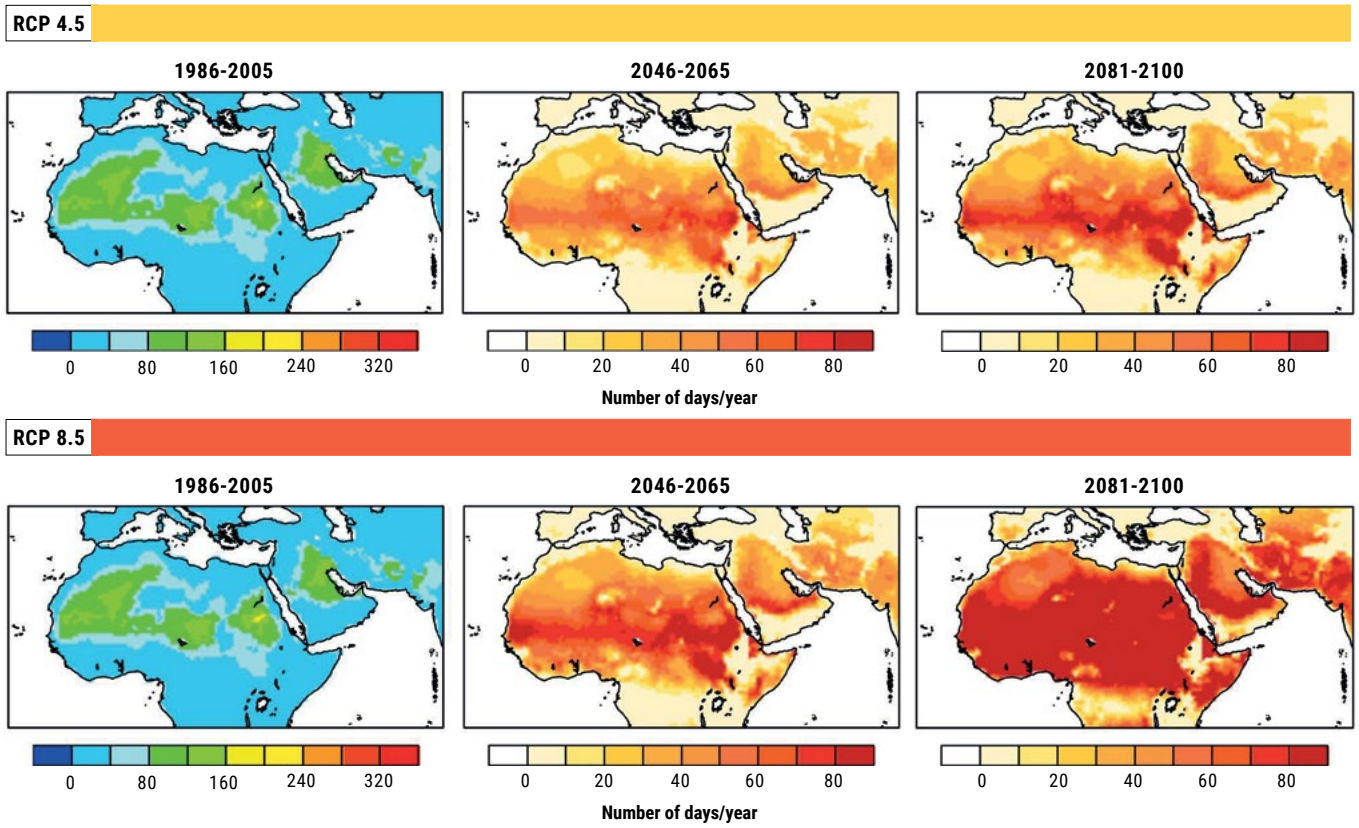
الشكل 25: متوسط التغير في عدد أيام الصيف (SU) (الأيام/بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



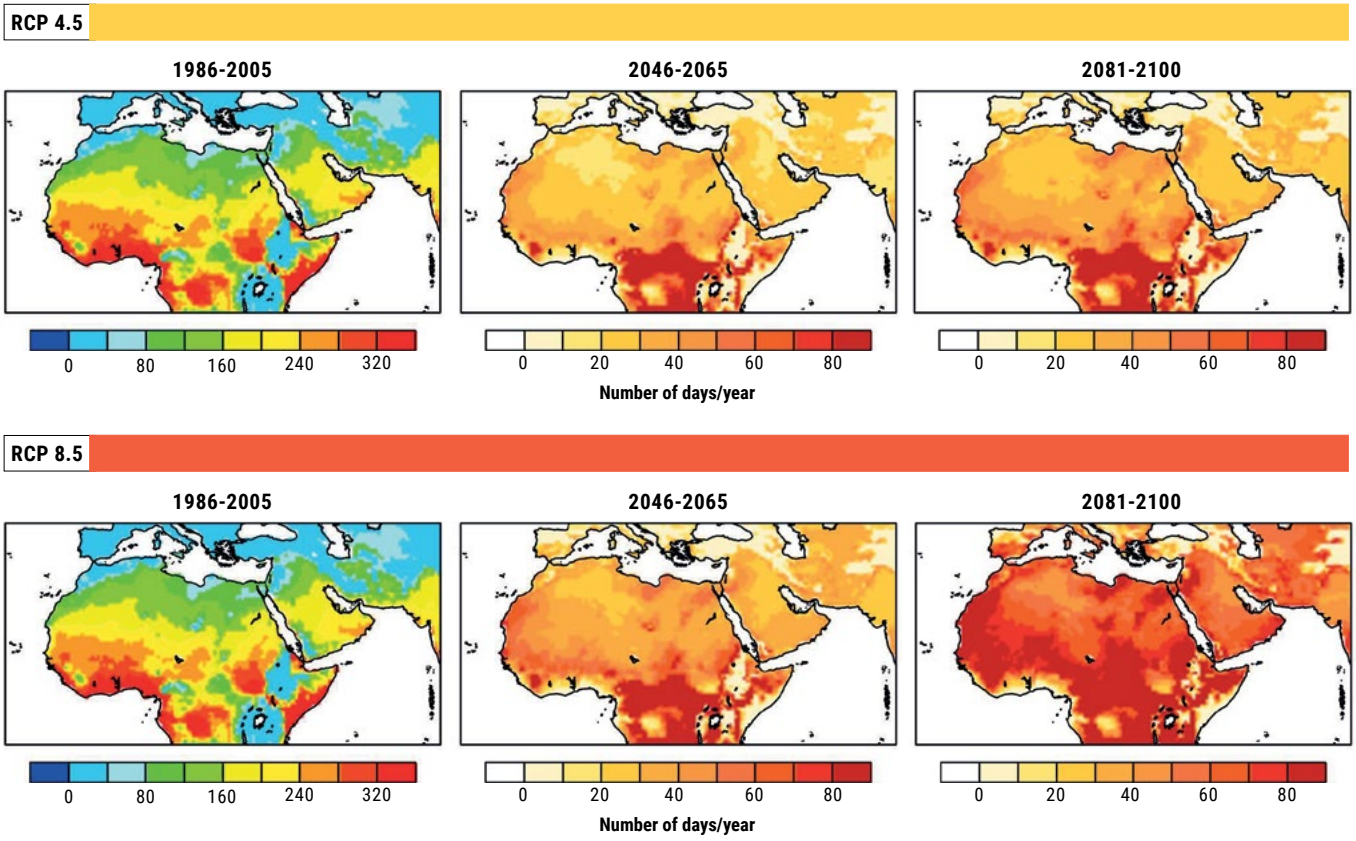
الشكل 26: متوسط التغير في عدد الأيام الحارة (SU35) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



الشكل 27: متوسط التغير في عدد الأيام الحارة جداً (SU40) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



الشكل 28: متوسط التغير في عدد الليالي الاستوائية (TR) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



2.1.4 التغير في مؤشرات التساقطات المتطرفة

تتفاوت معدلات ظواهر التساقطات المتطرفة تفاوتاً هاماً من مكان إلى آخر في المنطقة. وتشير الإسقاطات المتعلقة بالطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) إلى وجود منحى نحو مزيد من الجفاف وخصوصاً بالنسبة لمنطقة البحر الأبيض المتوسط والأنحاء الغربية والشمالية لشبه الجزيرة العربية مع نهاية القرن (الشكل 29). ومن المتوقع أن تشتد التغيرات في طول فترات الجفاف في إطار السيناريو RCP 8.5 مع نهاية القرن. ويمكن أن يكون ذلك مؤشراً على أن يرجح أن يطول فصل الصيف الجاف ولاسيما في المناطق الآنفة الذكر. ومع ذلك، تُظهر بعض المناطق في وسط وشرقي شمال أفريقيا انخفاضاً في مؤشر CDD. وفي كل الحالات، يتعين إكمال نتائج هذا المؤشر بمعلومات إضافية لأن أي إشارة إلى فترة جفاف أقصر لا تستبعد ارتفاع مستوى تواتر الجفاف في الوقت نفسه.

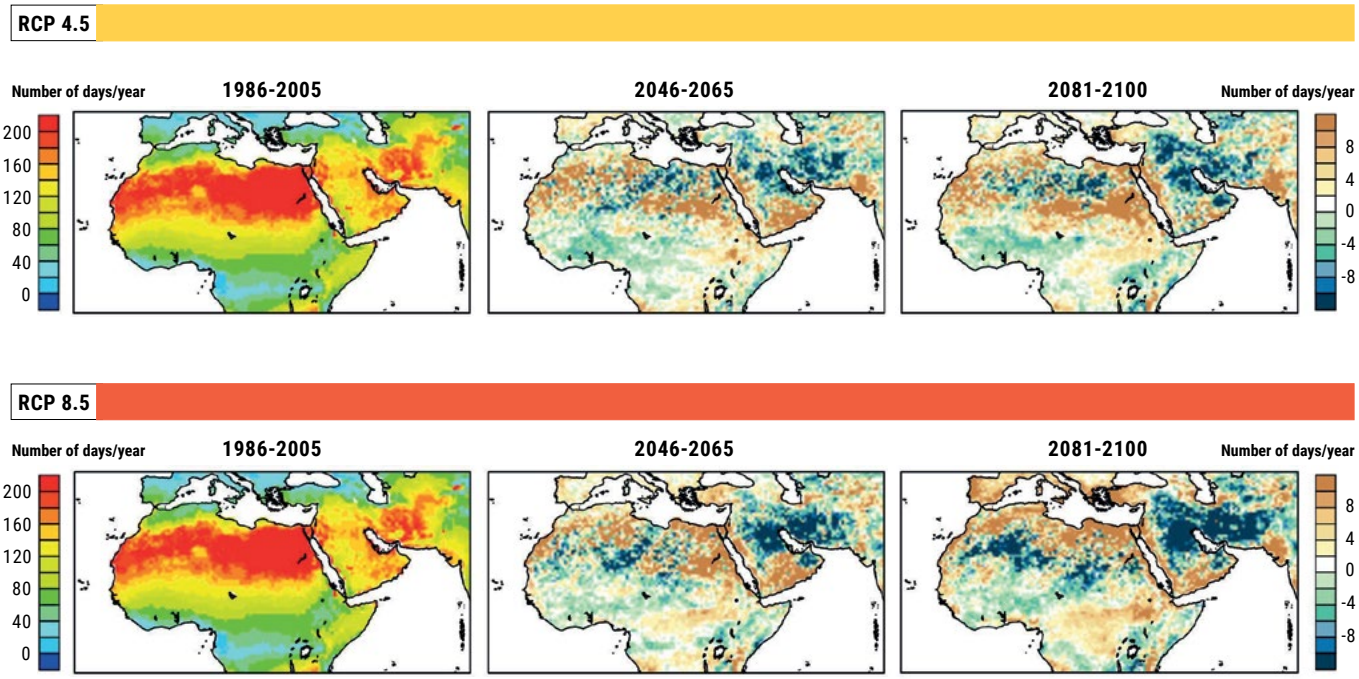
ويشير تغير العدد السنوي للأيام التي يزيد فيها معدل التساقطات اليومية على 10 ملم (R10)، إلى أنه ينحو نحو الانخفاض مع مرور الزمن مقارنة بالفترة المرجعية (الشكل 31)، ويسري ذلك أيضاً على العدد السنوي للأيام التي يزيد فيها معدل التساقطات اليومية على 20 ملم (R20) (الشكل 32) مع نهاية القرن، مما يوحي بانخفاض مُسقط في عدد الأيام الماطرة بهذه الغزارة في المنطقة.

ويبيّن مؤشر شدة التساقطات البسيط (SDII) في الشكل 33 أنه ينحو نحو الارتفاع في معظم أنحاء المنطقة لكل الإسقاطات المناخية، ما خلا المرتفعات المغربية التي تشكل الاستثناء الوحيد حيث تظهر كل الإسقاطات أنه ينحو نحو الانخفاض.

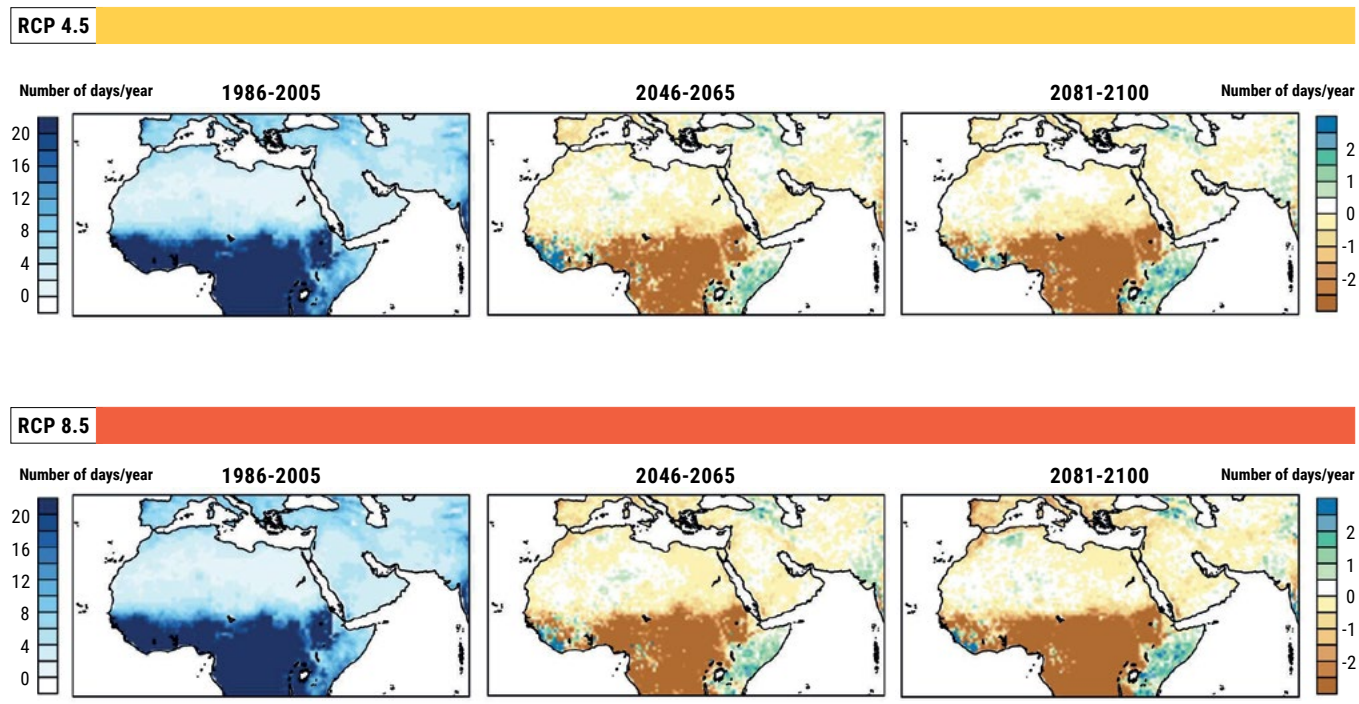


عاصفة في بيروت، لبنان، 2014. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

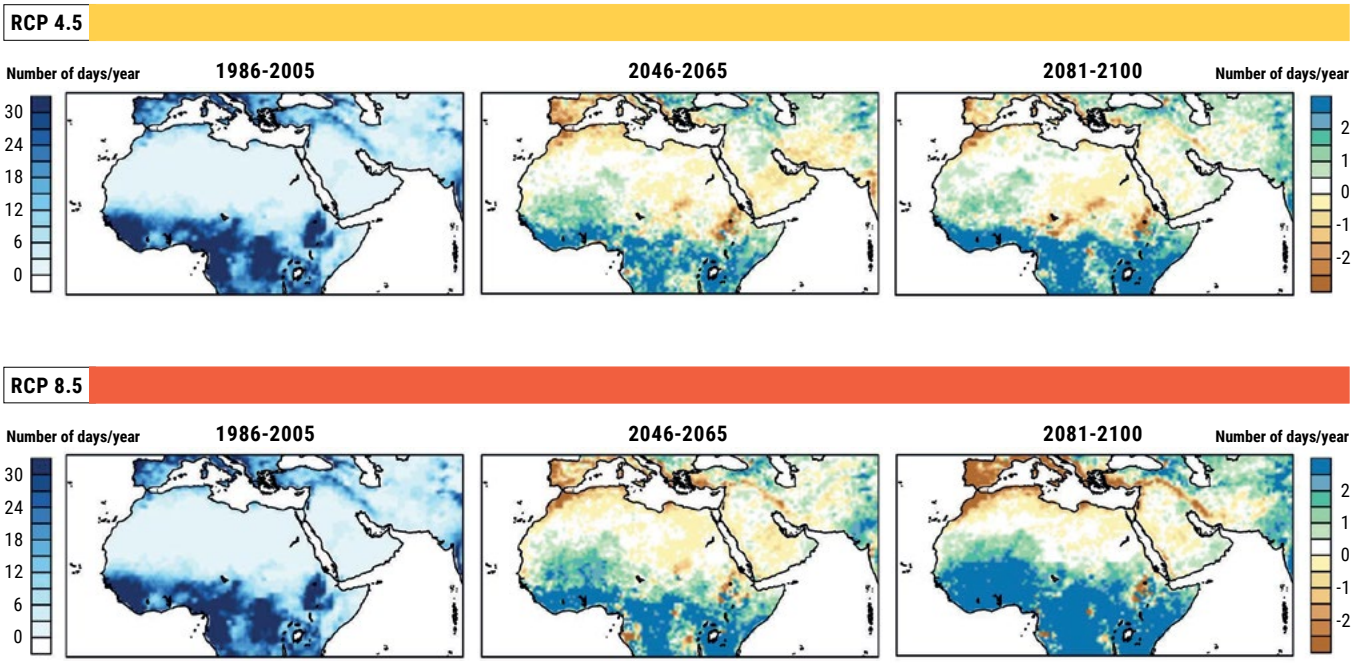
الشكل 29: متوسط التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



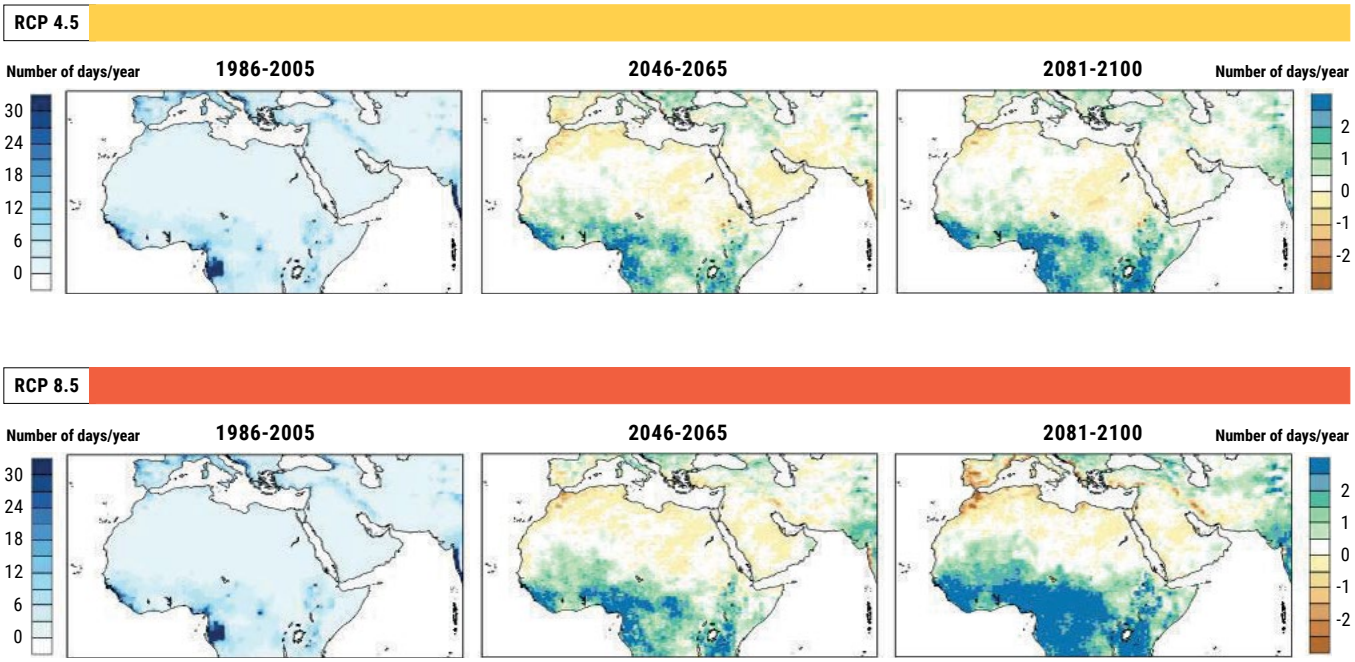
الشكل 30: متوسط التغير في الطول الأقصى لفترات المطر (CWD) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



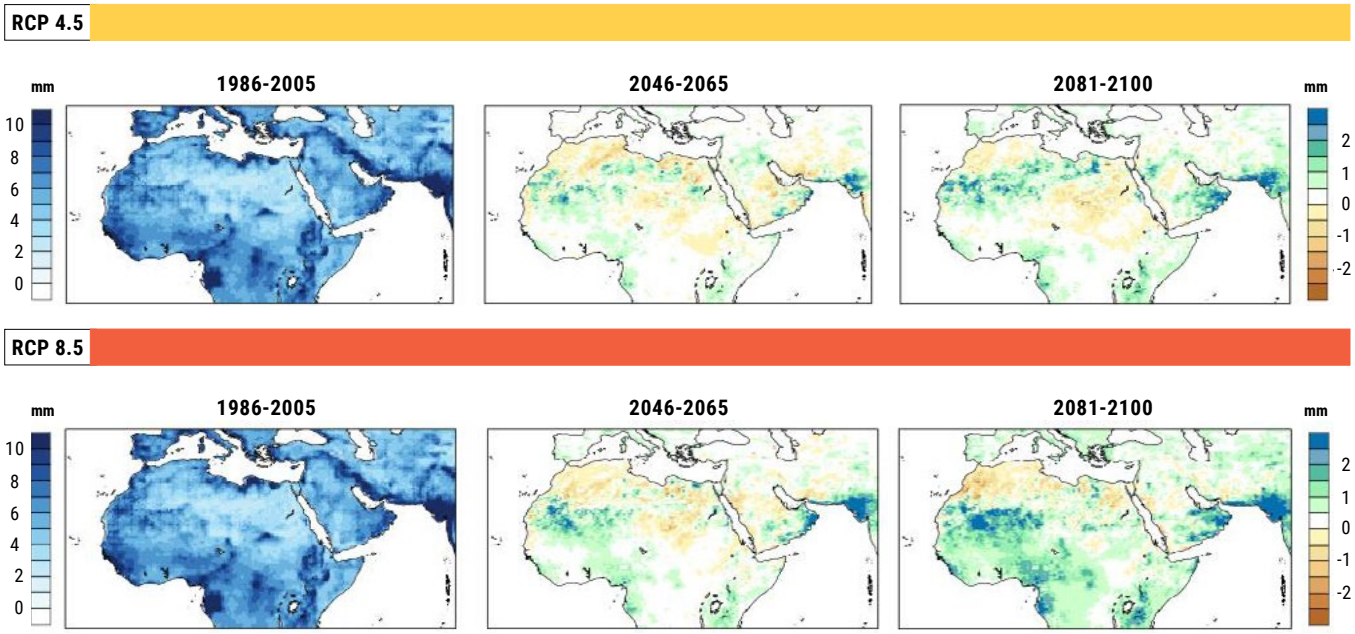
الشكل 31: متوسط التغير في العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≤ 10 ملم (R10) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



الشكل 32: متوسط التغير في العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات ≤ 20 ملم (R20) (الأيام/ بالسنة) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



الشكل 33: التغير في مؤشر شدة التساقطات البسيط (SDII) (ملم) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية



2.2 تحليل مقارن مع التقييمات الإقليمية الأخرى للنمذجة المناخية

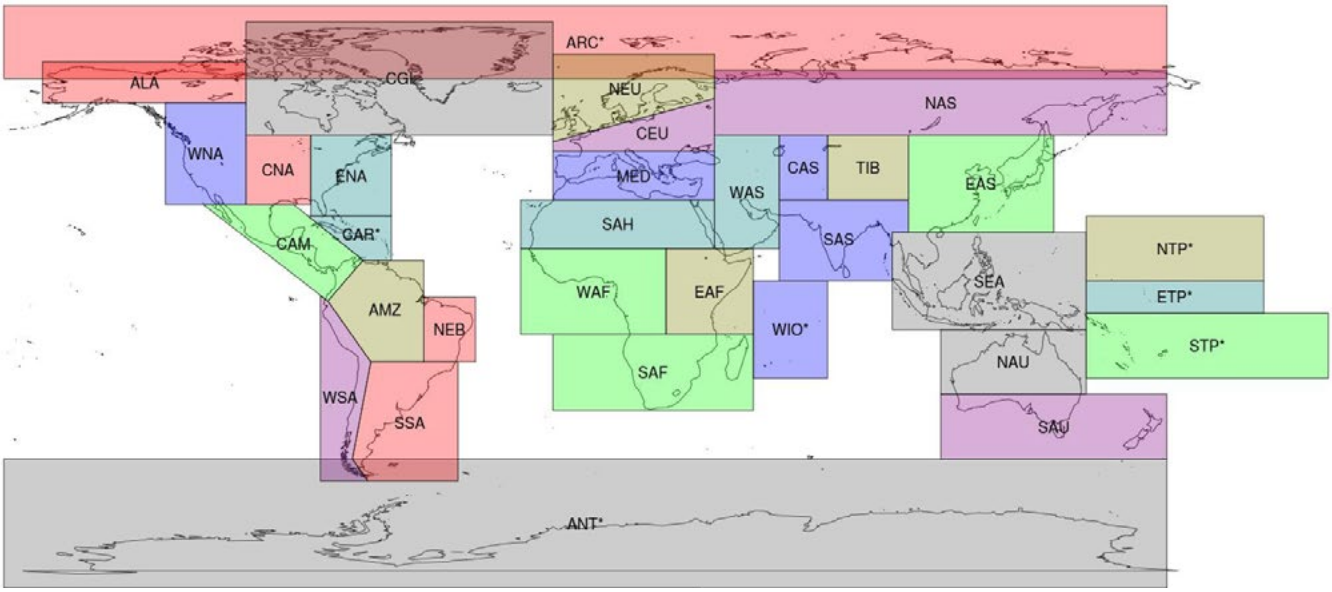
2.2.1 الاستنتاجات المتعلقة بالدول العربية في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ

إن الاسقاطات المتعلقة بدرجات الحرارة والتساقطات الواردة في تقرير التقييم الخامس الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ تستند إلى خلاصة شاملة مستمدة من نحو 40 محاكاة لنماذج مناخية عالمية من المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5)، وَضعت معظمَها أفرقة مستقلة متخصصة بالنمذجة. وفضلاً عن التركيز على النقاشات التي تناولتها عن النتائج العالمية (وهذه كانت الحال بالنسبة للتقارير السابقة)، اعتمدت الهيئة المذكورة تقييماً إقليمياً أكثر انتظاماً عُرض في أطلس الإسقاطات المناخية العالمية والإقليمية (مرفق تقرير التقييم الخامس)[4]. وتقييم تغيّر المناخ بحسب المنطقة هذا قام فقط على مخرجات النماذج العالمية ولم تراعَ أي طريقة تقليص إحصائي أم ديناميكي للنطاق. والمنطقة العربية المعنية، على نحو تحديدها في ريكار، مشمولة بخمسة من هذه المناطق الفرعية على غرار المبين في الشكل 34، وهي جنوب أوروبا/ منطقة البحر الأبيض المتوسط (MED) والصحراء الكبرى (SAH) وغرب أفريقيا (WAF) وشرق أفريقيا (EAF) وغرب آسيا (WAS). وتُظهر إسقاطات النمذجة احتراراً في كل الفصول في مختلف المناطق دون الإقليمية قيد النظر، في حين أن إسقاطات معدلات التساقطات هي أكثر تفاوتاً وتُظهر تغيرات واضحة وفقا للمنطقة دون الإقليمية والفصل. وموجز نتائج مختلف السيناريوهات والفترات الزمنية المعروض في ما بعد يقوم على 50 مئين (الوسط) من توزُّع مجموعة الاسقاطات CMIP5.

وبالنسبة لدرجات الحرارة، فإن الإسقاطات في إطار RCP 4.5 في منتصف القرن تشير إلى ارتفاعها بنحو درجتين مئويتين في معظم أنحاء المنطقة العربية، ما خلا منطقتي جنوبي الجزائر ووسط شبه الجزيرة العربية اللتين، وفقاً لهذا السيناريو، سترتفع فيهما الحرارة بما قدره 3 درجة مئوية. والاحترار المُسقط يشتد مع نهاية القرن مقارنة بالفترة المرجعية (يرتفع عموماً بقدر 3 درجة مئوية)، باستثناء الجزء الساحلي الجنوبي من شبه الجزيرة العربية (ارتفاع بدرجتين مئويتين). والإسقاطات في إطار RCP 8.5 في منتصف القرن مثيلة مكانياً للسيناريو RCP 4.5 للفترة نفسها، لكن مع زيادة درجة مئوية واحدة ككل. ومع نهاية القرن، يشتد الاحترار جلياً إذ سترتفع درجات الحرارة بما قدره 5 درجة مئوية في شمال أفريقيا مقارنة بالفترة المرجعية، و7 درجة مئوية في الجزائر والمغرب، و5 درجة مئوية في منطقة المشرق وشبه الجزيرة العربية، و7 درجة مئوية في العراق والمملكة العربية السعودية[5].

ووفقاً للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، تشير مستويات الثقة بالإسقاطات المتعلقة بدرجات الحرارة لهذه المناطق دون الإقليمية إلى أن أفريقيا ستمضي على الغالب في الاحترار أثناء القرن الحادي والعشرين. والنوعية الشاملة لنماذج CMIP5 توحي بأن منطقة الصحراء الكبرى الشديدة الحرارة أصلاً ستبقى على ما هي عليه. غير أن بيانات الإسقاطات المتعلقة بالجفاف في غرب أفريقيا أقل موثوقية.

الشكل 34: الحدود المكانية للمناطق الجغرافية المستخدمة في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ



المصدر: IPCC, 2015.

والتوافق في النماذج التي وضعت لمناطق غرب آسيا والبحر الأبيض المتوسط الفرعية يشير إلى أن درجات الحرارة ستمضي على الغالب في الارتفاع أثناء القرن الحادي والعشرين كله. إلى جانب ذلك، رُجح في التقييم أن يزداد طول وتواتر و/أو حدة فترات أو موجات الحر في منطقة البحر الأبيض المتوسط بأسرها[6].

وتتفاوت النتائج أكثر بكثير مكانياً وزمنياً من حيث معدل التساقطات. فالإسقاطات في إطار السيناريو RCP 4.5 في منتصف القرن تبيّن انخفاضاً في معدلها بنسبة نحو 10 في المئة في منطقة البحر الأبيض المتوسط والصحراء الكبرى والمشرق والجزء الأعظم من شبه الجزيرة العربية مع انخفاض أشد (يصل إلى 20 في المئة) في المغرب والجزائر وموريتانيا. وهذا الانخفاض المُسقط الممكن أن يصل إلى 20 في المئة يغطي بالتساوي شمال أفريقيا كلها مع نهاية القرن الحادي والعشرين. ومن جهة أخرى، من المُسقط أن يرتفع معدل التساقطات ليصل إلى 10 في المئة في منتصف القرن في السودان والصومال وشمالي شرقي المملكة العربية السعودية وجنوبي شبه الجزيرة العربية. ووفقاً لنماذج CMIP5، سيتسع نطاق هذه الزيادة على الغالب ليشمل الجزء الأعظم من شبه الجزيرة العربية مع نهاية القرن. وفي إطار سيناريو RCP 8.5 (يبقى الواقع على ما هو عليه)، يرجَّح أن يشهد ساحل أفريقيا الشمالي وموريتانيا والمشرق انخفاضاً في معدل التساقطات أشد مقارنة بالفترة المرجعية (يصل إلى 20 في المئة في منتصف القرن و30-40 في المئة مع نهايته)، بينما من المُسقط أن يزداد في وسط أفريقيا في منتصف القرن وأن يزداد أكثر جنوباً (بما يصل إلى 20 في المئة) ومع نهاية القرن (بما يصل إلى 40 في المئة). وتشهد معظم أنحاء شبه الجزيرة العربية أيضاً ارتفاعاً في معدل التساقطات في منتصف القرن (10 في المئة) ويشتد مع نهاية القرن في الجزأين الأوسط والجنوبي، لكنه ينخفض بما يصل إلى 10 في المئة في الجزء الشمالي في الفترة المذكورة[7].

ومن المهم الإشارة إلى أن مستوى الثقة العامة، في أطلس الإسقاطات المناخية العالمية والإقليمية في AR5، وفي المناطق دون الإقليمية في أفريقيا، بالإسقاطات المتعلقة بتغير معدل التساقطات معتبرة في أفضل الأحوال كمتوسط، فقط بسبب محدودية قدرة النماذج على أن تمثل بدقة الظواهر المحلية الهامة التي تؤثر للغاية في المناخ في أفريقيا. وعلى مستوى الفصول، من المُسقط أن تشهد المناطق دون الإقليمية الأفريقية المعدل نفسه من التساقطات من الآن وحتى الفترة 2081-2100 أثناء أشهر الشتاء الستة في الشمال (تشرين الأول/أكتوبر إلى آذار/مارس)، مع أنه يرتفع في إطار RCP 8.5، ولا يتوقع تغير فيه يُذكر أثناء أشهر الصيف الستة. وبالنسبة لمنطقة غرب آسيا دون الإقليمية، يلاحَظ مستوى متوسط من الثقة بالتغيرات المُسقطة في معدل التساقطات التي تُظهر انخفاضاً عاماً فيه. ومن حيث الفصول، من المُسقط أن ينخفض معدل التساقطات في فصلي الشتاء والصيف. بيد أن مختلف التأثيرات الدينامية التي تتفاعل فيما بينها مؤثرةً في معدل التساقطات في المنطقة (الذي توصلت النماذج بشكل متباين إلى ملاحظتها في المناخ السائد حالياً) تُولِّد جوانب من عدم اليقين من أنماط ومستويات التغير في معدله في المستقبل. ويُظهر الجزء الأعظم من منطقة البحر الأبيض المتوسط دون الإقليمية انخفاضاً مرجحاً وبارزاً في معدل التساقطات في فصل الصيف، ولا يتوقع حدوث أي تغير أو انخفاض معتدل في معدل التساقطات في أشهر الشتاء السنة[8].

2.2.2 استنتاجات من اسقاطات مناخية أخرى ذات صلة

أُعدت اسقاطات أخرى للنمذجة المناخية لمنطقة CORDEX-MENA في سياق دراسة أجراها Lelieveld et al. في عام 2016 باستخدام مجموعة من مخرجات لـ 26 نماذج CMIP5

للسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 بمقارنة فترتين مثيلتين من منتصف القرن ونهايته استندتا إلى الفترة المرجعية 1986-2005.

وتم التحقق من صلابة النتائج لتقييم مدى توافق النماذج فتبيّن أن اسقاطات النماذج تشير على الدوام إلى تغيراً حاداً في درجات الحرارة، في حين أن النتائج المتعلقة بمعدل التساقطات كانت أقل اتساقاً بكثير. ووفقاً لنتائج ريكار، تشير الاسقاطات إلى أن ثمة احتراراً مسقطاً واضحاً مع ارتفاع أعلى في إطار RCP 8.5، وأن احترار المناخ في المنطقة أشد بكثير في فصل الصيف منه في فصل الشتاء. وبالنسبة لدرجات الحرارة المتطرفة، اختلفت المؤشرات المدروسة عن تلك التي اختيرت في ريكار لكنها تُظهر اتجاهات الاحترار نفسها مع وجود منحى نحو ارتفاع درجات الحرارة المتطرفة هذه، ولا سيما بالنسبة لعدد الأيام والليالي الحارة. واتضح أن درجة الحرارة القصوى أثناء أشد الأيام حرّاً في الآونة الأخيرة بلغت بالمتوسط نحو 43 درجة مئوية وقد ترتفع إلى نحو 47-46 درجة مئوية مع منتصف القرن وتبلغ نحو 50 درجة مئوية مع نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 8.5. ومؤشر طول فترات الحر (WSDI) الذي يدل على موجات الحرارة الحالية، من المُسقط أن يرتفع على نحو حاد من حوالى 16 يوماً في الفترة المرجعية إلى 118-83 يوما قبل منتصف القرن وإلى أكثر من 200 يوم مع نهايته في إطار RCP 8.5. فضلاً عن ذلك، في حين أن أشد الليالي برودةً (TNn) في الفترة المرجعية يمكن أن تكون دون نقطة الجليد، تصبح درجات الحرارة إيجابية في النصف الأول من القرن لتتجاوز 4 درجة مئوية مع نهاية القرن في إطار RCP 8.5. واستناداً إلى هذه الاسقاطات، يشتد احتمال تحول جزء من هذه المنطقة إلى منطقة يستحيل على بعض الأجناس العيش فيها من بينها البشر وذلك على أقله في الأشهر الأشد حرارة من السنة[9].

وأعد فريق معهد قبرص المعني بالنماذج الجوية والمناخية مؤخراً محاكاة مناخية إقليمية للمنطقة العربية باستخدام صيغة مناخية من نموذج البحث والتنبؤات في مجال الأرصاد الجوية (WRF) حتى حدودها بصيغة مُصححة الانحياز من النموذج العالمي Community Earth System Model (CESM1) الذي وضعه المركز الوطني للأبحاث الجوية[10] في الولايات المتحدة (NCAR). وتشير التغيرات المُسقطة في الحرارة إلى احترار عام في مجمل النطاق. وعلى غرار المتوقع استناداً إلى السيناريوهات المناخية المستخدمة، يشتد ارتفاع درجات الحرارة هذا مع نهاية القرن الحادي والعشرين في سياق سيناريو RCP 8.5 (يبقى الواقع على ما هو عليه). وبالنسبة للفترة المرجعية (1986-2005)، تبيّن أن كل اتجاهات الحرارة المحلية متسقة في تجارب المحاكاة في معهد قبرص – الأبحاث والتنبؤات في مجال الأرصاد الجوية (CYI-WRF) وRICCAR-RCA4، وتبدّى ذلك أيضاً بالنسبة للتغيرات المُسقطة مع نتائج مقارنة لمستويات الاحترار والأنماط المكانية العامة. وعلى الصعيد المحلي، بدت بعض التباينات وخصوصاً في موقع أبرز النقاط التي تتغير فيها درجات الحرارة التي تبيّن أنها تحولت شمالاً في سياق نماذج المحاكاة WRF فوق شمال أفريقيا. ويتوقع أن يكون مرد هذه التباينات الفروق الهامة بين النموذجين الإقليميين، في حين أنها مدفوعة حتى حدودها أيضاً بنماذج عالمية مختلفة. وأظهر التغير المُسقط في معدل التساقطات أن معدله في الفترة المرجعية يتفق عموماً مع محاكاة RICCAR-RCA4. ونموذج WRF، على الرغم من عدم أهميته لهذه الدراسة، يشير إلى أن بعض أنحاء المناطق المدارية ستشهد معدل أمطار يتجاوز المعدل المشمول بنموذج RCA4. غير أن نظم هطول الأمطار على المناطق القاحلة ونصف القاحلة في النطاق العربي متسق بين تجربتي النمذجة. وبما أن التساقطات تمثل متغيراً أشد صعوبة من حيث وضع نموذج عنها، لوحظ وجود تباينات محلية بين نماذج المحاكاة في ريكار ومعهد قبرص. فالأحوال الأغزر مطراً المُسقطة في نموذج RCA4 للجزء الشمالي من النطاق العربي (هي أكثر وضوحاً بالنسبة لمنتصف القرن والسيناريو RCP 4.5) على سبيل المثال، لم تتفق مع نموذج WRF. ويشير النموذج RCA4 أيضاً إلى ارتفاع طفيف في معدل التساقطات في جنوبي شبه الجزيرة العربية أثناء أشهر الشتاء الستة، وهذا أمر لم تبينه نماذج المحاكاة WRF. غير أنه تبيّن أيضاً أن النماذج العالمية لا تتفق بالنسبة لدلائل التغير في المنطقة المعنية[11].

وبالنسبة للنطاقات الأخرى التي تتداخل مع نطاق CORDEX-MENA، أجري عدد من الدراسات عن الإسقاطات المناخية في نطاقات ذات صلة من CORDEX مثل CORDEX-AFRICA[12] (انظر الجزء التالي) وEURO -CORDEX[13] وCentral Asia[14]. وغالبية الدراسات المنشورة بشأن East Asia و MEDCORDEX خُصصت، عند إعداد هذا التقرير، لتحسين النماذج وتقييم واختبار مدى حساسيتها. وإلى جانب الدراسات المتمحورة حول نطاقات CORDEX شتى تشمل أنحاء من المنطقة العربية، أُجريت عمليات محاكاة أيضاً لمناطق متقاطعة مع النطاق العربي وهي تتفق بشكل عام مع إسقاطات ريكار (انظر الإطار 4).

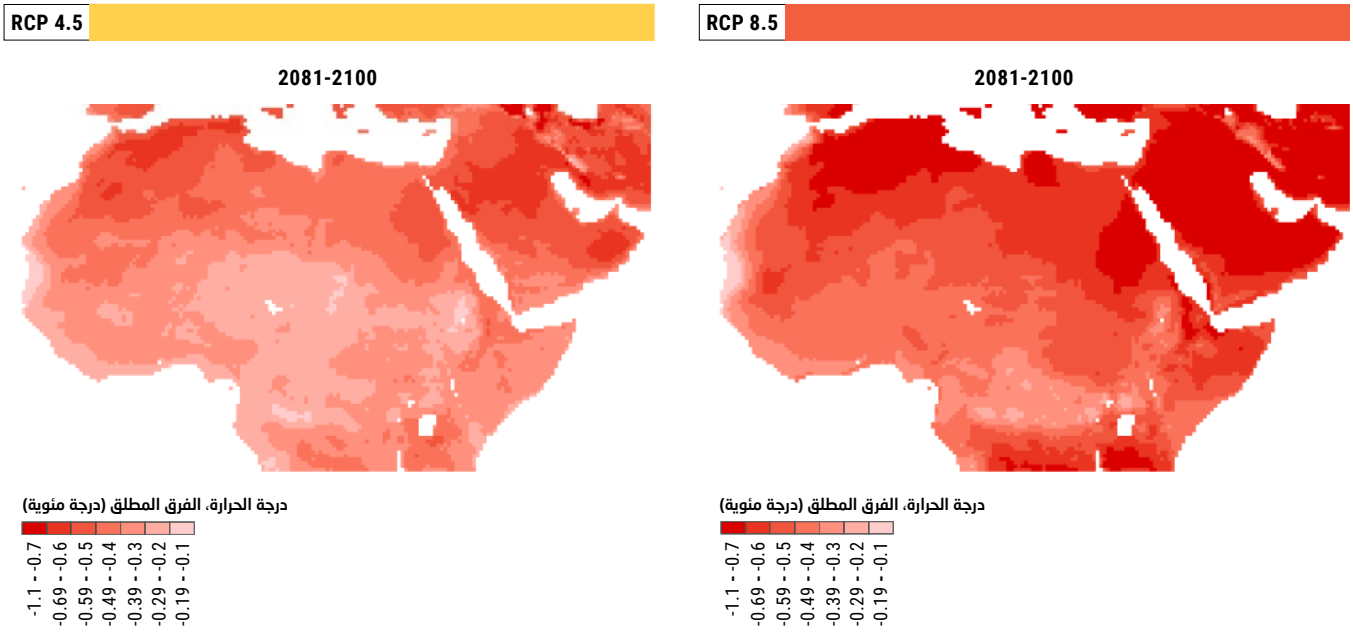
2.2.3 الاستنتاجات المستمدة من CORDEX-MENA مقارنة بـ CORDEX-AFRICA

قورنت النتائج المستمدة من CORDEX-MENA بعمليات محاكاة CORDEX-AFRICA التي يتداخل نطاقها جزئياً (25 غرباً-60 شرقاً، 7 جنوباً-42 شمالاً). ولأن إنحياز البيانات المتعلقة بنطاق CORDEX-AFRICA لم يصحَّح، اقتصر التحليل على مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية لمجموعتي البيانات. وتم الحصول على مجموعة اسقاطات لنهاية القرن خاصة بنطاق CORDEX-AFRICA قامت على تسعة نماذج مناخية عالمية مختلفة باستبانة 50 كلم.

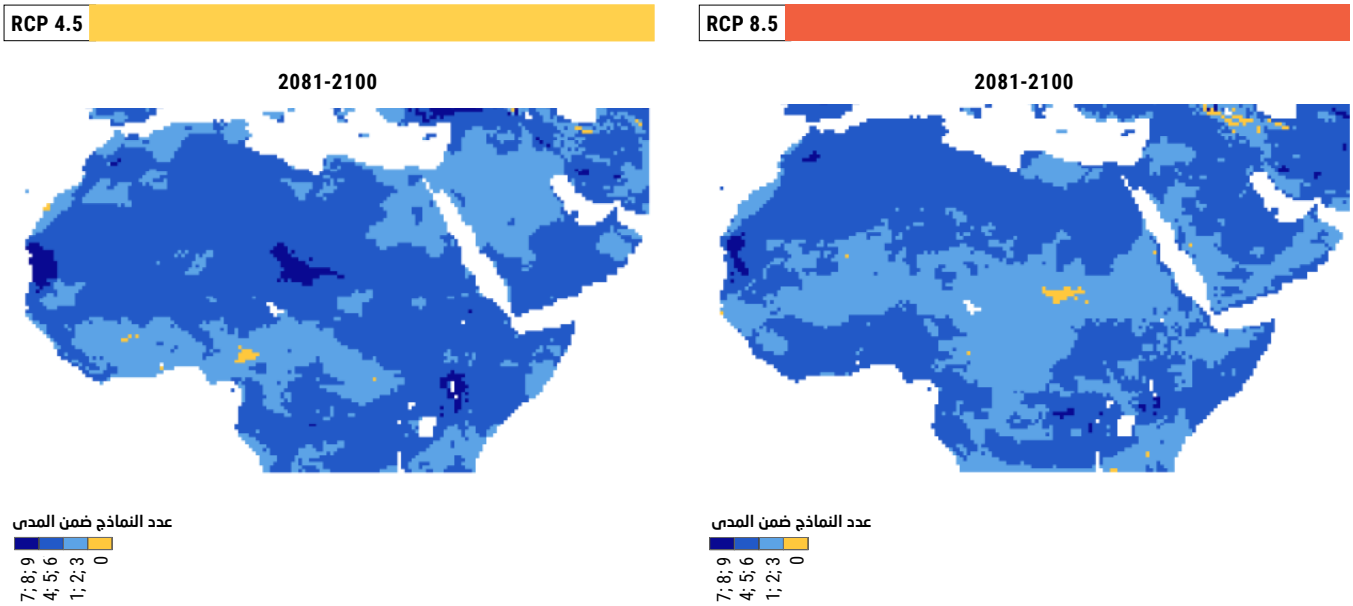
وطُرحت نتائج CORDEX-AFRICA من نتائج CORDEX-MENA وبيّنت أن تغير الحرارة في المنطقة كلها هو أعلى عموماً في مجموعة CORDEX-AFRICA إذ إنها سترتفع بما يصل إلى 1.1 درجة مئوية في شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية. وتتقلص الفروق عامة بدءاً من المناطق الساحلية باتجاه المناطق الداخلية في شمال أفريقيا (الشكل 35).

وهذا الأمر متوقع إلى حد ما لأن بعض أنحاء النطاق المشترك التي تُظهر تباينات أشد بين مجموعتي عمليات المحاكاة تقع قرب أطراف أحد نطاقي CORDEX (كالمناطق المدارية أو ساحل أفريقيا على البحر الأبيض المتوسط، على سبيل المثال) وهي بالتالي تتأثر بقوة بالمنطقة العازلة للنماذج الإقليمية. ومدى محاكاة CORDEX-MENA في ريكار يحدَّد بالحصول على القيمتين الدنيا والقصوى بين عناصر المجموعات الثلاث. وبالنسبة للجزء الأعظم من النطاق المشترك، يقع نموذج واحد إلى ستة نماذج من نماذج CORDEX-AFRICA التسعة ضمن مدى نماذج CORDEX-MENA (الشكل 36). والمناطق القليلة التفاوت من حيث درجات الحرارة هي أكثر اتساقاً، كساحل المحيط الأطلسي والصحراء الكبرى، حيث تكاد كل نماذج CORDEX-AFRICA تقع ضمن إطارها. وعلى العكس من ذلك، فإن المناطق الشديدة التفاوت من حيث درجات الحرارة لا اتساق بينها، كحوض نهري دجلة والفرات بالنسبة لـ RCP 8.5 على سبيل المثال. وتجدر الإشارة إلى أن المناطق التي تخرج فيها اسقاطات CORDEX-AFRICA عن مدى نماذج CORDEX-MENA محدودة للغاية، مما يشير إلى الثقة الممنوحة لإسقاطات RCA4 المستخدمة في هذا التقرير.

الشكل 35: المقارنة بين نتائج CORDEX-MENA و CORDEX-AFRICA من حيث تغير درجات الحرارة في نهاية القرن



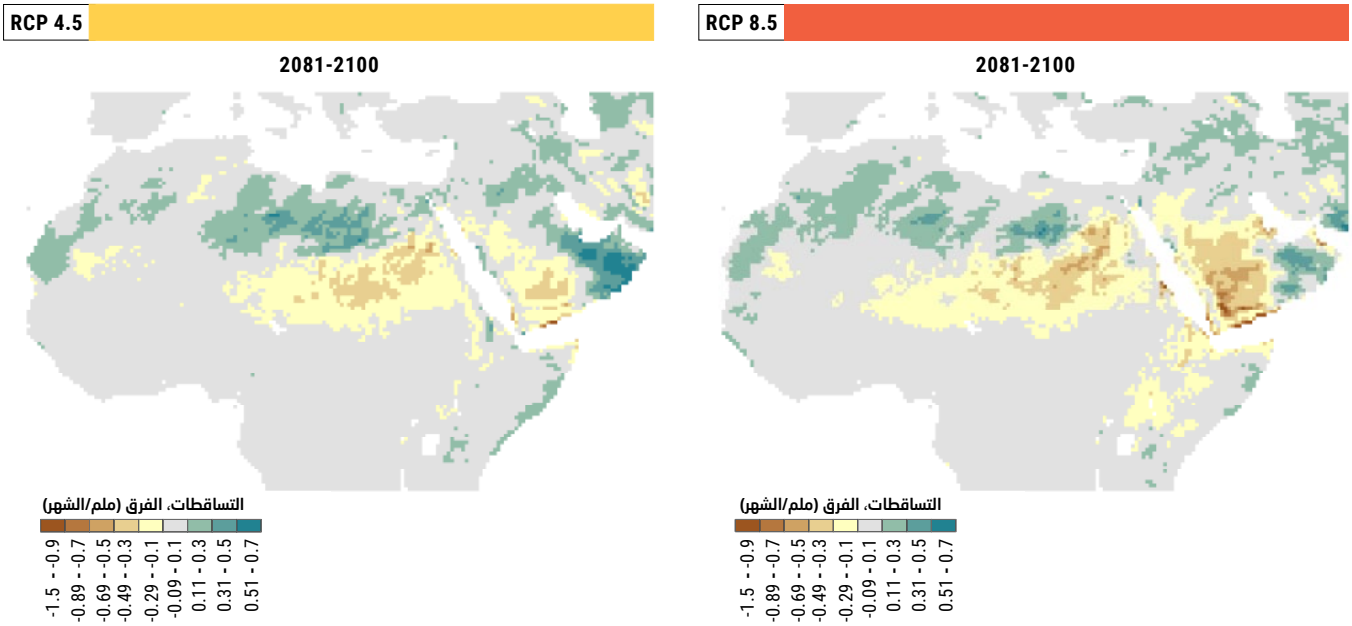
الشكل 36: عدد نماذج CORDEX-AFRICA الواقعة ضمن مدى نماذج CORDEX-MENA من حيث درجات الحرارة في نهاية القرن



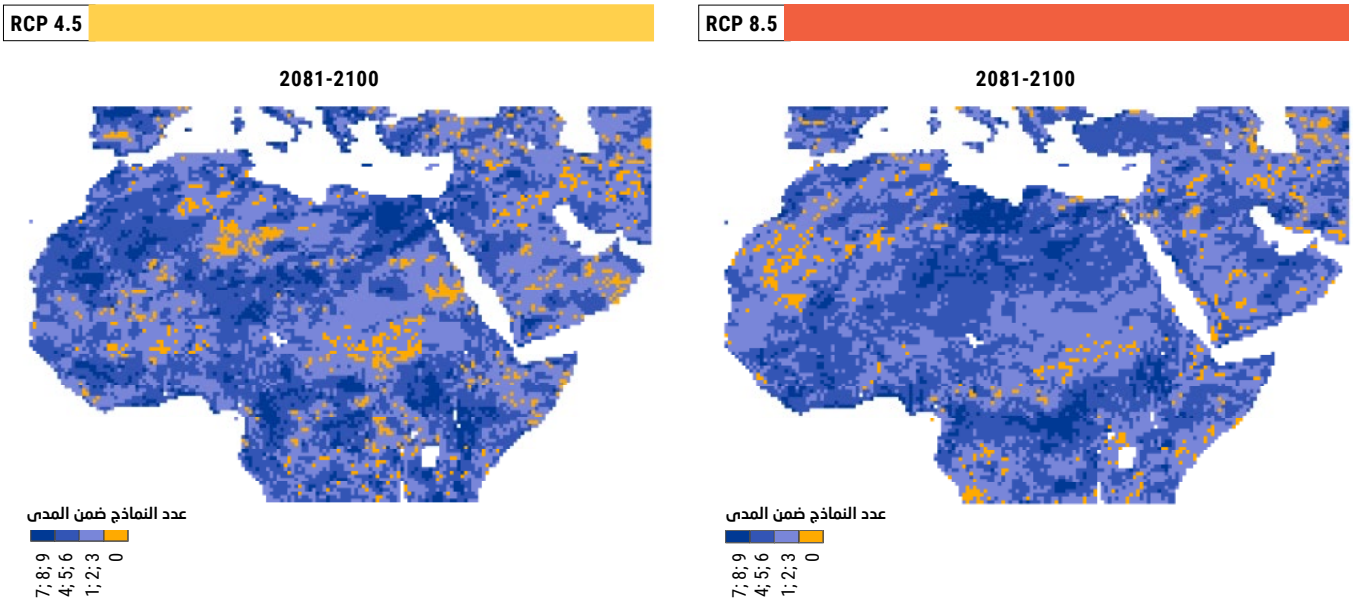
إن الفروق في معدلات التساقطات، شأنها شأن درجات الحرارة، تحدَّد عبر طرح نتائج CORDEX-AFRICA من نتائج CORDEX-MENA. غير أن البيانات بالنسبة لكلتا المجموعتين تعدّل أولاً لتصبح على مستوى واحد استناداً إلى نتائج الفترة المرجعية. وينحو معدل التساقطات نحو الارتفاع في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية ومنطقة أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وفي المقابل، تنحو قيَم CORDEX-MENA لتكون أعلى في جنوبي شرقي شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى (الشكل 37). غير أن معدل التساقطات في هذه المناطق منخفض للغاية.

وطائفة النتائج التي تم الحصول عليها من مجموعة CORDEX-MENA قورنت هي أيضاً بنتائج CORDEX-AFRICA، وحُددت عبر القيمتين الدنيا والقصوى المستمدتين من نماذج CORDEX-MENA. وعُدلت القيمتان لتصبحا على مستوى واحد استناداً إلى نتائج الفترة المرجعية. وأظهرت النتائج أن نموذجاً واحداً إلى ستة من النماذج التسعة، بالمجمل، كانت متفقة. والمناطق المحدودة الموزعة في النطاق المشترك، كانت قليلة الاتفاق أو غير متفقة على الإطلاق (الشكل 38).

الشكل 37: المقارنة بين نتائج CORDEX-MENA و CORDEX-AFRICA من حيث تغير معدلات التساقطات في نهاية القرن



الشكل 38: عدد نماذج CORDEX-AFRICA الواقعة ضمن مدى نماذج CORDEX-MENA من حيث معدلات التساقطات في نهاية القرن



على الرغم من أن هذا التقييم لا يتعلق إلا بفترة نهاية القرن، يقدَّر أن اتجاهات مثيلة ستبرز في منتصف القرن. وبسبب إجراء مقارنة استناداً إلى مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية، يُفترض أيضاً أن الفروق في القيَم ستتقلص إلى حد بعيد إذا قورنت مخرجات المجموعة التي تم تصحيح الانحياز فيها عبر الطريقة القائمة على التوزيع (DBS).

الإطار 4: الإسقاطات المناخية من نموذج ALADIN-Climate للمنطقة العربية

أجرت مديرية الأرصاد الجوية الوطنية المغربية مجموعة عمليات محاكاة للمناخ تقيّم تغيّر المناخ مستقبلاً في المنطقة العربية باستخدام الصيغة المناخية لنموذج ALADIN (مجال محدود، تطويع ديناميكي، تطوير دولي) وذلك باستبانة أفقية تبلغ 50 كلم[15].

ولهذا النموذج المناخي الإقليمي الديناميكي نفس الخصائص المادية التي تميز نموذج الدوران العام ARPEGE-Climate[16] المستخدم في نهج CMIP5 (نموذج جوي استحدثه المركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية - النموذج المناخي 5 "CNRM-CM5"). وهو نموذج مناخي إقليمي ثنائي الطيف يقوم على نهج نصف ضمني لوصف مخطط التأفق يُدعى Semi-Lagrangian Scheme ويشتمل التكوين الخاص به إلى منطقة تقسيم نصف زمنية (biperiodization) بوسع قدره 11 نقطة، إضافة إلى منطقة الإرخاء (relaxation zone) الأكثر تقليدية التي تتميز بوسع قدره 8 نقاط. ويتضمن نموذج ALADIN رسم الإشعاعات الذي استحدثه Fouquart و Morcrette (FMR15)[17] استناداً إلى نموذج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF)، بما يشمل آثار غازات الاحتباس الحراري (ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز والكلوروفلوروكربون) والآثار المباشرة للأهباء الجوية، والآثار الأولى غير المباشرة للأهباء الجوية للسلفات. ويبلغ التقدير الرأسي لهذا النموذج المناخي الإقليمي31 مستوى يقع معظمها في الغلاف الجوي السفلي (تُروپوسفير) مع خطوة زمنية من 15 دقيقة.

واستُخدمت في هذا العمل الصيغة 5 من نموذج ALADIN-Climate على غرار ما حدث في إطار MedCORDEX. واستُخدمت الصيغة 4 من النموذج المناخي الإقليمي لمشروع ENSEMBLES الأوروبي حيث قورنت بعدة نماذج مناخية إقليمية أوروبية باستبانة 50 كلم و 25 كلم[18] واستُخدمت أيضاً لتقييم التغيرات المناخية المستقبلية في المغرب[19].

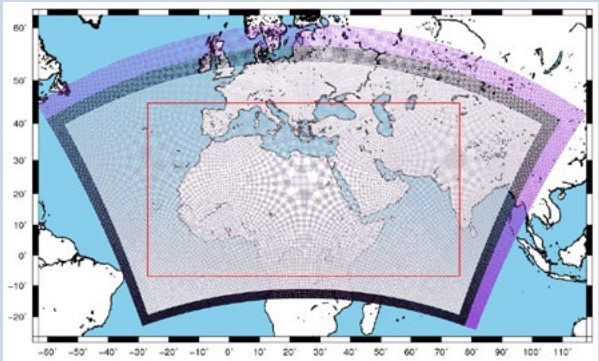
الجدول 12: وصف المحاكاة

المعهد	النموذج	الإستبانة	النموذج المُحرّك	التجربة المُحرّكة	الفترة الزمنية
DMN-MOR	ALADIN	0.44°	CNRM-CM5	CNRM-CM5	1971–2005
DMN-MOR	ALADIN	0.44°	CNRM-CM5	RCP 4.5	2006–2100
DMN-MOR	ALADIN	0.44°	CNRM-CM5	RCP 8.5	2006–2100

وأُجريت ثلاث عمليات محاكاة باستخدام نموذج ALADIN-Climate باستبانة أفقية تبلغ 50 كلم والمُستمِدَّة من CNRM-CM5 (انظر الجدول 12)[20]. وتغطي المحاكاة الماضية (التاريخية) الفترة 1971-2005. وأُجريت عمليتا المحاكاة المتبقيتان استناداً إلى سيناريوهي الانبعاثات RCP 4.5 و RCP 8.5 للفترة 2006-2100. والنطاق المكاني بأكمله (بما فيه منطقة الإرخاء Davies) للنموذج المناخي الإقليمي موضح في الشكل 39، مع الإشارة إلى أن المنطقة المختارة للتحليل (المستطيل الأحمر) موازية لنطاق CORDEX-MENA.

وقُيمت التغيرات المناخية المستقبلية في المنطقة العربية عبر حساب مجموعة من مؤشرات تغيّر المناخ تغطي الجوانب المتوسطة والمتطرفة، أي متوسط درجات الحرارة السنوية، ومؤشر فترة موجة الحر[21]، ومجموع كمية الأمطار المتساقطة سنوياً، والعدد السنوي الأقصى للأيام الجافة المتتالية[22]. ويبيّن الشكلان 40 و41 التغير في مختلف المؤشرات باستخدام نموذج ALADIN-Climate في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5 على التوالي. والتغير محسوب للفترة 2036-2065 مقارنة بالفترة المرجعية 1971-2000.

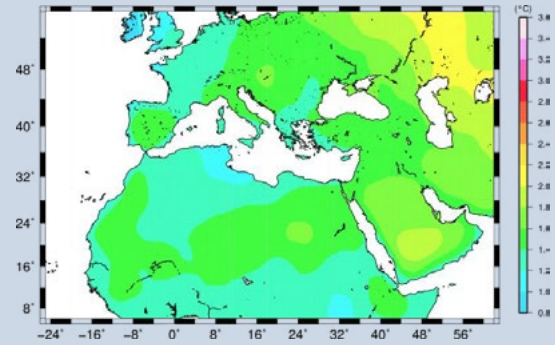
الشكل 39: المدى المكاني للنطاق المختار باستخدام نموذج ALADIN-Climate



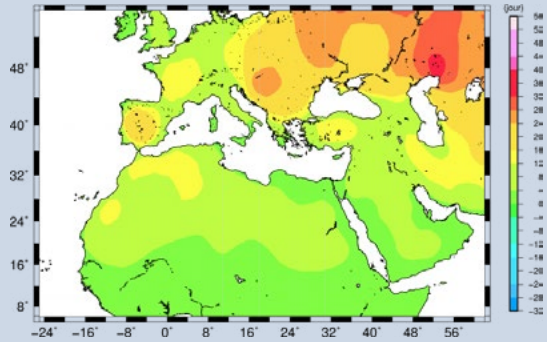
ملاحظة: إن المنطقة الموجودة داخل المستطيل الأحمر تشمل كل المنطقة العربية واختيرت للتحليل.

الشكل 40: التغير المستقبلي في مختلف متغيرات اسقاطات نموذج ALADIN-Climate في إطار RCP 4.5 للفترة 2036-2065 مقارنة بالفترة المرجعية 1971-2000

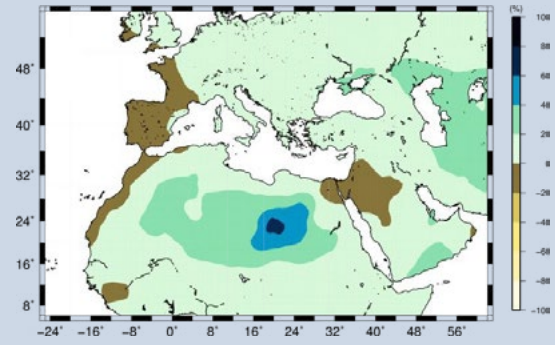
(أ) المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (درجة مئوية)



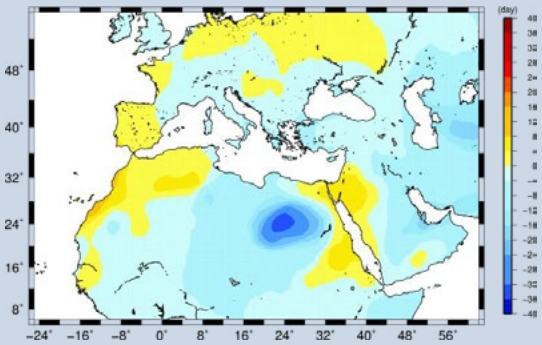
(ب) مؤشر فترة موجة الحر (عدد الأيام)



(ج) المجموع السنوي للتساقطات (نسبة مئوية)

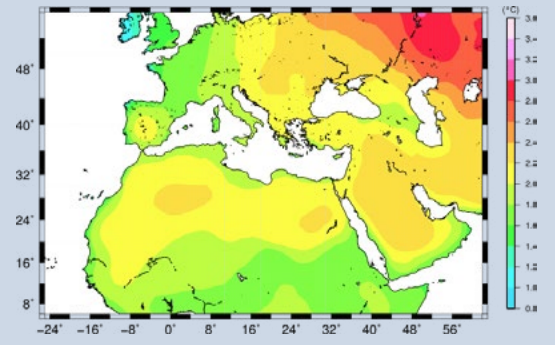


(د) الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) (عدد الأيام)

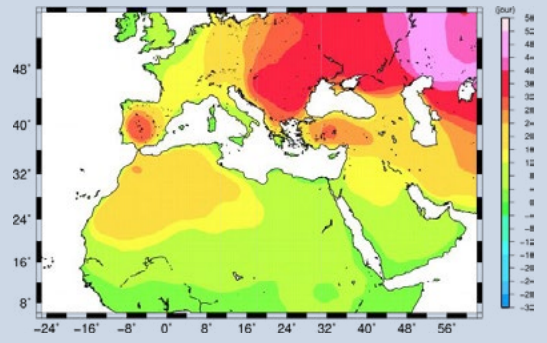


الشكل 41: التغير المستقبلي في مختلف متغيرات اسقاطات نموذج ALADIN-Climate في إطار RCP 8.5 للفترة 2036-2065 مقارنة بالفترة المرجعية 1971-2000

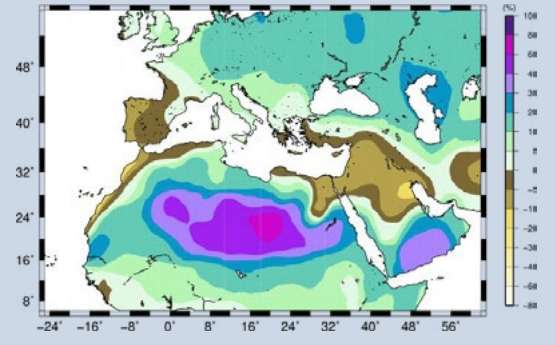
(أ) المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (درجة مئوية)



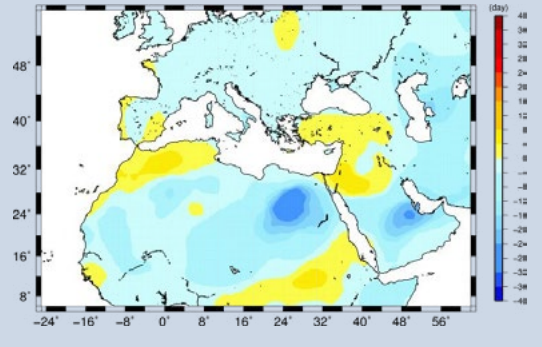
(ب) مؤشر فترة موجة الحر (عدد الأيام)



(ج) المجموع السنوي للتساقطات (نسبة مئوية)



(د) الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) (عدد الأيام)



على نحو ما يمكن توقعه، تبيّن النتائج احتراراً مسقطاً يشمل المنطقة بأسرها في المستقبل. وارتفاع الحرارة هذا يتراوح عامة بين درجة مئوية واحدة و 1.2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات RCP 4.5، ليتراوح بين 2.2 و 2.4 درجة مئوية في إطار سيناريو RCP 8.5 في شبه الجزيرة العربية.

ومن المُسقط أيضاً أن تزداد ظواهر الحرارة المتطرفة، مع موجات الحرارة تدوم بما يتراوح بين 4 أيام و 16 يوماً إضافياً في إطار RCP 4.5، وأعلى قيَمها تسجَّل في أنحائها الغربية (المغرب والجزائر) على النحو المبيّن في الشكل 40 ب. وازدياد طول فترة موجات الحر هي حتى أكثر ارتفاعاً في إطار RCP 8.5 إذ ستتراوح بين 16 و 20 يوماً إضافياً في المغرب والجزائر وغربي ليبيا (الشكل 41 ب).

وتغير معدل التساقطات، على خلاف الحرارة، يُظهر أنه أكثر تفاوتاً في المنطقة: في إطار السيناريو RCP 4.5، من المُسقط أن ينخفض بما يصل إلى 20 في المئة في الجزء الغربي (المغرب) وفي الجزء الشمالي من شبه الجزيرة العربية. وتبيّن المناطق المتبقية ارتفاعاً فيه يمكن أن يتراوح بين 20 و 40 في المئة بل وأكثر من ذلك في الأجزاء الجنوبية من الجزائر وليبيا ومصر وشبه الجزيرة العربية، وهي مناطق صحراوية نادراً ما تشهد تساقطات في الظروف المناخية الحالية (الشكل 40 ج). ولا تمثل هذه الزيادات المُسقطة أكثر من 30 ملم من مجمل كمية التساقطات سنوياً في معظم الحالات. واتجاهاته في إطار السيناريو RCP 8.5 مثيلة لذلك من حيث التوزع المكاني، لكن التغيرات أشد مع اتساع مساحة منطقة التجفيف من المغرب إلى شمال الجزائر وفي شبه الجزيرة العربية (الشكل 41 ج).

وبيّن تحليل لتغير معدلات التساقطات بحسب الفصول أُجري في إطار السيناريو RCP 8.5 أن ثمة منحى نحو تقلص مجموع كمية الأمطار في فصل الشتاء بما يشمل المنطقة كلها تقريباً.

وتفاوت تغير معدلات التساقطات في المنطقة سبق أن ذُكر في دراسات سابقة، حتى مع استخدام نماذج دوران عام أقل دقة من النموذج المستخدم في هذه الدراسة[23]. وفي هذا السياق، من المهم الإشارة إلى أن في المنطقة العربية جوانب مناخية شديدة التشابه، لكن ثمة عدداً من جوانب الاختلاف بين منطقة دون إقليمية وأخرى تعود إلى اختلاف دوران الغلاف الجوي وأنماط هطول الأمطار التي تميزها[24].

واختلاف الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) التي يمثل حالات الجفاف الحاد متسق عموماً مع التغير المُسقط في كميات الأمطار مستقبلاً (الشكلان 40 د و41 د)؛ وفترات الجفاف أكثر استحكاماً في الجزء الغربي (المغرب) والنصف الشمالي من الجزائر وفي محيط البحر الأحمر. ويتسق هذا النوع من التغير المُسقط مع النتائج التي تم التوصل إليها سابقاً مثل تلك التي توصل إليها Sillmann et al., 2013.

وبالتالي، تبين التغيرات المُسقطة في المناخ للفترة 2065-2036 استناداً إلى نموذج ALADIN-Climate ما يلي:

- احترار يشمل المنطقة بأسرها يتراوح بين درجة مئوية واحدة و2.4 درجة مئوية وفقاً للسيناريو المستخدم والمناطق دون الإقليمية، ومن المَسقط أن يتجسد أيضاً في موجات حر أطول فترةً؛
- انخفاض مُسقط في مجموع كمية الأمطار المتساقطة سنوياً في الجزء الغربي من النطاق (في المغرب بشكل أساسي) وشمالي شبه الجزيرة العربية؛
- حالات جفاف متطرف أكثر استحكاماً في الجزء الشمالي الغربي من المنطقة (المغرب والجزائر).

المصدر: فاطمة الدريوش وخالد الراز، المركز الوطني للمناخ، مديرية الأرصاد الجوية الوطنية، المغرب
شكر وتقدير: يشكر المؤلفون مديرية الأرصاد الجوية الوطنية على توفير ما لزم من حواسيب وموظفين لإنجاز هذا العمل.

2.3 التغير المُسقط في المناخ في المرتفعات المغربية

إن التغيرات المُسقطة في مؤشرات الحرارة والتساقطات والظواهر المناخية المتطرفة في النطاق الفرعي للمرتفعات المغربية ترد في الشكل 42.

وبالنسبة للسيناريو RCP 4.5، يبين تغير في متوسط الحرارة ارتفاعاً قدره 1.4 درجة مئوية في منتصف القرن و1.8 درجة مئوية مع نهايته. وفي إطار السيناريو RCP 8.5، تشتد الزيادات في درجات الحرارة، بمتوسط تغير قدره 2.2 درجة مئوية في منتصف القرن و4.1 درجة مئوية مع نهايته.

وبالنسبة للتساقطات، تشير محاكاة النماذج إلى تقلصها مع الوقت مقارنة بالفترة المرجعية، وهي أكثر حدة بالنسبة للسيناريو RCP 8.5، إذ إن تغيرها يبلغ نحو 9- في المئة بالنسبة للسيناريو RCP 4.5 في منتصف القرن و11- في المئة مع نهايته. وبالنسبة لـ RCP 8.5، يتغير متوسط معدل التساقطات بما قدره 13- في المئة في منتصف القرن و23- في المئة مع نهايته. ويبرز هذا النطاق الفرعي أيضاً على صعيد التساقطات المتطرفة مثل مؤشر SDII الذي تبيّن جميع اسقاطاته منحى نحو الانخفاض على خلاف سائر النطاقات الفرعية التي سجل فيها مؤشر SDII إما زيادة معدل التساقطات أو لا تغير على الإطلاق مع مرور الزمن. وبالنسبة للتغيرات الفصلية، فإن أهم تغير في معدل التساقطات من المُسقط أن يجري في أشهر الشتاء إذ إنه سيتقلص بما يصل إلى 40 في المئة مع نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 8.5.

وعلى غرار المذكور في جزء سابق، يمكن تفسير ذلك بالتأثير الشديد الناجم عن التذبذب في شمال المحيط الأطلسي(NAO)، ولا سيما في الأمطار التي تهطل في فصل الشتاء. وبشكل عام، تنحو معدلات التساقطات في المغرب أثناء مراحل التذبذب الإيجابي لتكون أقل من العادة[25]. وإلى جانب جوانب عدم اليقين في المحاكاة الدقيقة لهذا التذبذب، تشير النماذج المناخية للمستقبل إلى أن هذا التذبذب الإيجابي في فصل الشتاء ينحو نحو الازدياد في القرن الحادي والعشرين[26].

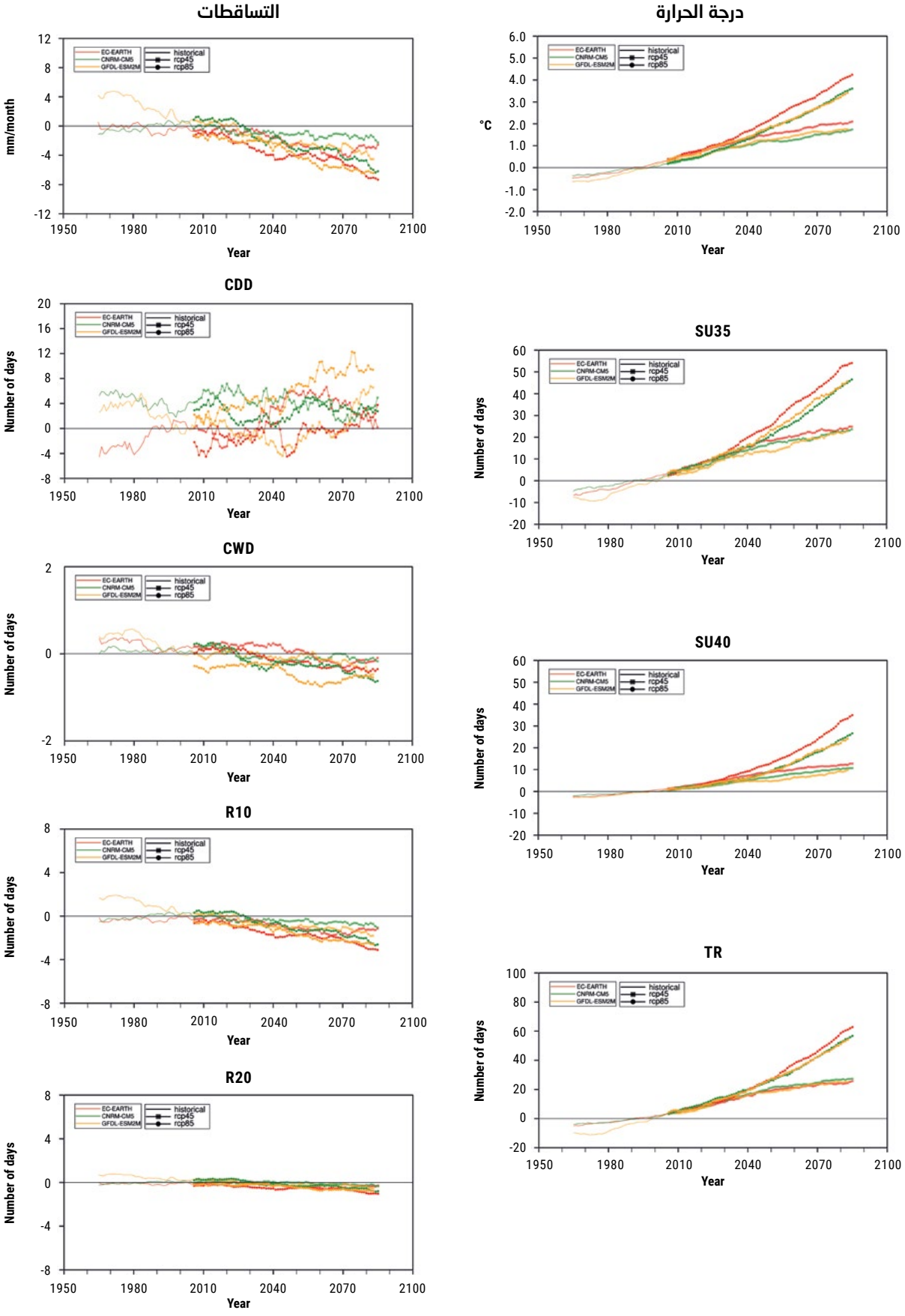
2.4 التغير المُسقط في المناخ على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط

إن النتائج التي تبين التغيرات المُسقطة في مؤشرات الحرارة ومعدلات التساقطات والظواهر المناخية المتطرفة في ساحل البحر الأبيض المتوسط مع نهاية القرن معروضة في الشكل 43. ومن المُسقط حدوث تغيرات إيجابية في درجات الحرارة مع مرور الزمن. ومتوسط تغير الحرارة في إطار RCP 4.5 يبلغ 1.2 درجة مئوية في منتصف القرن و1.6 درجة مئوية مع نهايته. وهو أكثر حدة في إطار السيناريو RCP 8.5 إذ إنه سيزداد بما قدره 1.8 درجة مئوية في منتصف القرن و3.4 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة لمعدلات التساقطات، فإن اتجاهاتها تتفاوت لكنها تبقى على حالها في إطار RCP 4.5 في منتصف القرن وترتفع بما قدره 4 في المئة مع نهايته. وتُظهر النتائج المُسقطة في إطار RCP 8.5 انخفاضاً فيها (8- في المئة في منتصف القرن و16- في المئة مع نهايته). والتغير في درجات الحرارة ومعدلات التساقطات المتطرفة يسلك عموماً هذه الاتجاهات.

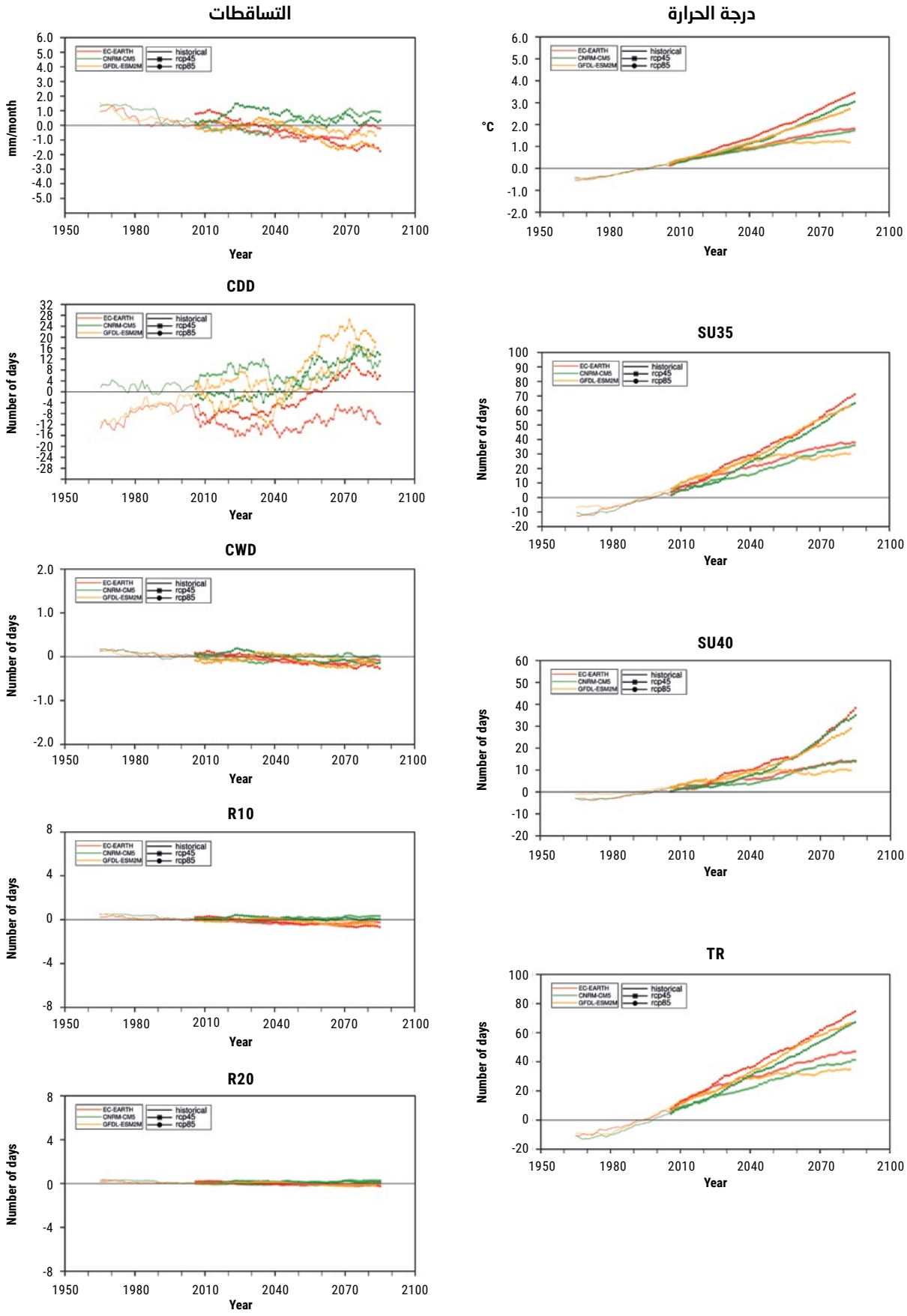


جبال الأطلس، المغرب، 2015. المصدر: Heribert Rustige.

الشكل 42: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة المرتفعات المغربية



الشكل 43: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط



الحواشي

1. McGee et al., 2014; Schneider et al., 2014.
2. Marchane et al., 2016.
3. AlSarmi and Washington, 2014.
4. IPCC, 2013a.
5. IPCC, 2013a; IPCC, 2013b; IPCC, 2013c.
6. Christensen et al., 2013.
7. IPCC, 2013a; IPCC, 2013b; IPCC, 2013c.
8. Christensen et al., 2013.
9. Pal and Eltahir, 2016.
10. Monaghan et al., 2014.
11. IPCC, 2013a.
12. For example, Laprise et al., 2013; Dosio and Panitz, 2016.
13. على سبيل المثال، Jacob et al., 2014.
14. على سبيل المثال، Ozturk et al., 2017.
15. Radu et al., 2008; Déqué and Somot, 2008;
Farda et al., 2010; Colin et al., 2010; Nabat et al., 2015.
16. Voldoire et al., 2012.
17. Morcrette, 1990.
18. Christensen et al., 2008; Sanchez-Gomez et al.,
2009; Christensen et al., 2010.
19. Driouech et al., 2009; Driouech et al., 2010.
20. Salas y Mélia D. et al., 2005; Voldoire et al., 2012.
21. إن مؤشر فترة موجة الحر يقوم على المئين ويتناسب مع العدد الأقصى لأيام الحر المتتابعة لكل فترة حيث تتجاوز درجة الحرارة المئين التسعين المتناسب معها (Goodess, 2005).
22. معروفة عادة بأنها الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) استناداً إلى ETCCDI, 2009.
23. i.e Sillmann et al., 2013.
24. Donat et al., 2014.
25. Marchane et al., 2016.
26. على سبيل المثال، Gillett et al., 2003.

المراجع

AlSarmi, S. H. and Washington, R. 2014. Changes in Climate Extremes in the Arabian Peninsula: Analysis of Daily Data. *International Journal of Climatology*, 34: p. 1329-1345.

Christensen, J. H., Boberg, F., Christensen, O. B. and Lucas-Picher, P. 2008. On the Need for Bias Correction of Regional Climate Change Projections of Temperature and Precipitation. *Geophysical Research Letters*, 35(20).

Christensen, J. H., Kjellström, E., Giorgi, F., Lenderink, G., et al. 2010. Weight Assignment in Regional Climate Models. *Climate Research*, 44: p. 179–194.

Christensen, J. H., Kumar, K. K., Aldrian, E., An, S.-I., et al. 2013. Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change (Chapter 14). G. J. van Oldenborgh, M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter14_FINAL.pdf

Colin, J., Déqué, M., Radu, R. and Somot, S. 2010. Sensitivity Study of Heavy Precipitation in Limited Area Model Climate Simulations: Influence of the Size of the Domain and the Use of the Spectral Nudging Technique. *Tellus*, 62(5): p. 591–604.

Déqué, M. and Somot, S. 2008. Analysis of Heavy Precipitation for France Using High Resolution ALADIN RCM Simulations. *Quaterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 112(3-4): p. 179-190.

Donat, M. G., Peterson, T. C., Brunet, M., King, A. D., et al. 2014. Changes in Extreme Temperature and Precipitation in the Arab Region: Long-term Trends and Variability Related to ENSO and NAO. *International Journal of Climatology*, 34(3): p. 581-592.

Dosio, A. and Panitz, H.-J. 2016. Climate Change Projections for CORDEX-Africa with COSMO-CLM Regional Climate Model and Differences with the Driving Global Climate Models. *Climate Dynamics*, 46(5-6): p. 1599-1625.

Driouech, F., Déqué, M. and Mokssit, A. 2009. Numerical Simulation of the Probability Distribution Function of Precipitation Over Morocco. *Climate Dynamics*, 32(7): p. 1055–1063.

Driouech, F., Déqué, M. and Sánchez-Gómez, E. 2010. Weather Regimes—Moroccan Precipitation Link in a Regional Climate Change Simulation. *Global and Planetary Change*, 72(1-2): p. 1–10.

ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices). 2009. ETCCDI/CRD Climate Change Indices: Definition of the 27 Core Indices. Available at: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml.

Farda, A., Déué, M., Somot, S., Horányi, A., et al. 2010. Model ALADIN as Regional Climate Model for Central and Eastern Europe. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 54(2): p. 313–332.

Gillett, N. P., Graf, H. F. and Osborn, T. J. 2003. The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact. In *American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series, Volume 134.* Published by American Geophysical Union. Washington, D. C.

Goodess, C. 2005. STARDEX: Downscaling Climate Extremes - Final Report. Published by Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom. Available at: https://crudata.uea.ac.uk/projects/stardex/reports/STARDEX_FINAL_REPORT.pdf.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013a. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections. G. J. van Oldenborgh, M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_AnnexI_FINAL.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013b. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5. G. J. van Oldenborgh, M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/supplementary/WG1AR5_AISM4.5_FINAL.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013c. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP8.5. G. J. van Oldenborgh, M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds). In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/supplementary/WG1AR5_AISM8.5_FINAL.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2015. AR5 Reference Regions. Available at: http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/ar5_regions.html.

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., et al. 2014. EURO-CORDEX: New High-resolution Climate Change Projections for European Impact Research. *Regional Environmental Change*, 14(2): p. 563-578.

Laprise, R., Hernandez-Dıaz, L., Tete, K., Sushama, L., et al. 2013. Climate Projections over CORDEX Africa Domain using the Fifth-generation Canadian Regional Climate Model (CRCM5). *Climate Dynamics*, 41(11-12): p. 3219-3246.

Lelieveld, J., Proestos, Y., Hadjinicolaou, P., Tanarhte, M., et al. 2016. Strongly Increasing Heat Extremes in the Middle East and North Africa (MENA) in the 21st Century. *Climatic Change*, 137: p. 245–260.

Marchane, A., Jarlan, L., Boudhar, A., Tramblay, Y., et al. 2016. Linkages Between Snow Cover, Temperature and Rainfall and the North Atlantic Oscillation over Morocco. *Climate Research*, 69: p. 229–238.

McGee, D., Donohoe, A., Marshall, J. and Ferreira, D. 2014. Changes in ITCZ Location and Cross-equatorial Heat Transport at the Last Glacial Maximum, Heinrich Stadial 1, and the mid-Holocene. *Earth and Planetary Science Letters*, 390: p. 69-70.

Monaghan, A. J., Steinhoff, D. F., Bruyere, C. L. and Yates, D. 2014. NCAR CESM Global Bias-Corrected CMIP5 Output to Support WRF/ MPAS Research. Published by Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory, USA. Available at: https://rda.ucar.edu/datasets/ds316.1/.

Morcrette, J. J. 1990. Impact of Changes to the Radiation Transfer Parameterizations Plus Cloud Optical. Properties in the ECMWF Model. *Monthly Weather Review*, 118: p. 847-873.

Nabat, P., Somot, S., Mallet, M., Sevault, F., et al. 2015. Direct and Semi-Direct Aerosol Radiative Effect on the Mediterranean Climate Variability Using a Coupled Regional Climate System Model. *Climate Dynamics*, 44(3): p. 1127-1155.

Ozturk, T., Turp, M. T., Türkeş, M. and Kurnaz, M. L. 2017. Projected Changes in Temperature and Precipitation Climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5. *Atmospheric Research*, 183: p. 296-307.

Pal, J. S. and Eltahir, E. A. B. 2016. Future Temperature in Southwest Asia Projected to Exceed a Threshold for Human Adaptability. *Nature Climate Change*, 6: p. 197–200.

Radu, R., Déqué, M. and Somot, S. 2008. Spectral Nudging in a Spectral Regional Climate Model. *Tellus*, 60(5): p. 898–910.

Salas y Mélia D., Chauvin F., Déqué M., Douville H., et al. 2005. Description and Validation of CNRMCM3 Global Coupled Climate Model. In *Note de centre GMGEC (internal publication), CNRM 103*.

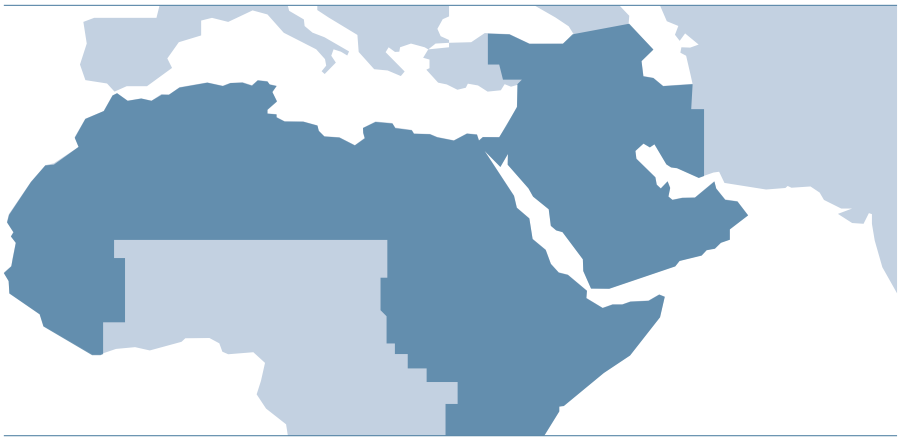
Sanchez-Gomez, E., Somot, S. and Déqué, M. 2009. Ability of an Ensemble of Regional Climate Models to Reproduce Weather Regimes Over Europe-Atlantic During the Period 1961–2000. *Climate Dynamics*, 33(5): p. 723–736.

Schneider, T., Bischoff, T. and Haug, G. H. 2014. Migrations and Dynamics of the Intertropical Convergence Zone. *Nature*, 513: p. 45-53.

Sillmann, J., Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X., et al. 2013. Climate Extremes Indices in the CMIP5 Multi-Model Ensemble. Part 2: Future Projections. *Journal of Geophysical Research*, 118(6): p. 2473–2493.

Voldoire, A., Sanchez-Gomez, E., Salas y Mélia, B., Decharme, B., et al. 2012. The CNRM-CM5.1 Global Climate Model: Description and Basic Evaluation. *Climate Dynamics*, 40: p. 2091–2121.

النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية:
المنطقة العربية



الفصل الثالث

نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية للمنطقة العربية ولنطاقات فرعية مختارة

إن متغيرات النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية الناتجة من استخدام نموذجي VIC و HYPE الهيدرولوجيين تشمل الجريان السطحي للمياه والتبخر النتحي، ومتوسط التصريف (بالإضافة إلى قيمة التدفق المرتفع وقيمة التدفق المنخفض)، وتصريف المياه الجوفية، ورطوبة التربة، ورطوبة التربة المنخفضة[1]، وبعض الاستنتاجات معروضة في هذا الفصل. وتمت النمذجة لهذه المتغيرات لمنتصف القرن ونهايته مع مراعاة سيناريوهي الانبعاثات RCP 4.5 وRCP 8.5 باستبانة 50 كلم. والمقارنة بنتائج استبانة 25 كلم متوفرة للتغيرات في الجريان السطحي والتصريف في إطار اسقاطات السيناريو RCP 8.5، مع الإشارة إلى أن إسقاطين فقط يتوفران على درجة الدقة هذه ولذلك لم يوضَعا سوية كمجموعة. وتتوفر نتائج إضافية في المرفق التقني.

وعلى غرار ما تم شرحه في فصل اللمحة العامة، فإن محدودية حجم البيانات الهيدرولوجية المرصودة تولد جوانب من عدم اليقين بشأن دقة مخرجات النمذجة الهيدرولوجية. فإسقاطات الجريان السطحي، على سبيل المثال، بما أنها قائمة على النتائج المتعلقة بالتساقطات، تُظهر مستويات عالية من عدم اليقين في سياق النموذجين HYPE و VIC. فضلاً عن ذلك، بالنسبة لبعض الأنهار والمجاري المائية الخاصة بنطاقات فرعية محددة، لم تتوفر أي مجموعات بيانات مرصودة بشأن كمية التصريف وذلك للتحقق من النموذج. وهذه كانت حال النطاقات الفرعية للمرتفعات المغربية وساحل البحر الأبيض المتوسط التي لن تُعرض نتائجها المتعلقة بكمية التصريف (متوسط التصريف، قيمة التدفق المرتفع، قيمة التدفق المنخفض) في التقرير بسبب جوانب عدم اليقين هذه. وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن هذه الجوانب تزداد في النتائج كلما اشتد تأثير الإنسان في نظام الأنهار قياساً بحجم النهر. ويصح هذا الأمر خصوصاً بالنسبة للأنهار الصغيرة مثل نهر الأردن، وينبغي مراعاة هذه المسألة عند شرح وتحليل النتائج المتصلة بكمية التصريف. ولم تكمَّل النتائج المتصلة بكمية التصريف إلا بنموذج HYPE، غير أن الجريان السطحي للمياه المحسوب استناداً إلى نموذج VIC الذي يساهم في كمية تصريف مياه الأنهار مدرج ومقارن بنتائج نموذج HYPE.

3.1 التغير المُسقط في مستوى توفر المياه بسبب تغيّر المناخ في المنطقة العربية

3.1.1 التغير في الجريان السطحي

يُظهر الشكل 44 تغير جريان المياه السطحي في المنطقة العربية. وكل رسم بياني يوجز النتائج لمجموعة العناصر الثلاثة المستمدة من النموذجين HYPE وVIC. وعلى الرغم من وجود تباينات في بعض المناطق دون الإقليمية، تبيّن نتائج هذين النموذجين الهيدرولوجيين عموماً اتجاهات متماثلة بالنسبة للتغير في الجريان السطحي. وأهم هذه التباينات موجودة على ما يبدو في الأطراف العليا لنهر النيل الأبيض. والتغيرات في الجريان السطحي تحذو إلى حد بعيد حذو نمط تغير معدلات التساقطات. والنتائج الإقليمية لمجموعة العناصر الهيدرولوجية الثلاثة تتفق عموماً مع النموذجين الهيدرولوجيين المستخدمين، على الرغم من بعض الفروق في حجم التغيرات الملاحَظة في الشكل 45.

3.1.2 التغير في التبخر النتحي

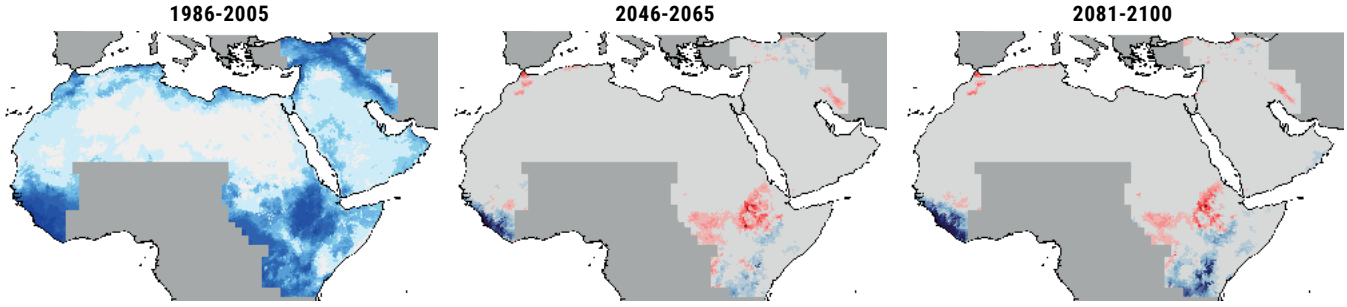
يُظهر الشكل 46 التغير في التبخر النتحي في المنطقة العربية. وكل رسم بياني يوجز النتائج لمجموعة العناصر الثلاثة المستمدة من النموذجين HYPE وVIC. ويُنتظر طبيعياً أن يرتفع مستوى التبخر النتحي بارتفاع درجات الحرارة، وهذا مرجح للغاية في الأماكن التي لا تندر فيها المياه. غير أن كمية المياه بالنسبة للمنطقة العربية القاحلة غالباً ما تكون عاملاً مقيداً، ويتناقص التبخر النتحي مع مرور الزمن لأن كمية المياه المتوفرة للتبخر أو النتح أقل.

ولذلك يحذو نمط التغير في التبخر النتحي إلى حد بعيد حذو نمط التغير في جريان المياه السطحي. وفي الأحواض التي تحتوي على ما يكفي من المياه، يزداد التبخر النتحي مع مرور الزمن مما يساهم في تقلص كمية جريان المياه السطحي فيها. ومن الأمثلة على ذلك منطقة المنابع لكل من نهري دجلة والفرات أثناء فصل الشتاء. وبالمجمل، تتماشى التغيرات المُسقطة في التبخر النتحي مع توافق مجموعة الإسقاطات المعروضة في الشكل 47.

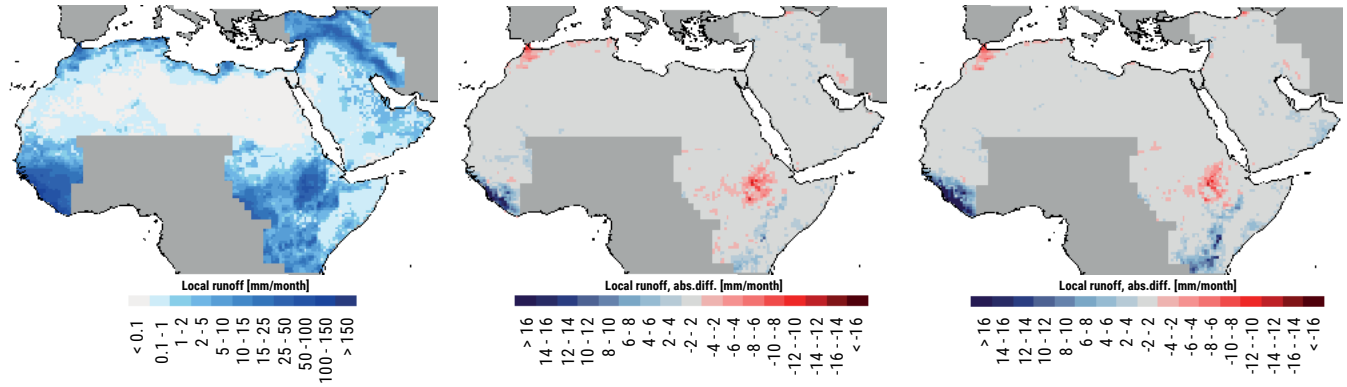
الشكل 44: متوسط التغير في الجريان السطحي السنوي (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية باستخدام نموذجين هيدرولوجيين

RCP 4.5

HYPE MODEL

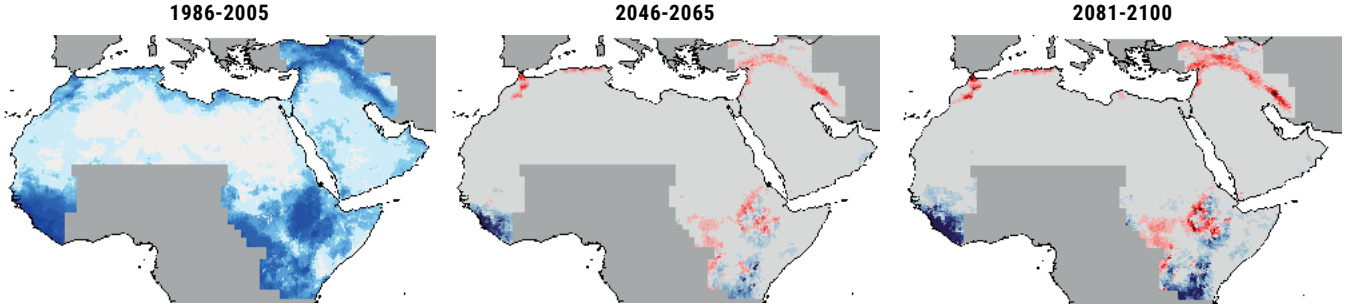


VIC MODEL

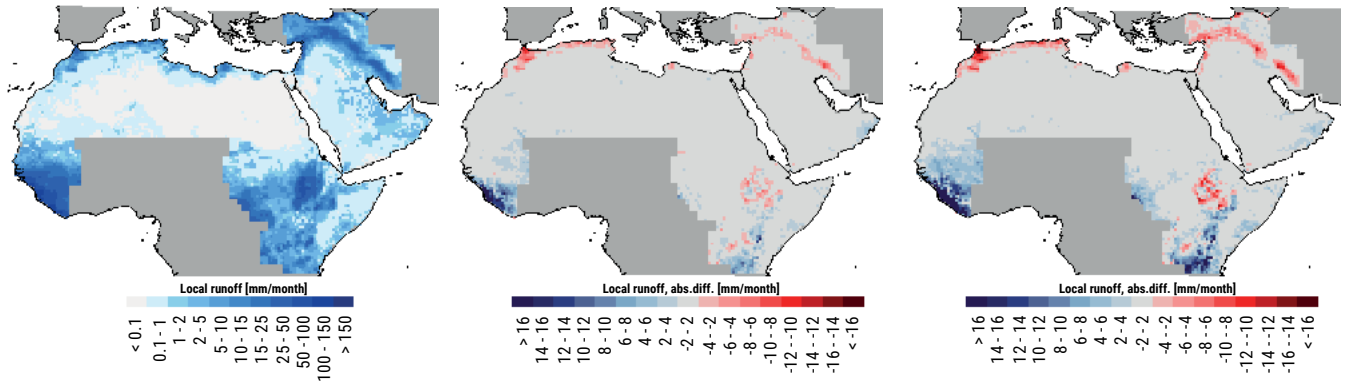


RCP 8.5

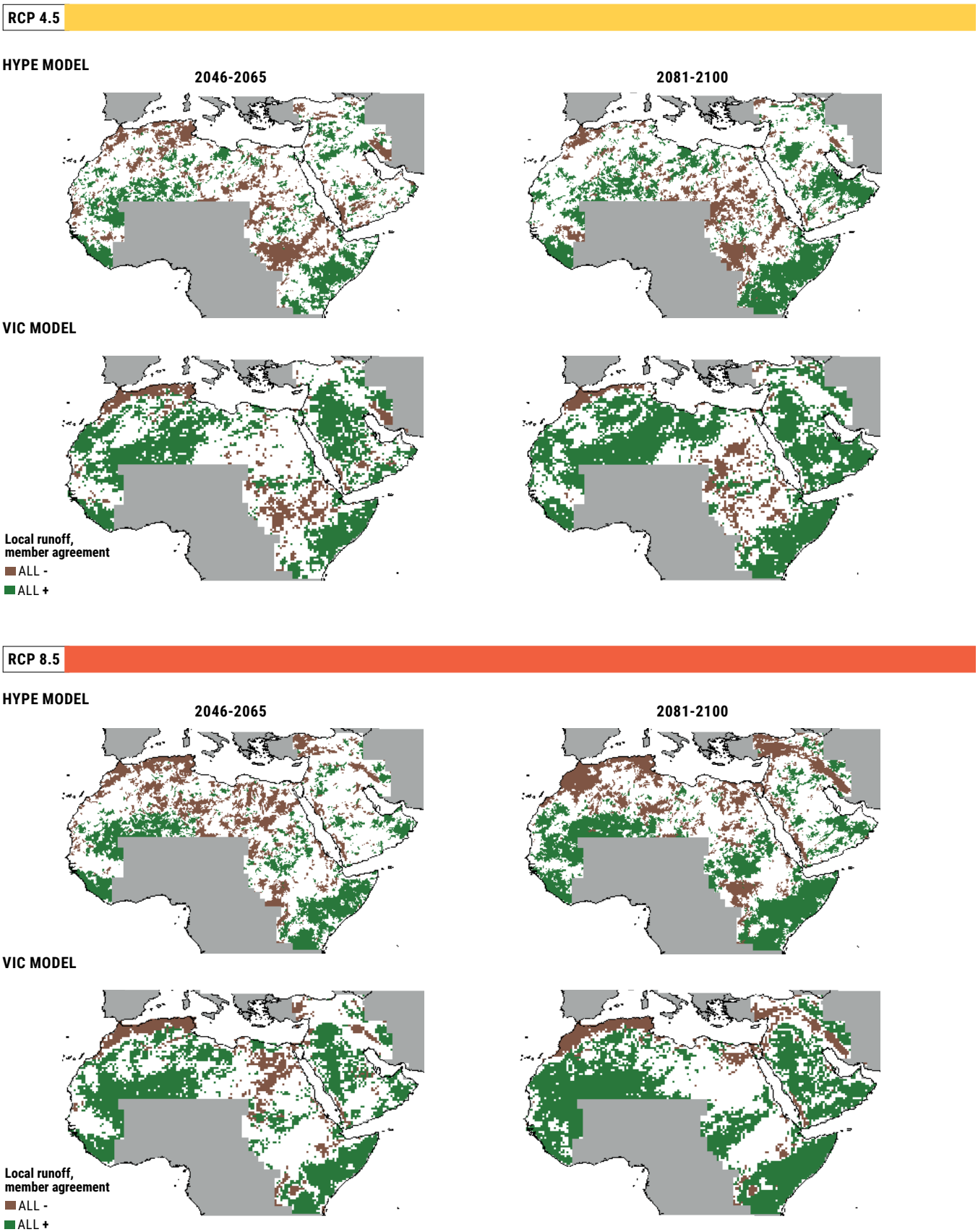
HYPE MODEL



VIC MODEL

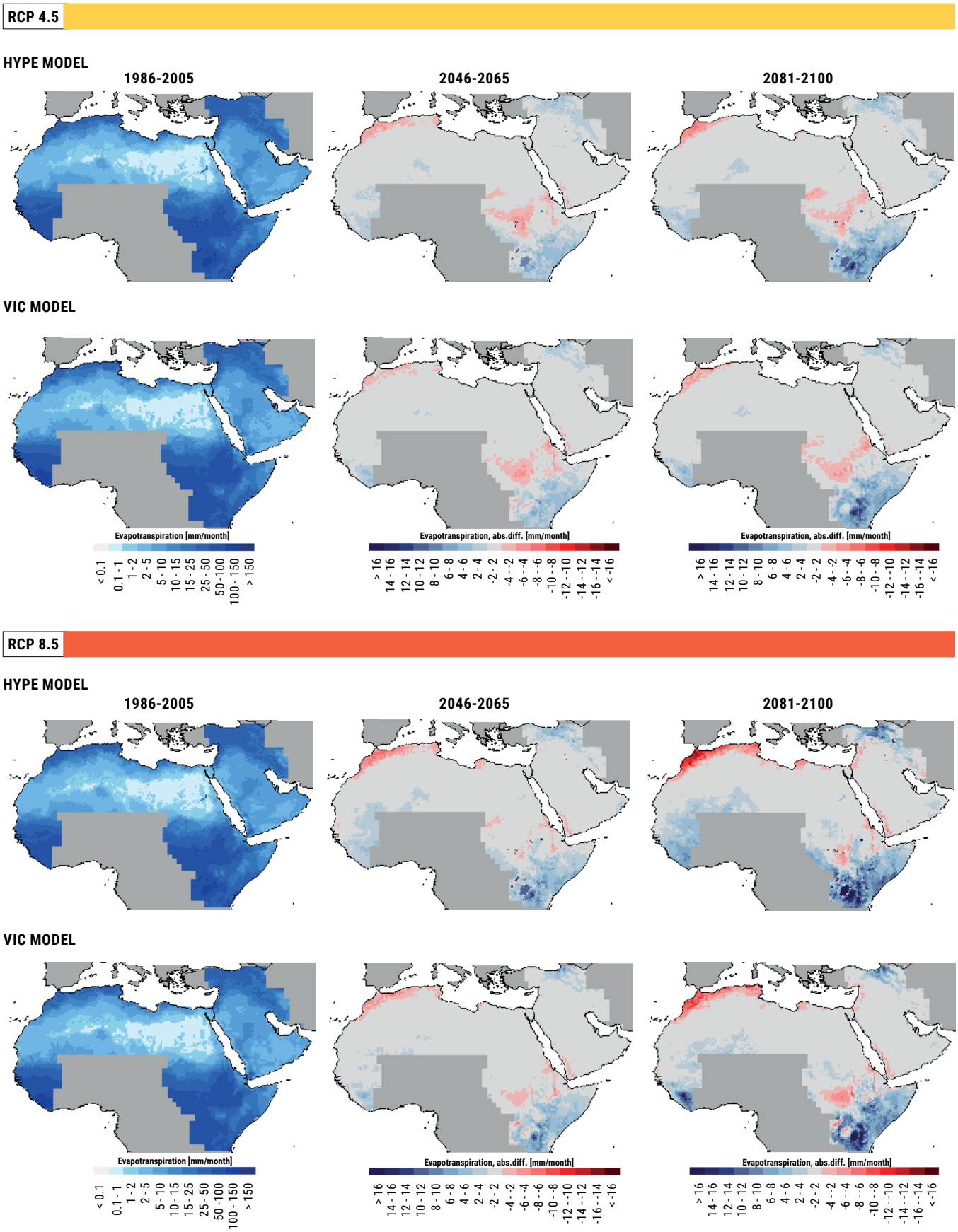


الشكل 45: توافق بشأن متوسط التغير في الجريان السطحي السنوي من الفترة المرجعية، بين مجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته

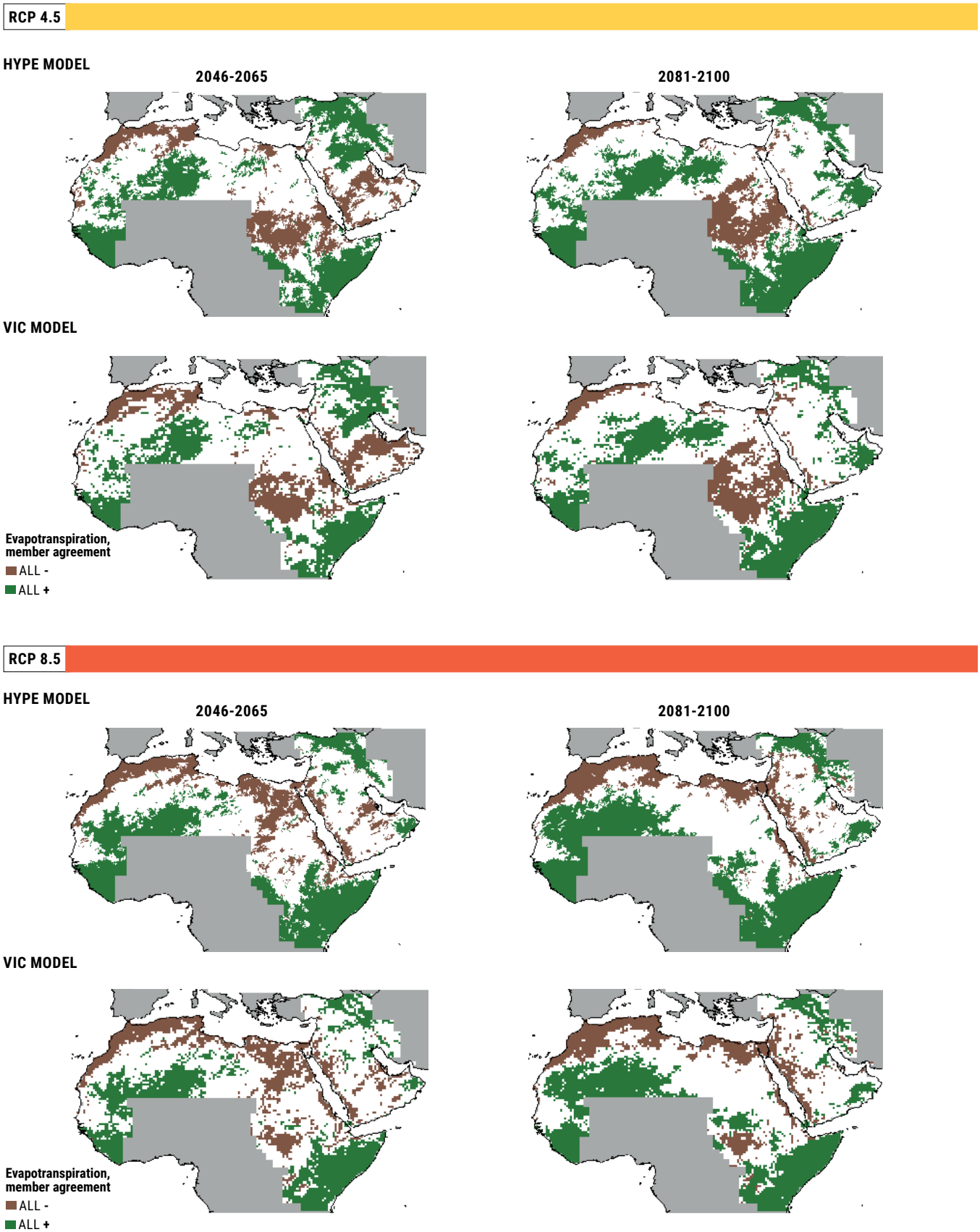


ملاحظة: يشير اللون البني إلى المواضع التي تتفق فيها مجموعة الإسقاطات كلها على أن ثمة انخفاضاً (-) في مستوى الجريان السطحي، واللون الأخضر إلى المواضع التي تتفق فيها مجموعة الإسقاطات كلها على أن ثمة ارتفاعاً (+) في مستوى الجريان السطحي

الشكل 46: متوسط التغير في مستوى التبخر النتحي السنوي (ملم/بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية باستخدام نموذجين هيدرولوجيين



الشكل 47: توافق بشأن متوسط التغير في مستوى التبخر النتحي السنوي من الفترة المرجعية، بين مجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته



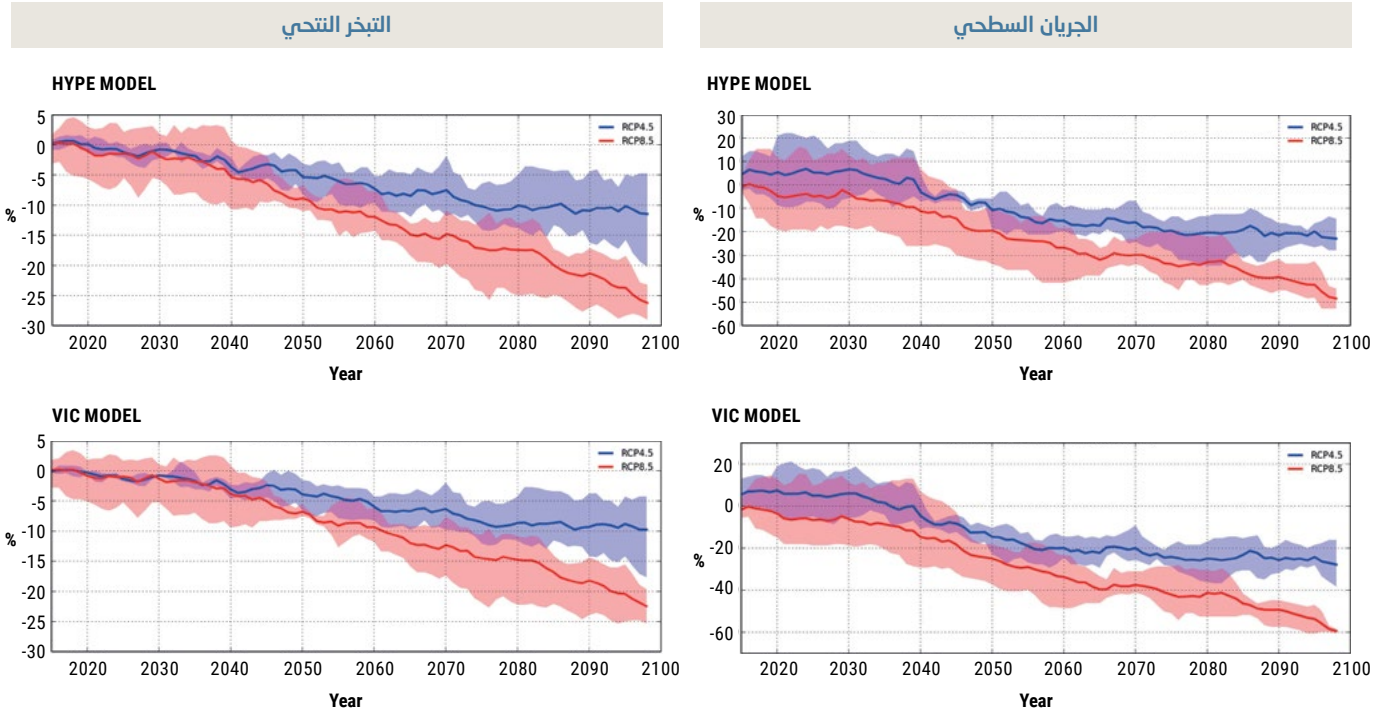
ملاحظة: يشير اللون البني إلى المواضع التي تتفق فيها مجموعة الإسقاطات كلها على أن ثمة انخفاضاً (-) في مستوى التبخر النتحي، واللون الأخضر إلى المواضع التي تتفق فيها مجموعة الإسقاطات كلها على أن ثمة ارتفاعاً (+) في مستوى التبخر النتحي

3.2 المرتفعات المغربية

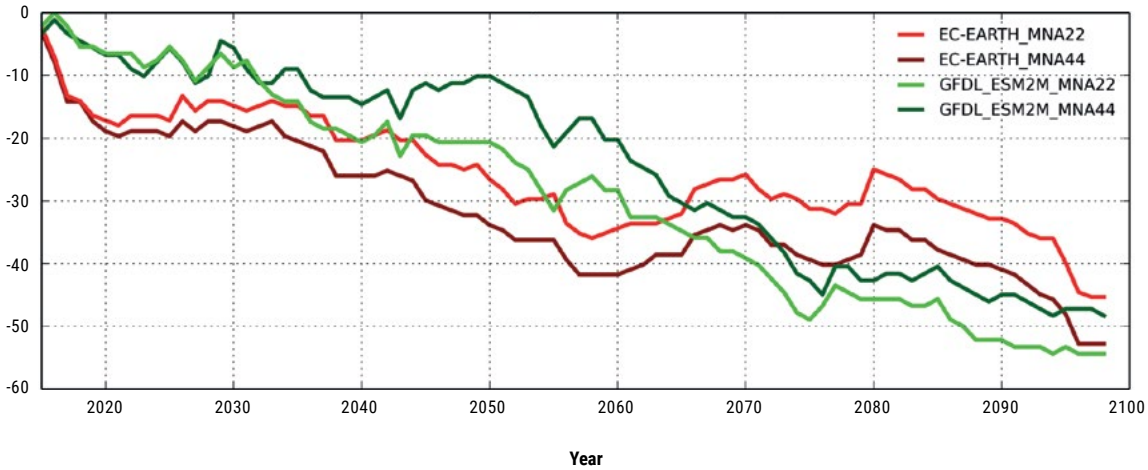
يُظهر الشكل 48 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية للمرتفعات المغربية. ومن المُسقط أن يسجل هذا النطاق الفرعي انخفاضاً هاماً في معدل التساقطات. والتغير في الجريان السطحي في هذه المرتفعات يبدو أنه يتقلص بشكل ملحوظ ولا سيما في إطار RCP 8.5، بما يتراوح بين 32 في المئة و40 في المئة في منتصف القرن وبين 48 في المئة و59 في المئة مع نهايته، وفقاً للنموذج المستخدم. والنمط نفسه يسري على التغير في التبخر النتحي بالنسبة للنموذجين إذ من المُسقط أن ينخفض مستواهما عبر السنين مع انخفاض يتراوح بين 10 في المئة و11 في المئة مع نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 4.5 وبين 22 في المئة و26 في المئة في إطار RCP 8.5.

وتظهر اتجاهات انخفاض مثيلة بالنسبة للجريان السطحي سواء طُبق نموذج HYPE لإنتاج اسقاطات باستبانة 50 كلم أو 25 كلم، بالنسبة للسيناريو RCP 8.5.

الشكل 48: متوسط التغير في الجريان السطحي و مستوى التبخر النتحي (باستخدام HYPE و VIC) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة المرتفعات المغربية



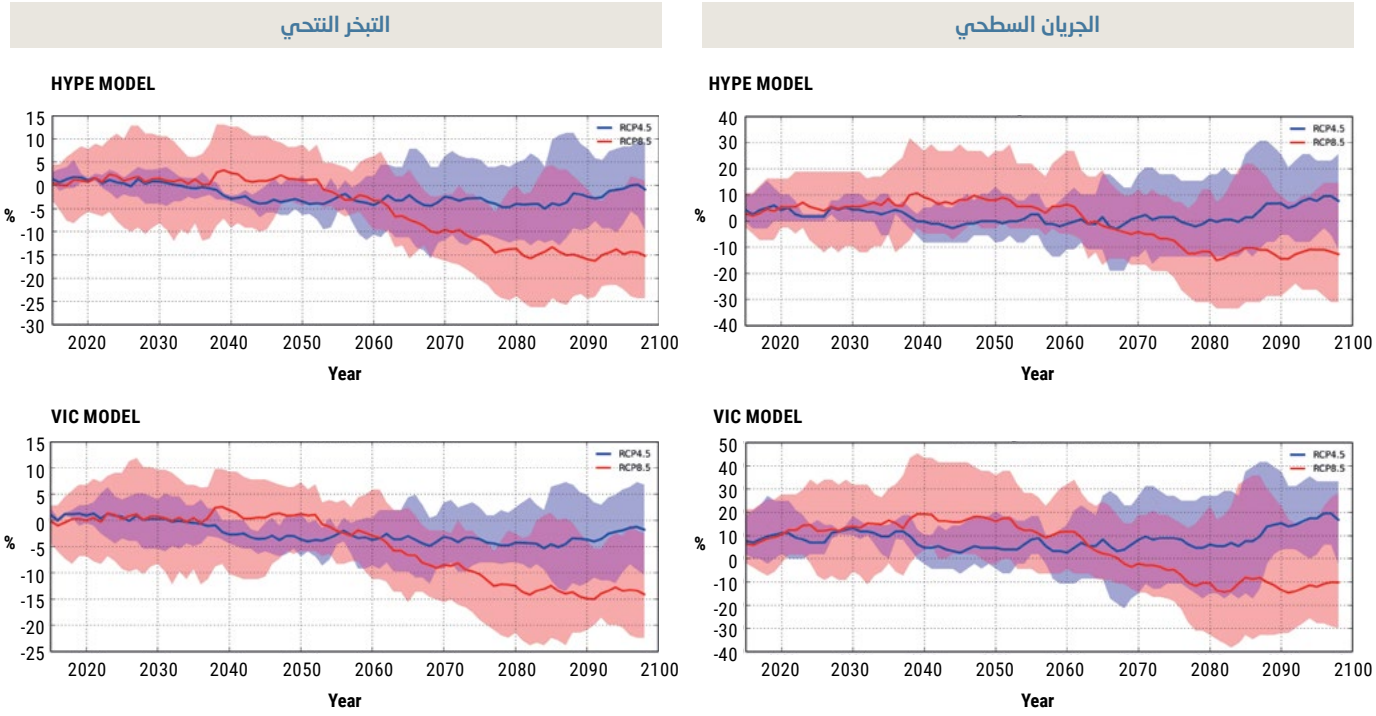
الشكل 49: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) واستبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 في منطقة المرتفعات المغربية



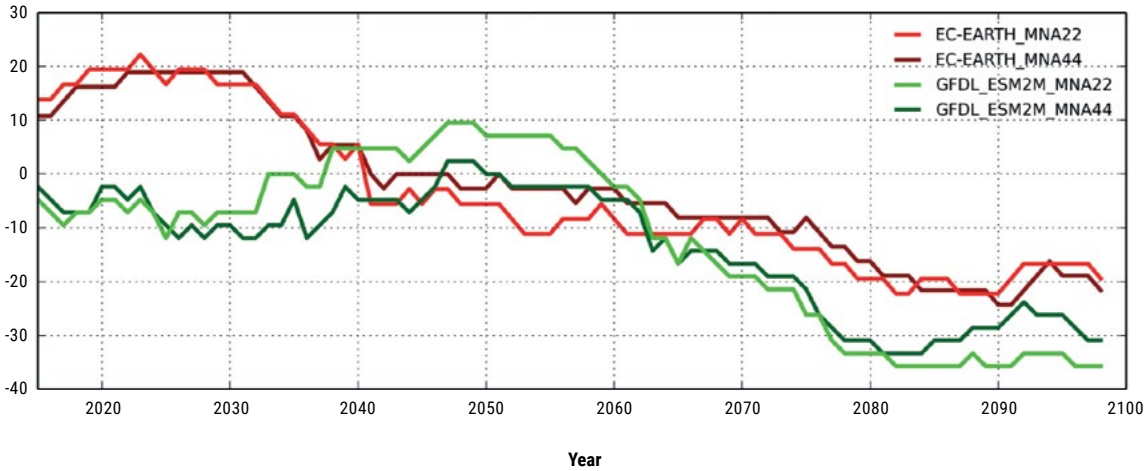
3.3 ساحل البحر الأبيض المتوسط

يُظهر الشكل 50 التغير في الجريان السطحي والتبخر النتحي في النطاق الفرعي لمنطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط. واسقاطات التغير في الجريان السطحي تشمل طائفة واسعة من القيَم لكلا النموذجين وبالتالي لا يمكن التوصل إلى منحى واضح للاتجاهات. وبالنسبة للتبخر النتحي، فإن نتائج نموذج VIC تبيّن متوسط انخفاض قدره 14 في المئة مع نهاية القرن في إطار RCP 8.5، ويتبدى ذلك أيضاً في فصلي الشتاء والصيف في إطار سيناريو الانبعاثات هذا وهذه الفترة الزمنية. وعلى الرغم من تبيان النتائج الخاصة بمنتصف القرن ومن نموذج HYPE أيضاً انخفاضاً عاماً في مستوى التبخر النتحي، فإن طائفة القيَم الواسعة النطاق لا تساعد على تحديد اتجاه نهائي لهذه الحالات. والإشارات المناخية المختلطة للجريان السطحي على المدى القريب على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط يمكن أن يعزى إلى تقلبية المناخ والطبيعة المتقطعة للمياه السطحية الضحلة في المنطقة. غير أن اتجاهات الجريان السطحي على المدى البعيد في النطاق الفرعي أكثر اتساقاً من حيث تقلصه، وذلك قريباً من نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 8.5 المتشائم.

الشكل 50: متوسط التغير في الجريان السطحي و مستوى التبخر النتحي (باستخدام HYPE و VIC) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط



الشكل 51: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط



الحواشي

1. تم النظر أيضاً في قيمة تصريف المياه الجوفية لكن التحليل الذي أُجري كان، بسبب محدودية البيانات، تحليلاً بسيطاً باستخدام نموذج هيدرولوجي، على غرار المذكور في الفصل الثاني. ورطوبة التربة هي الأخرى التي خضعت للتحليل لكن هذا الأمر لم يُدرج في هذا التقرير.

المراجع

AlSarmi, S. H. and Washington, R. 2014. Changes in Climate Extremes in the Arabian Peninsula: Analysis of Daily Data. *International Journal of Climatology*, 34: p.1329-1345.

الفصل الرابع

الاستنتاجات بالنسبة لمجموعة مختارة من الأحواض المائية المشتركة في المنطقة العربية

تتسم الموارد المائية المشتركة في المنطقة العربية بفائق الأهمية، إذ إن مصدر نسبة 66 في المئة من الموارد المائية العذبة في الدول العربية يقع خارج الحدود الوطنية[1] و 14 دولة عربية من أصل 22 تتشارك موارد مائية سطحية. وكل الدول العربية، باستثناء جزر القمر، تتشارك موارد مائية جوفية تتخطى الحدود. إنّ الاعتماد الشديد على الموارد المائية السطحية والجوفية المشتركة في المنطقة يجعل هذه الموارد ذات أهمية استراتيجية لتحقيق التنمية المستدامة، وخاصة مع تجاوز بعض الأنهر حدود بلدان غير عربية.

ولذلك، فإن ترابط الموارد المائية التي تتشاركها البلدان المشاطئة، والتي يسعى كل منها إلى تحقيق أهدافه التنموية، يعقّد الجهود السياسية المبذولة لاعتماد السياسات الوطنية في كل القطاعات المعتمدة على المياه. ومن المتوقع أن تزيد آثار تغير المناخ وتقلبه من تعقّد جهود إدارة الموارد المائية المشتركة. وبالتالي، يمكن لحصيلة النماذج المناخية والهيدرولوجية الإقليمية أن تساهم في تحديد نقطة انطلاق مشتركة لمساعدة الدول المتجاورة على بحث مسألة إدارة الموارد المائية المشتركة في أحوال مناخية متغيرة.

في ضوء أهمية هذه الموارد المشتركة بالنسبة للمنطقة، شددت الدول العربية على ضرورة بحث مسألة الأحواض المائية المشتركة في إطار أعمال ريكار وتضمين، في تقرير التقييم، اسقاطات متعلقة بتغيّر المناخ وتحليل الظواهر المناخية المتطرفة الخاصة بمجموعة مختارة من الأحواض المائية المشتركة في المنطقة العربية. وطُلب ذلك أثناء الاجتماع الخامس لفريق الخبراء المعني بريكار الذي عُقد في عام 2013[2] وأثناء الدورة العاشرة للجنة الفنية العلمية الاستشارية التابعة للمجلس الوزاري العربي للمياه (الدوحة، أيار/مايو 2014)[3].

وبناء على ذلك، يتضمن هذا الفصل مجموعة مختارة من المتغيرات المناخية الضرورية ومؤشرات للمناخ المتطرف استُمدت من اسقاطات النماذج المناخية الإقليمية ومخرجات النماذج الهيدرولوجية الإقليمية لخمسة أحواض مائية سطحية مشتركة في المنطقة هي: حوض نهر النيل وحوضا نهري دجلة والفرات ووادي مجردة وحوض نهر الأردن وحوض نهر السنغال.

وترد لمحة مقتضبة عن المواصفات العامة لكل منها بما في ذلك بحث لقطاعات معينة معتبرة معرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ. وتعقب ذلك النتائج المستخلصة من محاكاة النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية لنطاق فرعي محدد لكل حوض.

واعتُبر موقع هذه النطاقات الفرعية (ترد خريطتها العامة في الفصل الأول) استراتيجياً بفعل مواصفات الحوض وما يتوفر من بيانات موثوق بها. وبالنسبة لغالبية الأحواض، تشتمل حدود النطاقات الفرعية بشكل رئيسي على مناطق المنابع، لأن كمية المياه المتدفقة من المصدر كثيراً ما تتأثر بشدة بتدخل الإنسان مثل النظم التي يبنيها للتحكم بالمياه. وبالنسبة للإسقاطات المستقبلية، فإن تقديم تمثيل أدق للتغييرات في الحوض النهري كله يقتضي تقييماً للتغيير في وسائل إدارة المياه (الممارسات الزراعية، التغييرات في نُظم الطاقة وغير ذلك) والإسقاطات الديمغرافية بموازاة الإسقاطات المتعلقة بتغيّر المناخ، وهذا التقييم يتجاوز نطاق هذه الدراسة. والإسقاطات المتعلقة بالتغيير الذي يشهده حوض النهر من منبعه تشكل نقطة انطلاق لتقييم الآثار الشاملة على المياه المتوفرة في الحوض.

وإضافة إلى الاعتبارات التي بُحثت في الفصل الثالث، يشار إلى أن مجموعة واسعة من المتغيرات بُحثت أيضاً (الجريان السطحي، التبخر النتحي، رطوبة التربة، متوسط التصريف، قيمة التدفق المرتفع وقيمة التدفق المنخفض) لكل نطاق فرعي، غير أن هذا الفصل لا يعرض إلا الجريان السطحي ومتوسط كمية التصريف.

والتغيرات المُسقطة لكل من المؤشرات وُلّدَت حتى نهاية القرن (وعلى مستوى الفصول) في إطار سيناريوهي الانبعاثات RCP 4.5 و RCP 8.5 باستبانة 50 كلم. وقد أجريت عمليات مقارنة بالنتائج القائمة على استبانة 25 كلم بالنسبة للتغير في الجريان السطحي وكمية التصريف في إطار اسقاطات السيناريو RCP 8.5، مع الإشارة إلى أن اسقاطين فقط يتوفران على درجة الدقة هذه ولذلك لم يوضَعا سوية كمجموعة. وترد مخرجات إضافية في المرفق التقني.

4.1 حوض نهر النيل

4.1.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي

يشكل نهر النيل (الشكل 52) أحد أكبر الأنهار في العالم وخزاناً ضخماً للمياه العذبة. ويبلغ طوله 6,695 كلم بحوض تبلغ مساحته 3,180,000 كلم^2 موزعة على 11 بلداً محاذياً لشواطئه هي: إثيوبيا وإريتريا وأوغندا وبوروندي وجمهورية تنزانيا المتحدة وجمهورية الكونغو الديمقراطية وجنوب السودان ورواندا والسودان وكينيا ومصر. ويقطن في هذا الحوض 370 مليون نسمة معظمهم في مصر (80.4 مليون نسمة)[4]. وأهم روافد نهر النيل هما النيل الأبيض الذي ينبع من الهضبة الاستوائية والنيل الأزرق الذي ينبع من المرتفعات الإثيوبية. وأبرز البحيرات التي تشكل مصدراً لحوض النيل هي بحيرات فكتوريا وكيوغا وألبرت وتانا وإدوارد وناصر[5].

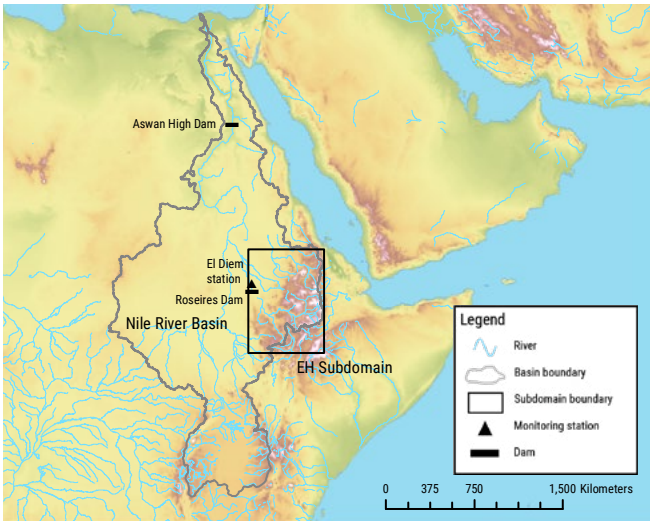
ويتميز حوض نهر النيل بمناخ شديد التنوع والتقلب. ويبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي فيه نحو 630 ملم/بالسنة لكنه يختلف إلى حد بعيد باختلاف المكان. ويهطل في نحو 28 في المئة من الحوض أقل من 100 ملم من الأمطار سنوياً، وثمة منطقة شاسعة (34 في المئة) منه نصف رطبة إذ يتراوح معدل الأمطار فيها بين 700 و1,300 ملم.

ومعدل هطول الأمطار ضئيل في شمالي السودان وحتى مصر (أقل من 50 ملم/بالسنة) ومعدل التساقطات المرتفع الذي يتجاوز 1,000 ملم محصور بمنطقتين هما المنطقة الاستوائية التي تمتد من جنوبي غربي السودان حتى معظم حوض بحيرة فكتوريا (1,200-1,350 ملم/بالسنة) والمرتفعات الإثيوبية (نحو 1,300 ملم، بالسنة في خزان الروصيرص)[6]. وتتجاوز الخسائر الناجمة عن التبخر النتحي 70 في المئة من توازن المياه في أشد الأماكن رطوبة في حوض النيل، مثل النيل الأزرق والأحواض الفرعية للبحيرات الاستوائية بل وتتجاوز هذه النسبة في المناطق الأكثر جفافا[7].

وشهد نهر النيل تاريخياً تقلبات هامة في كمية المياه التي تتدفق فيه ويتأتى معظمها من روافده. ويساهم النيل الأزرق بأكثر من 60 في المئة من مجمل هذه الكمية (تقاس في سد أسوان) والنهران الكبيران الآخران، أي نهري السوباط وعطبرة، فيساهم كل منهما بنسبة تقل قليلاً عن 15 في المئة. ويساهم النيل الأبيض بنسبة تقارب 18 في المئة[8].

ويتأثر النيل الأزرق تأثراً ملحوظاً بفصل الأمطار التي تهطل في منابعه، إذ إن غالبية المياه الجارية فيه تتراكم في هذا الفصل الممتد بين حزيران/يونيو وأيلول/سبتمبر. والمتوسط السنوي الطويل الأجل (1912-2010) لتصريف المياه في النيل الأزرق عند الحدود الإثيوبية السودانية (خزان الروصيرص/محطة الديم) يبلغ 49.3 بليون م^3/بالسنة[9]. والمتوسط السنوي الطويل الأجل لهذه الكمية في أسوان يبلغ 85 بليون م^3[10].

الشكل 52: خريطة حوض نهر النيل وامتداد النطاق الفرعي



4.1.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ

يعاني حوض نهر النيل، بفعل حجمه وتعقّده، من جوانب هشاشة تختلف باختلاف البلدان التي تقع على ضفافه. وثمة أماكن متعددة في الحوض التي، بسبب اجتماع عوامل بيئية واقتصادية واجتماعية غير مستقرة، تصبح معرَّضة للتأثر إزاء أي أخطار أخرى تهددها. وتُعرض أدناه أبرز القطاعات التي يمكن أن تتأثر سلباً بتبعات تغيّر المناخ في هذا الحوض.

الزراعة والأمن الغذائي وسبل العيش

تُستخدم معظم الموارد المائية في بلدان حوض نهر النيل في قطاع الزراعة بنسبة تتجاوز 80 في المئة من سائر أشكال استخدام المياه. ويشكل النيل في المناطق القاحلة ونصف القاحلة الواقعة عند المصب المصدر المائي الوحيد للزراعة. ففي مصر والسودان على سبيل المثال (تسحب مصر 80 في المئة والسودان 17 في المئة من مياه الحوض كله لأغراض الري)، تقارب كمية المياه المستخدمة للري كمية الموارد المائية المتجددة السنوية[11]. وما يمكن لسائر البلدان استخدامه من مياه للري هو أيضاً هام، إذ إن الزراعة تمثل ثلث الناتج المحلي الإجمالي ككل في الحوض وتوفر أكثر من 75 في المئة من القوى العاملة[12]. ومستويات الفقر والتخلف الاقتصادي المرتفعة أصلاً في المنطقة تضع سكان الريف في حالة من الخطر الشديد لأنهم يعتمدون أيضاً على الزراعة البعلية (لا سيما إثيوبيا والسودان والحوض العلوي في محيط بحيرة فكتوريا). واعتماد البلدان الهائل على الأمطار يجعلها تتضرر للغاية من الجفاف والفيضانات والأحوال الجوية المتطرفة. وأفضى ذلك في الماضي إلى خسائر زراعية جسيمة وانعدام للأمن الغذائي على نطاق واسع، وهي الآن تحث على الانتقال نحو الاستثمار عاجلاً في وسائل خزن المياه لمواجهة تقلبات المناخ. فإثيوبيا، على سبيل المثال، منحت الأولوية للاستثمارات في المنشآت الهيدرولوجية الضخمة لتوليد الكهرباء وخزن المياه.

قطاع الطاقة الكهربائية والطاقة الكهرومائية

يشكل نهر النيل مصدراً هاماً لتوليد الطاقة الكهرومائية. وشُيد عدد من السدود لهذا الغرض أبرزها في مصر والسودان، وأيضاً عند شلالات أوين في بحيرة فكتوريا. وتؤدي الطاقة الكهرومائية دوراً متزايداً في إدارة المياه في سياق تطوير الحوض بالقيام، على سبيل المثال، بإنشاء سد النهضة في إثيوبيا عند النيل الأزرق الذي يولد 6,000 ميغاواط من الكهرباء، وتنفيذ مشروع الكهرباء المائية الإقليمي على شلالات روسومو في رواندا والذي يولد 80 ميغاواط من الكهرباء. ويمكن أن يؤثر تغيّر الأوضاع المناخية في طرائق تشغيل السدود المشيدة على طول النهر وفي توليد الطاقة الكهرومائية وكمية المياه المتدفقة إلى بلدان المصب[13].

الحساسية إزاء الظواهر المناخية المتطرفة

يتغيّر المناخ إلى حد بعيد بتغير المكان والزمان، ويؤدي إلى تقلبات متكررة في تدفق النهر. واتضح من الأبحاث التي تناولت حوض نهر النيل أن كمية تدفق مياه النهر الطبيعية حساسة بشكل خاص إزاء الأمطار التي تتساقط على المرتفعات الإثيوبية. وشهد تدفق المياه في حوض النيل الأزرق عدة مرات أحوالاً متطرفة شملت فيضانات وجفافاً، من الأمثلة عليها حالة الجفاف المدمر الذي ضرب المرتفعات الإثيوبية في ثمانينيات القرن الماضي بسبب فترات الجفاف الطويلة أثناء موسم الأمطار. وثمة مثال آخر على ذلك وهو الفيضانات الجارفة التي شهدها السودان في عام 1988 وتسببت بهطول أمطار غزيرة فوق الخرطوم وعطبرة. وتحوّل أنماط درجات الحرارة ومعدل الأمطار المعتادين نتيجة لتغيّر المناخ، وسيؤثر ذلك في تكرر الظواهر المناخية المتطرفة و في نظام تدفق النهر[14].

المياه الجوفية

إن موارد المياه الجوفية في الحوض شديدة التنوع من حيث تجددها وحجمها. ويتزايد استخدام المياه الجوفية لري المزروعات أثناء موسم الجفاف: تمثل المياه الجوفية في أشد المناطق جفافاً المصدر الوحيد لتوفير المياه للأنشطة الزراعية بجميع أنواعها. وهذه الموارد ترزأ تحت وطأة الطلب المتزايد على المياه بسبب سرعة النمو السكاني وتلوث المياه السطحية التي يرافقها سحب كميات مفرطة من المياه في العديد من المناطق مما يشكل تهديدا في ظروف تغير المناخ[15].

مسائل الصحة العامة

عانى سكان حوض نهر النيل دوماً من احتمالات الإصابة بأمراض منقولة بالمياه بسبب تغير معدل الأمطار ودرجات الحرارة من سنة إلى أخرى. علاوة على ذلك وعلى الرغم من أن مشاريع تطوير قطاع المياه حيوية لزيادة الإنتاج الزراعي وتحسين وضع سكان الريف الاقتصادي والاجتماعي، تبين أن لهذه المشاريع أيضاً القدرة على تغيير الوقائع الهيدرولوجية بحيث يشتد خطر الأمراض المرتبطة بالمياه[16]. وتتزايد أيضاً الأدلة على أن هذه المشاريع يمكن أن تسهّل انتقال الأمراض المرتبطة بالمياه عبر توفيرها بيئة مواتية لناقلاتها وحاضناتها ومسبباتها، منها الكوليرا وداء البلهارسيا (الشِّسْتُوسُومَا) والملاريا، وهي كلها أمراض مرتبطة بالمياه وشائعة في منطقة حوض نهر النيل. وتشير جميع البيانات المنشورة عن عدد حالات الكوليرا والإصابات بها إلى أن بلدان حوض النيل تشكل منطقة جغرافية بارزة من حيث شيوع الكوليرا في أفريقيا[17].

قطاع النقل

يشكل نهر النيل مجرى مائياً حيوياً لنقل البشر والسلع ولقطاع السياحة. ويُستخدم النهر وروافده موسمياً، والمقيمون على طوله استخدموه دوماً كوسيلة حيوية لنقل السلع والبشر. وتشكل القوارب البخارية النهرية وسيلة نقل هامة أثناء موسم الفيضانات في المناطق العلوية، عندما يكون النقل مستحيلاً برّاً. وغالبية المدن والبلدات المصرية والسودانية تقع إما على ضفافه أو قريباً منها. والتقلص المحتمل في كمية مياه نهر النيل بسبب تغيّر المناخ يمكن أن يجعل قطاع النقل أكثر قابلية للتأثر[18].

المناطق التي يشتد فيها التوسع الحضري

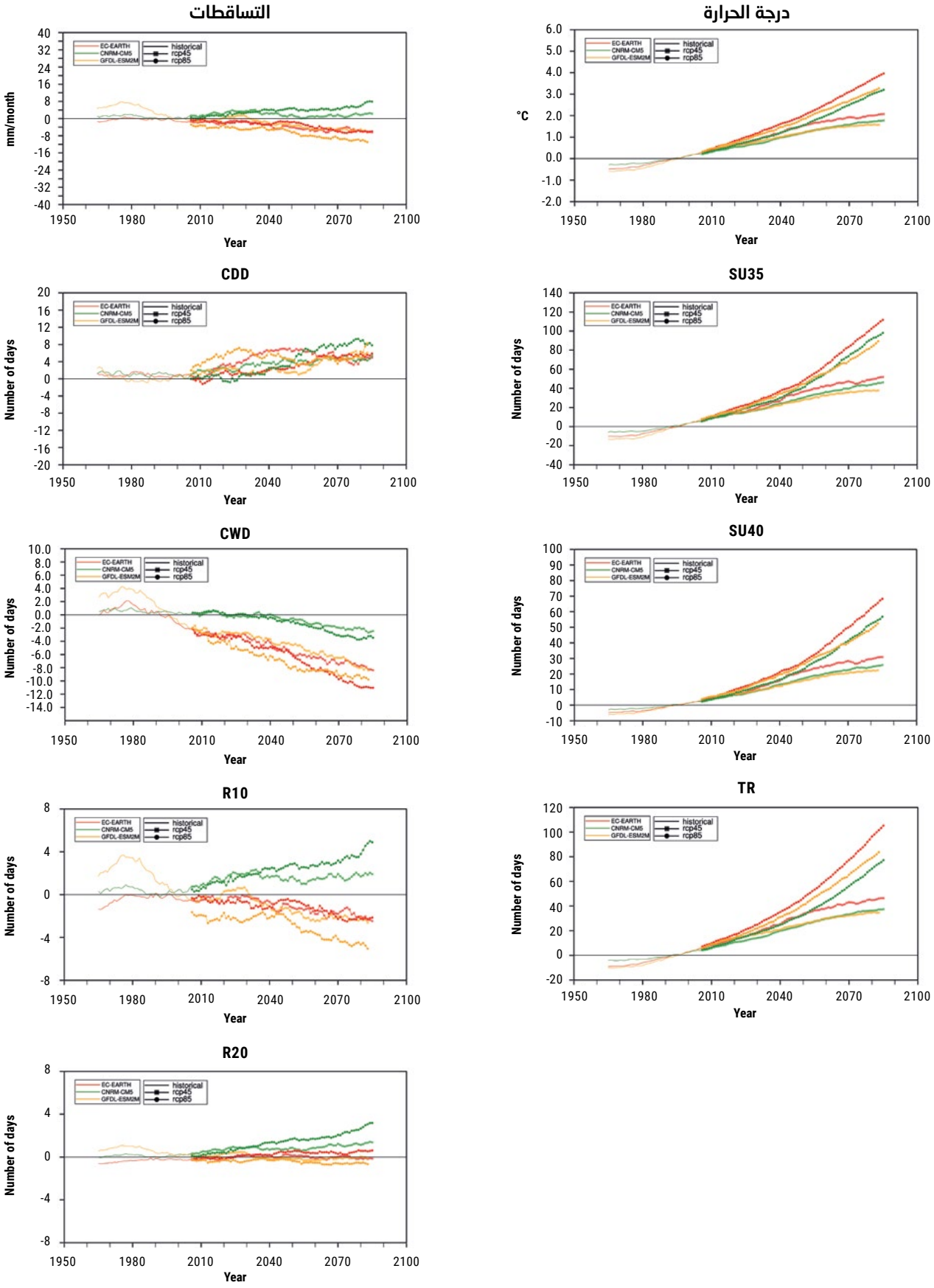
غالباً ما تكون المدن المتسارعة النمو في حوض نهر النيل وتركُّز الخدمات في الأماكن المكتظة بالسكان ضمن أشد المناطق حساسيةً إزاء تقلبية المناخ. ومن الأمثلة على ذلك منطقة دلتا النيل التي تنتج ما بين 30 و40 في المئة من الإنتاج الزراعي في مصر وتشكل أهم قواعدها السياحية والصناعية. وهذه المنطقة الساحلية، بفعل وجودها على علو منخفض، تتأثر إلى حد بعيد بارتفاع منسوب البحر وتسرب المياه المالحة وسائر ما يخلفه تغيّر المناخ من تبعات اقتصادية واجتماعية[19]. وإلى جانب القطاعات البارزة الآنفة الذكر، ثمة عدد من جوانب التأثر المحتملة التي يلزم بحثها وتحليلها بدقة في سياق تغيّر المناخ. وهي تشمل الديناميات والإسقاطات المتعلقة بالسكان في الحوض، بما فيها أنماط الهجرة، وصلاتها بالتغيرات المستقبلية في العرض والطلب في قطاع المياه. وفي هذا السياق، ينبغي مراعاة عامل الفقر الواسع الانتشار في المنطقة والجوانب المتعلقة بالجنسين، وخصوصاً من حيث تداعيات تغيّر المناخ وتوفر الموارد المائية. وينبغي أيضاً إيلاء الاهتمام لما يخلفه تغير التساقطات ودرجات الحرارة من تبعات عبر الحدود على الصعد الهيدرولوجي والاقتصادي والاجتماعي، لارتباطها بتأثير التطورات عند المنبع على الأوضاع عند المصب.

وأخيراً، في ضوء الأطر السياسية الهيدرولوجية الراهنة العابرة للحدود في منطقة الحوض، تؤدي الهيكليات المؤسسية والتعاونية دوراً محورياً في تخفيف أو تفاقم جوانب التأثر الناجمة عن تغيّر المناخ، وفي بحث وتنفيذ الخطط والسياسات والمشاريع التي تتناول مسائل تغيّر المناخ.

4.1.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية

ترد في الشكل 53 التغيرات المُسقطة في درجات الحرارة ومعدلات التساقطات وظواهرها المناخية المتطرفة حتى نهاية القرن عند منابع النيل الأزرق. وتُظهر النتائج أن ثمة زيادة عامة مُسقطة في درجات الحرارة وانخفاضاً في معدل التساقطات.

الشكل 53: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع النيل الأزرق

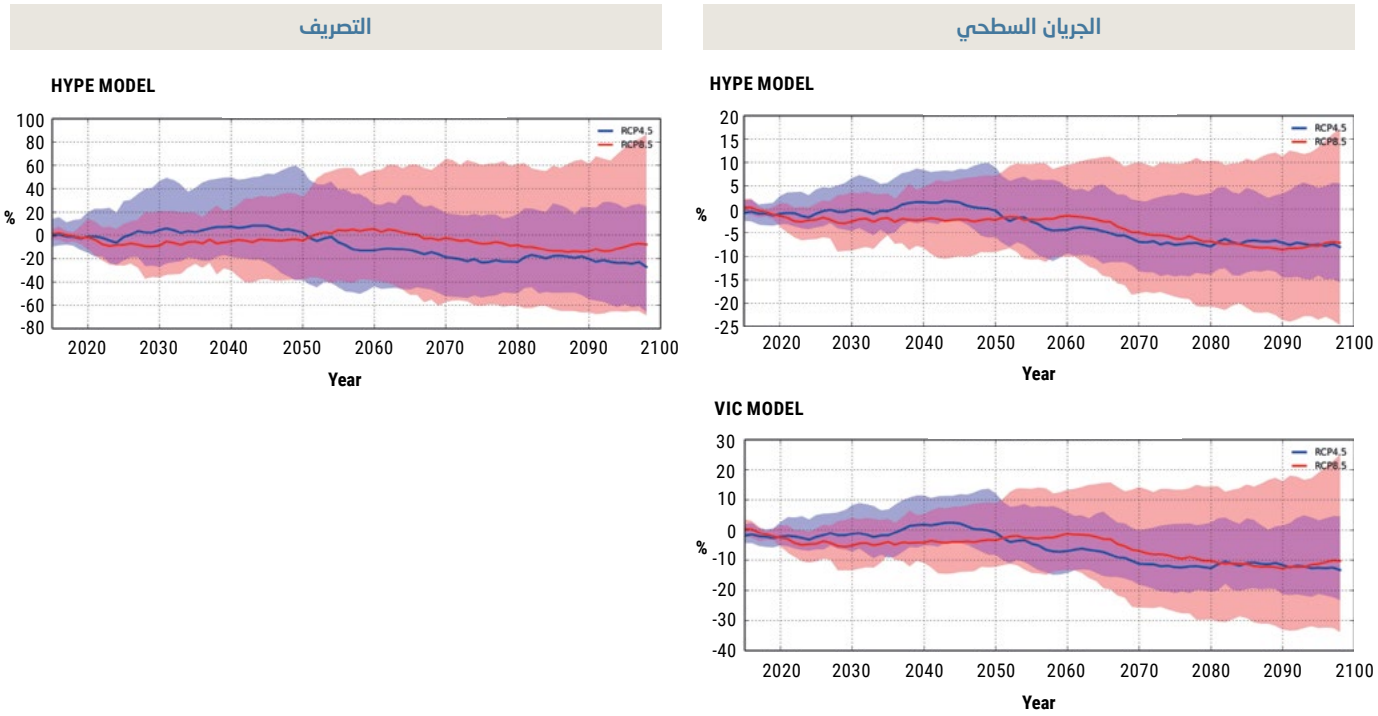


يبيّن تغير متوسط درجات الحرارة في إطار RCP 4.5 زيادة قدرها 1.5 درجة مئوية في منتصف القرن و1.8 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة للسيناريو RCP 8.5، ترتفع الحرارة بدرجتين مئويتين في منتصف القرن و3.6 درجة مئوية مع نهايته. وعلى مستوى الفصول، يبيّن أن ارتفاع درجات الحرارة الأقصى سيحصل في فصل الشتاء إذ إنها سترتفع بما قدره 3.9 درجة مئوية مع نهاية القرن في إطار RCP 8.5. أما بالنسبة للتساقطات، فتُظهر النتائج لـRCP 4.5 تغيراً مسقطاً في الحرارة قدره 6- في المئة في منتصف القرن و5- في المئة مع نهايته. وبالنسبة لـRCP 8.5، تبلغ نسبة تغير معدلات التساقطات 3- في المئة في منتصف القرن و5- مع نهايته، وتسجل أقصى حد لها في فصل الشتاء لتبلغ انخفاض بنسبة 7 في المئة.

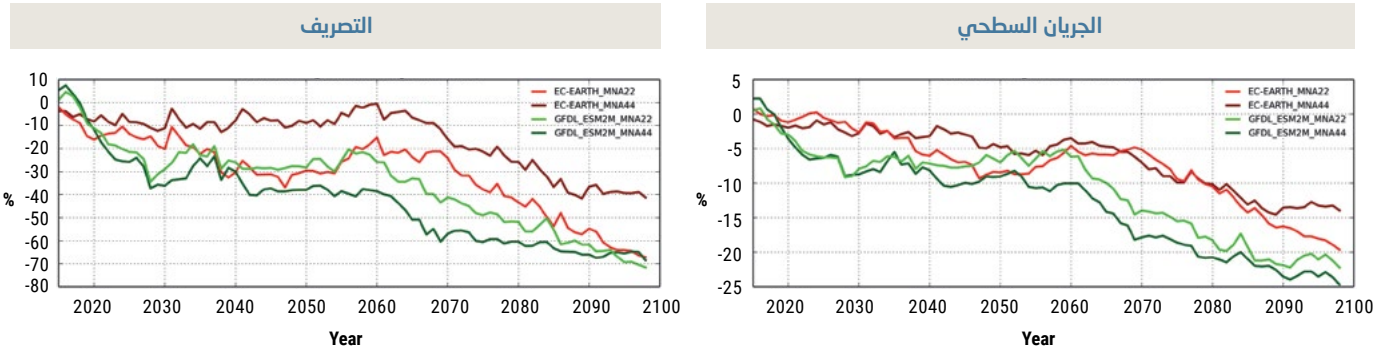
4.1.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

تُظهر منابع النيل الأزرق في المرتفعات الإثيوبية تغيراً واسع النطاق بين كل إسقاط وآخر من مجموعة الإسقاطات المتعلقة بالجريان السطحي للنموذجين (الشكل 54) ولا يمكن تحديد اتجاه أكيد له. ويبيّن متوسط قيَم تغير كميات تصريف المياه تقلصاً مع مرور الزمن، لكن لا يمكن اعتبار هذا الاتجاه أكيداً بسبب مستويات تبايُن القيَم المرتفعة في هذه الحال أيضاً. فعلى سبيل المثال، تبلغ نسبة تغير متوسط كمية تصريف المياه مع نهاية القرن 8- في المئة في إطار RCP 8.5، لكن القيَم تتراوح بين 68- و86 في المئة.

الشكل 54: متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع النيل الأزرق



الشكل 55: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 في منابع النيل الأزرق



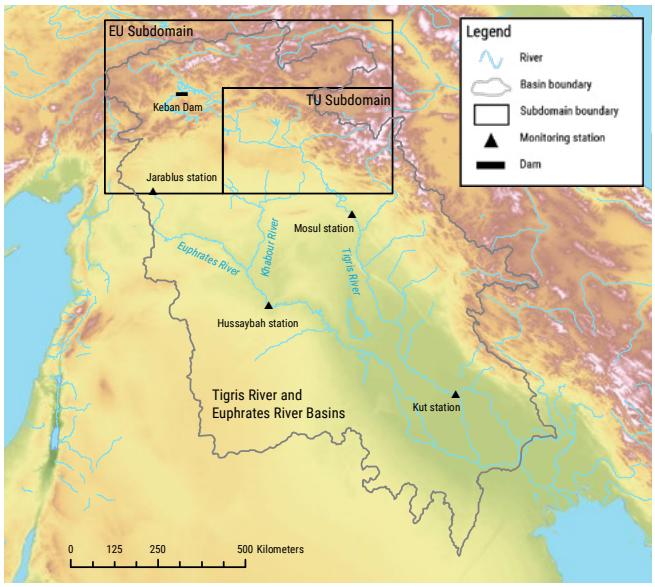
4.2 حوض نهري دجلة والفرات

4.2.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي

ينبع نهر الفرات (الشكل 56) من جبال شرقي تركيا ويصبح طوله 2,786 كلم بتدفقه عبر الجمهورية العربية السورية والعراق. وترفده ثلاثة أنهار في الجمهورية العربية السورية هي أنهار الساجور والبليخ والخابور. ويمر نهر دجلة البالغ طوله 1,800 كلم في أربعة بلدان هي جمهورية إيران الإسلامية والعراق والجمهورية العربية السورية وتركيا. وهو ينبع من المرتفعات الأرمنية في تركيا ويجري جنوباً ليلتقي بنهر الفرات في جنوبي العراق. ويرفد نهر دجلة عددٌ من الأنهار التي تغذيه طول مجراه بكميات ضخمة من المياه موزعة على العراق وتركيا أو جمهورية إيران الإسلامية والعراق. ويلتقي نهرا دجلة والفرات ليرفدا الأهوار في جنوبي العراق. وتبلغ مساحة المنطقة الإجمالية لحوض النهرين، بما فيها المصب في شط العرب، نحو 90,000 كلم^2، ويقيم في منطقة الحوض ككل أكثر من 50 مليون نسمة في جمهورية إيران الإسلامية والعراق والجمهورية العربية السورية وتركيا[20]. ويُعتبر المناخ في الحوض مثيلاً لمناخ منطقة البحر الأبيض المتوسط مع تساقط للثلوج في منطقة المنبع في الجبال التركية، ويزداد المناخ حرّاً وجفافاً (قحولة) مع اقتراب النهرين من البحر. ويتراوح المتوسط السنوي لمعدل التساقطات في الحوض بين نحو 1,000 ملم في منطقة المنبع في الجبال التركية شمالاً، إلى150 ملم في الجمهورية العربية السورية وما لا يتجاوز 75 ملم في جنوبي العراق. ومتوسط معدل التساقطات في منطقة حوض نهر دجلة أعلى بكثير من متوسطه في حوض نهر الفرات وذلك بسبب معدلها المرتفع في جبال زاغروس شرقي حوض نهر دجلة الذي يغذي مياهه. ومعظم التساقطات في حوض نهري دجلة والفرات هي ثلوج تبقى متراكمة حتى ذوبانها في فصل الربيع[21].

ومصدر غالبية تدفق مياه نهر الفرات هي الأمطار التي تتساقط فوق المرتفعات الأرمنية، فتركيا توفر نحو نسبة 89 في المئة من مجمل مياهه. ومع أن روافد نهر الفرات الثلاثة تمثل نحو 8 في المئة من تدفق نهر الفرات، فإن مساهمتها انخفضت اليوم إلى 5 في المئة أو أقل نتيجة لتقلص تدفق مياه الخابور. ولا تساهم موارد العراق المائية السطحية مساهمة ذات شأن في نهر الفرات، باستثناء الحالات النادرة التي تجلب فيها العواصف الشديدة كميات من المياه. وقبل عام 1973، كان متوسط كمية تدفق نهر الفرات السنوي في جرابلس نحو 30 بليون م^3، لكن هذا المستوى انخفض إلى 25.1 بليون م^3 بعد عام 1974 ومن ثم إلى 22.8 بليون م^3 بعد عام 1990. ويعود ذلك بمعظمه إلى تقلبية المناخ وازدياد تواتر فترات الجفاف، وبناء سدود ضخمة في تركيا في سياق مشروع جنوب شرقي الأناضول. وتشير المعلومات إلى أن تصريف نهر الفرات، مقارنة بمتوسط تصريفه الطويل الأجل في الفترة من عام 1937 إلى عام 2010، يكون بكميات دون المتوسط في جرابلس وحُسيبة منذ عام

الشكل 56: خريطة حوضي نهري دجلة والفرات وامتداد النطاق الفرعي



1999 مما يعكس لربما ترابطاً بين أحوال جوية أكثر جفافاً وتبعات بناء السدود الكثيف. وببناء منشآت هندسية مائية ضخمة عند المنطقة العلوية في تركيا والجمهورية العربية السورية مثل سدّ كيبان في عام 1974 وسدّ الطبقة في عام 1975، بدأ نظام تدفق نهر الفرات اعتباراً من سبعينيات القرن الماضي بالتفاوت بحسب الفصول على نحو أقل حدة قياساً بنظام التدفق شبه الطبيعي (من عام 1937 حتى سبعينيات القرن الماضي). ويبلغ متوسط تدفق نهر دجلة سنوياً 20 بليون م^3 في الموصل (1931-2011) و25.7 بليون م^3 في محطة الكوت باتجاه مناطق المصب (1931-2005). وكمية المياه التي تساهم في متوسط التدفق السنوي لنهر دجلة من الروافد الواقعة بين الموصل والكوت تقدَّر بنحو 25 بليون م^3 [22].

ولربما أدى بناء عدة سدود في العراق إلى انخفاض هام في كمية مياه النهر المتدفقة ولا سيما بعد مدينة الموصل، ويتجسد هذا الانخفاض في التغير الذي تشهده كمية المياه هذه في الكوت منذ عام 1973 إذ انخفض متوسطها السنوي من 32 بليون م^3 قبل عام 1973 إلى 16.7 بليون م^3 للفترة من عام 1974 إلى عام 2005[23]. وموسم التدفق المرتفع لنهر دجلة، مقارنة بنظام تدفق نهر الفرات، هو أطول فترة وأكثر بروزاً بسبب ارتفاع معدلات التساقطات في فصل الشتاء وعلى مساحة حوض أكبر بكثير. ويمكن اعتبار نظام تدفقه طبيعياً قبل سبعينيات القرن الماضي نتيجة لمحدودية نُظم التحكم بالمياه في منطقة تكاثر الجريان السطحي في تركيا وجمهورية إيران الإسلامية والعراق، في أعالي الموصل. وبسبب التقلبات الشديدة للغاية في كمية التدفق الموسمية والسنوية في نهري الفرات ودجلة، تشكل الخزانات إحدى أبرز نقاط الاهتمام في سياق إدارة الموارد المائية بالنسبة للبلدان المشاطئة في كلا الحوضين.

4.2.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ

يواجه حوضا نهري الفرات ودجلة تحديات متزايدة من حيث الضغط الديمغرافي وبناء المنشآت الهيدرولوجية ونوعية المياه. وهذه العوامل، يضاف إليها تغير أنماط المناخ والنزاعات الأخيرة، ستؤثر عميقاً في مستوى توفر المياه بل وحتى على نحو أعمق في التبعات الاقتصادية والاجتماعية في هذين الحوضين. وأبرز القطاعات الأكثر تعرضاً لأثر تغيّر المناخ في حوضي نهري دجلة والفرات معروضة أدناه.

الزراعة والأمن الغذائي وسبل العيش

تعتمد الزراعة والأمن الغذائي وسبل العيش والتنمية الزراعية وإنتاج الغذاء في البلدان التي يعبرها نهرا الفرات ودجلة اعتماداً كثيفاً على المياه المتوفرة في الحوض. وتشكل حالات الجفاف التي شهدها العقد الأول من القرن الحادي والعشرين مثالاً هاماً على ما يمكن أن يحدث في المنطقة مستقبلاً إذا اشتدت حدة الجفاف. والظواهر المناخية المتطرفة مثل العواصف الغبارية (انظر الجزء التالي) التي ازدادت شيوعاً في السنوات الأخيرة هي أيضاً مرتبطة عضوياً بالإنتاج الزراعي في الحوض. وفي العراق، يمثل الجفاف وتدهور الأراضي اثنين من العوامل التي تهدد الإنتاج الغذائي، إذ إن الشمال يعتمد على هطول الأمطار والوسط والجنوب يعتمدان على الري. والجفاف الذي شهدته الفترة 2007-2009 وضرب البلد أضر بنحو 40 في المئة من الأراضي الزراعية، وكانت هذه الأضرار جسيمة في المحافظات الشمالية، إذ شملت أكثر من نسبة 50 في المئة في محافظتي نينوى وأربيل. ودفع هذا الوضع 20,000 شخص من سكان الريف إلى الانتقال بحثاً عن أماكن تؤمن لهم مياه الشرب وسبل العيش على نحو أكثر استدامة. والمحاصيل الزراعية التي اشتهر بها العراق، مثل التمر والأرز والحبوب، ما عاد من الممكن زراعتها لأن مياه الفرات أضحت أقل بكثير من مستواها المعتاد. وعانت الجمهورية العربية السورية هي أيضاً من أضرار مختلفة بفعل الجفاف الحاد: مئات الآلاف من السوريين خسروا سبل رزقهم وهاجروا إلى المدن قبل نهاية عام 2009. وأفيد بأن نحو 160 قرية في شمالي سوريا هجرها أهلها أثناء الفترة المذكورة نتيجة انخفاض توفر المياه. وثمة دراسات تعتبر حتى أن اندلاع الانتفاضة السورية والحرب الأهلية ناجمتان عن الجفاف وعواقبه. وتشكل الزراعة منذ عهود طويلة العمود الفقري للاقتصاد السوري ويتأثر قطاع الزراعة تأثرا بالغا بتغيّر أنماط المناخ[24].

الحساسية إزاء الظواهر المناخية المتطرفة

لوحظت العواقب الوخيمة التي استتبعتها الظواهر المناخية المتطرفة على الحوض أثناء السنوات القليلة الماضية. ففي عام 2012، ضربت بغداد أسوأ فيضانات شهدتها في فترة 30 عاماً: ففي أيار/مايو 2013، شُردت حوالى 600 عائلة بسبب شدة الفيضانات وتضرر أو تلف أكثر من 30,350 هكتاراً من الأراضي المزروعة نتيجة الفيضانات في محافظات ميسان والقادسية وواسط. وعانت الجمهورية العربية السورية كذلك من سلسلة من الفيضانات والأحوال الجوية المتطرفة، مثل العواصف الثلجية



نهر دجلة، العراق، 2015. المصدر: إيهاب جناد.

في دمشق في كانون الأول/ديسمبر 2013 وفصل الشتاء في عام 2014-2015 حيث تساقطت أمطار غزيرة وحدثت فيضانات في البلد كله شلت الحركة فيه. ومن الظواهر المناخية المتطرفة الأخرى في الحوض العواصف الغبارية والرملية. واعتُبر حوض نهري الفرات ودجلة مصدراً هاماً للعواصف الغبارية في العراق والمنطقة كلها، والأراضي المستحالة (المتروكة بلا زرع) أبرز مصادر الغبار. وخلفت هذه العواصف تداعيات اقتصادية واجتماعية سلبية للغاية مثل الخسائر المالية في الميزانية، وتقلص الرؤية الذي عطل قطاع النقل إلى حد بعيد، وارتفاع حرارة سطح الأرض. وفاقمت أيضاً من تبعات الجفاف، وأضرت بالمزروعات والتربة، وأثرت سلباً في الصحة العامة مع ظهور التهابات تنفسية حادة ومزمنة. وتغير أنماط المناخ المحتمل في المستقبل من حيث الأحوال الجوية المتطرفة هو جانب فائق الأهمية يجب إيلاؤه الاهتمام في الحوض[25].

المياه الجوفية

أفيد بأن الإفراط في استغلال المياه الجوفية، فضلاً عن الضغوط على المياه السطحية المتوفرة، يعرض موارد المياه الجوفية للنضوب. وكشفت دراسة صدرت في عام 2013 باستخدام صور من وكالة ناسا التقطتها سواتل Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) عن ازدياد حاد في مستوى جفاف التربة ونضوب مستويات المياه الجوفية السفلى بين كانون الثاني/يناير 2003 وكانون الأول/ديسمبر 2009. وأشارت إلى أن حوض نهري الفرات ودجلة سجل بعد الهند ثاني أسرع معدل عالمي للخسائر في مخزون المياه الجوفية في المنطقة. وبوجود صلات متينة بين المياه السطحية والمياه الجوفية في حوض نهري الفرات ودجلة، يغدو نضوب المياه الجوفية هو أيضاً مصدر قلق في سياق تغيّر المناخ[26].

نوعية المياه والنظم الإيكولوجية

إن التلوث الناجم عن مصادر زراعية وداخلية يضر إلى حد بعيد بنوعية المياه في الحوض، إذ إن ملوحة النهرين تشتد كلما اقتربا من العراق. إضافة إلى ذلك، ألحقت بالأهوار في منطقة حوض

نهر دجلة أضرار هائلة نتيجة لمشاريع السدود في أعالي النهر في القرن الحادي والعشرين، مما قلص مساحة الأهوار إلى 14 في المئة من مساحتها الأصلية. ولذلك، تشكل نوعية المياه والنظم الإيكولوجية أيضاً جانبين من فائق الأهمية إيلاؤهما الاهتمام في سياق تغيّر المناخ والتطورات المتعلقة بالتحكم بالمياه في مناطق منابع النهرين[27].

قطاع الطاقة الكهرومائية

يوفر قطاع الطاقة الكهرومائية، بما فيه المنشآت الهيدرولوجية الصغيرة، فرصاً لتوفير مزيد من الطاقة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية ولبنان وتونس وأنحاء أخرى في المنطقة العربية. وفي العراق توفر الطاقة الكهرومائية نسبة 9.22 في المئة من إمدادات الكهرباء. وتبعات تغير درجات الحرارة ومعدلات التساقطات الناجم عن تغيّر المناخ والمنشآت التي تُبنى في أعالي الأنهار يمكن أن تغير الأوضاع المائية مستقبلاً في هذه البلدان وبالتالي توليد الطاقة الكهرومائية.

واتضح من دراسة أعدها Pilesjo والجبوري (2016) أن انخفاض التساقطات بنسبة 10 في المئة في العراق يمكن أن يتسبب بخسارة نسبة تتراوح بين 25 و50 في المئة في توليد الطاقة الكهرومائية. وارتفاع الحرارة بدرجات قليلة قد يؤدي إلى ارتفاع التبخر النتحي مما يؤثر في انخفاض الطاقة الكهرومائية فتتقلص إلى حد بعيد كمية الكهرباء المولدة وبالتالي الأمن الكهربائي[28].

الأوضاع الجيوسياسية

فضلاً عن الدور الذي تؤديه الأوضاع الهيدرولوجية وتوفر المياه في تعطيل الحركة الاقتصادية، جاءت الأعمال القتالية في الجمهورية العربية السورية والعراق لتلحق أضراراً جسيمة بشبكات توزيع المياه في المدن، ولا سيما الاعتداءات التي تستهدفها عمداً بفعل أهميتها الاستراتيجية. واستولت الجماعات المسلحة في السنوات القليلة الماضية على العديد من خزانات المياه والمنشآت المائية التي أقيمت على نهر الفرات في الجمهورية العربية السورية والعراق، مثل سد الطبقة في الجمهورية العربية السورية في مطلع عام 2013، مما أدى إلى توقف إمدادات المياه عن محافظة حلب وأجزاء من محافظة الرقة وحرمان أكثر من 5 ملايين مواطن سوري من المياه المأمونة.

ومن الأمثلة الأخرى السيطرة على سد الموصل في العراق مع الخشية البالغة من قطع المياه، لكن الأهم من ذلك كله هو احتمال انهيار السد الذي يهدد حياة 1.5 مليون نسمة من المقيمين في المناطق المحيطة به. والوضع المزعزع سياسيا يلقي مزيداً من الضغوط على الموارد المائية وعلى إدارتها في الجمهورية العربية السورية خصوصاً في سياق تقلص كمية المياه المتوفرة بسبب آثار تغيّر المناخ[29].

وهذه المشاكل هي أبرز ما يعاني منه هذا القطاع حالياً ويُحتمل أن تؤثر بشكل حاد في تبعات تغيّر المناخ، وهناك أيضاً عدة مشاكل أخرى مثل التغير مستقبلاً في الطلب على المياه وعرضها بسبب النمو السكاني والتحولات الديمغرافية وآثار المنشأة التي تُبنى في أعالي النهر[30]. ولا بد كذلك من مراعاة أطر التعاون المؤسسية عبر الحدود للتعامل مع تنوع المناخ في المستقبل لضمان فعالية إعداد وتنفيذ السياسات والاستراتيجيات الكفيلة بمعالجة ظاهرة تنوعه في المستقبل وتبعاته المحتملة على القطاعات الآنفة الذكر.

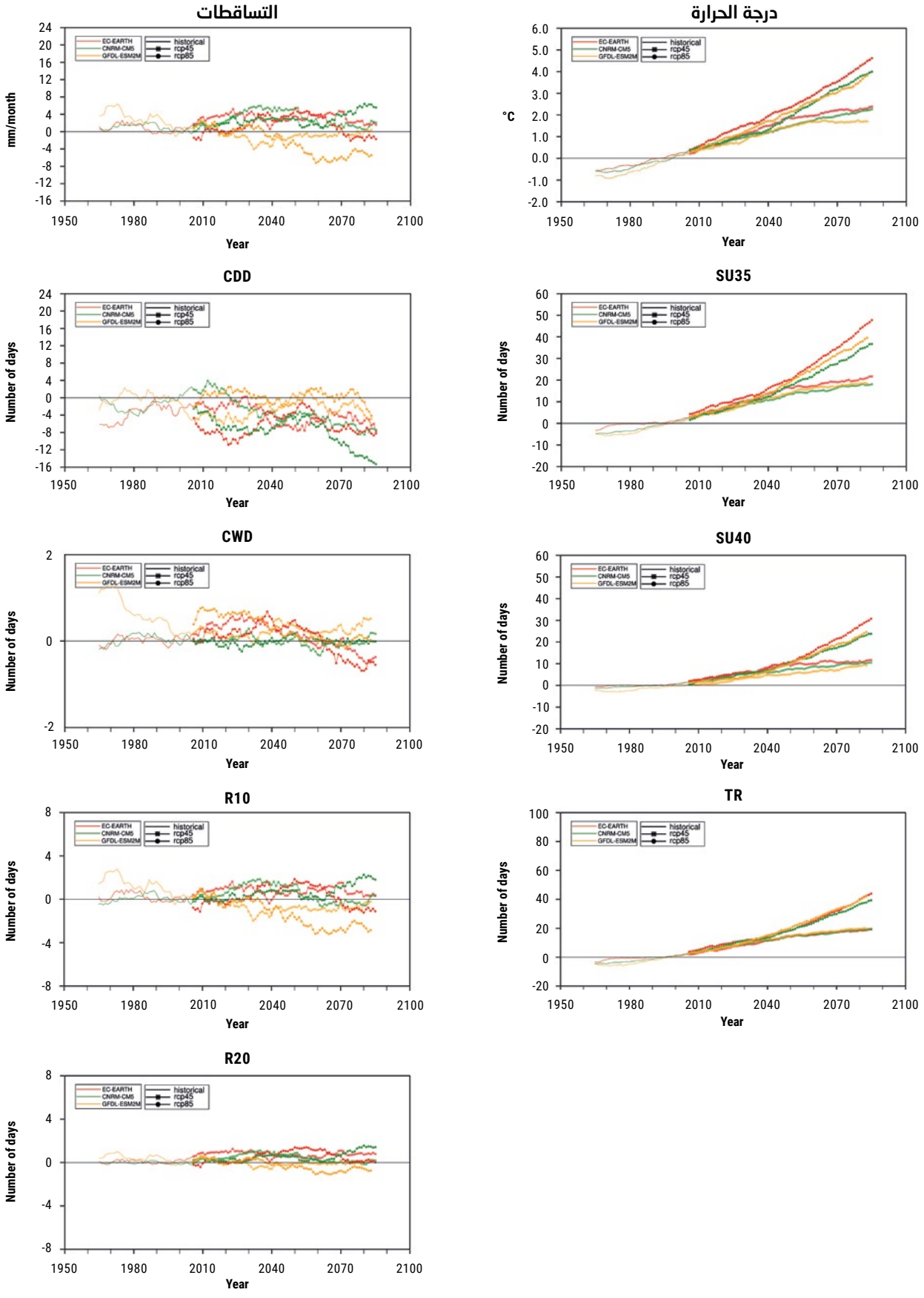
4.2.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية

إن التغيرات المُسقطة في مؤشرات الحرارة ومعدلات التساقطات والظواهر المناخية المتطرفة في منابع نهر دجلة ونهر الفرات ترد في الشكلين 57 و58 على التوالي.

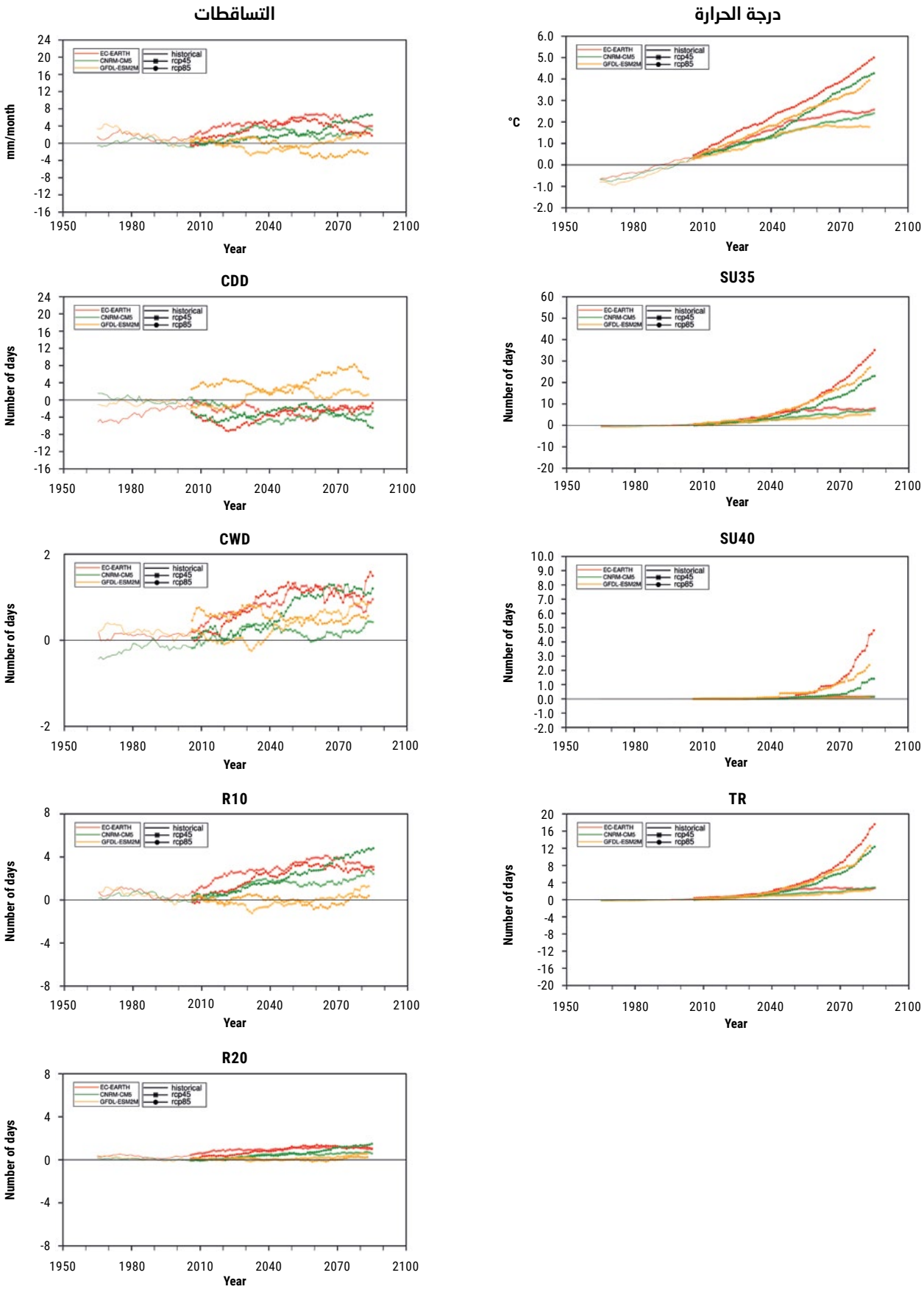
ويبيّن تغير متوسط درجات الحرارة في منابع نهر دجلة ارتفاعاً شاملاً مع نهاية القرن وهو أكثر بروزاً في إطار RCP 8.5. وفي منتصف القرن، من المُسقط أن يرتفع في إطار RCP 4.5 إلى 1.8 درجة مئوية، وإلى 2.2 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة للسيناريو RCP 8.5، يبلغ التغير 2.5 درجة مئوية بمنتصف القرن وما يصل إلى 4.5 درجة مئوية مع نهايته. وترتفع الحرارة في فصل الصيف بما يتجاوز مستواها في فصل الشتاء بالنسبة لهذا النطاق الفرعي. وتتفاوت الإسقاطات المتعلقة بالتساقطات السنوية بالنسبة لمنابع نهر دجلة مع ارتفاع في إطار RCP4.5، (اي 4 في المئة منتصف القرن و1 في المئة مع نهايته). وبالنسبة لـ RCP 8.5، يتسم تغير معدلات التساقطات بالسلبية إذ إنها ستنخفض بما قدره 3 في المئة في منتصف القرن و4 في المئة مع نهايته. وعلى مستوى الفصول، تُظهر منابع نهري دجلة والفرات انخفاضاً في هذه المعدلات أثناء فصل الشتاء وارتفاعاً أثناء فصل الصيف. غير أن ارتفاعها في هذين الحوضين، في إطار RCP 4.5، مُسقط حتى في فصل الشتاء. وتغيرها هو عموماً أقل في إطار السيناريو RCP 4.5 منه في إطار RCP 8.5.

والتغير في متوسط درجات الحرارة في منابع نهر الفرات يسلك نفس المنحى الذي يسلكه التغير في منابع نهر دجلة من حيث الارتفاع مع نهاية القرن، مع ارتفاعه المُسقط بما قدره 1.9 درجة مئوية لـ RCP 4.5 في منتصف القرن و2.3 درجة مئوية مع نهايته. وثمة تغيرات أعلى مستوى في إطار RCP 8.5، إذ سترتفع الحرارة بما قدره 2.6 درجة مئوية في منتصف القرن و4.8 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة لمعدلات التساقطات، من المُسقط أن ترتفع في إطار RCP4.5، (اي 4 في المئة في منتصف القرن و3 في المئة مع نهايته). وفي إطار السيناريو RCP 8.5، لا يُتوقع حدوث تغير هام فيها في منتصف القرن ومع نهايته. وبالنسبة لمستوى معدلات التساقطات المتطرفة، ولا سيما لمؤشر SDII (غير معروض)، تُظهر أربعة اسقاطات من أصل ستة اتجاها نحو ارتفاعها في منابع نهر دجلة، في حين أن كل الاسقاطات تُظهر ازديادها في منابع نهر الفرات. وكان النطاق الفرعي لكل من منابع نهر الفرات ونهر السنغال، النطاقان الوحيدان اللذان يُظهران ارتفاعاً بالنسبة للمؤشر R20 في جميع ما يشمله من اسقاطات مقارنة بسائر النطاقات الفرعية حيث التغير المُسقط لا يُذكر.

الشكل 57: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر دجلة



الشكل 58: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر الفرات



4.2.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

تُظهر منابع نهري دجلة والفرات ارتفاعاً طفيفاً في الجريان السطحي في فصل الشتاء (الشكلان 59 و61) حتى عندما يكون تغير معدلات التساقطات سلبياً. ومن المحتمل أن يعود ذلك إلى انخفاض تخزين الثلج مقارنةً بالفترة المرجعية وبالتالي ارتفاع الجريان السطحي في فصل الشتاء ومن ثم انخفاضه خلال أشهر الصيف، بسبب تقلص ذوبان الثلوج، كما يتبدى في نمط الجريان السطحي لهذين الحوضين في فصل الصيف.

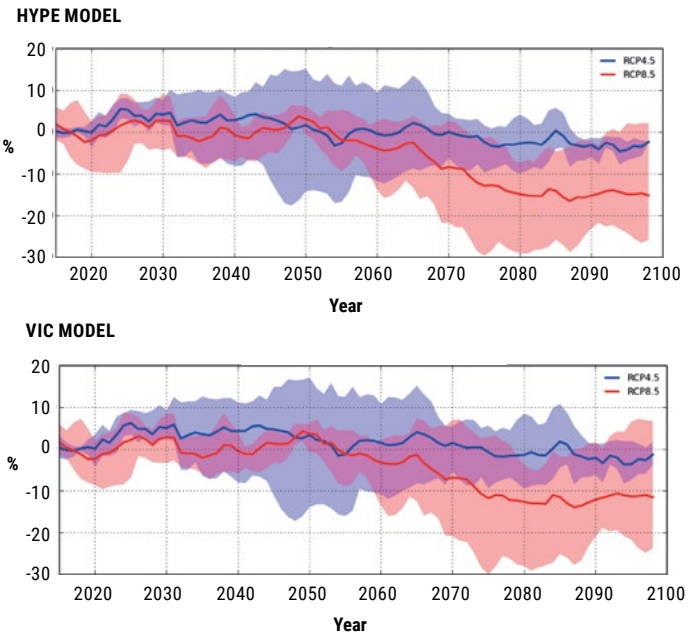
وبالنسبة لمنابع نهر الفرات، يشير النموذجان إلى ارتفاعه مع نهاية القرن في إطار RCP 4.5 (بين 2 في المئة و6 في المئة، وفقاً للنموذج المستخدم) وارتفاعه أيضاً في فصل الشتاء في هذه الظروف (بين 12 في المئة و 14 في المئة، وفقاً للنموذج المستخدم). علاوة على ذلك، من المُسقط وفقاً لنموذج HYPE أن ينخفض متوسط الجريان السطحي في فصل الصيف مع نهاية القرن في إطار RCP 4.5، (اي 5- في المئة) والسيناريو RCP 8.5، (اي 22- في المئة). وانخفاض الجريان السطحي هذا في فصل الصيف مُسقط أيضاً بالنسبة لمنابع نهر دجلة، إذ إن النموذجين يبينان انخفاضه مع نهاية القرن في إطار سيناريوهي الانبعاثات كليهما بما يتراوح بين 6 في المئة و9 في المئة في إطار RCP 4.5 وبين 15 في المئة و22 في المئة في إطار RCP 8.5، وفقاً للنموذج المستخدم.

وبالنسبة للتغير في كمية التصريف، تعذرت ملاحظة منحى نهائي في منتصف القرن لمنابع كل من نهري دجلة والفرات بسبب طائفة قيَمها الواسعة. غير أنه من المُسقط حدوث انخفاض مع نهاية القرن بنسبة 3 في المئة في متوسط كمية التصريف لمنابع نهر دجلة لـ RCP 4.5 (تتراوح قيمته بين 5- في المئة و2- في المئة) و17- في المئة في إطار RCP 8.5، مع أن التغير الأخير يتراوح بين 28- في المئة ولا تغيير على الإطلاق. وثمة دلائل أيضاً على انخفاض مُسقط في متوسط كمية التصريف في فصل الصيف (18- في المئة) مع نهاية القرن في إطار RCP 8.5 وتشير طائفة القيَم كلها إلى انخفاضها (27- في المئة إلى 6- في المئة).

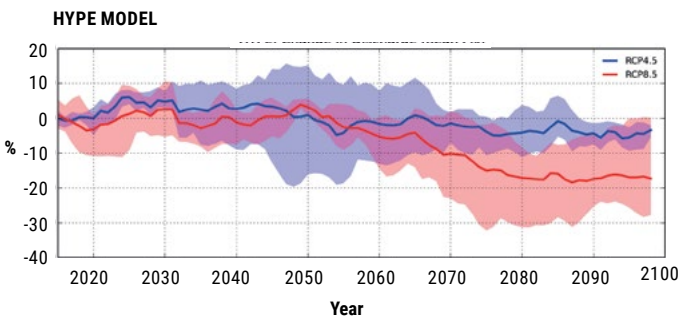
وتُظهر الإسقاطات المتعلقة بمنابع نهر الفرات مع نهاية القرن انخفاضاً بنسبة 17 في المئة في متوسط كمية التصريف (يتراوح بين 27- في المئة و4- في المئة) في إطار RCP 8.5. ومن المُسقط أيضاً لمتوسط قيَم كمية التصريف أن ينخفض في فصل الصيف في منتصف القرن ومع نهايته لـ RCP 8.5. ويبدو أن لخيار النموذج المناخي العالمي تأثيراً في النتائج المتعلقة بكمية التصريف بالنسبة لنهري دجلة والفرات يتجاوز تأثير الاستبانة (الدقة) المستخدمة في التحليل، على غرار ما تبينه الأرقام أدناه التي تمثل نتائج السيناريو RCP 8.5 لاستبانة 50 كلم و25 كلم، مع أنهما تشيران إلى انخفاضها مقارنة بالفترة المرجعية مع نهاية القرن. وتجدر الإشارة إلى أن الإسقاطات المتعلقة بتغير قيمة التدفق المرتفع (قيمة التدفق لفترة مئة عام) في نهر الفرات تُظهر انخفاضاً فيها بنسبة 26 في المئة في إطار RCP 8.5. وتُظهر أيضاً انخفاضاً فيها في فصل الصيف في منتصف القرن ومع نهايته، وفي فصل الشتاء في نهاية القرن في إطار سيناريو الانبعاثات هذا. غير أن منابع نهر دجلة تظهر ارتفاعاً مسقطاً محتملاً يتراوح بين 6 في المئة و11 في المئة في قيمة التدفق المرتفع في إطار RCP 4.5 مع نهاية القرن.

الشكل 59: متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر دجلة

الجريان السطحي

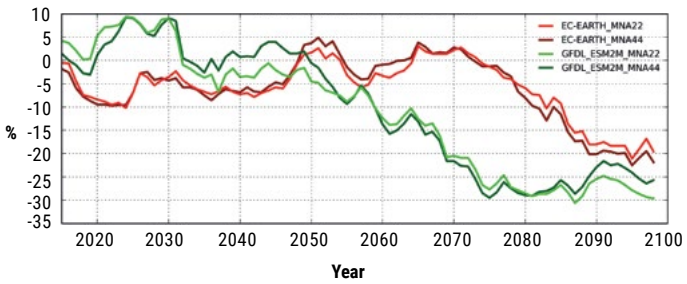


التصريف

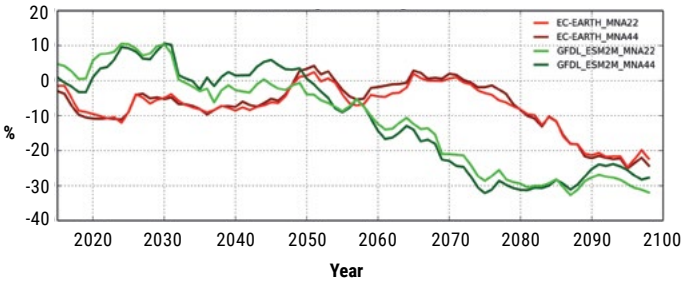


الشكل 60: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لمنابع نهر دجلة

الجريان السطحي

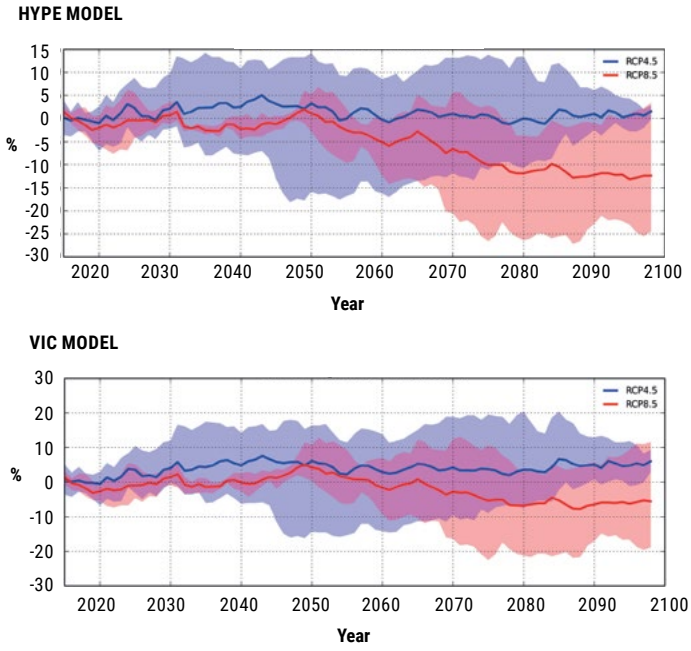


التصريف

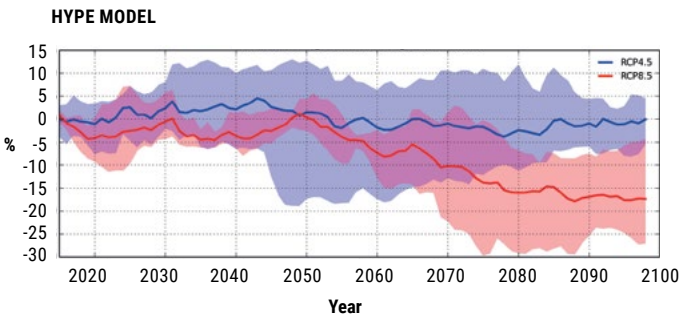


الشكل 61: متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر الفرات

الجريان السطحي

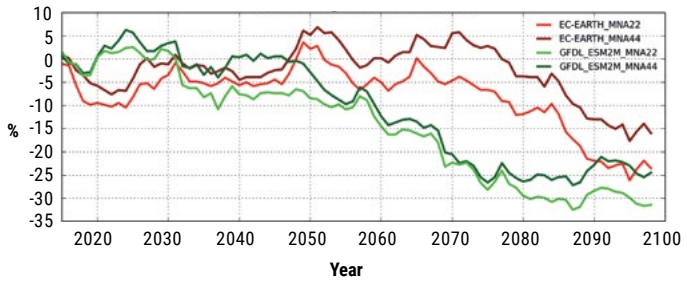


التصريف

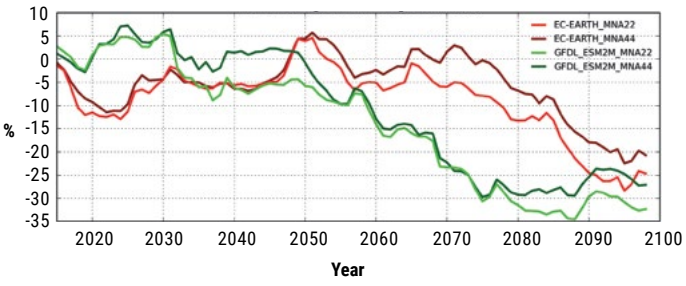


الشكل 62: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لمنابع نهر الفرات

الجريان السطحي



التصريف



4.3 حوض نهر مجردة

4.3.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي

ينبع نهر مجردة البالغ طوله 484 كلم من شمالي شرقي الجزائر ويجري شرقاً إلى تونس ومن ثم يصب في خليج أوتيك في البحر الأبيض المتوسط (الشكل 63). وهو أطول أنهار تونس وأهمها من حيث إمدادات المياه إذ إنه يزودها بنحو 37 في المئة من مياهها السطحية و22 في المئة من مواردها المائية المتجددة. وتقع نسبة حوالى 32 في المئة من حوضه (22,070 كلم^2) في الجزائر وحوالى 68 في المئة منه في تونس. وفي عام 2010، قُدر عدد سكان الحوض بنحو مليوني ومئتي ألف نسمة[31].

ويمكن اعتبار مناخ حوض نهر مجردة شبه رطب إلى شبه قاحل بفعل صيفه الحار والجاف وشتائه الماطر. وتنبع روافده الشمالية من جبال خمير الرطبة (منطقة سوق أهراس في الجزائر) التي تتجاوز قممها 1,400 م ويتراوح معدل التساقطات السنوي فيها بين 600 ملم و800 ملم. وتمتد منطقة الحوض إلى سلسلة جبال الظهرة جنوباً حيث يسود مناخ شبه قاحل مع معدل تساقطات لا يتجاوز 400 ملم/بالسنة. وهذه المنطقة، على الرغم من وقوعها قرب جبال خمير، يحوّلها هطول المطر المستحث طوبوغرافياً في وسط وادي مجردة إلى جافة نسبياً. ويمتد موسم الأمطار من أيلول/سبتمبر إلى أيار/مايو، مع أمطار غير منتظمة وفيضانات متكررة وواسعة النطاق تغمر السهول. ويتراوح متوسط التساقطات السنوي في الحوض بين 350 ملم/بالسنة و600 ملم/بالسنة[32].

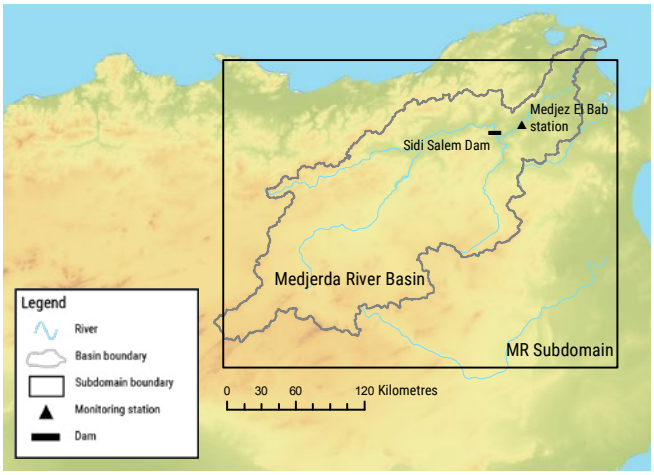
والنهر دائم الجريان غير أن نظامه الهيدرولوجي غير منتظم إذ إن كمية المياه التي تتدفق فيه منخفضة وهو يشهد بانتظام فيضانات حادة غالباً ما تتجاوز قوتها 980 م^3/بالثانية. وفي عام 1973، بلغت كمية مياهه المتدفقة في محطة مدجز الباب (أسفل سد سيدي سالم) 3,500 م^3/بالثانية. وتهدد هذه الفيضانات البلدات وسكان الريف المقيمين على طول النهر، إلى جانب البنى التحتية الهامة مثل شبكات الري والجسور في أسفل الوادي ودلتا مجردة. ويبلغ متوسط تصريف النهر يوميا 30 م^3/بالثانية أي ما يصل إلى بليون م^3/بالسنة. وثمة 11 سداً في حوض النهر ويوفر ذلك نسبة 59 في المئة (1,200 مليون م^3) من الموارد المائية المخزنة في السدود الموجودة في شمالي تونس. وثمة سبعة سدود أخرى منها ما هو مقرر بناؤه ومنها ما هو قيد البناء (300 مليون م^3).

وثمة معلومات وفيرة تفيد بأن السدود غيرت من نظام تدفق النهر منذ بنائها وتحديداً منذ بناء أكبرها وهو سد سيدي سالم في عام 1982 لأن القناة المتجهة نحو المصب بدأت تضيق تدريجيا[33].

4.3.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ

يشكل نهر مجردة أبرز المجاري المائية في تونس وهو يزود، كلياً أو جزئياً، أكثر من نصف سكانها بالمياه، علماً أن نحو مليوني

الشكل 63: خريطة حوض نهر مجردة وامتداد النطاق الفرعي



نسمة يقيمون على طول النهر وروافده وأن نحو 4 ملايين نسمة آخرين في شمال شرقي ووسط شرقي البلد يزوَّدون أيضاً بالمياه التي تُحوَّل من النهر. وأبرز القطاعات الأكثر تعرض لأثر تغيّر المناخ التي كُشف عنها أثناء إجراء البحث معروضة أدناه.

الزراعة والأمن الغذائي وسبل العيش

تشكل الزراعة أبرز الأنشطة الاقتصادية في الحوض وتوفر الجزء الأعظم من الإنتاجية وفرص العمل إذ إن عدد العاملين في هذا القطاع يتجاوز 87,000 شخص. ويحتل النهر موقعاً حيوياً في الاستراتيجية الوطنية المتعلقة بالأمن الغذائي لأن الإنتاج الزراعي في الحوض يساهم بنحو نصف مجمل إنتاج الغذاء في تونس. ولذلك يعتمد الأمن الغذائي في البلد بأسره على إمدادات المياه من النهر، علماً أنها تُستخدم لري ما يقرب من 90,000 هكتار يضاف إليها 18,000 هكتار ترويها جزئياً المياه المحوَّلة عبر سد العروسية. وفي ضوء أهمية النهر لسبل عيش سكان الريف (63 في المئة من سكان الحوض ريفيون)، يشكل الجفاف لأكثر من عام مدعاة للقلق. ومع وجود السدود وشبكات نقل المياه لا يزول خطر نقص المياه بفعل التبعات المحتملة لتغيّر المناخ، فيهدد سبل عيش صغار المزارعين ويجعلهم يتكبدون تكاليف إضافية لمواجهة عواقب الجفاف[34].

الحساسية إزاء الظواهر المناخية المتطرفة وتراكم الطمي في السدود

إن ما يميز نظام نهر مجردة الهيدرولوجي هو الفيضانات المتكررة التي شهدها في الماضي (1969، 1973) وفي السنوات الأخيرة (2000 و2003 و2004 و2005 و2009 و2012).

وأحدثت هذه الفيضانات دماراً هائلاً على جانبي النهر، فاجتاحت القرى وتسببت بخسائر هامة في الأرواح. وأودى الفيضان الذي ضرب شمالي ووسط تونس في كانون الثاني/يناير 2003 بحياة ثمانية أشخاص وشرّد 27,000 شخص آخرين.

وتفاقمت الفيضانات بسبب السدود المائية التي ترسبت فيها كميات كبيرة من الطمي وغيرت نظام تدفق النهر.

وبناء سد سيدي سالم في عام 1982، على وجه الخصوص، ضيّق تدريجياً القناة التي تتجه نحو المصب. وكان الغرض من بناء السد التحكم بكميات المياه المتقلبة بين سنة وأخرى وتثبيت مستواها لضمان الإمدادات الكافية من المياه لأغراض الري المحلي والزراعي في شمالي ووسط البلد، ولا سيما في مدينة تونس. وتُستخدم مياه السد أيضاً لتبريد عدة معامل من معامل توليد الكهرباء. والسد، لئن ساهم إلى حد بعيد في تنمية مناطق تونس الشمالية، خلف بسبب ترسب الطمي أضراراً هامة في خزانه لم تقتصر على تقليص كمية المياه في الحوض بل أيضاً في القدرات على توليد الطاقة الكهرومائية.

وأشارت بعض الدراسات إلى أن السدود التي ترسب فيها الطمي بسبب التآكل وبالتالي تقلصت قدرتها على خزن المياه، من المتوقع أن تتقلص قدرتها هذه حتى أكثر وذلك بما يتراوح بين 30 في المئة و40 في المئة من اليوم وحتى نهاية عام 2030 وذلك نتيجة للآثار المحتملة أن يخلفها تغيّر المناخ. وأثناء فيضانات كانون الثاني/يناير 2003، كان لا بد من إخراج كميات من مياه الفيضانات من سدّي سيدي سالم وملاق وصلت إلى 1,300 م^3/بالثانية مما أدى إلى طوفان مجرى النهر الذي تسبب بتحرك كميات كبيرة من الترسبات. وساهم هذا الأمر في زيادة الفيضانات وفي مساحة الدلتا عند فوهة النهر (بما قدره 6.2 كلم^2 أثناء القرن العشرين) مما أثر أيضاً في التنوع البيولوجي. وهذه الفيضانات تهدد البلدات وسكان الريف المقيمين على طول النهر والبنى التحتية الهامة منها شبكات الري والجسور في أسفل الوادي ودلتا مجردة. فضلاً عن ذلك، فإن حوض نهر مجردة، لكونه منطقة مكتظة بالسكان، مهدد بخطر هائل إذا ما ازداد تواتر الفيضانات في المستقبل، مما يُحتمل أن يخلف عواقب وخيمة على البنى التحتية وأمن الإنسان والتنمية الاقتصادية[35].

نوعية المياه ومسائل الصحة العامة

إن مصادر تلويث حوض وادي مجردة متعددة ومثيرة للمخاوف. وأثناء الفيضانات الواسعة النطاق، يؤدي إطلاق كميات من المياه من السدود باتجاه السهول الزراعية إلى تراكم الترسبات على طول وادي مجردة، لتتحول المناطق الساحلية إلى ما يشبه "الدلتا" مما يؤثر أيضاً في التنوع البيولوجي. وإضافة إلى ذلك، يتسبب ركود المياه الجارية المالحة إلى تغدق الحوض وتملحه، مما يسفر عن تدهور ما يصل إلى 60 في المئة من الأراضي. ويتجه الجريان السطحي والمجاري المائية المشبعة بمكونات قابلة للذوبان باتجاه الأجزاء السفلية من مقسم المياه حيث تنتقل الأملاح لتضر بشكل خاص بنوعية مياه الشرب والإنتاج الزراعي.

ونوعية المياه في الحوض التي تتأثر بالظروف الطبيعية تتأثر أيضاً إلى حد بعيد بالتلوث الناجم عن أنشطة الإنسان. ومصادر التلوث هذه هي قطاع الصناعة وفي المقام الأول صناعة الأغذية مثل تصنيع منتجات الحليب، إذ إن هذا القطاع يصرّف قاذورات تقدَّر بنحو 221 م^3/باليوم. إلى جانب ذلك، فإن التلوث المحلي في المناطق الحضرية يتأتى بمعظمه من مياه المنازل المبتذلة غير المعالجة المقدَّرة بنحو 1.27 مليون م^3/بالسنة، علاوة على المياه المبتذلة المعالجة المتأتية من 19 معمل تكرير للمياه والمقدَّرة بنحو 12 مليون م^3/بالسنة والتي تحتوي على كميات من النتروجين والفوسفور الشديدي التلويث. وكميات النتروجين والفوسفور هذه هي المسؤولة عن تكاثر المغذّيات التي لوحظت في خزانات سدّي سيدي سالم وسليانة.

ويتأتى التلوث في المناطق الحضرية أيضاً من رمي النفايات الصلبة المقدَّرة كميتها في الولايات الشمالية الغربية الأربع في حوض نهر مجردة بنحو 149,000 طن/بالسنة. وتزيد هذه الكمية ثلاث مرات عند أخذ الولايات الست كلها ضمن حوض النهر في الاعتبار. ولذلك تشكل مسائل نوعية المياه والصحة العامة قطاعاً من المهم مراعاته إجراء تحليل معمق في ظروف مناخية متغيرة بسبب صلاتها المتينة مع وضع النهر الهيدرولوجي وتقلبية المناخ[36].

قطاع الطاقة والطاقة الكهرومائية

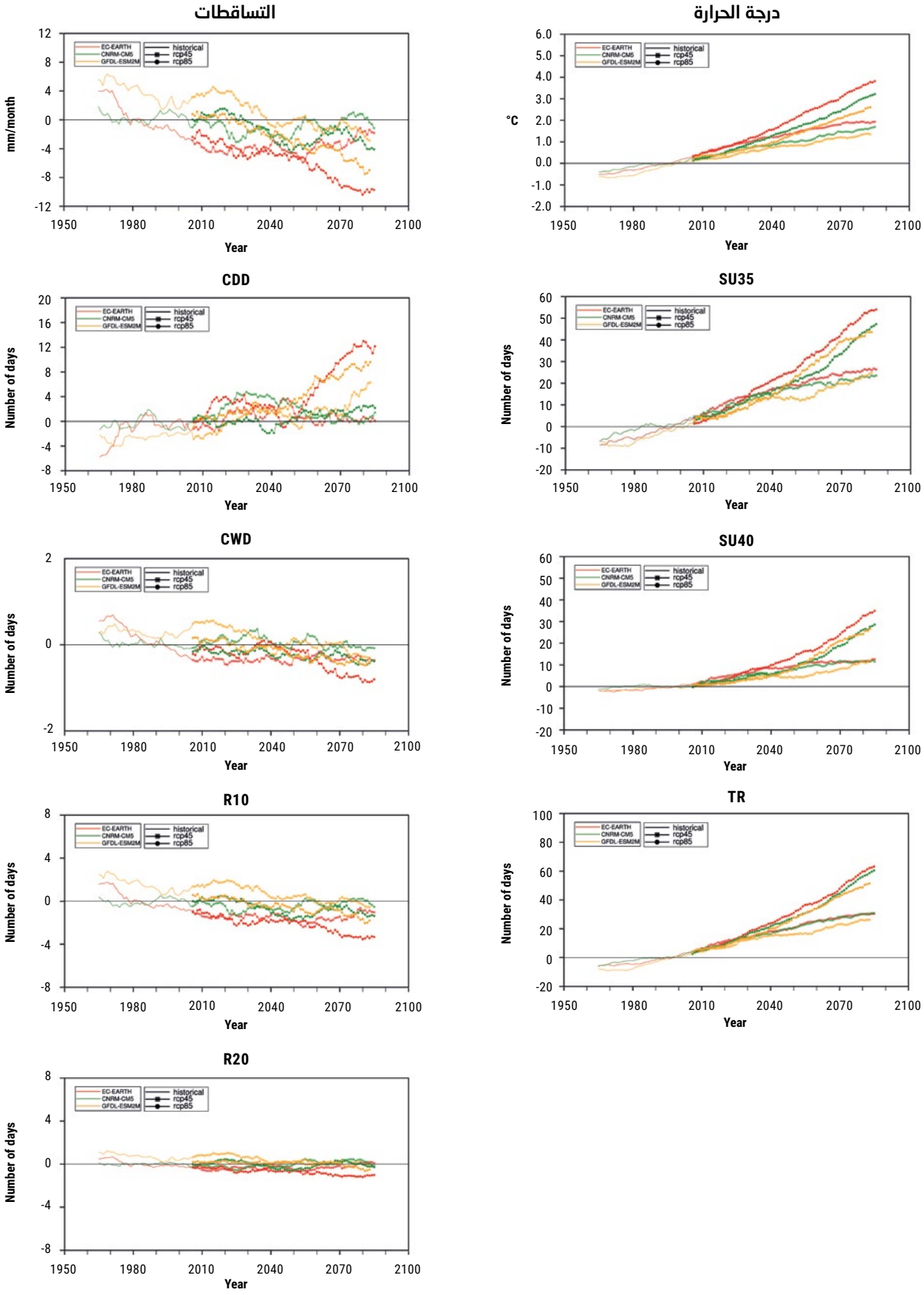
من المتوقع أن يطور البلَدان منشآت الطاقة الكهرومائية في الحوض أثناء السنوات القادمة. وينبغي مراعاة هذا الأمر نظرا لتغيّر المناخ المحتملة وتقلبية المناخ، ولا سيما من حيث إمدادات المياه، لضمان تنمية هذا القطاع.

4.3.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية

يبيّن الشكل 66 التغيرات المُسقطة في مؤشرات الحرارة ومعدلات التساقطات والظواهر المناخية المتطرفة في حوض نهر مجردة حتى نهاية القرن. وتشير كل الاسقاطات إلى أن درجات الحرارة سترتفع مع مرور الزمن مقارنة بالفترة المرجعية، وأعلاها في إطار السيناريو RCP 8.5 مع ارتفاع 3.5 درجة مئوية في نهاية القرن. ومن المُسقط أن يبلغ هذا التغير أقصاه في فصل الصيف في ظل هذه الظروف لترتفع الحرارة بما قدره 4.1 درجة مئوية. وبالنسبة لسيناريو الانبعاثات RCP 4.5، سترتفع بما قدره 1.2 درجة مئوية في منتصف القرن و1.6 درجة مئوية مع نهاية القرن.

ويشير التغير في معدلات التساقطات إلى انخفاض عام فيه مع وجود تفاوت هام بين سيناريوهي الانبعاثات ولا سيما مع نهاية القرن. ويبلغ التغير المُسقط في إطار RCP 4.5 نسبة 6- في المئة في منتصف القرن و4- في المئة مع نهايته. ويبلغ التغير المُسقط في إطار RCP 8.5 نسبة 9- في المئة في منتصف القرن و19- في المئة مع نهايته. ويتضح هذا التفاوت خصوصا في نسبة التغير المُسقط في فصل الشتاء حيث ستبلغ 8- في المئة في منتصف القرن ومع نهايته في إطار RCP 4.5، في حين أن نسبة التغير في إطار RCP 8.5 ستبلغ 13- في المئة في منتصف القرن و21- في المئة مع نهايته.

الشكل 64: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة



4.3.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

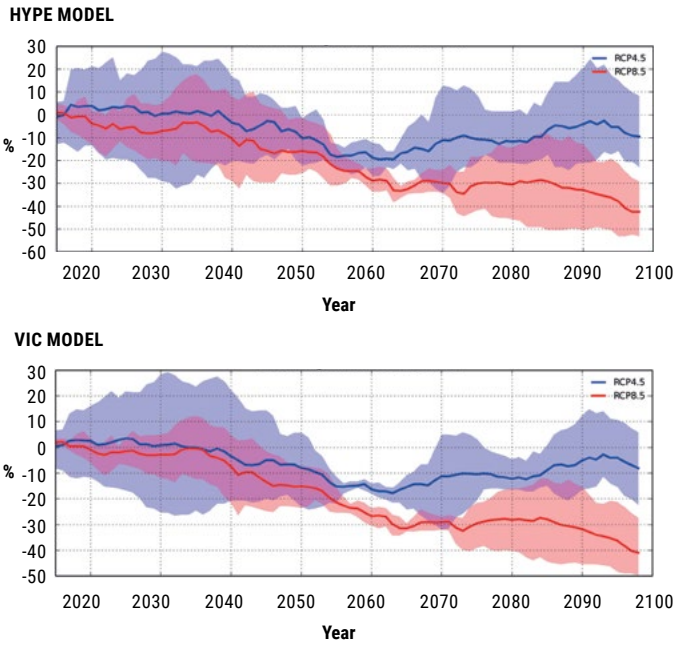
يُظهر حوض نهر مجردة نتائج مثيلة لنتائج المرتفعات المغربية من حيث متوسط تغير الجريان السطحي الذي سينخفض مع مرور الزمن لكنه ليس بالحدة نفسها (الشكل 65). ويشير النموذجان إلى انخفاضه في إطار سناريوهي الانبعاثات بما يتراوح بين 15 في المئة و16 في المئة لـ RCP 4.5 وبين 31 في المئة و32 في المئة لـ RCP 8.5، وفقاً للنموذج المستخدم. ومن المُسقط أيضاً أن ينخفض الجريان السطحي بما يتراوح بين 41 في المئة و42 في المئة مع نهاية القرن في إطار سيناريو الانبعاثات RCP 8.5.

وتتبدى الاتجاهات نفسها على مستوى الفصول إذ لا يوجد فرق بين فصلي الشتاء والصيف. والتغيرات في الإسقاطات المتعلقة بمتوسط كمية تصريف المياه شديدة التنوع من حيث القيَم في إطار السيناريو RCP 4.5 وبالتالي لا يمكن تحديد أي اتجاه له. وبالنسبة لسيناريو الانبعاثات RCP 8.5، تُظهر الإسقاطات لمنتصف القرن ومع نهايته انخفاضاً ملحوظاً فيه بتغير نسبته 42- في المئة في منتصف القرن (يتراوح بين 47- في المئة و37- في المئة) و53- في المئة مع نهاية القرن (يتراوح بين 60- في المئة و40- في المئة).

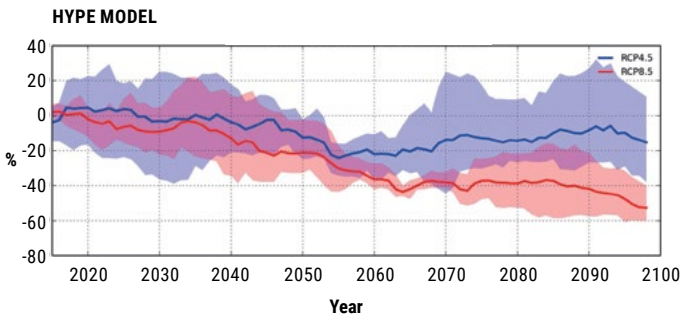
وتجدر الإشارة إلى أن من المُسقط حدوث انخفاض في قيمة التدفق المرتفع مقارنة بالفترة المرجعية لـ RCP 8.5 في منتصف القرن. وفي المقابل، تُظهر الإسقاطات في إطار RCP 4.5 ارتفاعها بما متوسطه 60 في المئة مع نهاية القرن، غير أن طائفة قيَمها (تتراوح بين 54- في المئة و170 في المئة) لا تتيح تأكيد ارتفاعها هذا.

الشكل 65: متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في نهر مجردة

الجريان السطحي

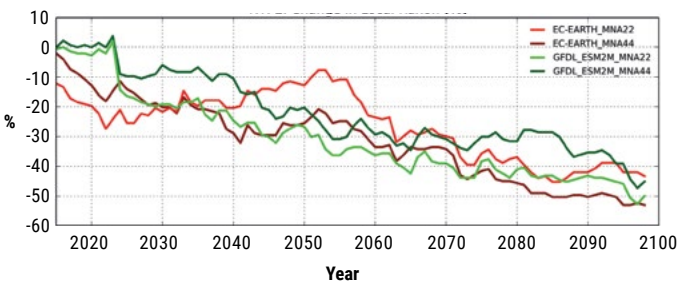


التصريف

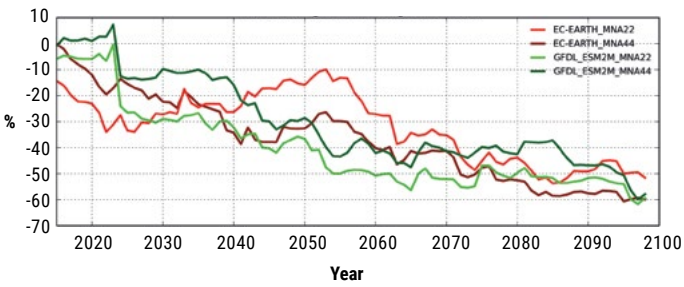


الشكل 66: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لنهر مجردة

الجريان السطحي



التصريف



4.4 حوض نهر الأردن

4.4.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي

ينبع نهر الأردن (الشكل 67) من سلسلة جبال لبنان وجبل الشيخ ويبلغ طوله 223 كلم اعتباراً من نقطة التقاء المنابع حتى المصب في البحر الميت. وتقدَّر مساحة حوضه بنحو 18,285 كلم^2 (بدون البحر الميت) وتوزَّع على عدد من البلدان الواقعة على ضفافه[37]. وروافده هي أنهار الحاصباني واللدان وبانياس التي تلتقي وتصب في بحيرة طبريا. وبتركه بحيرة طبريا ترفده مياه نهر اليرموك الذي يشكل أطول رافد في الحوض ويساهم فيه إلى حد بعيد. ومن ثم يرفده نهر الزرقاء في الأردن وعدد من الأودية الجانبية الشرقية والغربية عند مجراه السفلي.

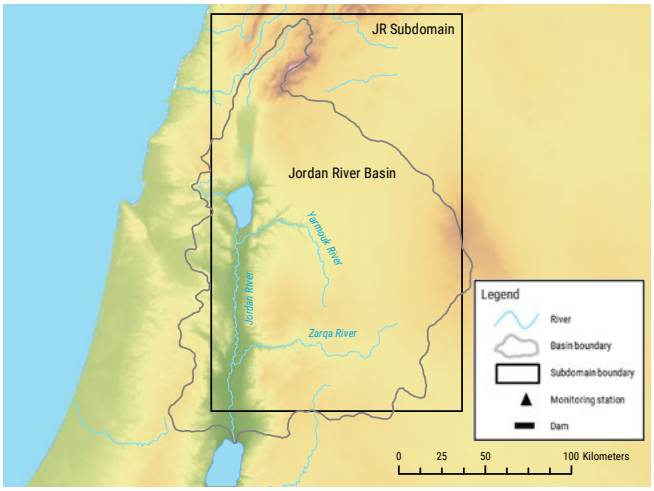
والمناخ في حوض نهر الأردن شديد التنوع ضمن منطقة صغيرة نسبياً وذلك بسبب الطوبوغرافيا السريعة التغير التي تخلق مناخات موقعية صغيرة مختلفة. ويتكون جزء صغير في شمالي الحوض من منطقة جبلية صغيرة في لبنان والجمهورية العربية السورية، في حين أن مناخ منحدرات حيود الجبال الشمالية الشرقية وأجزاء من الضفة الشرقية لنهر الأردن مناخ متوسطي جاف معتدل.

ويسود هضاب الضفة الغربية وغور الأردن مناخ السهوب تقل فيهما التساقطات ويتجاوز متوسط الحرارة فيها سنوياً 18 درجة مئوية. والمناخ في الهضاب السورية ومعظم مرتفعات الأردن مناخ قاحل. ويتراوح معدل التساقطات في الحوض بين 1,600 ملم و2,400 ملم في المنحدرات الشرقية من جبل الشيخ شمالا ويقل عن 200 ملم/بالسنة في أسفل الضفة الغربية وعن 100 ملم/بالسنة في ساحل البحر الميت. وتنخفض الأمطار من الشمال باتجاه الجنوب ومن الغرب باتجاه الشرق. والمناخ شديد التباين بين فصل وآخر في الحوض، فكمية الأمطار التي تهطل تتغير بشدة بين عام وآخر[38]. وعند المصب على البحر الميت، سجل النهر في الماضي كمية تدفق متوسطها 1,300 مليون م^3 سنوياً في خمسينيات القرن الماضي غير أن هذا المعدل انخفض إلى حد بعيد ليتراوح بين 20 و200 مليون م^3 في الوقت الحاضر بسبب ارتفاع كميات المياه التي تُسحب عبر النظم التي تتحكم بها ومنشآت تحويل المياه المبنيّة على مجراه[39].

4.4.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ

يشكل حوض نهر الأردن منذ عهد طويل ساحة لنزاعات على مياهه وأرضه، ولذلك، فإن إدارة الموارد المائية في الحوض مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالأوضاع الجيوسياسية الإقليمية. وحاولت البلدان المشاطئة التعاون لإدارتها منذ مطلع القرن الحادي والعشرين إلا أن ثماره كانت محدودة مما يزيد من صعوبة مواجهة تحديات تغيّر المناخ على الموارد المائية المحدودة والقطاعات المعتمدة عليها. وتُعرض أدناه أبرز القطاعات التي تتأثر سلباً بتبعات تغيّر المناخ في هذا الحوض.

الشكل 67: خريطة حوض نهر الأردن وامتداد النطاق الفرعي



الزراعة والأمن الغذائي وسبل العيش

إن الزراعة، بفعل استهلاكها الجزء الأعظم من المياه وأهميتها الفائقة كمصدر رئيسي لسبل الرزق، تمثل أشد القطاعات تأثراً بتقلّبية المناخ وتغيره في الضفة الغربية. والقسم الأعظم من الأراضي المزروعة تقع في غور الأردن الذي يُعتبر "سلة الغذاء" لدولة فلسطين. ويزداد هذا التأثر حدة نتيجة للاعتماد على الزراعة البعلية (نسبة 94 في المئة من المناطق الزراعية في الضفة الغربية). وسبل الرزق الزراعية المصدر، ولا سيما في أوساط المزارعين الذين يعتمدون على الأمطار لري مزروعاتهم، تتأثر دوماً وعلى نحو مباشر بالأمطار والجفاف. وأبرز الأخطار المناخية التي تهدد سبل الرزق في الريف هو تقلص كمية الأمطار وتفاوتها لأنه يمكن أن يخلفا أضراراً بالغة على كمية المحاصيل الزراعية: منها، على سبيل المثال، تغير الموسم الزراعي بشكل تام إذا تقلصت كمية الأمطار أو تأخر هطولها.

وحدثت هذه الأضرار في عدة مناطق في الضفة الغربية، فمحافظة طوباس الشمالية تعتمد اقتصادياً على الزراعة وشهدت جفاف متكرر فتقلصت مياه الينابيع وبالتالي تقلصت الفترات الزمنية المتاحة للمزارعين لري أراضيهم وإنتاج المحاصيل مرتين أو ثلاث مرات. كما أن السنوات الجافة تدفع شركة ميكوروت إلى قطع المياه العذبة عن سكان منطقة وادي نهر الأردن (كما حصل أثناء سنة 2008 الجافة)، وبالتالي الحد من عدد عمليات الحصاد. وفي الأردن يتركز الإنتاج الزراعي في منطقتين رئيسيتين هما المرتفعات الغربية التي تشهد تساقطات مرتفعة نسبياً ووادي الأردن. ورغم كون وادي الأردن منطقة أصغر بكثير من المرتفعات، فينتج الكم الأعظم من منتوجات البلد الزراعية ولذلك يحظى بأعلى مقدار من موارد الأردن المائية السطحية.

والمياه التي تُضخ من نهر اليرموك والآبار المجاورة إلى قناة الملك عبد الله تشكل أهم المصادر المائية للزراعة في وادي الأردن، أي العمود الفقري للمزروعات المروية. وعلى الرغم من ازدياد المصادر المائية الأخرى المستخدمة لهذا القطاع، كالمياه المبتذلة المعالجة

على سبيل المثال، لا يزال يمكن لتغير الأنماط المناخية المصحوب بشح المياه إلحاق أضرار جسيمة بالإنتاج الزراعي في المنطقة[40].

الحساسية إزاء الظواهر المناخية المتطرفة

إن الانخفاض الغير العادي في الأمطار في الحوض أسفر مرارا وتكرارا عن حالات جفاف أدت إلى خسائر اقتصادية وقلصت الإنتاج الزراعي مهددًا النمو الاقتصادي والاجتماعي. وحدث ذلك في دولة فلسطين، على سبيل المثال، وخصوصا بين عامي 2003 و2010، إذ إن الأمطار التي تساقطت كانت أقل من معدلها وشهدت هذه الفترة عدة حلقات من الجفاف الزراعي.

ومن الأمثلة على التبعات الحادة لشح المياه قرية العوجا الريفية التي تقع في وادي الأردن في الضفة الغربية واشتهرت في الماضي بالتجارة الزراعية. ووفرة الموارد المائية والتربة الخصبة في المنطقة مكّنت القريةَ من أن تصبح إحدى القرى القليلة التي تنتج عدة أنواع من المحاصيل، وكان إنتاجها الزراعي يعتمد كليا على نبع العوجا كمصدر وحيد للري.

وتسبب الضغط على الموارد المائية والجفاف وانخفاض معدل الأمطار بانخفاض حاد في كمية المياه المتوفرة كما بجفاف النبع. وكانت لهذا الأمر عواقب مدمرة على اقتصاد فلسطين الزراعي إذ إن آلاف الكيلومترات المربعة ضرب بعضها الجفاف وأصبح بعضها الآخر مهجورا بفعل عدم الحصول على المياه وانخفاض معدل التساقطات (من المُسقط أن ينخفض بما يصل متوسطه مع نهاية القرن إلى 3.8 ملم/بالشهر في إطار السيناريو RCP 8.5).

وعلى غرار ما تقدم، فإن الجفاف يُلحق أضرارا جسيمة أيضاً بسبل الرزق، ولا سيما مع استحالة الحصول على المياه في حالات الشح. والقيود المفروضة على الحركة والوصول إلى الأراضي والأسواق تهدد إسقاء قطعان الماشية وهجرتها الموسمية وتقلص المراعي، وفي حالات كثيرة تمنع الوصول إلى نقاط قريبة لملء المياه. ولذلك، أُجبر الرعاة على شراء المياه من نقاط أكثر بعدًا لملء المياه (لكن متاحة) مما يزيد عليهم تكاليف نقلها. وكانت تبعات الجفاف حادة أيضاً في الجمهورية العربية السورية والأردن[41].

قطاع الطاقة والطاقة الكهرومائية

إن عواقب تغيّر المناخ المباشرة على قطاع الطاقة لن تكون على الغالب مهمة قياساً بأولويات إمدادات الكهرباء في دولة فلسطين. والطلب على الكهرباء ما برح يشتد في كل القطاعات وهو يعتمد بشدة على استيرادها.

ويُنتظر أن يستتبع تغيّر المناخ اشتداد الطلب على الكهرباء للتكيف مع درجات حرارة متطرفة أعلى على مستوى الأسر المعيشية ولتخفيف تبعات تغيره على صحة الإنسان وقطاع الزراعة. ولا يملك الأردن مصادر محلية للطاقة مما يجعله يعتمد كلياً على استيراد الوقود الأحفوري.
غير أنه ينبغي أن تراعَى في سياق تغيّر المناخ بعض التطورات الأخيرة وبعض الخطط الرامية إلى إقامة منشآت مائية، لأن قطاعي المياه والكهرباء مرتبطان ارتباطاً وثيقاً. فمشروع القناة المقترح إنشاؤها بين البحر الأحمر والبحر الميت يرمي إلى ضخ المياه من سطح البحر في خليج العقبة إلى ارتفاع 230 متراً لتعبر الجبال في طريقها ومن ثم نزولاً إلى ما قدره 420 متراً تحت سطح البحر باتجاه مستوى البحر الميت.

وستُستخدم المياه المتدفقة نزولاً لتوليد الطاقة الكهرومائية التي ستوفر جزئياً أو كلياً الطاقة اللازمة لتحلية مياه البحر لأغراض الاستهلاك في عمّان والتجمعات السكانية المحيطة بها. ومشروع نقل المياه من الديسي إلى عمّان يحتاج أيضاً إلى مضخات مياه بقوة 50 ميغاوات أي ما نسبته 2 في المئة من استهلاك الأردن من الكهرباء سنوياً. ولذلك ينبغي إخضاع الصلات القائمة بين الموارد المائية وإنتاج/استهلاك الكهرباء للنظر والبحث المتعمق في ظل تغيّر المناخ، الأمر الذي يمكن أن يؤثر في إمدادات المياه والكهرباء في القسم الأردني من الحوض[42].

المياه الجوفية

تشكل المياه الجوفية إلى حد بعيد مصدر المياه الرئيسي للضفة الغربية. وبفعل سحب كميات من المياه الجوفية بما يتجاوز حدود استدامتها في هذه المنطقة، تأتي احتمالات انخفاض معدلات التساقطات والاحترار لتزيد الضغط على المياه كماً ونوعاً. وتشكل المحافظتان الغربية والجنوبية للضفة الغربية مستودعاً لتجدد المياه الجوفية التي تعتمد على معدلات التساقطات والتبخر النتحي، بما يؤثر في كمية المياه المتوفرة في المنطقة الشرقية التي تقع ضمن حدود حوض نهر الأردن.

واحتمال انخفاض معدل هطول الأمطار في السنوات القادمة يمكن أن يطرح أيضاً مشكلة كبيرة للأردن لأن الأمطار هي المصدر الوحيد لتجدد الخزانات الجوفية. واشتداد الطلب على مياه الري محلياً وفي المنطقة ككل سيخلف آثار شديدة على البلد لأن المياه الجوفية ستزرح تحت إجهاد إضافي يشمل ازدياد ملوحتها، علما أن المياه الجوفية تؤمن نسبة 50 في المئة من مجمل إمدادات المياه العذبة في الجزء السفلي من حوض نهر الأردن.

ويخلف الإفراط في استغلال المياه الجوفية في المرتفعات أيضاً تداعيات سلبية على كمية تدفق الينابيع والجريان السطحي الأساسي في الأنهار، التي تمثل أهم مصادر المياه للزراعات المروية في وادي الأردن.

وهذه الصلة الهيدرولوجية بين هطول الأمطار والمياه السطحية والمياه الجوفية فائقة الأهمية من حيث قابلية التأثر بتغير المناخ[43].

نوعية المياه ومسائل الصحة العامة

إن نوعية المياه في الحوض مشكلة خطيرة لأن مياه النهر تتدهور سريعاً على طول مجراه وتعاني من معدلات مرتفعة من الملوحة والتلوث، ولا سيما في الجزء السفلي من النهر. وقد تتفاقم هذه المشاكل وينبغي أخذها في الاعتبار في سياق تغيّر المناخ.

ومسائل الصحة العامة هي أيضاً تثير المخاوف. فالفلسطينيون المقيمون في منطقة وادي الأردن، على سبيل المثال، سيواجهون مشاكل صحية متزايدة سببها البيئة ونقص المياه، ومنها التجفاف والإسهال والكوليرا. وثمة مشكلة بارزة أخرى وهي النمو السكاني وانتشار البعوض الذي تقتضي مكافحته تكاليف باهظة. وينبغي أخذ خطر انتشار الأمراض الطفيلية في الاعتبار في سياق تغيّر المناخ لأن تغيره سنوياً وبحسب الفصول وارتفاع متوسط درجات الحرارة والأحوال الجوية المتطرفة تفتح الباب أمام انتشار ناقلات الأمراض الموجودة وظهور ناقلات مُغيرة أخرى[44].

الأوضاع الجيوسياسية

لقد أثرت الاضطرابات المدنية وما برحت تؤثر في إدارة الموارد المائية في الحوض. واعتزام الحكومة اللبنانية استغلال مياه نهري الحاصباني والوزاني واستخدامها كلياً أثار حالات توتر متكررة. وفي الضفة الغربية، يأتي الضغط على الموارد المائية الناجم عن حالة المناخ ليضاف إلى الاحتلال ومنع الوصول إلى الأراضي الزراعية، مما يضع الصحة وسبل الرزق في دائرة الخطر.

ويرزح قطاع المياه في الأردن تحت ضغوط إضافية بسبب تدفق نازحين إليه من دول مجاورة. فاستقبل الأردن منذ عام 2011 نحو 657,000 لاجئ سوري[45] يعيشون في مخيمات قريبة من المدن في جميع أنحاء البلد ويلقون مزيداً من الضغط على موارد الأردن المائية الشحيحة أصلاً. وثمة أيضاً دلائل على احتمال تلوث طبقات المياه الجوفية تحت مخيم الزعتري بسبب تسرب المياه المبتذلة إليها. كما أن الإفراط في ضخ المياه من هذه الطبقات الموجودة في عمان والزرقاء هو أيضاً سبب آخر يهدد الموارد المائية في هذه المنطقة[46].

وعلاوة على المشاكل الآنفة الذكر، ثمة جوانب تأثر أخرى في سياق تغيّر المناخ هي أيضاً مهمة منها، على سبيل المثال، النمو الديمغرافي والتوسع الحضري الشديد الذي يفضي إلى ازدياد الطلب على المياه.

واحتمال انخفاض معدل التساقطات يمكن أن يزيد من حدة مشاكل شح المياه في حوض نهر الأردن السفلي، على سبيل المثال، حيث تتركز نسبة 80 في المئة من موارد الأردن المائية وسكانه. إلى جانب ذلك، لا بد من التفكير في إيلاء الاعتبار للأطر المؤسساتية والتعاون عبر الحدود بغية ضمان وضع السياسات التي تتصدى للآثار السلبية المحتملة لتغيّر المناخ، مع الإشارة إلى أن استمرار النزاع في منطقة الحوض يؤثر مباشرة في آفاق إدارة المياه بشكل مشترك[47].

4.4.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية

إن التغيرات في مؤشرات الحرارة ومعدلات التساقطات والظواهر المناخية المتطرفة حتى نهاية القرن في حوض نهر



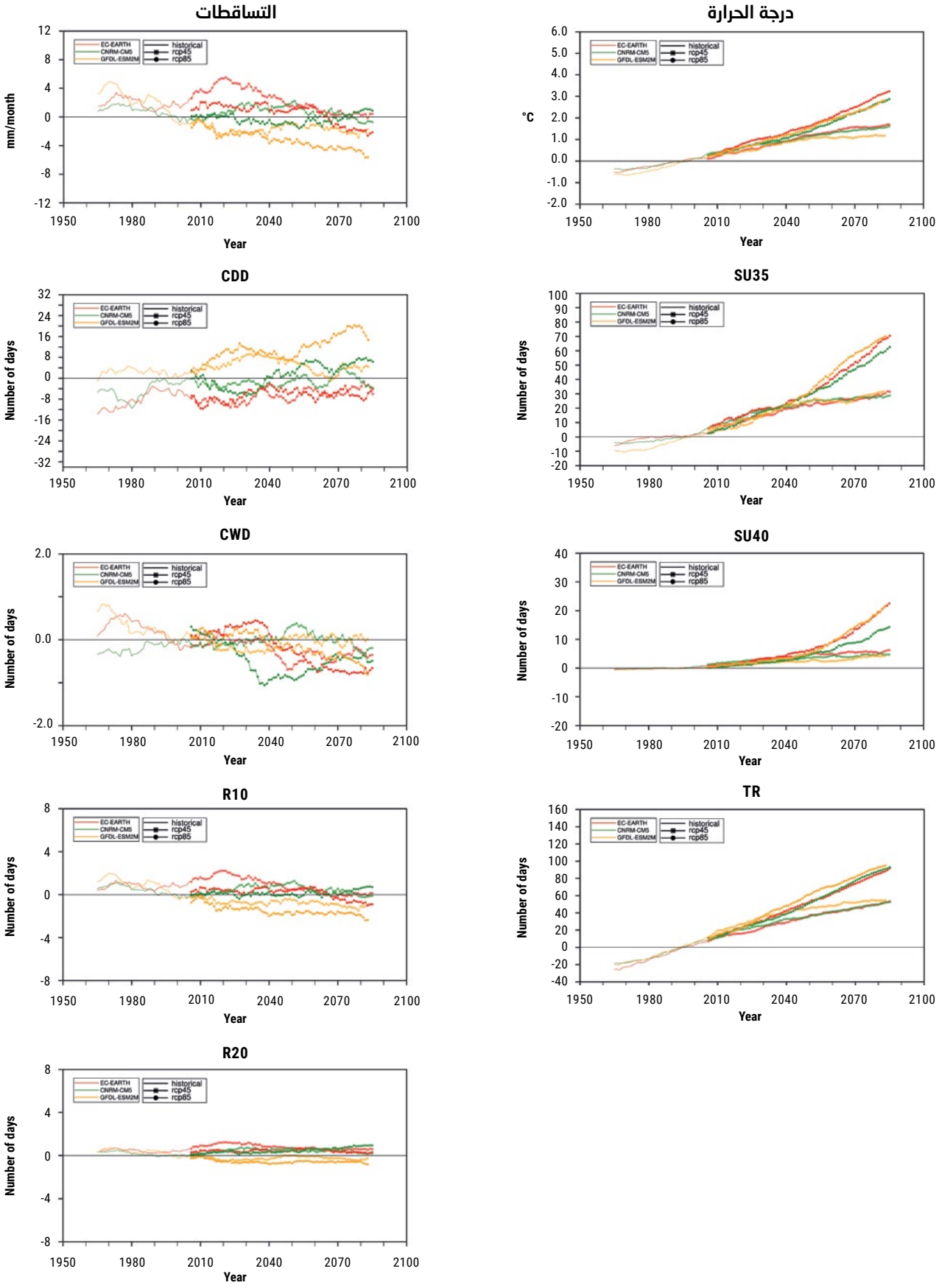
سد الملك طلال، الأردن، 2017. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

الأردن معروضة في التسلسلات الزمنية البيانية في الشكل 68. ومن المُسقط أن يرتفع متوسط الحرارة مع مرور الزمن بما قدره 1.2 درجة مئوية في منتصف القرن و1.5 درجة مئوية مع نهايته في إطار RCP 4.5. وفي إطار RCP 8.5، من المُسقط أن ترتفع الحرارة بما قدره 1.7 درجة مئوية في منتصف القرن و3.2 درجة مع نهايته.

ومن المُسقط أن ينخفض معدل التساقطات وأن يصبح هذا الانخفاض أكثر حدة مع نهاية القرن في إطار RCP 8.5. وفي إطار سيناريو الانبعاثات هذا، من المُسقط أن يتغير معدل التساقطات بما قدره 7- في المئة في منتصف القرن و13- في المئة مع نهايته مقارنة بالسيناريو RCP 4.5 الذي يُظهر تغيراً قدره 7- في المئة مع نهاية القرن.

ومن المُسقط أن ينخفض معدل التساقطات بما قدره 22 في المئة في فصل الصيف في إطار RCP 8.5 مع نهاية القرن. وبالنسبة لمعدلات التساقطات المتطرفة، تبين أربعة اسقاطات من أصل ستة أن ثمة منحى صاعداً لمؤشر SDII (غير معروض) يشير إلى ارتفاع كثافة التساقطات.

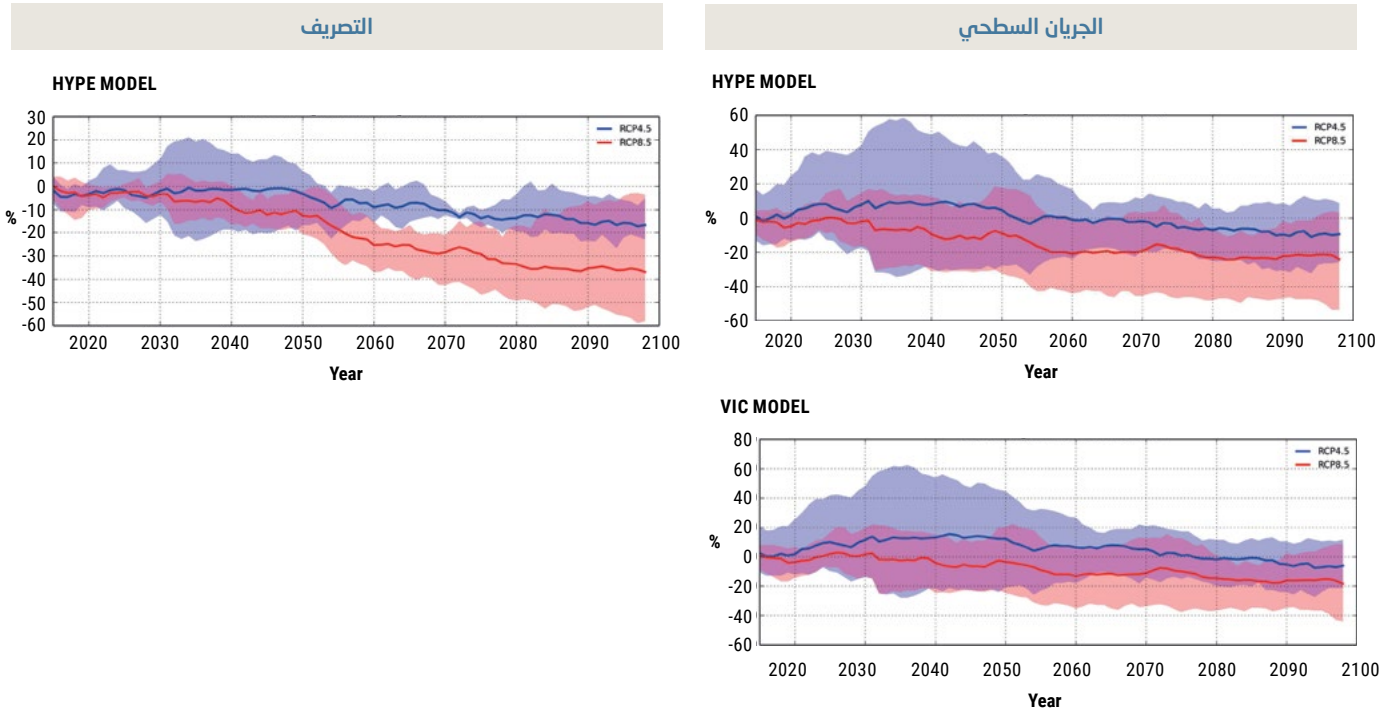
الشكل 68: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر الأردن



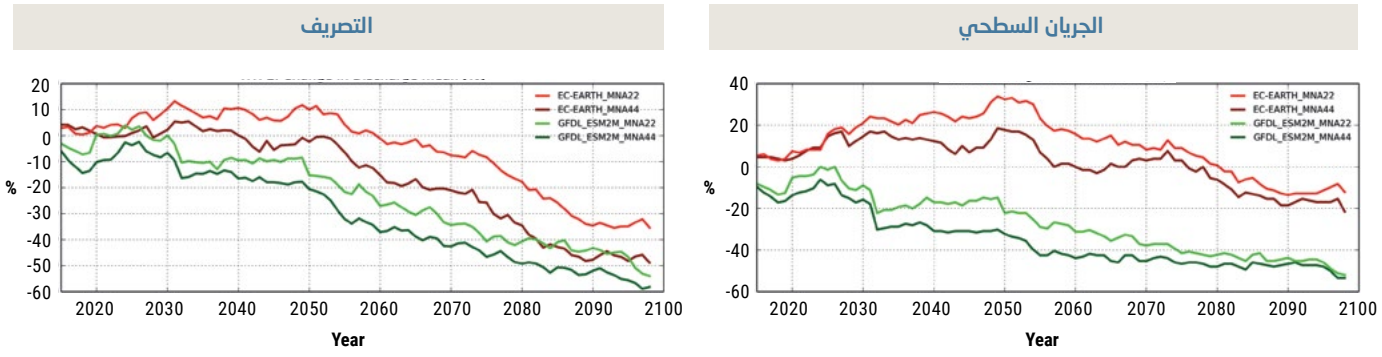
4.4.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

إن الاسقاطات الشاملة المتعلقة بالجريان السطحي، باستخدام النموذجين، شديدة التنوع من حيث القيَم وبالتالي لا يمكن تحديد اتجاه أكيد لها وذلك على النحو المبين في الشكل 69. وطائفة القيَم المتسقة الوحيدة مشمولة باسقاطات النموذج HYPE في فصل الصيف في إطار RCP 8.5 إذ يشير إلى انخفاض في متوسط الجريان السطحي بما قدره 21 في المئة في منتصف القرن و23 في المئة مع نهايته. وتُظهر الاسقاطات انخفاضاً في تغير متوسط كمية التصريف في منتصف القرن لـ RCP 8.5 وفي إطار السيناريوهين RCP مع نهايته. وفي ضوء طائفة القيَم الواسعة النطاق، لا يمكن تحديد اتجاه أكيد لمدى انخفاض كمية تصريف النهر. فانخفاض متوسطه في إطار RCP 8.5 مع نهاية القرن، على سبيل المثال، يبلغ 37 في المئة غير أن القيَم تتراوح بين 58- في المئة و4- في المئة. وعلى نحو ما تقدم، لا يزال هناك جوانب هامة من عدم اليقين بالنسبة للنتائج المتعلقة بكمية التصريف لهذا النطاق الفرعي، لأن تأثير الإنسان لا يؤخذ في الاعتبار ويمكن أن تكون له تبعات ذات شأن على حالة المياه ولا سيما في ضوء حجم حوض النهر.

الشكل 69: متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في نهر الأردن



الشكل 70: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطيRCP 8.5 لنهر الأردن



4.5 حوض نهر السنغال

4.5.1 لمحة عامة واختيار النطاق الفرعي

يشكل نهر السنغال الذي يبلغ طوله 1,800 كلم ثاني أطول نهر في غرب أفريقيا. وهو ينبع من غينيا ويجتاز غربي مالي ليصبح بعدها الحدود الفاصلة بين موريتانيا والسنغال في دربه إلى المحيط الأطلسي (الشكل 71). ويغطي حوض النهر مساحة تبلغ نحو 300,000 كلم^2 يقع معظمها في مالي (53 في المئة) تليها موريتانيا (26 في المئة) وغينيا (11 في المئة) والسنغال (10 في المئة)[48]. وأبرز روافده هي بافينغ وباكوي وفاليم وتنبع كلها من جبال فوتا جالون الغينية وتساهم في نسبة 80 في المئة من مياه النهر المتدفقة[49]. ويقدَّر عدد سكان الحوض بنحو 6 ملايين نسمة[50] وتقيم نسبة 85 في المئة منهم على طول النهر وروافده[51].

ويسود معظم حوض نهر السنغال مناخُ منطقة ما دون الصحراء الكبرى ويختلف فيه معدل هطول الأمطار باختلاف مناطقه. ويبلغ المعدل السنوي لهطول الأمطار ما متوسطه 550 ملم/بالسنة ويرتفع من الشمال باتجاه الجنوب ليبلغ 250-200 ملم/بالسنة في أقصى الشمال ويتجاوز 1,800 ملم/بالسنة في الجزء الغيني من الحوض جنوباً. ويسري ذلك على أكثر أنواع النبات انتشاراً في المنطقة، فالسفانا شبه القاحلة متواجدة في الشمال والغابات الشبه الرطبة في الجنوب[52]. والمناخ المتناقض بين الحوض العلوي والوادي السفلي تصاحبه تقلبية حادة بين فصل وآخر وبين عام وآخر. وشهد الحوض فترة طويلة من الجفاف بدأت في سبعينيات القرن الماضي واستمرت لأكثر من 30 عاماً، مع انخفاض حاد في الأمطار أسفر عن نقص سنوي مزمن في المياه في المنطقة[53].

ومتوسط تدفق النهر في باكل (التي تعتبر بشكل عام محطة مرجعية لأنها تقع تحت نقطة التقاء النهر مع آخر الروافد الرئيسية، فاليم) يقدَّر بنحو 690 م^3/بالثانية (نحو 22 بليون م^3/بالسنة). وانخفض هذا المستوى من 1,374 م^3/بالثانية أثناء الفترة 1950-1903 إلى 840 م^3/بالثانية أثناء الفترة 1972-1950 وإلى 419 م^3/بالثانية أثناء الفترة 2002-1973[54].

منذ أواخر ثمانينيات العقد الماضي، حدث تدريجيا في منطقة الوادي إزدياد عمليات التحكم بإنشاء حواجز مائية وقنوات تتدفق منها المياه بدون أي عائق وقنوات للري. وتم وصلها مباشرة بسدّين مائيين كبيرين هما سد مانتالي الواقع على الرافد بافينغ وسد دياما القريب من فوهة نهر السنغال.

ويعمل سد دياما (سعته 0.25 بليون م^3) منذ عام 1986 لحجب تسرب مياه البحر ولرفع مستوى الكتلة المائية في أعلاه (محصور بحواجز على طول الضفتين) لتيسير الري والملاحة وملء بحيرتي السنغال وموريتانيا.

ويتحكم سد مانتالي (سعته 12 بليون م^3) بتدفق مياه نهر بافينغ منذ عام 1988 للحد من الفيضانات الحادة وتوليد الطاقة

الشكل 71: خريطة حوض نهر السنغال وامتداد النطاق الفرعي



الكهرومائية وخزن المياه في فصل الأمطار لرفع كمية تدفق المياه أثناء الفصل الجاف لأغراض الري والملاحة. وأتاحا السدان اللذان أنشئا توفير المياه العذبة على مدار السنة بكميات كافية مما ساهم في تنمية الزراعات المروية في الوادي وإفادة السكان المقيمين قربهما من شبكات مياه الشرب.

4.5.2 القطاعات المعرضة للتأثر إزاء تغيّر المناخ

أفيد على نطاق واسع بأن وراء الضغط على موارد الحوض المائية في السنوات الأخيرة عاملين بارزين هما: التقلبية في المناخ وفي أنماط هطول الأمطار، فضلاً عن بناء السدود. وأبرز القطاعات تأثراً بتغيّر المناخ تتصل على نحو مباشر أو غير مباشر بهذين العاملين وهي معروضة أدناه.

الزراعة والأمن الغذائي وسبل العيش

إن القسم الأعظم من المياه المستخدمة في الحوض مخصص لقطاع الزراعة (نحو 85 في المئة من كمية المياه المسحوبة منه) الذي يعمل فيه أكثر من 50 في المئة من القوة العاملة في كل البلدان المشاطئة النهر. وما برح الحوض العلوي، بمعظمه، منطقة تشكل مورد رزق زراعياً وتتغير فيها الزراعات من موسم إلى آخر. وفي الوادي السفلي والدلتا، تتواجد جنباً إلى جنب نظم الإنتاج التقليدية (زراعة الأرض بعد انحسار الفيضان، تربية الماشية، صيد الأسماك) وطرائق الري الحديثة بضخ المياه من النهر.

وقناة نهر السنغال الرئيسية، في نظامها الطبيعي، تفيض أثناء ارتفاع منسوب المياه في موسم الأمطار وتغمر المنخفضات الواسعة الموجودة في وسط الوادي وأسفله لتغطي مئات الهكتارات أثناء السنوات التي تنخفض فيها الفيضانات وأكثر من 500,000 هكتار في السنوات الأكثر مطراً. عندما توفرت هذه الظروف وانعدم الجفاف، ساهمت زراعة الأرض بعد انحسار الفيضانات مساهمة كبيرة في تحقيق الاكتفاء الذاتي لنسبة 50

في المئة من سكان منطقة الوادي العليا (منطقة باكل) ولنسبة 68 في المئة من سكان منطقة الوادي الوسطى (منطقة بودور). وعلى امتداد العقود الأخيرة، تأثر هذا النظام الزراعي تأثراً عميقاً أولا بالجفاف ونقص المياه المزمن، وبالسدود وخصوصاً سد مانانتالي الذي تحكم بالمياه المتدفقة في النهر. والأنشطة الزراعية الهامة الأخرى في الحوض تشمل تربية الماشية وصيد الأسماك اللذين تأثرا كلاهما أيضاً ببناء السدود ولكن بدرجات متفاوتة؛ فعلى سبيل المثال، لوحظ تغير في حجم الثروة السمكية إذ انخفض بما يتراوح بين 50 في المئة و70 في المئة في مصب منطقة دياما، وارتفاع منسوب المياه في خزان سد دياما وبحيرة دوغيرس (Lac de Guiers) وانخفاض هائل في مياه وسط الوادي (لا سيما بعد الخلل في دورة الفيضانات في السهل الرسوبي الذي يشكل المنطقة المفضلة لتكاثر الأسماك).

وبناء على ذلك، يتسم قطاع الزراعة وكل ما يتصل به من أنشطة ببالغ الأهمية وينبغي إيلاؤه الاعتبار من حيث تأثره بتغيّر المناخ، لأن هذا القطاع مرتبط على نحو وثيق بالتطور الاقتصادي الاجتماعي وصون سبل الرزق في الحوض[55].

تدهور الأراضي والتصحر

تثير مشكلتا تدهور الأراضي والتصحر بالغ القلق في الحوض. فسوء استخدام الأراضي في مناطق شتى من فوتا جالون وهضبة ماندينغ أسفر عن تآكل التربة وتدهور الأراضي وفقدان التربة خصوبتها، مما أفضى إلى تعرية مساحات شاسعة من الأراضي. وانتشار التصحر في الحوض كله، يضاف إليه الإفراط في استغلال الموارد الطبيعية، هو أيضاً غيّر طبيعة الحوض من حيث أنماط الاستيطان البشري.

وإضافة إلى ذلك، ثمة ظواهر مثل انخفاض معدلات هطول الأمطار، وازدياد تواتر حالات الجفاف الحاد، والرياح الترابية المعروفة باسم هارماتان، وتحرك الكثبان الرملية وما يستتبعه ذلك من تقلص في الأراضي الزراعية والماشية، أسفرت كلها عن تدهور الأراضي والتصحر مع السنين علماً أن هاتين الظاهرتين بدأتا تتجهان نحو جنوب الحوض. وكانت أراضي الدلتا أشد المناطق معاناة من التدهور بسبب ارتفاع نسبة الملوحة. وهذه الظواهر المرصودة كافة يمكن أن تتفاقم مع تغيّر المناخ، فينخفض مستوى إنتاجية الأراضي ويختفي التنوع البيولوجي لكن الأهم من ذلك كله هي الأخطار التي تهدد الأمن الغذائي ومستويات المعيشة لسكان منطقة الحوض[56].

نوعية المياه والنظم الإيكولوجية ومسائل الصحة العامة

أدخلت السدود والحواجز الصخرية المرتبطة بها تغيرات هامة على الصعيد الإيكولوجي في السهل الفيضي على جانبي النهر الموريتاني والسنغالي. وأنتج سد دياما كتلة دائمة من المياه العذبة غزتها أنواع من النباتات البحرية: Typha australis, Pistia startioles, Salvinia molesta. وأثر انتشار هذه النباتات تأثيراً بالغاً في الأنشطة الزراعية بانتشارها في المناطق الزراعية المروية وسدها قنوات الري



نهر السنغال، موريتانيا، 2010. المصدر: إيهاب جناد.

وفي صيد الأسماك إذ إنها تعيق حركة الصيادين وتشكّل ملاجئ للأسماك يتعذر الوصول إليها. وساهمت هذه الأوضاع أيضاً في تفشي أمراض منقولة بالمياه مثل الملاريا وداء البلهارسيا (الشُستُوسوما) وتشكل النباتات البحرية المُغيرة والمياه الراكدة بيئة خصبة لتكاثر البعوض والحلزون.

وأصبح داء البلهارسيا مشكلة صحية عامة خطيرة في الدلتا، ولا سيما لدى الأطفال. والازدياد السريع في الإصابة به عقب ثلاث سنوات من بدء تشغيل السدين دليل على الصلة السببية بين انتشار هذا المرض وتغيّر نظام جريان النهر. ويسري ذلك على داء الملاريا الذي كان، قبل افتتاح السدين، يظهر خصوصاً أثناء موسم الأمطار لكنه أصبح الآن يظهر في مواسم أخرى غيره (كانون الأول/ديسمبر وأيار/مايو).

وما زال الحوض يشكل وجهة هامة للطيور المهاجرة ولا سيما الطيور المائية التي تغادر أوروبا بأعداد كبيرة أثناء فصل الشتاء باتجاه الأراضي الرطبة في وادي السنغال والدلتا. واختيرت أربعة مواقع هامة في أراضي الدلتا الرطبة لتُحفظ بموجب اتفاقية رامسار تشمل حديقتي دياولنغ (موريتانيا) ودجودج (السنغال) الوطنيتين.

إن الاعتبارات الواردة أعلاه، إضافة إلى تغيّر نظام جريان النهر وتدهور المواطن الطبيعية، تهدد التنوع البيولوجي في الحوض. ولذلك، تشكل نوعية المياه والنظم الإيكولوجية ومسائل الصحة العامة قطاعاً هاماً ينبغي مراعاته في سياق تحليل أكثر عمقاً لتغيّر المناخ بسبب ارتباطها على نحو وثيق بهيدرولوجيا النهر وتقلبية المناخ[57].

الحساسية إزاء الظواهر المناخية المتطرفة
ضرب الحوض في سبعينيات القرن الماضي جفاف قاس دام لفترة ثلاثة عقود رافقه انخفاض حاد في هطول الأمطار. وكانت لهذا الجفاف انعكاسات شديدة على موارد الحوض المائية تجسدت في تقلص كميات المياه المتدفقة وتسبب بحالات متتابعة ومزمنة من نقص المياه سنوياً.

زد على ذلك أن الحوض، لئن كان تقلب المناخ يجعله أكثر عرضة للفيضانات التي تغطي مساحات شاسعة من الوادي لعدة أيام أو أسابيع أثناء الفترة الممتدة بين آب/أغسطس وأيلول/سبتمبر، شهد فيضانات حادة للغاية في آب/أغسطس 1999 استمرت حتى منتصف تشرين الأول/أكتوبر في العديد من المناطق. وأفضى ذلك إلى دمار عدة قرى وشبكات ري، وهجرة السكان لمنازلهم، وخسائر هائلة في محاصيل الأرز.

وباتجاه أسفل النهر، لحقت بمدينة سان لويس الواقعة قرب مصب النهر أضرار جسيمة لأن المياه غمرت مساحات تم تطويرها أثناء السنوات التي كانت أكثر جفافاً في ثمانينيات القرن الماضي. وظهرت أيضاً إشارات إلى حدوث تغيرات في مستوى البحر محلياً في هذه المنطقة المنخفضة، وهذا أمر ينبغي أخذه في الاعتبار في سياق تغيّر المناخ[58].

وإضافة إلى المسائل الآنفة الذكر، فإن الفقر المدقع السائد في المنطقة يجعل السكان شديدي التأثر بتغيّر المناخ. والجفاف الحاد الذي شهدته ستينيات وسبعينيات القرن الماضي دفع البلدان الواقعة على ضفاف النهر إلى البحث عن سبل التعاون الممكنة للتخفيف من تبعاته. وهذه الحالة فريدة من نوعها في المنطقة ككل: كانت الدوافع وراء التعاون بين البلدان المشاطئة هي الجفاف الشديد وما تلاه من هشاشة للسكان بدلاً من التنازع على موارد النهر المائية.[59]

وهذه الضغوط على الموارد المائية، يضاف إليها ضغوط النمو السكاني السريع وتنوع أنشطة الإنتاج، خلفت تبعات على بيئة الحوض الطبيعية وتنوعها الإيكولوجي، مما قد يزيد من الخطر الذي يتعرضان له بسبب آثار تغيّر المناخ.

4.5.3 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية

يبيّن الشكل 72 التغيرات المُسقطة في مؤشرات الحرارة ومعدلات التساقطات والظواهر المناخية المتطرفة في منابع نهر السنغال.

تنحو درجات الحرارة ومعدلات التساقطات، وفقا لنتائج المُسقطة المتعلقة بتغيّرهما، نحو الارتفاع. والتغيّر الإيجابي في متوسط الحرارة في إطار RCP 4.5 يبلغ 1.6 درجة مئوية في منتصف القرن و2.1 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة للسيناريو RCP 8.5، ترتفع الحرارة بما قدره 2.3 درجة مئوية في منتصف القرن و4.3 درجة مئوية مع نهايته مقارنة بالفترة المرجعية. ومن المُسقط أن ترتفع درجات الحرارة حتى أكثر من ذلك في فصل الشتاء.

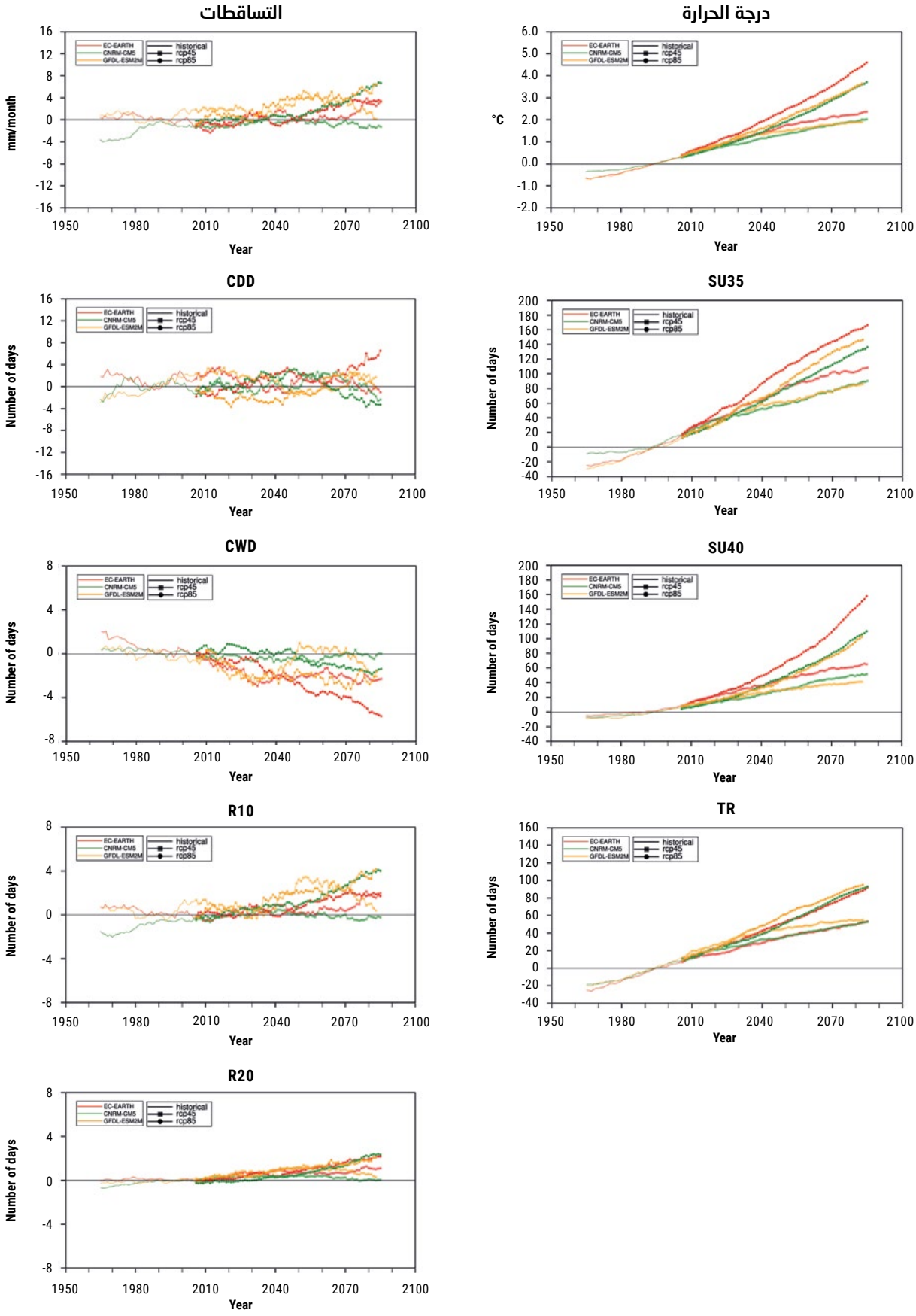
ويبيّن التغيّر المُسقط في معدلات التساقطات أنها سترتفع بنسبة 1 في المئة في منتصف القرن وبنسبة 2 في المئة مع نهايته في إطار RCP 4.5. وفي إطار RCP 8.5، يرتفع مستوى تغيّر معدلات التساقطات ليبلغ نسبة 3 في المئة في منتصف القرن ونسبة 9 في المئة مع نهايته. وعلى صعيد معدلات التساقطات المتطرفة، تدل المخرجات المستندة إلى مؤشر SDII (غير معروض) على أن ثمة منحى نحو ارتفاعها يسري على كل الإسقاطات. وإلى جانب النطاق الفرعي لمنابع نهر الفرات، يمثل التغيّر المُسقط في مؤشر R20 لنهر السنغال استثناء: فكل الإسقاطات تبيّن أن التغيّر ينحو إلى الارتفاع (مقارنة بتغيّر لا يُذكر بالنسبة للنطاقات الفرعية الأخرى).

4.5.4 نتائج النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية

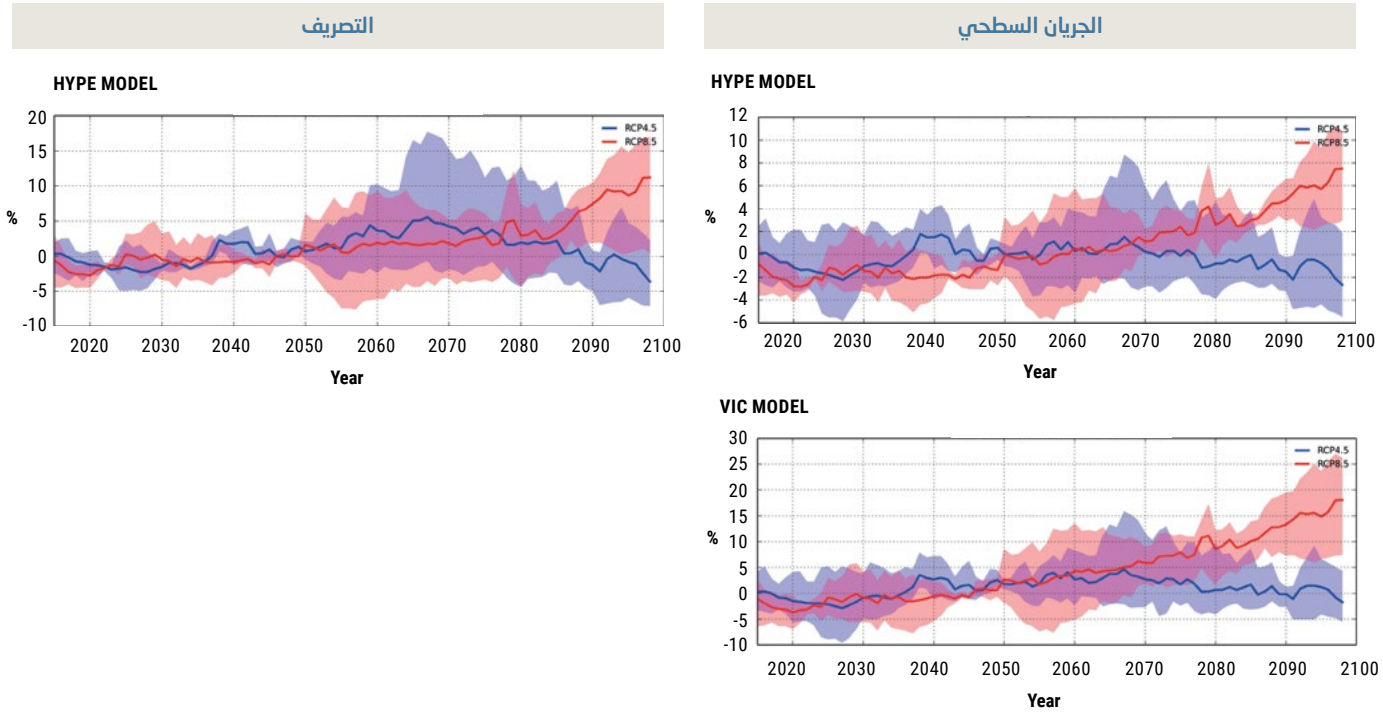
إن حوض نهر السنغال الذي شهد ارتفاعاً في جريانه السطحي خصوصاً مع نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 8.5 (يتراوح متوسط الارتفاع بين 8 في المئة و18 في المئة، وفقاً للنموذج المستخدم) يُظهر انخفاضاً طفيفاً في معدل جريانه السطحي مع نهاية القرن الحالي في إطار RCP 4.5 (يتراوح بين 2 في المئة و3 في المئة، وفقاً للنموذج المستخدم) على الرغم من أن معدلات التساقطات تبيّن ارتفاعاً (الشكل 73). والتفسير المرجح لهذا الأمر هو أن معدلات التساقطات يقابلها ارتفاع مستوى التبخر النتحي.

أما بالنسبة لمتوسط التغير في كمية التصريف، فلا يمكن تحديد اتجاه نهائي له لوجود طائفة قيَم واسعة النطاق. غير أنه توجد على مستوى الفصول إشارات إلى ارتفاع نسبته 13 في المئة بالنسبة لفصل الشتاء مع نهاية القرن في إطار RCP 8.5، مع مجموعة القيَم تُظهر كلها هذا الارتفاع (يتراوح بين 2 في المئة و26 في المئة). وعند التدقيق في التغيّرات المُسقطة في قيمة التدفق المرتفع، تُظهر طائفة القيَم أن ثمة زيادة مُسقطة بنسبة 15 في المئة في إطار RCP 4.5 في منتصف القرن، وبنسبة 25 في المئة مع نهاية القرن لـRCP 8.5. وتتسق هذه التغيّرات المُسقطة مع التغيّرات المبيّنة لفصل الصيف. وبالنسبة لفصل الشتاء، الزيادات مُسقطة في نهاية القرن.

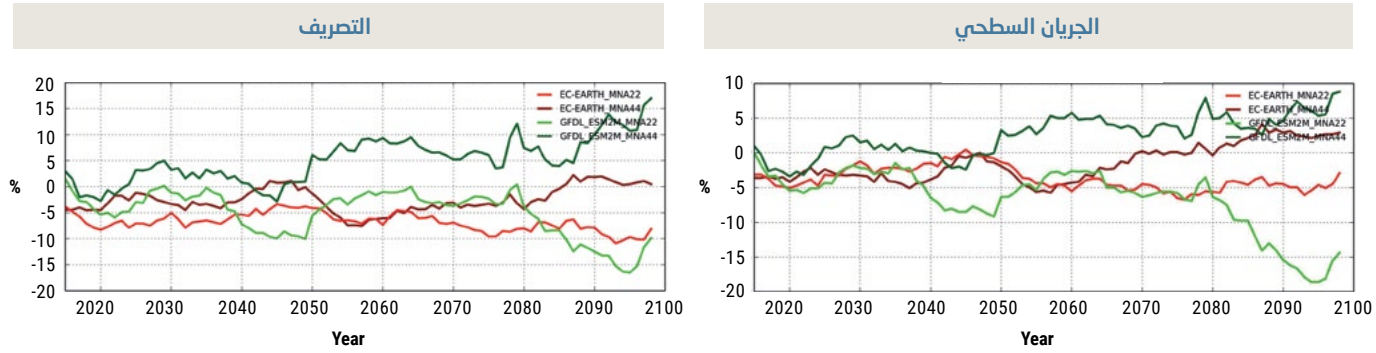
الشكل 72: متوسط التغير في درجات الحرارة والتساقطات وفي مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر السنغال



الشكل 73: متوسط التغير في الجريان السطحي (باستخدام HYPE و VIC) والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في منابع نهر السنغال



الشكل 74: المقارنة بين استبانة 25 كلم (MNA22) و استبانة 50 كلم (MNA44) لمتوسط التغير في الجريان السطحي والتصريف (باستخدام HYPE) مع مرور الزمن لإسقاطي RCP 8.5 لمنابع نهر السنغال



الإطار 5: استخدام مخرجات ريكار لإثراء البحوث المتعلقة بالأحواض

تماشياً مع إحدى ركائزها التي تقوم على خدمة نشر المعرفة وإثراء المزيد من الأبحاث بشأن تقييمات المناخ في المنطقة العربية، تم استخدام مخرجات ريكار في مشاريع قائمة ذات صلة بتقييم موارد المياه في المنطقة العربية. ومن الأمثلة على ذلك، البرنامج التعاوني لنهري الفرات ودجلة (CPET) الذي يهدف إلى تحسين الحوار والتعاون بين دول الحوض فيما يتعلق بإدارة المياه في منطقة نهرَي الفرات ودجلة. وبناء على نتائج ريكار، من حيث صلتها بالنمذجة المناخية الهيدرولوجية، تم استخدام مخطط نموذج HYPE كأساس لوضع نموذج هيدرولوجي محسّن على مستوى الحوض، ومن المرتقب أن تُستخدم أيضاً بيانات الإسقاطات وذلك ضمن هذا المشروع من أجل محاكاة سلوك الأنهار في ظل خيارات مختلفة ذات صلة بإدارة المياه، في إطار مناخ مستقبلي متغير.

وينفَّذ برنامج التعاون المذكور بالشراكة مع المركز الدولي للزراعة الملحية (ICBA) والمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية (SMHI) ومعهد ستوكهولم الدولي للمياه (SIWI)، وتموله الوكالة السويدية للتعاون الدولي من اجل التنمية (Sida).

المصدر: SMHI (2017)

الحواشي

1. AMWC, 2012.
2. الاجتماع الخامس لفريق الخبراء المتعلق بالمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية التأثر الاجتماعي والاقتصادي في المنطقة العربية (عمّان، 12-11 كانون الأول/ ديسمبر 2013).
3. الدورة التاسعة للجنة الفنية العلمية الاستشارية التابعة للمجلس الوزاري العربي للمياه (القاهرة، 28-26 كانون الثاني/يناير 2014).
4. NBI, 2012; Allam et al., 2016.
5. Melesse et al., 2014.
6. Camberlin, 2009; Senay et al., 2014.
7. NBI, 2014.
8. Sutcliffe and Parks, 1999; Allam et al., 2016.
9. Ali, 2014.
10. Melesse et al., 2014.
11. NBI, 2016.
12. Karimi et al., 2012.
13. Kitaw and Yitayew, 2014; Jeuland 2010; Whittington et al., 2014.
14. Taye et al., 2015; Awadallah, 2014.
15. Senay et al., 2014; Sherif and Singh, 1999.
16. Kibret et al., 2015.
17. Melesse et al., 2014; Wimberly and Midekisa, 2014.
18. NBI, 2008; UNEP, 2013.
19. Frihy and El-Sayed, 2013; Hassaan and Abdrabo, 2013.
20. UN-ESCWA and BGR, 2013.
21. Isaev and Mikhailova, 2009; Daggupati et al., 2017.
22. USGS, 2012.
23. ESCWA and BGR, 2013.
24. Sumer, 2014; UN-Iraq, 2013b; Janabi, 2013 .Kucukmehmetoglu and Geymen, 2014
25. UN-Iraq, 2013a; Middleton and Sternberg, 2013.
26. Voss et al., 2013.
27. Stevens, 2012; Awadh and Ahmed, 2013; Varol et al .2011
28. Pilesjo and Al-Juboori, 2016.
29. Milillo et al., 2016; Wall Street Journal, 2016.
30. Bozkurt and Sen, 2013; Issa et al., 2014; Shamout and .Lahn, 2015
31. Djebbi, 2012; SWIM, 2012; ACSAD, 2015.
32. Moldenhauer et al., 2007; Zahar et al., 2008; Hermassi et al., 2014.
33. Zahar et al., 2008; Jelassi et al., 2015; Hermassi et al .2014
34. Hermassi et al., 2014; Chabchoub, 2011; Wiebelt et al .2014
35. Bargaoui et al., 2014; Gharbi et al., 2016; .Louati et al., 2015; Khoualdia et al., 2014
36. Arif, 2012; Abidi et al., 2015; Etteieb et al., 2015.
37. UN-ESCWA and BGR, 2013.
38. Zeitoun et al., 2012.
39. UN-ESCWA and BGR, 2013.
40. يقدّر Courcier et al. ، 2005 حوالي 275 مليون م^3 لعام 2000 و 2011 ، FoEME ، تبلغ 30-20 مليون م^3 في 2009.
41. Wolff et al., 2007; Dobricic, 2013; Mason and Mimi, 2014; .Al-Bakri et al., 2013; Lund, 2014
42. Shatanawi et al., 2013; Shadeed, 2013; WFP, 2014; .Törnros and Menzel, 2014
43. Jaber, 2012; Ismail et al., 2013.
44. Froukh, 2010; Mizyed, 2009; Hashemite Kingdom of .Jordan, 2010; Altz-Stamm, 2012
45. Mason and Mimi, 2009; FoEME, 2010; Mason et al., 2010.
46. آذار 2017, استنادا الى UNHCR, 2017.
47. Ministry of Environment, 2013; Farishta, 2014; Müller et al., 2016
48. Haering et al., 2010; Earle et al., 2015; Quba'a et al .2017
49. OMVS, 2014c.
50. FAO, 2007; OMVS, 2014a.
51. يستند هذا التقدير إلى افتراض أنّ 16 في المائة من مجموع سكان البلدان الأربعة المشاطئة يعيشون في الحوض.
52. OMVS, 2014b.
53. Stisena et al., 2008.
54. Oyebande and Odunuga, 2010; OMVS, 2014b.
55. Mbaye et al., 2015.
56. Varis and Fraboulet-Jussila, 2002; WFP, 2013; Djaman et al., 2016
57. OMVS, 2014c; UNEP, 2009.
58. OMVS, 2014c; Mbaye et al., 2016; Manikowski and .Strapasson, 2016
59. Dia, 2007; Osorio and Galiano, 2012; Yacoub and Tayfur, .2017
60. Dione, 2004; Mbengue, 2014.

المراجع

Abidi, S., Bejaouia, M., Jemlia, M. and Boumaizaa, M. 2015. Water Quality of the Oued Medjerda, Tunisia and Algeria, and three of its Northern Tributaries. *Hydrological Sciences Journal*, 60(9).

ACSAD (The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands). 2015. Case study of the Medjerda River Basin using HEC-HMS. In *RICCAR Regional Workshop on Moving from Climate Change Impact Assessment to Socio-Economic Vulnerability Assessment in the Arab Region, 8-10 June 2015*. ESCWA, Beirut. Available at: https://www.unescwa.org/events/riccar-regional-workshop-moving-climate-change-impact-assessment-socio-economic-vulnerability.

Al-Bakri, J. T., Salahat, M., Suleiman, A., Suifan, M., et al. 2013. Impact of Climate and Land Use Changes on Water and Food Security in Jordan: Implications for Transcending "The Tragedy of the Commons". *Sustainability*, 5: p. 724-748.

Ali, Y. S. A. 2014. The Impact of Soil Erosion in the Upper Blue Nile on Downstream Reservoir Sedimentation. DoctorateThesis. Delft University of Technology, UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft. Available at: http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:8ac9e0a5-ec7e-4173-ada4-255a3b2ed908.

Allam, M. M., Figueroa, A. J., McLaughlin, D. B. and Eltahir, E. A. B. 2016. Estimation of Evaporation over the Upper Blue Nile Basin by Combining Observations from Satellites and River Flow Gauges. *Water Resources Research*, 52(2).

Altz-Stamm, A. 2012. Jordan's Water Resource Challenges and the Prospects for Sustainability. Available at: http://www.caee.utexas.edu/prof/maidment/ giswr2012/TermPaper/Altz-Stamm.pdf.

AMWC (Arab Ministerial Water Council). 2012. Arab Strategy for Water Security in the Arab Region to Meet the Challenges and Future Needs for Sustainable Development 2010-2030. Published by League of Arab States. Cairo. Available at: http://www.accwam.org/Files/Arab_Strategy_for_Water_Security_in_the_Arab_Region_to_meet_the_Challenges_and_Future_Needs_for_Sustainable_Development_-_2010-2030.pdf.

Arif, S. 2012. Coût de la Dégradation des Ressources En Eaux - Le Bassin Versant de la Medjerda Atelier de Concertation. Published by SWIM (Sustainable Water Integrated Management).

Awadallah, A. G. 2014. Evolution of the Nile River Drought Risk Based on the Streamflow Record at Aswan Station, Egypt. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 31(3): p. 260-269.

Awadh, S. M. and Ahmed, R. M. 2013. Hydrochemistry and Pollution Probability of Selected Sites along the Euphrates River, Western Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(7): p. 2501–2518.

Bargaoui, Z., Tramblay, Y., Lawinc, E. A. and Servatb, E. 2014. Seasonal Precipitation Variability in Regional Climate Simulations over Northern Basins of Tunisia. *International Journal of Climatology*, 34: p. 235-248.

Bozkurt, D. and Sen, O. L. 2013. Climate Change Impacts in the Euphrates–Tigris Basin Based on Different Model and Scenario Simulations. *Journal of Hydrology*, 480: p. 149-161.

Camberlin, P. 2009. Nile Basin Climate. H. Dumont (eds). In *The Nile: Origin, Environments, Limnology and Human Use*. Published by Springer. Available at: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-9726-3_16

Chabchoub, M. A. 2011. Evaluation des Systèmes de Production Méditerranéens dans un Contexte de Changement Climatique: Cas de la Basse Vallée de la Medjerda en Tunisie. MSc Thesis. Institut Agronomique Mediterranéen de Montpellier, CIHEAM, Available at: http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/doc_num.php?explnum_id=7399.

Courcier, R., Venot, J. P. and Molle, F. 2005. Historical Transformations of the Lower Jordan River Basin (in Jordan): Changes in Water Use and Projections (1950-2025). In *Comprehensive Assessment Research Report 9*. Published by Comprehensive Assessment Secretariat. Colombo, Sri Lanka. Available at: http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/publications/CA%20Research%20Reports/ColouredCARR9.pdf. Accessed on May 25, 2012.

Daggupati, P., Srinivasan, R., Ahmadi, M. and Verma, D. 2017. Spatial and Temporal Patterns of Precipitation and Stream Flow Variations in Tigris-Euphrates River Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(50).

Dia, A. M. 2007. Adapting to Climate Variability in the Senegal River Basin in West Africa. Published by African Global Change Research Grants, University of Dakar, Senegal. Available at: http://start.org/download/gec07/dia-final.pdf.

Dione, O. 2004. Thirty Years Of Cooperation In The Senegal River Basin: A Success Story in Cooperative River Basin Management. In *Lecture at Tufts University*. Available at: http://www.tufts.edu/water/pdf/WaterConflict/OusmaneDione.pdf.

Djaman, K., Balde, A. B., Rudnick, D. R., Ndiaye, O., et al. 2016. Long-term Trend Analysis in Climate Variables and Agricultural Adaptation Strategies to Climate Change in the Senegal River Basin. *International Journal of Climatology*.

Djebbi, M. 2012. Delineation of the Flood Prone Zones Along the Medjerda River Downstream of Sidi Salem Dam in Tunisia. *Journal of Sustainable Watershed Science & Management*, 1(2): p. 46-52.

Dobricic, K. 2013. Water Scarcity in the Jordan Valley; Impacts on Agriculture and Rural Livelihoods. Master's Thesis. Uppsala University, Department of Earth Sciences. Uppsala, Sweden. Available at: http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:651322/FULLTEXT01.pdf.

Earle, A., Cascao, A. E., Hansson, S., Jägerskog, A., et al. 2015. Transboundary Water Management and the Climate Change Debate. Published by Routledge. Available at: https://www.routledge.com/products/9780415835152?utm_source=adestra&utm_medium=email&utm_campaign=sbu3_mbs_4mx_1em_9env_rnl15_x_x

ESCWA and BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). 2013. Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. Beirut. Available at: www.waterinventory.org.

Etteieb, S., Cherif, S. and Tarhouni, J. 2015. Hydrochemical Assessment of Water Quality for Irrigation: A Case Study of the Medjerda River in Tunisia. *Applied Water Science*.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. Irrigation potential in Africa a Basin Approach. Available at: http://www.fao.org/docrep/w4347e/w4347e00.htm.

Farishta, A. 2014. The Impact of Syrian Refugees on Jordan's Water Resources and Water Management Planning. Master of Science Thesis. Columbia University, Faculty of Architecture and Planning and Preservation. New York. Available at: http://earth.columbia.edu/sitefiles/file/students/showcase/2014/Aleena-Farishta.pdf.

FoEME (Friends of the Earth Middle East). 2010. Towards a Living Jordan River: An Environmental Flows Report on the Rehabilitation of the Lower Jordan River. Available at: http://foeme.org/uploads/publications_publ117_1.pdf. Accessed on February 17, 2012.

FoEME (Friends of the Earth Middle East). 2011. Roadmap for the Rehabilitation of the Lower Jordan River. Available at: http://foeme.org/uploads/13209208250~%5E$%5E~DHV_Full_Report_11.2011.pdf. Accessed on March 10, 2012.

Frihy, O. E. and El-Sayed, M. K. 2013. Vulnerability Risk Assessment and Adaptation to Climate Change Induced Sea Level Rise along the Mediterranean Coast of Egypt. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18: p. 1215-1237.

Froukh, L. 2010. The Impact and Management of Recent Drought on the West Bank Groundwater Aquifer System. A. López-Francos (eds). In *Economics of Drought and Drought Preparedness in a Climate Change Context*. Published by CIHEAM / FAO / ICARDA / GDAR / CEIGRAM / MARM. Zaragoza, Spain. Available at: http://om.ciheam.org/om/pdf/a95/00801357.pdf

Gharbi, M., Soualmia, A., Dartus, D. and Masbernat, L. 2016. Floods Effects on Rivers Morphological Changes Application to the Medjerda River in Tunisia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 64.

Haering, M., Al-Karablieh, E. and Salman, A. 2010. Unmet Irrigation Water Demands Due to Climate Change in the Lower Jordan River Basin. In *ICARDA International Conference on Food Security and Climate Change in Dry Areas*. Amman. Available at: http://icardablog.files.wordpress.com/2011/04/foodsecurityandclimatechange1.pdf.

Hashemite Kingdom of Jordan. 2010. National Environmental and Economic Development Study for Climate Change: Jordan National Report Submitted to the UNFCCC. Available at: https://unfccc.int/files/adaptation/application/pdf/jordanneeds.pdf.

Hassaan, M. A. and Abdrabo, M. A. 2013. Vulnerability of the Nile Delta Coastal Areas to Inundation by Sea Level Rise. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: p. 6607–6616.

Hermassi, T., Jebari, S., Nouna, B. B., Safouane, M., et al. 2014. Characterization of Medjerda River Basin. In *First Project Meeting: Participatory Planning for Improving Water Use Efficiency in River Basins, 18-19 March 2014*.

Isaev, V. A. and Mikhailova, M. V. 2009. The Hydrography, Evolution, and Hydrological Regime of the Mouth Area of the Shatt al-Arab River. *Water Resources*, 36(4): p. 380-395.

Ismail, M. S., Moghavvemi, M. and Mahlia, T. M. I. 2013. Energy Trends in Palestinian Territories of West Bank and Gaza Strip: Possibilities for Reducing the Reliance on External Energy Sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28: p. 117-129.

Issa, I. E., Al-Ansari, N. A., Sherwany, G. and Knutsson, S. 2014. Expected Future of Water Resources within Tigris-Euphrates Rivers Basin, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, 6: p. 421-432.

Jaber, J. O. 2012. Prospects and Challenges of Small Hydropower Development in Jordan. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6(2): p. 110-118.

Janabi, H. 2013. Climate Change Impact on Iraqi Water and Agriculture Sectors. Article by Iraqi Economists Network. Available at: http://iraqieconomists.net/en/2013/04/05/climate-change-impact-on-iraqi-water-and-agriculture-sectors/.

Jelassi, A., Gaaloul, N., Laignel, B. and Turki, I. 2015. Caractérisation Hydrologique de l'Oued Medjerda (Tunisie) dans le Cadre de la Future Mission Spatiale SWOT. In *Conference Internationale FRIEND/UNESCO/ Programme Hydrologique International sur L'hydrologie des Grands Bassins Africains, 26-30 Octobre 2015, Hammamet, Tunisie*.

Karimi, P., Molden, D., Notenbaert, A. and Peden, D. 2012. Nile Basin Farming Systems and Productivity. S. B. S. Awulachew, Vladimir; Molden, David; Peden D. (eds). In *The Nile River Basin: Water, Agriculture, Governance and Livelihoods*. Published by Earthscan, Routledge. Abingdon, United Kingdom.

Khoualdia, W., Djebbar, Y. and Hammar, Y. 2014. Caractérisation de la Variabilité Climatique: Cas du Bassin Versant de La Medjerda (Nord-Est algérien). *Revue des Sciences technologiques*, 29: p. 6-23.

Kibret, S., Lautze, J., McCartney, M., Wilson, G. G., et al. 2015. Malaria Impact of Large Dams in sub-Saharan Africa: Maps, Estimates and Predictions. *Malaria Journal*, 14(339).

Kitaw, M. and Yitayew, M. 2014. Water Governance in the Nile Basin for Hydropower Development. A. M. Melesse, W. Abtew and S. G. Setegn (eds). In *Nile River Basin: Ecohydrological Challenges, Climate Change and Hydropolitics*. Published by Springer, Switzerland.

Kucukmehmetoglu, M. and Geymen, A. 2014. The Significance and Impacts of Large Investments over the Determination of Irrigated Agricultural Land Use:The Case of the Euphrates & Tigris River Basin. *Land Use Policy*, 41: p. 514–525.

Louati, M., Saïdi, H. and Zargouni, F. 2015. Shoreline Change Assessment Using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of the Medjerda Delta Coast, Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(6): p. 4239–4255.

Lund, A. 2014. Drought, Corruption, and War: Syria's Agricultural Crisis. Carnegie Endowment for International Peace. Issued on April 18, 2014. Available at: http://carnegieendowment.org/syriaincrisis/?fa=55376.

Manikowski, S. and Strapasson, A. 2016. Sustainability Assessment of Large Irrigation Dams in Senegal: A Cost-Benefit Analysis for the Senegal River Valley. *Frontiers in Environmental Science*, 4(18).

Mason, M. and Mimi, Z. 2009. Climate Change Adaptation Strategy for the Occupied Palestinian Territory (Final report of consultants). Published by United Nations Development Programme. Available at: http://www.preventionweb.net/files/26380_climatechangeadaptationstrategyfort.pdf.

Mason, M. and Mimi, Z. 2014. Transboundary Climate Security: Climate Vulnerability and Rural Livelihoods in the Jordan River Basin. Published by London School of Economics and Birzeit University. Available at: http://eprints.lse.ac.uk/60242/.

Mason, M., Mimi, Z. and Zeitoun, M. 2010. Climate Change Adaptation Strategy and Programme of Action for the Palestinian Authority. Published by United Nations Development Programme (UNDP), Programme of Assistance to the Palestinian People. Jerusalem. Available at: http://www.undp.ps/en/newsroom/publications/pdf/other/climatechange.pdf.

Mbaye, M., Hagemann, S., Haensler, A., Stacke, T., et al. 2015. Assessment of Climate Change Impact on Water Resources in the Upper Senegal Basin (West Africa). *American Journal of Climate Change*, 4: p. 77-93.

Mbaye, M. L., Gaye, A. T., Spitzy, A., Dähnke, K., et al. 2016. Seasonal and Spatial Variation in Suspended Matter, Organic Carbon, Nitrogen, and Nutrient Concentrations of the Senegal River in West Africa. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 57: p. 1-13.

Mbengue, M. M. 2014. A Model for African Shared Water Resources: The Senegal River Legal System. *Review of European, Comparative & International Environmental Law, Special Issue: International Water Law*, 23(1): p. 59-66.

Melesse, A. M., Abtew, W. and Setegn, S. G. 2014. Nile River Basin: Ecohydrological Challenges, Climate Change and Hydropolitics. Published by Springer.

Middleton, N. J. and Sternberg, T. 2013. Climate Hazards in Drylands: A review. *Earth-Science Reviews*, 126: p. 48-57.

Milillo, P., Bürgmann, R., Lundgren, P., Salzer, J., et al. 2016. Space Geodetic Monitoring of Engineered Structures: The Ongoing Destabilization of the Mosul dam, Iraq. *Nature Scientific Reports*, 6: p. 1-7.

Ministry of Environment, Hash emite Kingdom of Jordan, . 2013. The National Climate Change Policy of the Hashemite Kingdom of Jordan 2013-2020. Available at: http://www.jo.undp.org/content/dam/jordan/docs/Publications/Climate%20change%20policy_JO.pdf.

Mizyed, N. 2009. Impacts of Climate Change on Water Resources Availability and Agricultural Water Demand in the West Bank. *Water Resources Management*, 23: p. 2015-2029.

Moldenhauer, K.-M., Zielhofer, C. and Faust, D. 2007. Heavy Metals as Indicators for Holocene Sediment Provenance in a Semi-arid Mediterranean Catchment in Northern Tunisia. *Quaternary International*.

Müller, M. F., Yoon, J., Gorelick, S. M., Avisse, N., et al. 2016. Impact of the Syrian Refugee Crisis on Land Use and Transboundary Freshwater Resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(52): p. 4932-14937.

NBI (Nile Basin Initiative). 2008. Physical and Non-Physical Barriers to Cross-Border Trade in the Navigation of the River Nile. In *Socio-economic Development and Benefit Sharing Project*. Available at: file:///C:/Users/924046/Desktop/NBIEgypt2009.pdf.

NBI (Nile Basin Initiative). 2012. State of the River Nile Basin Report. Entebbe, Uganda. Available at: http://nileis.nilebasin.org/content/state-river-nile-basin-report.

NBI (Nile Basin Initiative). 2014. Understanding Nile Basin Hydrology: Mapping Actual Evapotranspiration over the Nile Basin. In *Nile Waters Technical Bulletin Issue 1*. Available at: file:///C:/Users/924046/Downloads/Understanding%20Nile%20Basin%20Hydrology%20Bookle.pdf.

NBI (Nile Basin Initiative). 2016. The Nile Basin Water Resources Atlas. Published by Nile Information System. Available at: http://nileis.nilebasin.org/content/nile-basin-water-resources-atlas.

OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal). 2014a. Caractéristiques Physiques. Available at: http://www.portail-omvs.org/gestion-ressource-et-environnement/fleuve-senegal/caracteristiques-physiques.

OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal). 2014b. Strategic Action Plan for the Management of Priority Environmental Problems in the Senegal River Basin. In *GEF Project/Senegal River Basin, Component 3*. Available at: file:///C:/Users/924046/Downloads/senegal_sap_eng.pdf.

OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal). 2014c. Transboundary Diagnostic Environmental Analysis of the Senegal River Basin. In *GEF Project/Senegal River Basin, Component 3*. Available at: file:///C:/Users/924046/Downloads/senegal_tda_eng.pdf.

Osorio, J. D. G. and Galiano, S. G. G. 2012. Non-stationary Analysis of Dry Spells in Monsoon Season of Senegal River Basin using data from Regional Climate Models (RCMs). *Journal of Hydrology*, 450: p. 82-92.

Oyebande, L. and Odunuga, S. 2010. Climate Change Impact on Water Resources at the Transboundary Level in West Africa: The Cases of the Senegal, Niger and Volta Basins. *The Open Hydrology Journal*, 4: p. 163-172.

Pilesjo, P. and Al-Juboori, S. S. 2016. Modelling the Effects of Climate Change on Hydroelectric Power in Dokan, Iraq *International Journal of Energy and Power Engineering*, 5(2-1): p. 7-12.

Quba'a, R., El-Fadel, M., Najm, M. A. and Alameddine, I. 2017. Comparative Assessment of Joint Water Development Initiatives in the Jordan River Basin. *International Journal of River Basin Management*, 15(1): p. 115-131.

Senay, G. B., Velpuri, N. M., Bohms, S., Demissie, Y., et al. 2014. Understanding the Hydrologic Sources and Sinks in the Nile Basin using Multisource Climate and Remote Sensing Data sets. *Water Resources Research*, 50(11): p. 8625–8650.

Shadeed, S. 2013. Spatio-temporal Drought Analysis in Arid and Semi-arid Regions: A Case Study from Palestine. *Arabian Journal for Science & Engineering* 38: p. 2303-2313.

Shamout, N. and Lahn, G. 2015. The Euphrates in Crisis Channels of Cooperation for a Threatened River. In *Energy, Environment and Resources Research Paper*. Published by Chatham House. Available at: https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/field/field_document/20150413Euphrates_0.pdf.

Shatanawi, K., Rahbeh, M. and Shatanawi, M. 2013. Characterizing, Monitoring and Forecasting of Drought in Jordan River Basin *Journal of Water Resource and Protection*, 5: p. 1192-1202

Sherif, M. M. and Singh, V. P. 1999. Effect of Climate Change on Sea Water Intrusion in Coastal Aquifers. *Hydrological Processes*, 13(8): p. 1277–1287.

Stevens, M. 2012. Equitable Water Rights: A Holistic Perspective on Eco cultural Restoration to Sustain Biodiversity, Ecosystem Functions and Social Justice in the Tigris Euphrates Watershed. In *9th INTECOL/SWS International Wetlands Conference.* Orlando, Florida. Available at: http://www.conference.ifas.ufl.edu/intecol/presentations/073/1120%20M.Stevens.pdf.

Stisena, S., Jensena, K. H., Sandholta, I. and Grimes, D. I. F. 2008. A Remote Sensing Driven Distributed Hydrological Model of the Senegal River Basin. *Journal of Hydrology*, 354(1-4): p. 131–148.

Sumer, V. 2014. Climate Change and Water Issues in Mesopotamia: A Framework for Fostering Transboundary Cooperation in Euphrates-Tigris Basin. W. L. Filho (eds). In *Handbook of Climate Change Adaptation.* W. L. Filho (eds). Published by Springer.

Sutcliffe, J. V. and Parks, Y. P. 1999. Hydrology of the Nile. In *IAHS Special Publication no.5*. Published by IAHS (International Association of Hydrological Science).

SWIM (Sustainable Water Integrated Management). 2012. Tunisia Cost Assessment of Water Resources Degradation in the Medjerda Basin. Available at: http://www.swim-sm.eu/files/SWIM_medjerda_report_EN_.pdf.

Taye, M. T., Willems, P. and Block, P. 2015. Implications of Climate Change on Hydrological Extremes in the Blue Nile Basin: A review. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4: p. 280-293.

Törnros, T. and Menzel, L. 2014. Addressing Drought Conditions under Current and Future Climates in the Jordan River Region. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18: p. 305-318.

UN-Iraq. 2013a. Sand and Dust Storm Fact Sheet. Published by UN Iraq Joint Analysis and Policy Unit. Available at: http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/SDS%20Fact%20Sheet.pdf.

UN-Iraq. 2013b. World Environment Day Factsheet: How Environmental Damage Causes Food Insecurity in Iraq. Published by UN Iraq Joint Analysis and Policy Unit and UNAMI Public Information Office. Available at: http://www.jauiraq.org/documents/1886/Factsheet-WorldEnvironment-English.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2009. Assessment of Transboundary Freshwater Vulnerability in Africa to Climate Change. Available at: http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Assessment_of_Transboundary_Freshwater_Vulnerability_revised.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2013. Adaptation to Climate-change Induced Water Stress in the Nile Basin: A Vulnerability Assessment Report. Available at: www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Nile_Basin.pdf.

UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees). 2017. Syria Regional Refugee Response. Available at: http://data.unhcr.org/syrianrefugees/regional.php.

USGS (United States Geological Survey). 2012. Stream Gage Descriptions and Streamflow Statistics for Sites in the Tigris River and Euphrates River Basins, Iraq. In *Data Series 540*. Available at: http://pubs.usgs.gov/ds/540/pdf/ds540.pdf.

Varis, O. and Fraboulet-Jussila, S. 2002. Water Resources Development in the Lower Senegal River Basin: Conflicting Interests, Environmental Concerns and Policy Options. *Water Resources Development*, 18(2).

Varol, M., Gotkot, B., Bekleyen, A. and Sen, B. 2011. Water Quality Assessment and Apportionment of Pollution Sources of Tigris River (Turkey) Using Multivariate Statistical Techniques-A Case Study. *River Research and Applications*.

Voss, K. A., Famiglietti, J. S., Lo, M., de Linage, C., et al. 2013. Groundwater Depletion in the Middle East from GRACE with Implications for Transboundary Water Management in the Tigris-Euphrates-Western Iran Region. *Water Resources Research*, 49: p. 904–914.

Wall Street Journal. 2016. Islamic State Uses Huge Syrian Dam As Rampart. Article by Damian Paletta. Issued on January 21, 2016. Available at: https://www.wsj.com/articles/islamic-state-uses-syrias-biggest-dam-as-rampart-and-potential-weapon-1453333531.

WFP (World Food Programme). 2013. Climate Risk and Food Security in Senegal: Analysis of Climate Impacts on Food Security and Livelihoods. Available at: http://www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/wfp10.pdf.

WFP (World Food Programme). 2014. Special Focus Syria: Will Drought Worsen the Impact of Conflict on Food Insecurity? Available at: http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp263930.pdf.

Whittington, D., Waterbury, J. and Jeulandc, M. 2014. The Grand Renaissance Dam and Prospects for Cooperation on the Eastern Nile. *Water Policy*: p. 1-14.

Wiebelt, M., Al-Riffai, P., Breisinger, C. and Robertson, R. 2014. Who Bears the Costs of Climate Change? Evidence from Tunisia. Published by International Food Policy Research Institute (IFPRI). Available at: https://www.ifw-members.ifw-kiel.de/publications/who-bears-the-costs-of-climate-change-evidence-from-tunisia.

Wimberly, M. and Midekisa, A. A. 2014. Hydro-Epidemiology of the Nile Basin: Understanding the Complex Linkages Between Water and Infectious Diseases. A. M. Melesse, W. Abtew and S. G. Setegn (eds). In *Nile River Basin: Ecohydrological Challenges, Climate Change and Hydropolitics*. Published by Springer. Available at: http://www.springer.com/us/book/9783319027197

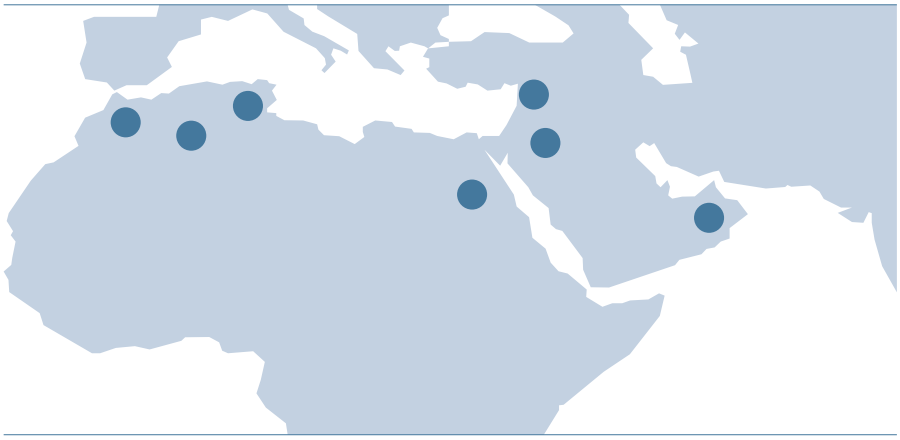
Wolff, H. P., Shechter, M., Fleischer, A., Salman, A., et al. 2007. Forecasting Social and Economic Impacts from Climate Change on Farming Systems in Riparian Countries of the Jordan River –a Combined Model-based Approach. Published by Network for Socio-Economic Research on Water Resource Management in the Middle East. Available at: https://www.uni-hohenheim.de/~hpwolff/pdfs/WS6cWolff.pdf.

Yacoub, E. and Tayfur, G. 2017. Evaluation and Assessment of Meteorological Drought by Different Methods in Trarza Region, Mauritania. *Water Resources Management*, 31: p. 825-845.

Zahar, Y., Ghorbel, A. and Albergel, J. 2008. Impacts of Large Dams on Downstream Flow Conditions of Rivers: Aggradation and Reduction of the Medjerda Channel Capacity Downstream of the Sidi Salem Dam (Tunisia). *Journal of Hydrology*, 351: p. 318-330.

Zeitoun, M., Eid-Sabbagh, K., Dajani, M. and Talhami, M. 2012. Hydro-political Baseline of the Upper Jordan River. Published by Association of the Friends of Ibrahim Abd el Al. Beirut. Available at: https://www.uea.ac.uk/documents/439774/1029261/UJR+Hydropol+Baseline+-+Main+lo-res+%282012%29.pdf/28ae7dc7-e16f-45a4-95a1-d285edbfc528.

دراسات حالة متعلقة بتقييم الأثر



الفصل الخامس

تقييم أثر الظواهر المناخية المتطرفة في مجموعة مختارة من الأحواض

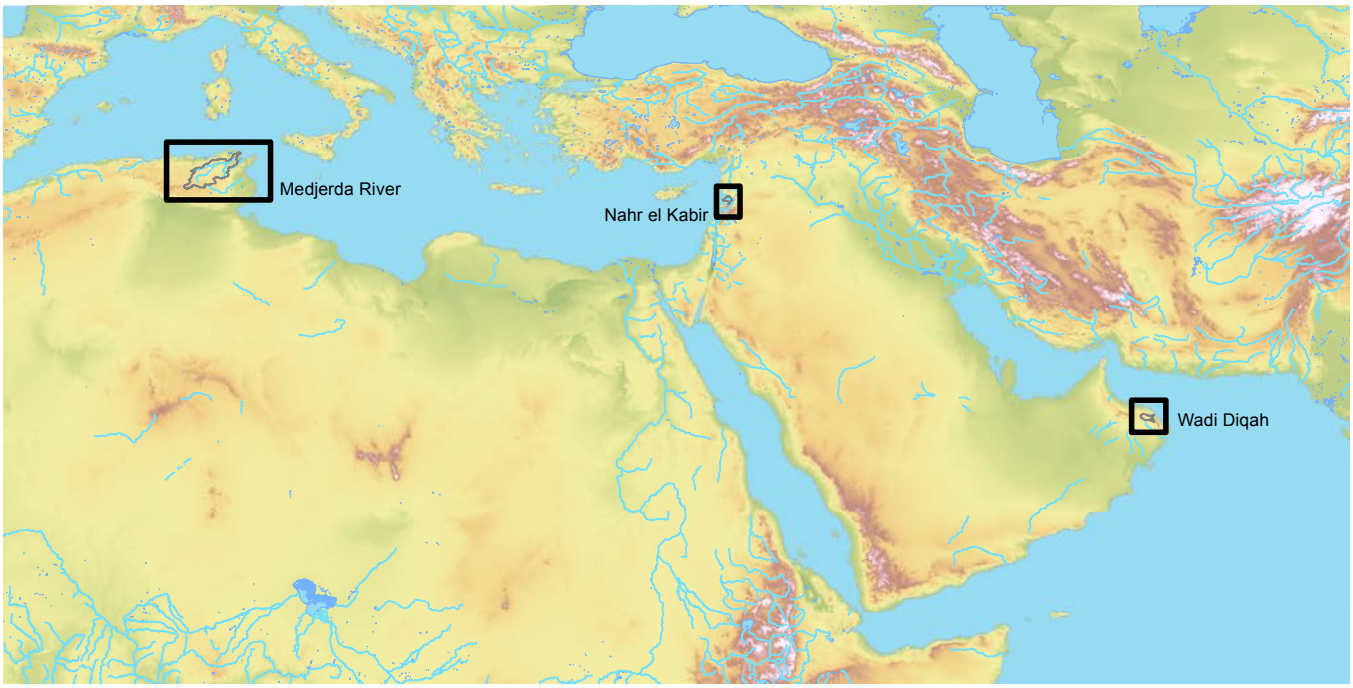
يعرض هذا الفصل أثار تغيّر المناخ من حيث الظواهر المناخية المتطرفة في ثلاثة أحواض نهرية في المنطقة العربية، هي حوض النهر الكبير المشترك بين لبنان والجمهورية العربية السورية[1]، وحوض نهر وادي ضيقة في عُمان، وحوض نهر مجردة المشترك بين الجزائر وتونس (الشكل 75). وتم بالنسبة لكل حوض تحليل التغيرات في المؤشرات التالية: مؤشرات ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة، وحالات الجفاف المتطرف، وحالات الفيضانات المتطرفة. وترد وكل التفاصيل المتعلقة بالمنهجية المتبعة ونتائج وتحليلات إضافية في تقرير ريكار التقني المعنون:

"Impact of Climate Change on Extreme Events in Selected Basins in the Arab Region (2017)".
الذي أعده المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة[2].

يبلغ طول النهر الكبير 56 كلم ويجري بموازاة حدود لبنان الشمالية مع الجمهورية العربية السورية ويغطي حوضه مساحة نحو 990 كلم^2. ويجمع النهر مياهه من روافد موجودة على جانبيه ويتجه من الشرق إلى الغرب ويصب عند بلدة العريضة اللبنانية في البحر الأبيض المتوسط. والنهر يفيض مراراً وتكراراً. ويقع وادي الضيقة على مسافة 60 كلم جنوبي شرقي مسقط وهو أحد الأودية القليلة التي تتدفق فيها المياه على مدار السنة في عُمان. ويبلغ طول النهر 70 كلم ويغطي حوضه مساحة نحو 1,870 كلم^2. وتختلف معدلات التساقطات باختلاف الفصل وجغرافية المنطقة المدروسة ويبلغ معدل التساقطات سنوياً حوالى 148 ملم/بالسنة (قريباً من 276 مليون م^3).

ويرد في الفصل الرابع وصف مفصل لنهر مجردة فضلاً عن خريطة للحوض (انظر الشكل 63). ويجري النهر شرقاً من شمالي شرقي الجزائر باتجاه تونس ليصب في خليج أوتيك في البحر الأبيض المتوسط. وهو يغطي مساحة قدرها نحو 22,700 كلم^2 ويسوده مناخ بين شبه رطب وشبه قاحل مع معدل تساقطات يبلغ سنوياً 480 ملم/بالسنة يتفاوت بحسب الزمان والمكان.

الشكل 75: دراسات حالة بشأن الظواهر المناخية المتطرفة: المنطقة المشمولة بالدراسة



5.1 المؤشرات والظواهر المناخية المختارة للتحليل

5.1.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة

تمت بالنسبة لكل من الأحواض الثلاثة دراسة الاتجاهات المُسقطة لمؤشرات الحرارة والتساقطات المتطرفة. واستندت هذه على اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لدرجات الحرارة اليومية (الحرارة القصوى؛ الحرارة الدنيا) وبمعدلات التساقطات التي انبثقت من ريكار وذلك حتى نهاية القرن وللسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5.

وضُبطت نوعية مجموعات البيانات وتم تجهيزها إلى مؤشرات عن الظواهر المناخية المتطرفة باستخدام برمجية RClimDex الإحصائية[3]. والمتغيرات التي حُللت استندت على مجموعة المؤشرات المناخية المتطرفة التي وضعها فرقة الخبراء المعنية بكشف تغير المناخ ومؤشراته (ETC-CDI)، وتلك المعروضة في هذا الفصل مذكورة في الجدول 13. وترد مؤشرات إضافية في تقرير ريكار التقني ذي الصلة بهذه المسألة[4].

5.1.2 حالات الجفاف

حُللت التغيرات المُسقطة في حالات الجفاف في الأحواض الثلاثة باستخدام مجموعات البيانات المتعلقة بإسقاطات معدلات التساقطات المنبثقة من ريكار لكلا السيناريوهين حتى نهاية القرن. واستند تقييم الجفاف إلى الرقم القياسي المعياري للهطول (Standardized Precipitation Index) (SPI) وفقاً للطريقة التي استحدثها McKee وآخرون، 1993، ويقاس الجفاف على أساس المستوى الذي يحيد فيه معدل التساقطات في وقت راهن ما عن وسيطه التاريخي[5].

ومؤشرات SPI هي مؤشرات زمنية محددة وتقارن مجموع كمية التساقطات في فترة محددة على مدى كل السنوات السابقة للبيانات المتوفرة للفترة الزمنية نفسها. واختير كمؤشر لهذه الدراسة إطاران زمنيان، الأول هو SPI على فترة ستة أشهر الذي يغطي نصف السنة (تشرين الثاني/نوفمبر حتى نهاية نيسان/أبريل بالنسبة للنهر الكبير ونهر مجردة؛ وأيار/مايو حتى نهاية تشرين الأول/أكتوبر بالنسبة لوادي الضيقة)، الذي يُعرف أيضاً بفترة الجفاف الزراعي ويعطي إشارة هامة عن أنماط هطول الأمطار أثناء الموسم الزراعي في الأحواض. والإطار الزمني الثاني هو SPI على فترة اثني عشر شهراً (بدءاً من تشرين الثاني/نوفمبر) أي فترة الجفاف الهيدرولوجي التي تعكس معدلات التساقطات على مدى طويل. وحُسبت قيَم مؤشر SPI وفقاً لتوزُّع غامّا باستخدام Microsoft Excel.

الجدول 13: المؤشرات المعروضة

المؤشر	الوحدة
الحرارة المتطرفة	
TR (الليالي الاستوائية)	عدد الأيام/السنة
SU35 (الأيام الحارة)	عدد الأيام/السنة
SU40 (الأيام الحارة جداً)	عدد الأيام/السنة
التساقطات المتطرفة	
CDD (الطول الأقصى لفترات الجفاف)	عدد الأيام/ السنة
CWD (الطول الأقصى لفترات المطر)	عدد الأيام/ السنة
R10 (العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم)	عدد الأيام/ السنة
R20 (العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم)	عدد الأيام/ السنة
SDII (مؤشر شدة التساقطات البسيط)	ملم/اليوم
حالات الجفاف	
SPI (الرقم القياسي المعياري للهطول)	-
حالات الفيضانات المتطرفة	
التدفق المرتفع ذي المئين التسعين	عدد الأيام
الفيضانات في مئة سنة	$م^3$/ بالثانية

ومن المهم الإشارة إلى أن البارامترات لدالّة الكثافة الاحتمالية حُسبت للفترة المرجعية (1986-2005) ومن ثم ثُبتت بعد حساب مؤشر SPI للبيانات المناخية المُسقطة (2006-2100). وصُنفت قيَم هذا المؤشر، على غرار ما حددها McKee وآخرون، 1993، في فئات جفاف مختلفة، حيث SPI < -1.0 تشير إلى جفاف معتدل، و SPI < -1.5 إلى جفاف حاد، و SPI < -2.0 إلى جفاف مُتطرِّف.

5.1.3 حالات الفيضانات المتطرفة

قُيمت آثار تغيّر المناخ على حالة التدفق المتطرف باستخدام نموذج HEC HMS وملحق نظام المعلومات الجغرافية "HEC-GeoHMS"[6]. واختيرت طريقة حساب رطوبة التربة (Soil Moisture Accounting (SMA)) ضمن نموذج HEC-HMS لأغراض هذا التحليل. والبيانات التي استُخدمت لإجراء عمليات محاكاة الوضع الهيدرولوجي لكل من الأحواض المختارة شملت بيانات المناخ المرصودة وكمية تصريف الأنهار لمحطتين على الأقل في كل حوض، فضلاً عن بيانات عن الطوبوغرافيا لكل حوض وكيفية استخدام أراضيه وتربته. والبيانات المتعلقة بكمية تصريف الأنهار استُخدمت لتعيير النموذج للأحواض الثلاثة والتحقق من دقته. إضافة إلى ذلك، استُخدمت

اسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية المقلصة النطاق لدرجات الحرارة ومعدل التساقطات اليومية المنبثقة من ريكار للنطاق العربي، كمدخلات للنموذج الهيدرولوجي، وهي البيانات المناخية لفترات زمنية وسيناريوهات انبعاثات مختلفة. واستُخدم أيضاً مستوى التبخر النتحي المحتمل كمدخلات وحُسب في نموذج HEC-HMS بالاستعانة بطريقة Priestley-Taylor. ومن ثم أُجريت محاكاة للنماذج الهيدرولوجية بشكل منفصل، وذلك على عمليات المحاكاة الفردية لكل من عناصر مجموعة النمذجة المناخية الإقليمية (RCA4_EC EARTH وRCA4_CNRM-CM5 وRCA4_GFDL-ESM) وغطت الفترة 1970-2100 للنموذجين RCP 4.5 وRCP 8.5، فأُجري ما مجموعه ست عمليات محاكاة لكل حوض. وبعدئذ ولكل RCP، حُسب لكل المحاكاة الثلاثة هذه متوسطُ قيمة جريان المياه الذي استُخدم كنتيجة للتحليل. واستناداً إلى المخرجات، استُخدمت مجموعتا تحليل للكشف عن التغيرات في تواتر حالات التدفق المتطرف وكميته حتى نهاية القرن في الأحواض المختارة. والغرض من التحليل الأول كان تبيان التغيرات في تواتر حالات التدفق المتطرف في ذروته: عدد الأيام التي يتم فيها تجاوز قيَم المئين التسعين من قيمة التدفق اليومية القصوى. والتحليل الثاني تناول التغيرات في قيمة الفيضانات لفترة مئة عام، أي إلى حالات التدفق المتطرف التي تبلغ فترة تكررها كل 100 عام أو أكثر. واستُخدمت طريقة Gumbel في توزيع التواتر لتحليل مدى تواتر الفيضانات، مع تقدير المتغيرات وفقاً لطريقة الترجيح الأقصى.

5.2 حوض النهر الكبير - لبنان/ الجمهورية العربية السورية

5.2.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة

تبيّن كل مؤشرات الحرارة اتجاهات نحو أحوال أكثر جفافاً في الحوض تتضح من الازدياد المُسقط في مؤشرات ارتفاع درجات الحرارة وتقلص فترات البرد (الشكل 76). فمن المُسقط، على سبيل المثال، أن يرتفع SU35 من 60 يوماً إلى 88 يوماً في منتصف القرن و98 يوماً مع نهايته في إطار السيناريو RCP 4.5 وإلى ما يصل إلى 93 يوماً في منتصف القرن و124 يوماً مع نهايته في إطار السيناريو RCP 8.5 (الجدول 14). والاتجاه نحو ارتفاع مؤشرات الحرارة أكثر بروزاً في إطار RCP 8.5.

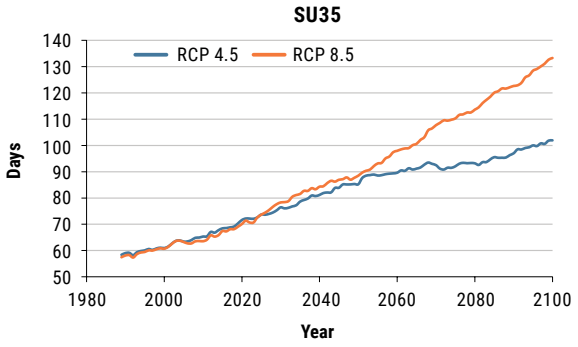
أما بالنسبة لمؤشرات التساقطات، فنتائجها متفاوتة. فهناك مثلاً تفاوت ذو شأن بالنسبة لمؤشر CDD دون وجود اتجاه زمني واضح: في إطار RCP 4.5، ثمة ارتفاع واضح قدره ثلاثة أيام في منتصف القرن يعقبه انخفاض قدره ثلاثة أيام مع نهايته. وفي المقابل، من المُسقط أن يصبح (R10) أقل غزارة مع مرور الزمن حتى لو كان من المُسقط أن تزداد الأمطار الغزيرة جداً (R20). ومن المُسقط أن تشتد غزارتها مع مرور الزمن في إطار السيناريوهين على غرار ما تبيّنه التغيرات في مؤشر SDII.

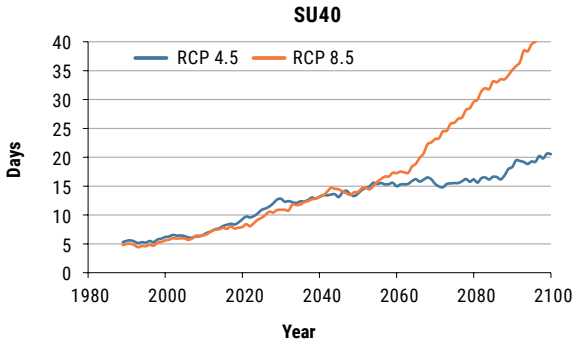


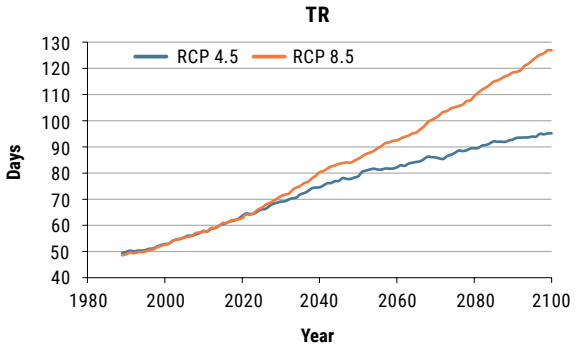
النهر الكبير، الجمهورية العربية السورية، 2007. المصدر: إيهاب جناد.

الشكل 76: متوسط التغير في مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض النهر الكبير

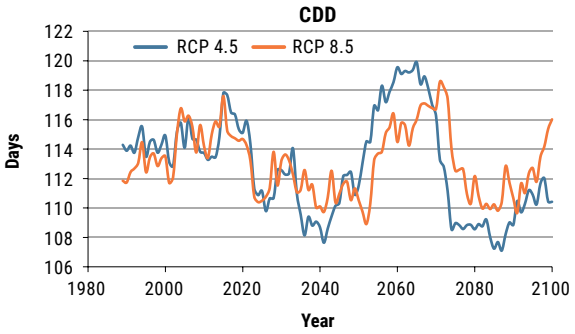
مؤشرات الحرارة

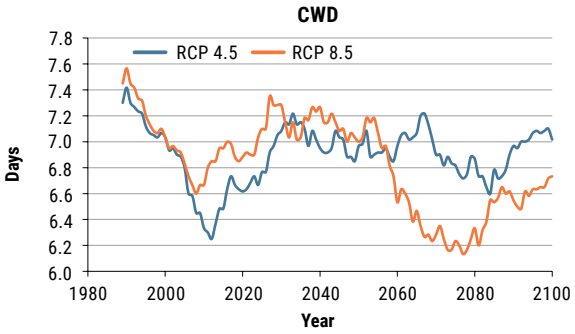


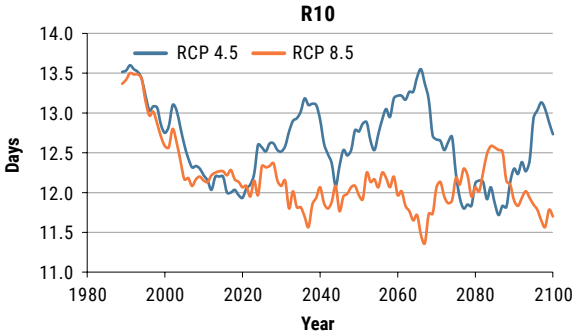


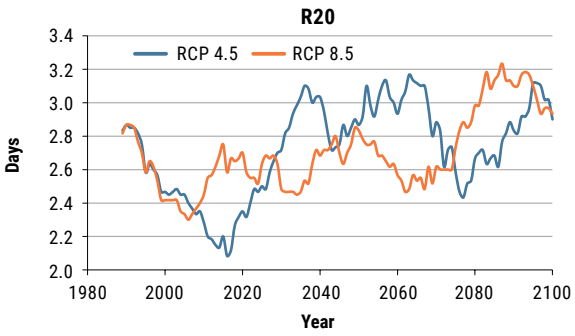


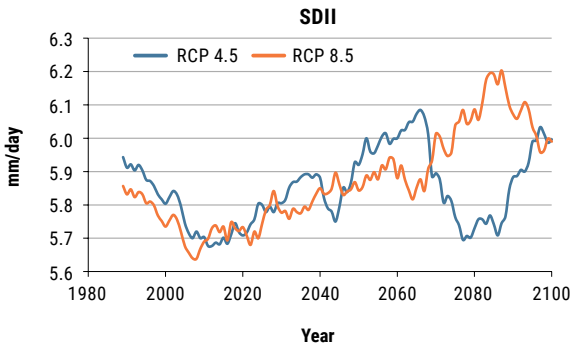
مؤشرات التساقطات











الجدول 14: قيَم مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض النهر الكبير

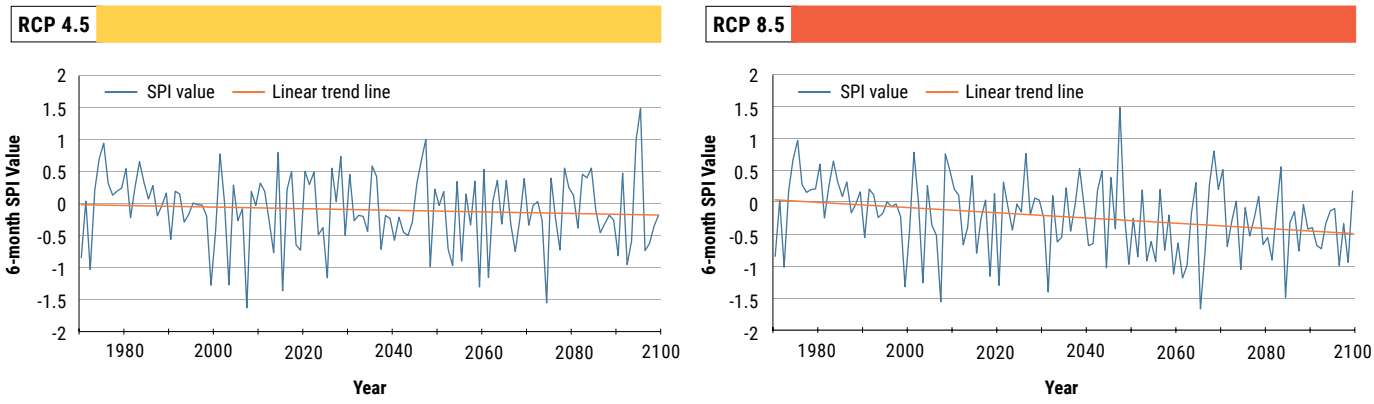
المؤشر	سيناريو الانبعاثات	1986-2005	2046-2065	2081-2100
مؤشرات الحرارة المتطرفة				
TR (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	52	81	93
	RCP 8.5		89	119
SU35 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	60	88	98
	RCP 8.5		93	124
SU40 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	5	15	18
	RCP 8.5		16	36
مؤشرات التساقطات المتطرفة				
CDD (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	113	116	110
	RCP 8.5		113	112
CWD (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	7.1	7.0	6.9
	RCP 8.5		6.9	6.6
R10 (االأيام/ السنة)	RCP 4.5	13.0	12.9	12.3
	RCP 8.5		12.0	12.1
R20 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	2.6	3.0	2.9
	RCP 8.5		2.7	3.1
SDII (ملم/اليوم)	RCP 4.5	5.8	6.0	5.9
	RCP 8.5		5.9	6.1

5.2.2 حالات الجفاف

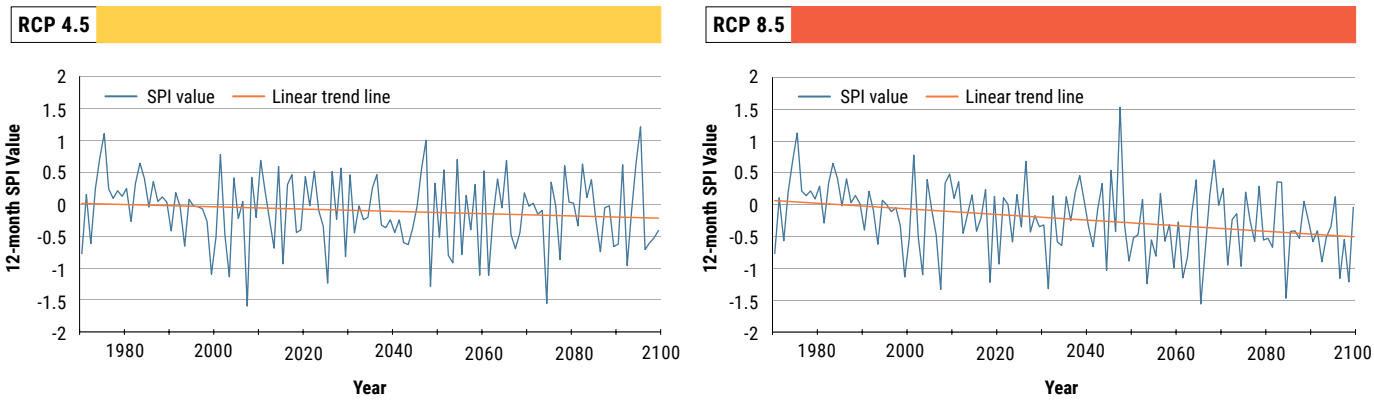
عند تقييم مؤشر SPI على فترة الستة أشهر (الشكل 77)، تبيّن النتائج أن الجفاف المعتدل يحدث بنسبة 55 في المئة من الوقت (النسبة المئوية هي بالأشهر) للفترة المرجعية. وبالنسبة للسيناريو RCP 4.5، يتغير إلى نسبة 45 في المئة في منتصف القرن و65 في المئة مع نهاية القرن، ويغدو أشد كثافة في إطار RCP 8.5، مع حدوث الجفاف المعتدل بنسبة 75 في المئة من الوقت في منتصف القرن و90 في المئة من الوقت مع نهايته.

وعند تقييم مؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً (الشكل 78)، تبيّن النتائج أن الجفاف المعتدل يحدث بنسبة 60 في المئة من الوقت للفترة المرجعية ومن المُسقط أن يبلغ 55 في المئة في منتصف القرن و65 في المئة مع نهاية القرن في إطار RCP 4.5. ومن المُسقط في إطار السيناريو RCP 8.5 أن يشتد إلى حد بعيد ليبلغ نسبة 75 في المئة في منتصف القرن و80 في المئة مع نهايته. وباختصار، عند مقارنة الاسقاطات المستقبلية، تبيّن النتائج حدوث زيادة حادة في النسبة المئوية للوقت الذي يحدث فيه جفاف معتدل، فمن المُسقط أن يسود الجفاف المعتدل مع نهاية القرن. ولا يُتوقع حدوث جفاف حاد أو متطرف في مؤشر SPI على فترة الأشهر الستة أو فترة الأشهر الاثني عشر في الحوض.

الشكل 77: الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الستة أشهر لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض النهر الكبير



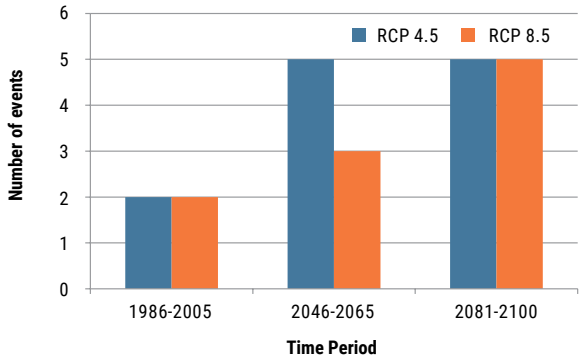
الشكل 78: الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض النهر الكبير



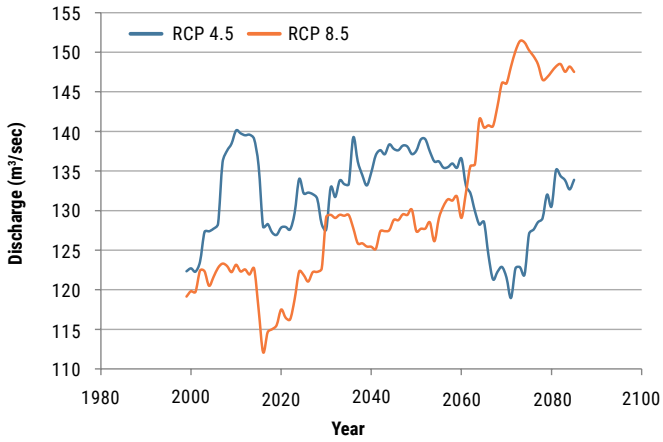
5.2.3 حالات الفيضانات المتطرفة

تبيّن النتائج أن من المُسقط لأيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين أن تزداد في إطار السيناريوهين في هذا الحوض (الشكل 79). وعلاوة على ذلك، من المُسقط أن ترتفع إلى حد بعيد اتجاهات قيم الفيضانات لفترة مئة عام (الشكل 80) ولا سيما في إطار السيناريو RCP 8.5. وتبيّن نتائج هذا السيناريو ارتفاع القيمة من 126م³/بالثانية في الفترة المرجعية إلى 131 م³/بالثانية في منتصف القرن و149 م³/بالثانية مع نهايته (الجدول 15).

الشكل 79: متوسط عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض النهر الكبير



الشكل 80: متوسط التغير في قيمة الفيضان لفترة مئة عام (م³/بالثانية) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 وRCP 8.5 في حوض النهرالكبير



الجدول 15: متوسط مجموعة قيَم الفيضانات لفترة مئة عام (م³/بالثانية) لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض النهر الكبير

سيناريو الانبعاثات	1986–2005	2046–2065	2081–2100
RCP 4.5	126	136	128
RCP 8.5	126	131	149

5.3 حوض نهر وادي الضيقة

5.3.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة

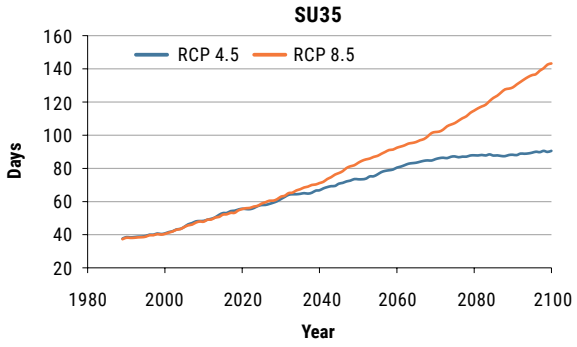
ترد النتائج المتعلقة بالحرارة والتساقطات المتطرفة في حوض وادي الضيقة في الشكل 81 والجدول 16. وتبيّن كل مؤشرات الحرارة أن ثمة اتجاها نحو أحوال أكثر جفافاً فيه. ومن المُسقط أن يرتفع مؤشر SU35 من 40 يوماً في الفترة المرجعية إلى 77 يوماً في منتصف القرن و89 يوماً في نهايته في إطار RCP 4.5. والاتجاهات في إطار RCP 8.5 تبين أنه سيرتفع أكثر ليصل إلى 88 يوماً في منتصف القرن و130 يوماً مع نهايته. وتبيّن الاسقاطات المتعلقة بمؤشرات التساقطات أن اتجاهها الصاعد في مؤشر CDD يوازيه اتجاهها النازل في مؤشر CWD. وفي المقابل، يبيّن مؤشرا R10 وR20 صعود هذا الاتجاه مع نهاية القرن وتبيّن التغيرات المُسقطة في المؤشر SDII تساقطات أشد كثافة في سياق سيناريوهي الانبعاثات كليهما.

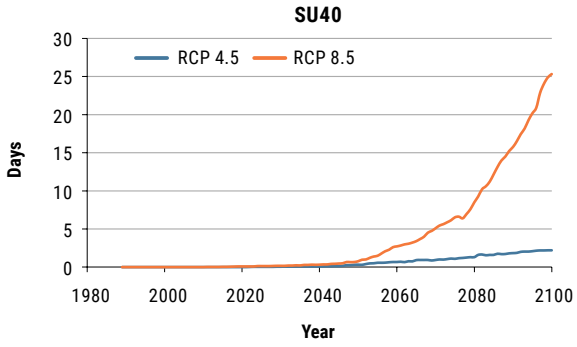


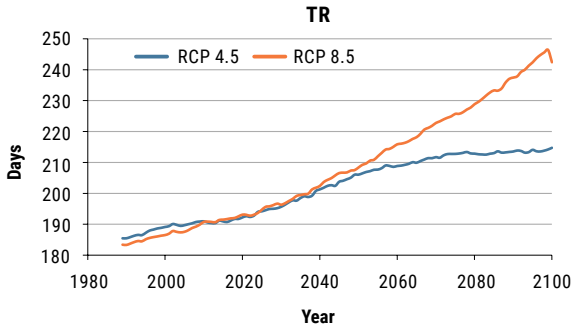
خزان سد وادي الضيقة، عُمان، 2011. المصدر: إيهاب جناد.

الشكل 81: متوسط التغير في مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة

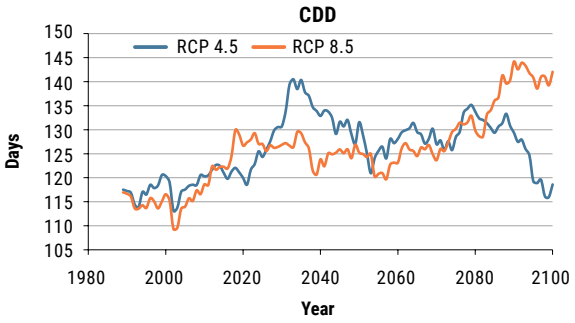
مؤشرات الحرارة

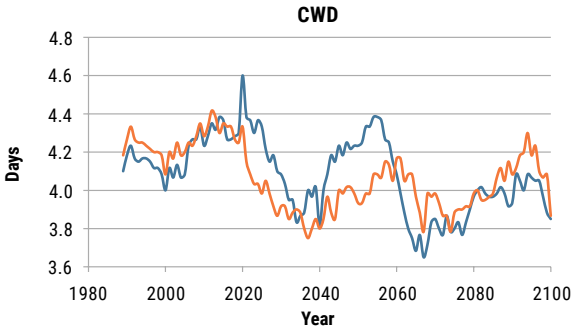


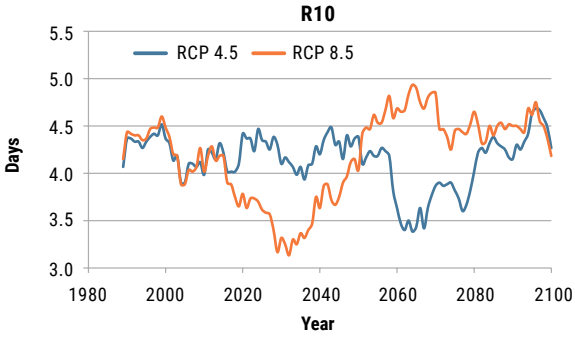


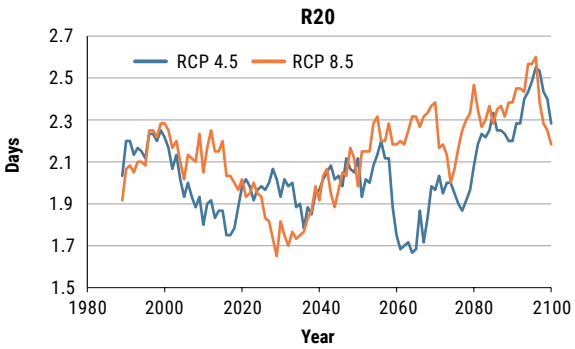


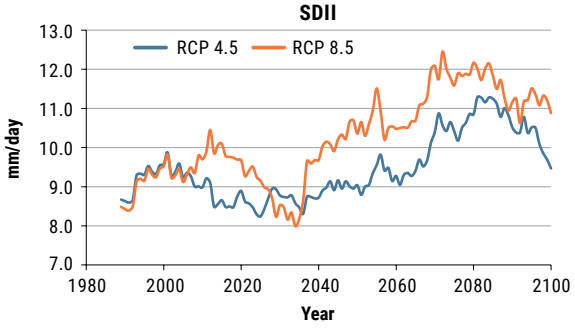
مؤشرات التساقطات











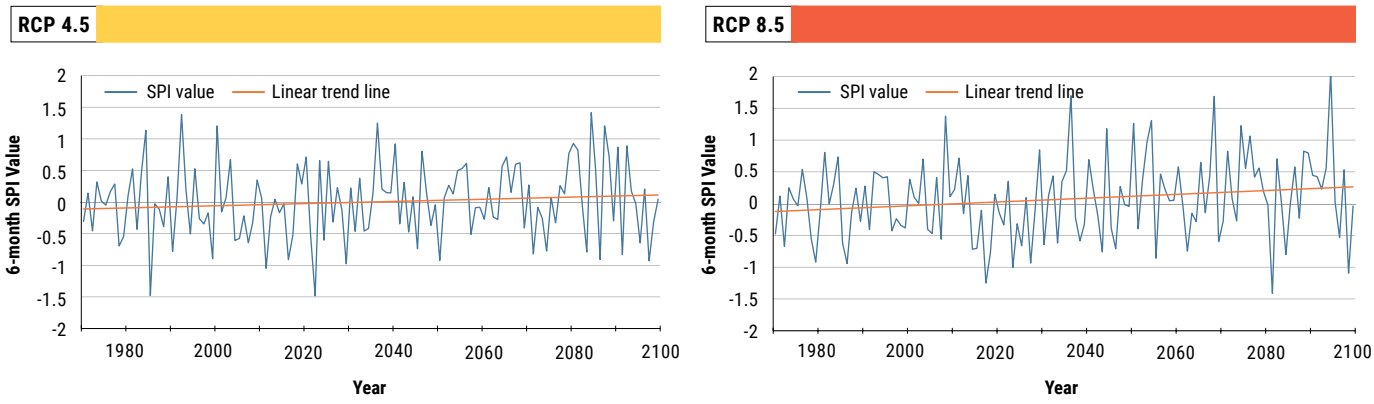
الجدول 16: قيَم مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر وادي الضيقة

المؤشر	سيناريو الانبعاثات	1986-2005	2046-2065	2081-2100
مؤشرات الحرارة المتطرفة				
TR (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	187	207	213
	RCP 8.5		212	238
SU35 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	40	77	89
	RCP 8.5		88	130
SU40 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	0	0.5	1.9
	RCP 8.5		1.8	16.8
مؤشرات التساقطات المتطرفة				
CDD (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	115	128	126
	RCP 8.5		124	139
CWD (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	4.1	4.2	4.0
	RCP 8.5		4.0	4.1
R10 (االأيام/ السنة)	RCP 4.5	4.3	4.0	4.4
	RCP 8.5		4.5	4.5
R20 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	2.1	2.0	2.3
	RCP 8.5		2.2	2.4
SDII (ملم/اليوم)	RCP 4.5	9.1	9.2	10.6
	RCP 8.5		10.6	11.4

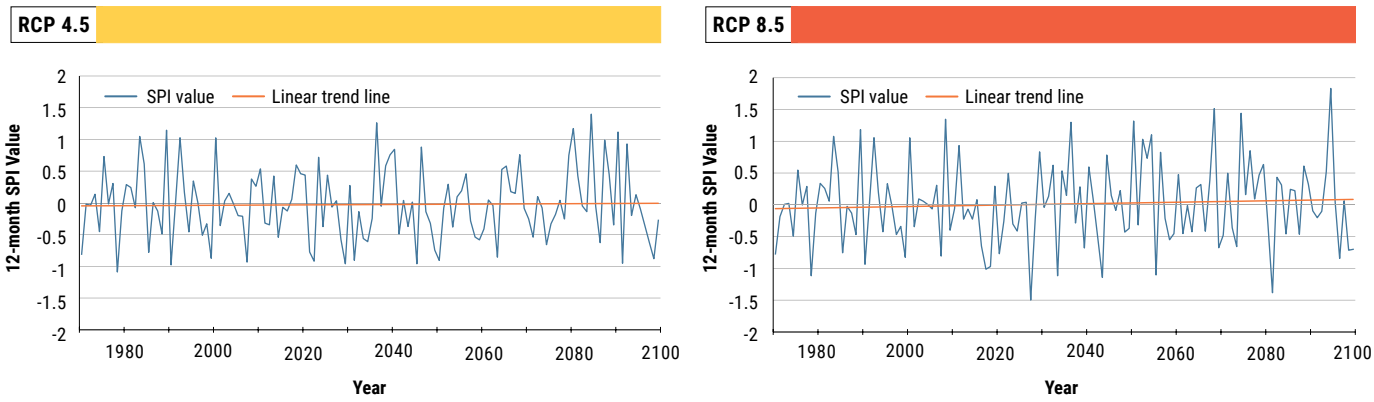
5.3.2 حالات الجفاف

على غرار المبيّن في الشكلين 82 و83، ثمة اتجاه إيجابي مُسقط لمؤشر SPI مع مرور السنين في إطار سيناريوهي الانبعاثات كليهما، مع أن تغير الاتجاه هذا ليس ذا شأن وفقاً لاختبار Mann-Kendall (0.05=a). ويتضح من تقييم النتائج المتعلقة بالنسبة المئوية لحدوث الجفاف أن ثمة انخفاضاً في حالات الجفاف المعتدل لمؤشر SPI على فترة الأشهر الستة مقارنة بارتفاع فيها لمؤشر SPI على فترة الأشهر الاثني عشر. وتنخفض نسبة مؤشر SPI على فترة الأشهر الستة من 60 في المئة من الوقت في الفترة المرجعية إلى 50 في المئة في منتصف القرن ومع نهايته على السواء في إطار السيناريو RCP 4.5. ولا يتبدى أي تغيّر شديد من الفترة المرجعية في إطار RCP 8.5 إلى منتصف القرن بالمقارنة بانخفاض مُسقط إلى 40 في المئة مع نهاية القرن. أما في ما خص مؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً، فمن المُسقط ارتفاع طفيف لحالات الجفاف المعتدل في إطار RCP 4.5 مقارنة بالفترة المرجعية التي تبيّن حدوثها بنسبة 55 في المئة (نسبة 65 في المئة في منتصف القرن و60 في المئة مع نهايته). ولم يُكشف عن حالات جفاف حاد أو متطرف في هذا الحوض.

الشكل 82: الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الستة أشهر لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة



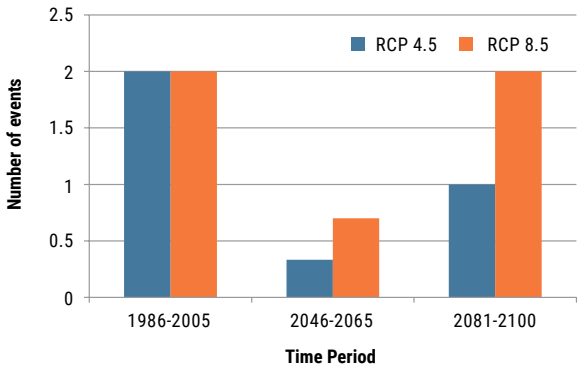
الشكل 83: الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة



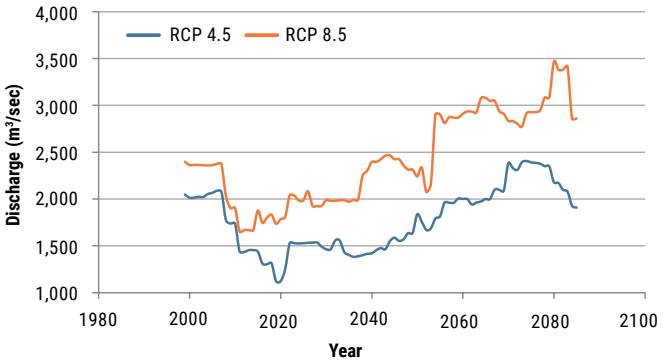
5.3.3 حالات الفيضانات المتطرفة

على غرار المبيّن في الشكل 84، يتضح من النتائج المتعلقة بأيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين في وادي الضيقة أنه سيشهد انخفاضاً في منتصف القرن مقارنة بالفترة المرجعية، يتبعه ارتفاع في نهاية القرن في إطار سيناريوهي الانبعاثات كليهما. ومن المُسقط أن ترتفع قيمة الفيضان لفترة مئة عام في سياق سيناريوهي RCP مع نهاية القرن بعد انخفاضها في منتصفه (الشكل 85).

الشكل 84: متوسط عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر وادي الضيقة



الشكل 85: متوسط التغير في قيمة الفيضان لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 وRCP 8.5 في حوض نهر وادي الضيقة



الجدول 17: متوسط مجموعة قيَم الفيضانات لفترة مئة عام (م^3/بالثانية) لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر وادي الضيقة

سيناريو الانبعاثات	1986–2005	2046–2065	2081–2100
RCP 4.5	2,150	1,836	2,275
RCP 8.5	2,150	2,667	3,043

5.4 حوض نهر مجردة

5.4.1 ظواهر الحرارة والتساقطات المتطرفة

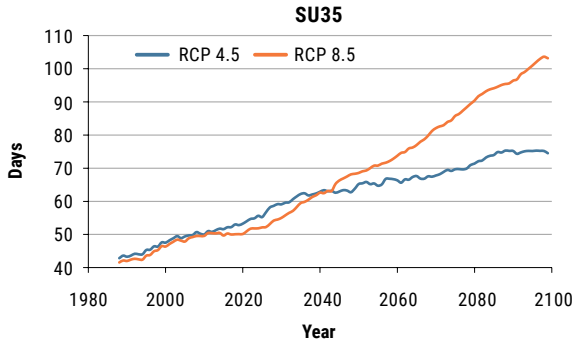
على غرار الوارد في الشكل 86 والجدول 18، تبيّن مؤشرات الحرارة المتطرفة في الحوض أن ثمة اتجاهات ثابتة نحو أحوال أكثر جفافاً ولا سيما في إطار السيناريو RCP 8.5. فمؤشر SU35، على سبيل المثال، من المُسقط أن يرتفع في إطار السيناريو RCP 4.5 من 45 يوماً في الفترة المرجعية إلى 65 يوما في منتصف القرن و74 يوماً في نهايته، وفي إطار RCP 8.5 إلى 71 يوماً و97 يوماً. ونتائج التساقطات المتطرفة أكثر تفاوتاً بكثير. فمؤشر CDD يظهر انخفاضه في منتصف القرن وارتفاعه مع نهايته للسيناريو RCP 8.5. ويُظهر مؤشرا R10 وR20 اتجاهاً نازلاً ثابتاً في نهاية القرن ومن المُسقط أن تشتد كثافة التساقطات مع نهاية القرن مقارنةً مع منتصف القرن (SDII).

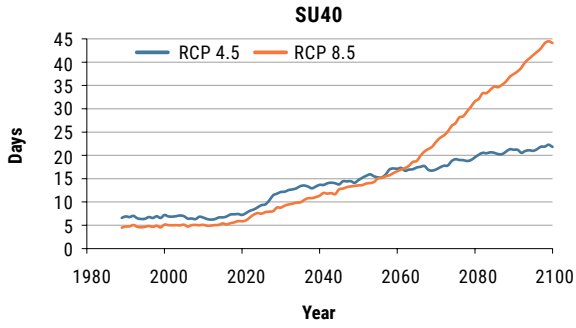


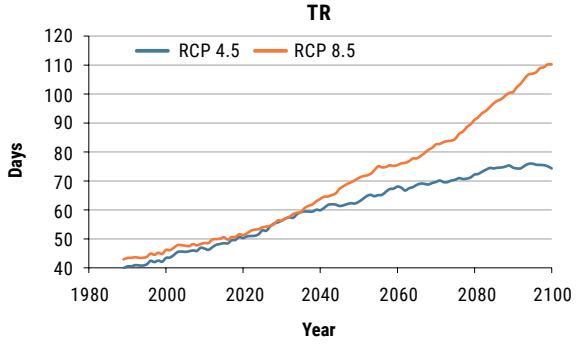
سد سيدي سالم، نهر مجردة، تونس، 2015. المصدر: العربي علاء الدين.

الشكل 86: متوسط التغير في مؤشرات ظواهر مناخية متطرفة مختارة لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة

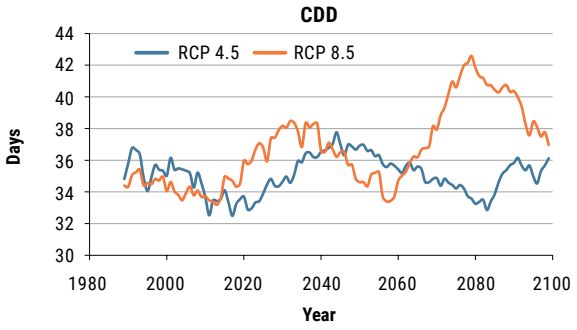
مؤشرات الحرارة

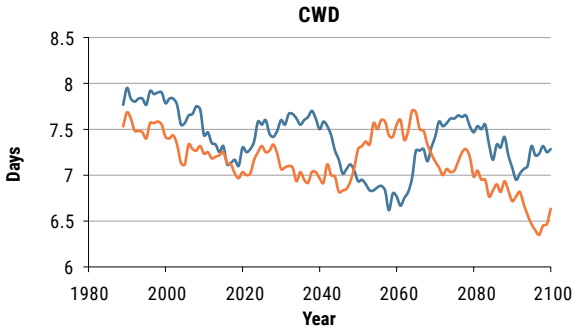


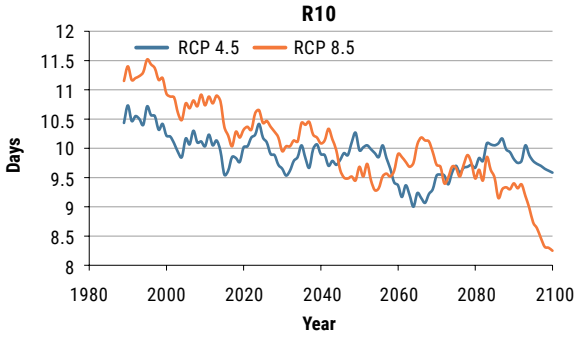


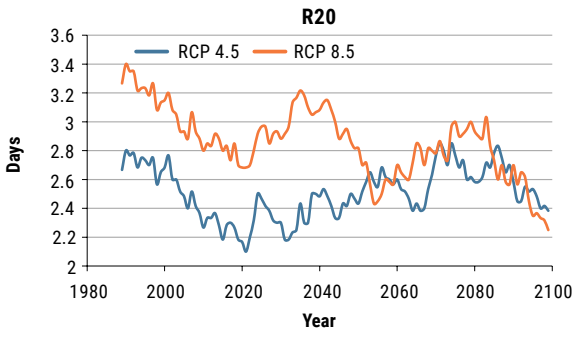


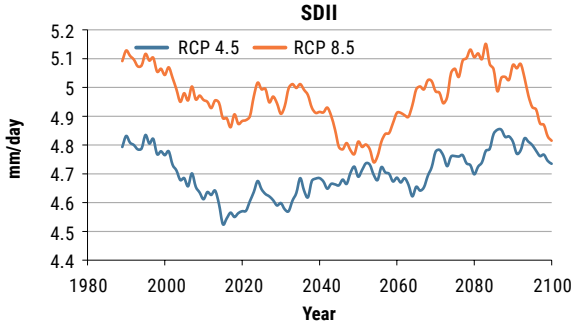
مؤشرات التساقطات











الجدول 18: قيَم مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر مجردة

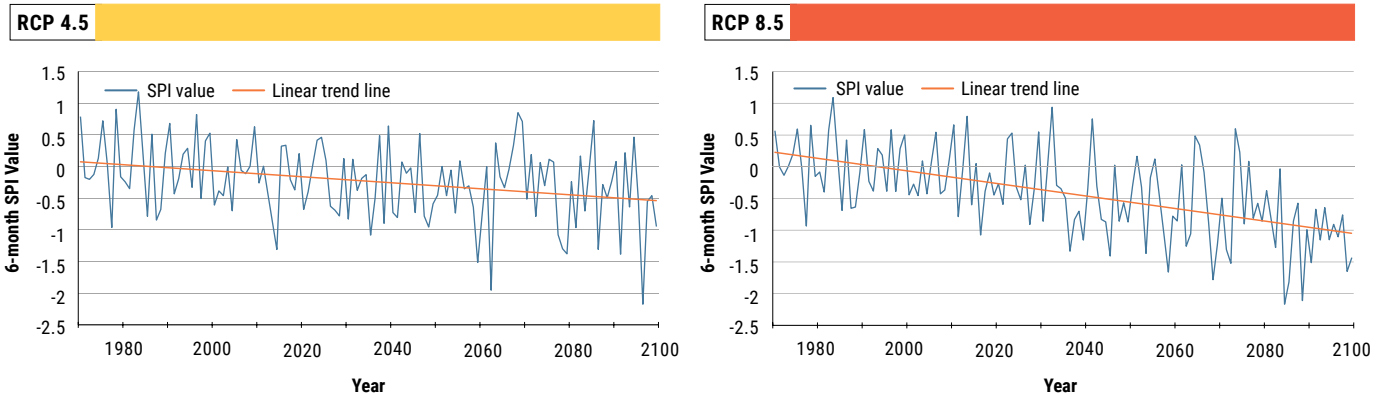
المؤشر	سيناريو الانبعاثات	1986-2005	2046-2065	2081-2100
مؤشرات الحرارة المتطرفة				
TR (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	43	65	75
	RCP 8.5		73	102
SU35 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	45	65	74
	RCP 8.5		71	97
SU40 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	6	16	21
	RCP 8.5		15	38
مؤشرات التساقطات المتطرفة				
CDD (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	35	36	35
	RCP 8.5		35	40
CWD (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	7.7	6.9	7.3
	RCP 8.5		7.3	6.7
R10 (االأيام/ السنة)	RCP 4.5	10.9	9.7	9.9
	RCP 8.5		9.6	9.1
R20 (الأيام/ السنة)	RCP 4.5	3.0	2.5	2.6
	RCP 8.5		2.7	2.6
SDII (ملم/اليوم)	RCP 4.5	4.9	4.7	4.8
	RCP 8.5		4.8	5.0

5.4.2 حالات الجفاف

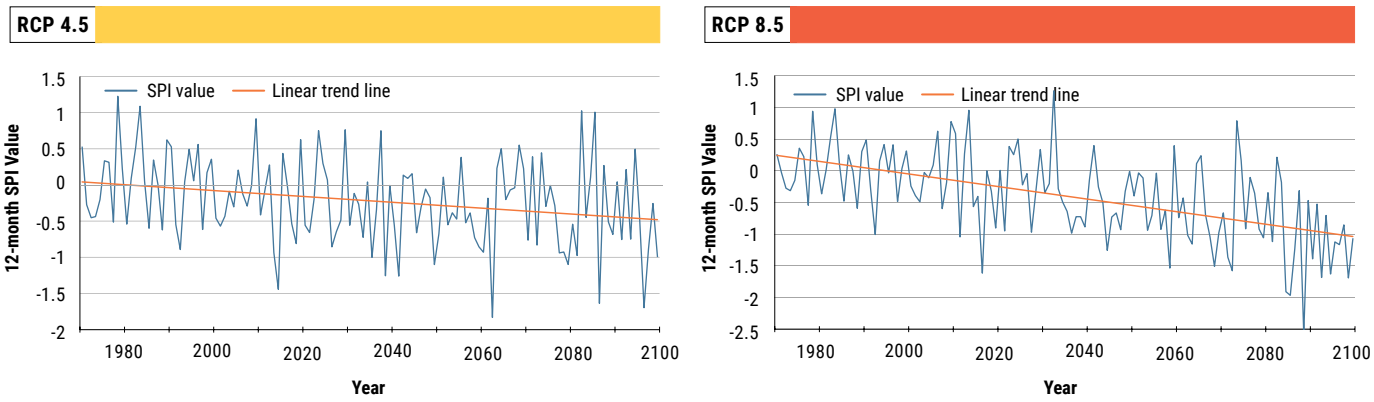
يبيّن الشكلان 87 و88 أن قيَم مؤشر SPI تُظهر اتجاهات سلبية هامة مُسقطة على مدى السنوات (وفقاً لاختبار Mann-Kendall حيث a=0.05). وعلى خلاف الحوضين الآخرين، يُظهر حوض نهر مجردة حالات مُسقطة من الجفاف الحاد والمتطرف إضافة إلى الجفاف المعتدل مع مرور الزمن في سياق سيناريوهي RCP كليهما (الجدول 19).

وتُظهر النتائج زيادة طفيفة في النسبة المئوية للوقت الذي يحدث فيه الجفاف المعتدل لقيَم مؤشرا SPI وسيناريوهي الانبعاثات كليهما. علاوة على ذلك، يمكن أن يُرى أن من المُسقط ظهور حالات من الجفاف الحاد على نحو أكثر تواترا في نهاية القرن. وأخيراً، من المُسقط أن يحدث جفاف متطرف في نهاية القرن في سياق سيناريو الانبعاثات RCP 8.5 فقط، وذلك لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً.

الشكل 87: الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الستة أشهر لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة



الشكل 88: الاتجاهات المُسقطة لمؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 في حوض نهر مجردة



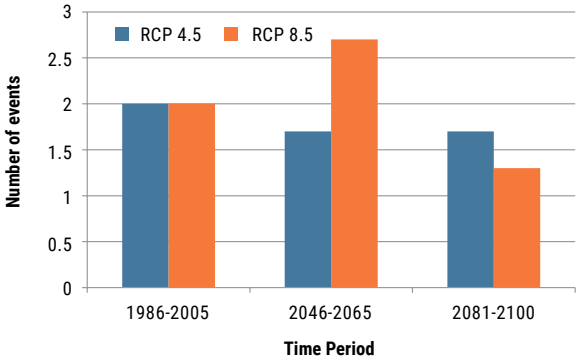
الجدول 19: النسبة المئوية المُسقطة من الوقت الذي يشهد حالات جفاف معتدل وحاد ومتطرف حتى نهاية القرن، لقيمة مؤشر SPI على فترة الستة أشهر وقيمة مؤشر SPI على فترة الاثني عشر شهراً في حوض نهر مجردة

حالات الجفاف	حدوث الجفاف (النسبة المئوية)			
	الفترة المرجعية (1986-2005)	منتصف القرن (2046-2065)		نهاية القرن (2081-2100)
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
قيمة مؤشر SPI على فترة ستة أشهر					
معتدلة	60	70	70	70	75
حادة	0	10	5	0	15
متطرفة	0	0	0	5	10
المجموع	60	80	75	75	100
قيمة مؤشر SPI على فترة اثني عشر شهراً					
معتدلة	50	75	85	50	65
حادة	0	5	5	10	25
متطرفة	0	0	0	0	5
المجموع	50	80	90	60	95

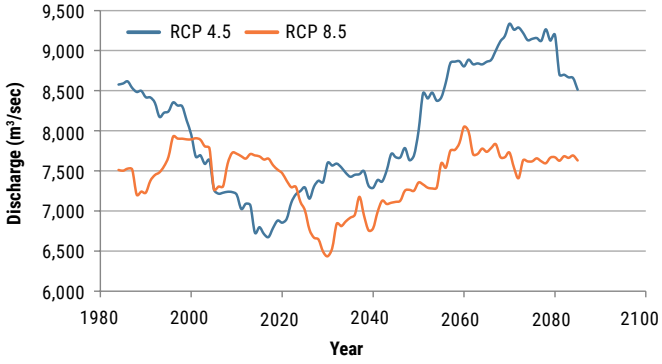
5.4.3 حالات الفيضانات المتطرفة

إن التغيرات المُسقطة في عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين تتفاوت في حوض مجردة تفاوتاً حاداً. وعلى النحو المبيّن في الشكل 89، من المُسقط أن ينخفض مع نهاية القرن في إطار RCP 4.5. وفي المقابل، تُظهر النتائج في إطار RCP 8.5 ارتفاعه في منتصف القرن وانخفاضا مع نهايته. وحتى لو كان هذا المؤشر الأخير يبيّن انخفاضاً في RCP 4.5، فإن النتائج لقيمة الفيضان لفترة مئة عام من المُسقط زيادتها من 7890 م³/بالثانية (الفترة المرجعية) إلى 8,436 م³/بالثانية في منتصف القرن وزيادة أخرى إلى 9,031 م³/بالثانية مع نهايته في سياق سيناريو الانبعاثات هذا. وبالنسبة لـ RCP 8.5، تبقى القيَم ضمن الحدود نفسها أي 7,533 م³/بالثانية في منتصف القرن و7,627 م³/بالثانية مع نهايته (الشكل 90 والجدول 20).

الشكل 89: متوسط عدد أيام التدفق المرتفع ذي المئين التسعين لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر مجردة



الشكل 90: متوسط التغير في قيمة الفيضان لفترة مئة عام (م³/بالثانية) مع مرور الزمن لمجموعة ثلاثة اسقاطات RCP 4.5 وRCP 8.5 في حوض نهر مجردة



الجدول 20: متوسط مجموعة قيَم الفيضانات لفترة مئة عام (م³/بالثانية) لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية في حوض نهر مجردة

سيناريو الانبعاثات	1986–2005	2046–2065	2081–2100
RCP 4.5	7,890	8,436	9,031
RCP 8.5	7,890	7,535	7,627

5.5 موجز لأبرز النتائج

في ما يلي النتائج المتعلقة **بحوض النهر الكبير** مع نهاية القرن وفي إطار سيناريوهي الانبعاثات كليهما:

- ثمة زيادة ملحوظة مُسقطة في الحرارة المتطرفة منها، مثلاً، طول فترات الحر وعدد الأيام الحارة وعدد الأيام الحارة جداً والليالي الاستوائية مع مرور الزمن؛
- تشير النتائج إلى ارتفاع إجمالي في أيام التساقطات الغزيرة جداً وشدة غزارتها، مع ارتفاع في الأيام الجافة المتتالية؛
- ثمة اتجاه مُسقط نحو أحوال أكثر جفافاً مع حلول نهاية القرن مع ارتفاع حالات الجفاف المعتدل، لكن لا يتوقع حدوث حالات من الجفاف الحاد أو المتطرف؛
- سيشهد الحوض على الغالب زيادة في مستوى التدفق في ذروته وتواترا للفيضانات في القرن الحادي والعشرين.

حوض وادي الضيقة:

- ثمة ارتفاع مُسقط في الحرارة المتطرفة منها، مثلاً، طول فترات الحر وعدد الأيام الحارة وعدد الأيام الحارة جداً والليالي الاستوائية مع مرور الزمن في سياق سيناريوهي الانبعاثات كليهما؛
- تشير النتائج إلى ارتفاع في أيام التساقطات الغزيرة وشدة غزارتها، يرافقها ارتفاع في الأيام الجافة المتتالية في الفترات المقبلة في سياق سيناريوهي الانبعاثات؛
- وفقاً للفترة المرجعية، ما من إشارة إلى حالات مُسقطة من الجفاف الحاد أو المتطرف في القرن الحادي والعشرين، بينما لا يزال من المُسقط حدوث حالات من الجفاف المعتدل مع بعض التغيّر مقارنة بالفترة المرجعية؛
- سيشهد الحوض على الغالب زيادة عامة تدريجية في مستوى التدفق في ذروته مع مرور الزمن في سياق سيناريوهي الانبعاثات كليهما إجمالاً، مع انخفاض عدد أيام الفيضانات المتطرفة في منتصف القرن يتبعه ارتفاع مع نهايته.

حوض مجردة:

- ثمة ارتفاع في كل مؤشرات درجات الحرارة المتطرفة منها، مثلاً، طول فترات الحر وعدد الأيام الحارة وعدد الأيام الحارة جداً والليالي الاستوائية مع نهاية القرن في سياق سيناريوهي الانبعاثات؛
- من المُسقط حدوث انخفاض عام في عدد أيام التساقطات الغزيرة، يرافقها ارتفاع في عدد الأيام الجافة المتتالية مع مرور الزمن؛
- ثمة اتجاه نحو أحوال أكثر جفافاً مع حالات مُسقطة من الجفاف الحاد والمتطرف، إضافة إلى حدوث حالات من الجفاف المعتدل مع مرور الزمن في سياق سيناريوهي الانبعاثات كليهما؛
- سيشهد الحوض على الغالب زيادة في مستوى التدفق في ذروته مع مرور الزمن في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة، مع انخفاض عدد أيام الفيضانات المتطرفة. غير أن مستوى التدفق في ذروته من المُسقط أن ينخفض في سياق سيناريو الانبعاثات المرتفعة.

الحواشي

1. معروف أيضاً بالنهر الكبير الجنوبي ولا ينبغي الخلط بينه وبين النهر الكبير الشمالي الذي يشكل نهراً في الجمهورية العربية السورية دون سواها.
2. ACSAD and ESCWA, 2017.
3. RClimDex برمجية استحدثها فرع الأبحاث المناخية التابع لإدارة الأرصاد الجوية في كندا ويتولى شؤونه. وهو يوفر صلة بينية بيانية للمستخدم بغية حساب 27 مؤشراً جوهرياً ومراقبة نوعية البيانات التي تُدخل يومياً (ETCCDI,2017).
4. ACSAD and ESCWA, 2017.
5. McKee et al., 1993.
6. نموذج نظام وضع النماذج الهيدرولوجية (HEC-HMS) (US Army Corps of Engineers, 2000). انظر الفصل الأول للاطلاع على المزيد من التفاصيل عن هذا النموذج.

المراجع

ACSAD and ESCWA (Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2017. Impact of Climate Change on Extreme Events in Selected Basins in the Arab Region. *RICCAR Technical Report*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.5.

ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices). 2017. Climate Change Indices: Software. Available at: http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml.

McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17(22): p. 179-183.

US Army Corps of Engineers. 2000. Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). Available at: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/.

الفصل السادس

آثار تغيّر المناخ على قطاع الزراعة

إن مستوى حصة الفرد من الموارد المائية والأرض الصالحة للزراعة في المنطقة العربية هو الأقل عالمياً. وحالياً يقدَّر نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة بنحو 600 م^3 سنوياً، أي نحو 10 في المئة من المتوسط العالمي، في حين أن حصة الفرد من الأراضي الصالحة للزراعة هو 0.15 هكتار، أي نحو 20 في المئة من المتوسط العالمي. وهذه المنطقة التي يقيم فيها حوالى 5 في المئة من سكان العالم تمتلك أعلى نسبة من إجمالي سحب موارد المياه المتجددة في العالم وتستأثر الزراعة المروية بأعلى حصة (أكثر من 80 في المئة). وفي بلدان المشرق، تمثل نسبة الأراضي المروية 43 في المئة من الأراضي الزراعية ككل، في حين أن بلدان المغرب أقل اعتماداً بكثير على الري (7-18 في المئة) قياساً بمصر التي تمثل فيها نسبة الأراضي المروية 100 في المئة تقريباً. وعلاوة على ذلك، تستغل شبه الجزيرة العربية وأجزاء من شمال إفريقيا مواردها المائية بشكل هام مع الاعتماد المفرط على المياه الجوفية الأحفورية غير المتجددة. والمهم هو أن حالة المياه غير مستدامة وتزداد صعوبة لأن نسبة 60 في المئة منها تتأتى من خارج الحدود.

والمنطقة بحد ذاتها، على الرغم من الجهود المبذولة لزيادة إنتاجها الزراعي، غير مكتفية ذاتياً من حيث إنتاج الأغذية فهي تؤمن من الاستيراد نحو 50 في المئة من احتياجاتها من القمح والشعير، و 40 في المئة من الأرز و 70 في المئة من الذرة، بل وإن بعض بلدان الخليج تستورد كل احتياجاتها من الحبوب. إلى جانب ذلك، من المتوقع أن يزداد الاعتماد على استيراد الأغذية بنسبة 64 في المئة بين عامي 2010 و 2030[1]. وهذا الاعتماد على الواردات يجعل الدول العربية خاضعة لأخطار مستوى العرض والأسعار على غرار ما حصل أثناء أزمة الغذاء العالمية في عام 2007/2008 وعام 2010/2011. وثمة ضغط إضافي على الطلب على الغذاء والماء ناجم عن النمو السكاني الشديد (نحو 2 في المئة سنوياً، أي أكثر بمرتين تقريباً من المتوسط العالمي)، والمتوقع أن يصبح عدد سكان المنطقة أعلى بمرتين بحلول عام 2050. وإضافة إلى ازدياد عدد السكان، فإن ارتفاع مستويات المعيشة والتوسع الحضري والتنمية بشكل عام ستزيد كلها من الضغط على الموارد المائية الشحيحة أصلاً والمرتبطة بدورها ارتباطاً عضوياً بتحديات الأمن الغذائي.

وما برحت مشكلتا انعدام الأمن الغذائي وشح المياه من أبرز التحديات التي تواجهها المنطقة العربية ولهما انعكاسات شديدة على الأمن القومي، يضاف إليهما الضغوط الأخرى التي تسفر عنها آثار تغيّر المناخ. ويقدم هذا الجزء، ضمن ريكار وعبر برنامج التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام)، معلومات عن تقييم آثار تغيّر المناخ في أطر زمنية معينة، شمل أهم القطاعات الاقتصادية الخضراء وتحديداً نظم الزراعة والمواشي وقطاع مصائد الأسماك وتربيتها والغابات. وكل التفاصيل المتعلقة بالمنهجية المتبعة ونتائج وتحليلات إضافية ترد في تقرير ريكار التقني المعنون «Climate Change and Adaptation Solutions for the Green Sectors in the Arab Region (2017)»[2].



أرض مروية مزروعة بالقطن في دير الزور، الجمهورية العربية السورية، 2007. المصدر: إيهاب جناد.

6.1 أثر تغيّر المناخ على نظم الزراعة

انطلق تحليل أثر تغيّر المناخ على نظم الزراعة من تبيان نظم الزراعة المعتمدة حاليا في المنطقة (الشكل 91)، ومن ثم وَضعت خارطة هذه النظم فوق خرائط تقييم قابلية التأثر إزاء تغيّر المناخ (الشكلان 92 و93).

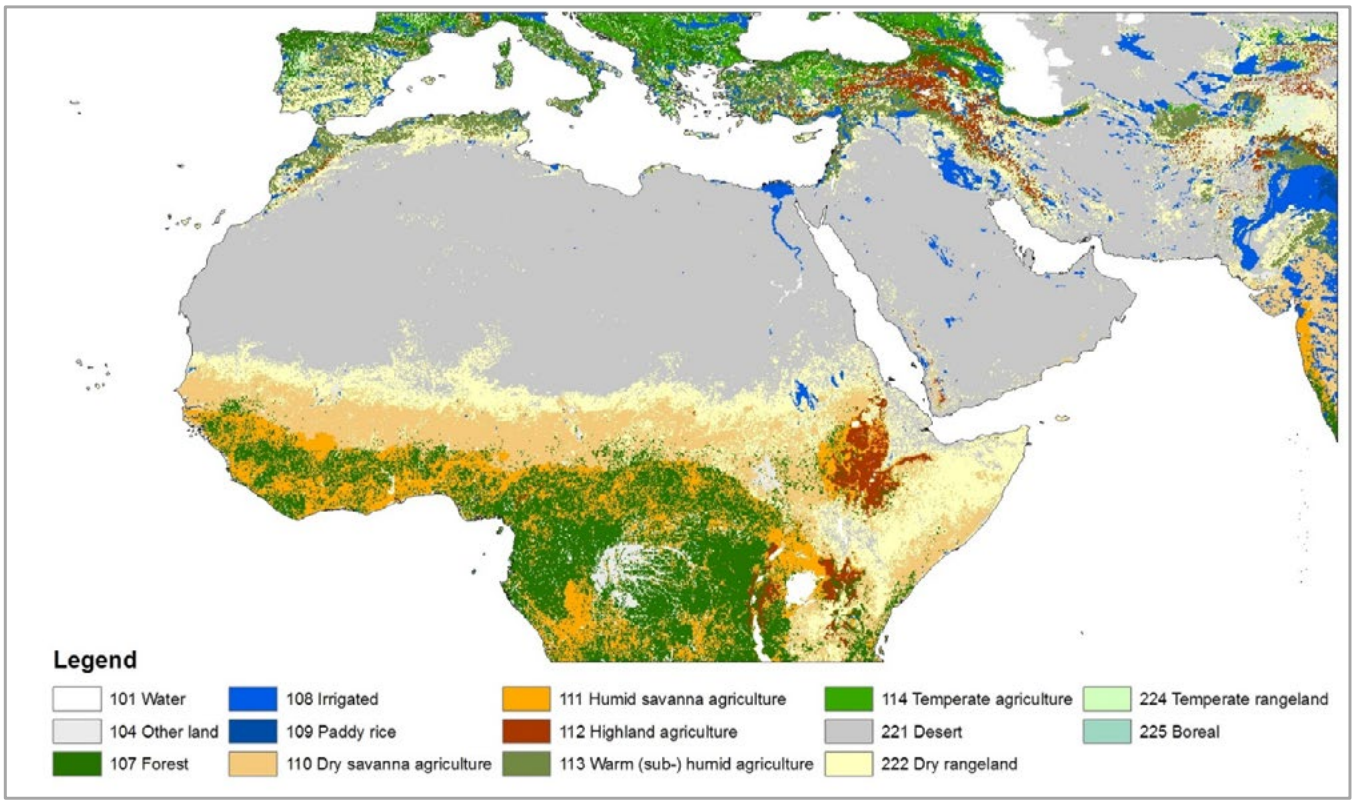
وتبيّن خرائط تقييم قابلية التأثر في إطار ريكار أن أكثر المساحات المزروعة في المنطقة العربية تقع ضمن الفئات الثلاث الأعلى قابلية للتأثر (الشكلان 92 و93). وأعلى الأماكن قابلية للتأثر هي وادي النيل (لا سيما الأجزاء الشمالية: يضاف ذلك إلى تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر على الدلتا والمتوقع أن يخلف تبعات سلبية على 30 في المئة من مساحة أراضي الدلتا أثناء القرن الحالي)، وحوضُ نهري دجلة والفرات، وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية، والأجزاء الغربية من شمال أفريقيا في جبال الأطلس. ويتضح من تحليل القطاعات الخضراء المشمولة بالدراسة أن مستوى التبخر النتحي سيزداد وأن مستوى الجريان السطحي سيتقلص وسيتجسد ذلك في تفاقم مشكلة شح المياه، وهذا ما تؤكده المناطق الزراعية الشديدة التأثر الواقعة ضمن الفئات العالمية لشح المياه. وتوصيف هذه المناطق الشديدة التأثر من حيث الجوانب البيوفيزيائية استناداً إلى نظم الزارعة العالمية كشف أن أشد النظم إنتاجية في المنطقة، أي الزراعة المروية والزراعة في السهوب الجافة، هي أشدها عرضة للتأثر بتغيّر المناخ: إن نسبة 85 -90 في المئة من مساحاتها، مجتمعةً، مشمولة بالفئتين الأعلى قابلية للتأثر.

ويتم الحصول على النتائج نفسها من شبك المناطق الشديدة التأثر مع مناطق إيكولوجية زراعية حيث إن أكثرها إنتاجية (المروي منها والجيد التربة والمعتدل التربة) أشد عرضة لتغيّر المناخ في إطار السيناريوهين (RCP 4.5 وRCP 8.5)، وتتزايد هذه القابلية للتأثر عند الانتقال إلى أسوأ السيناريوهات ومع نهاية القرن. وبالتالي، فإن أهم المزروعات في المنطقة، وخصوصاً القمح والذرة الرفيعة (السرغم)، شديدة قابلية التأثر إزاء تغيّر المناخ لأن معظم الأراضي المزروعة بها تقع ضمن الفئتين الأعلى قابلية للتأثر.



نبات الذرة الرفيعة (السرغم)، الإمارات العربية المتحدة، 2010.
المصدر: Wikimedia commons/Priyag.

الشكل 91: أبرز نظم الزراعة في المنطقة العربية



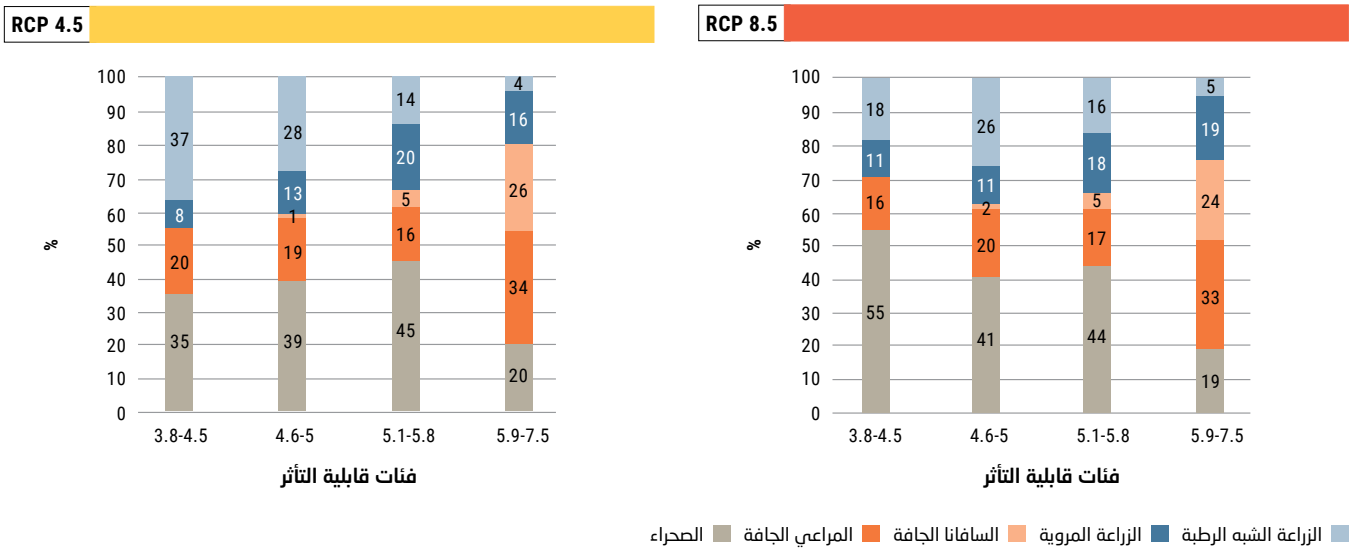
المصدر: FAO, 2011.

يوضح الشكلان 94 و95 طريقة توزُّع المساحات المزروعة بأنواع المزروعات الستة المحللة بحسب فئة قابلية التأثر في إطار سيناريوهات تغيّر المناخ الأربعة. وأشد المزروعات تأثرا هي القمح والسرغم.

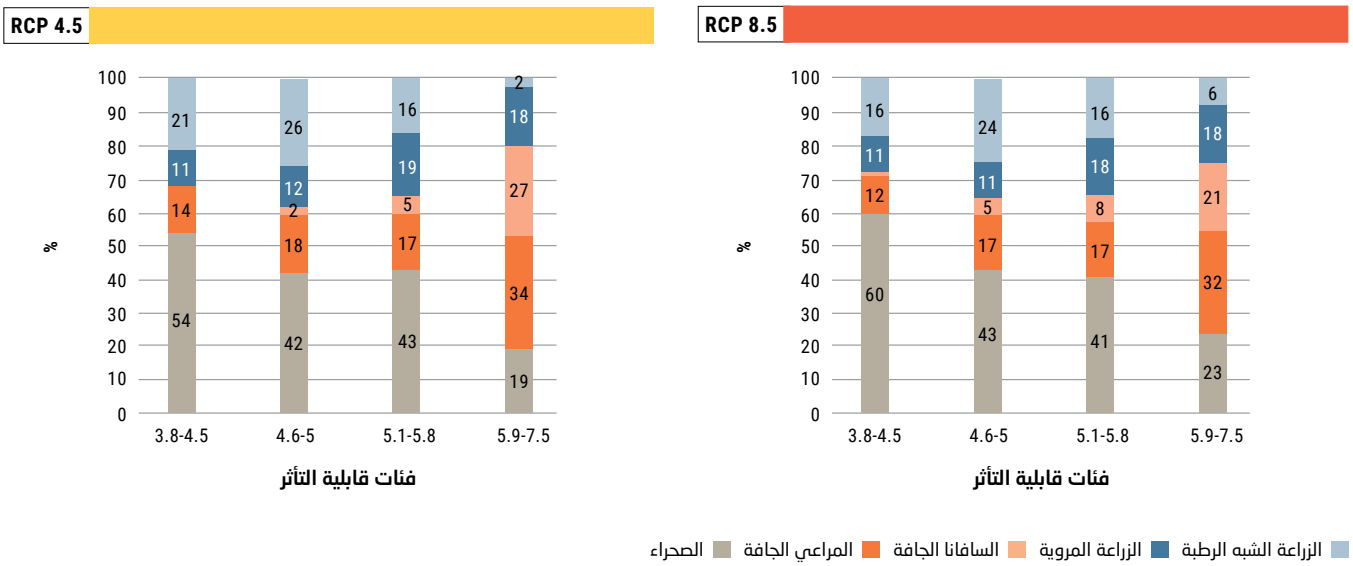
وتُزرع الذرة الرفيعة بمعظمها في المناطق التي تقع في الفئة الأعلى قابلية للتأثر (تتراوح بين 5.9 و7.5) والقمح بمعظمه في المناطق المشمولة بثاني أعلى فئة (تتراوح بين 5.1 و5.8).

ومن الواضح أيضاً أن مستوى قابلية التأثر لجميع المزروعات يزداد عند الانتقال من RCP 4.5 إلى RCP 8.5 ومن منتصف القرن إلى نهايته. وهذا الأمر جليّ في الشكل 96 حيث إن النسبة المئوية للمساحة المزروعة بالقمح، على سبيل المثال، التي تقع في الفئتين الأعلى قابلية للتأثر ترتفع من 57 في المئة في إطار السيناريو RCP 4.5 في منتصف القرن إلى أكثر من 65 في المئة في إطار السيناريو RCP 8.5 مع نهايته. وتسري اتجاهات مثيلة على سائر المزروعات وحتى الزيتون – الأقل تأثراً إذ إن نسبته المئوية هي الأقل ضمن المناطق الأعلى قابلية للتأثر.

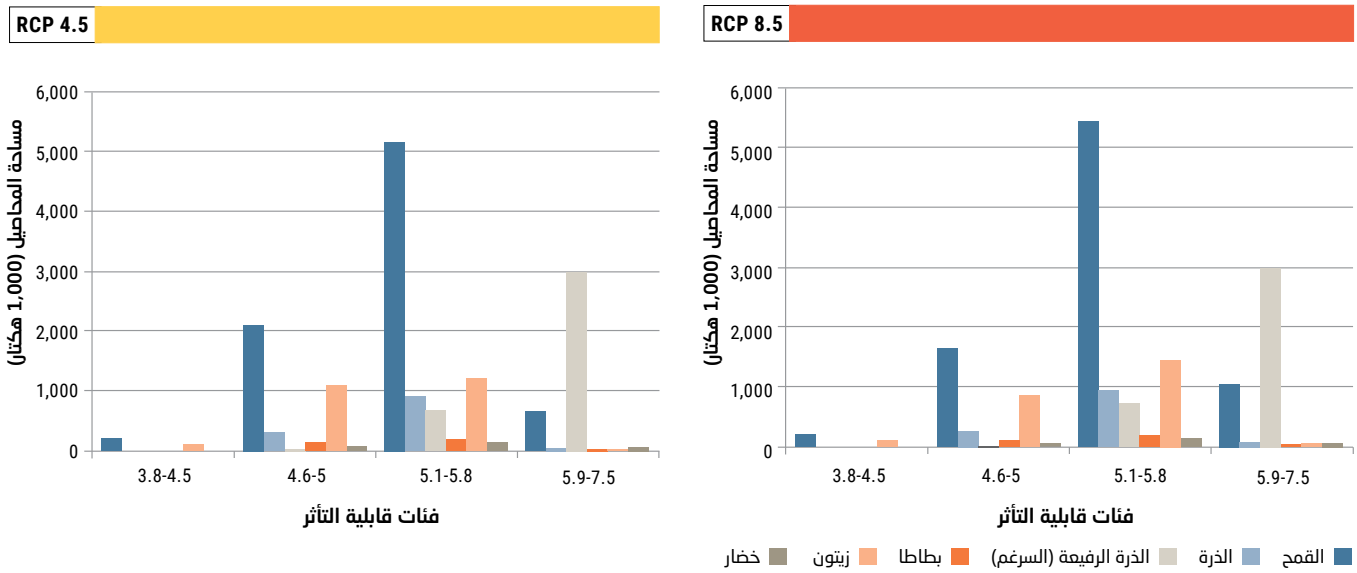
الشكل 92: توزيع (بالنسبة المئوية) أبرز نظم الزراعة في فئات قابلية التأثر (منتصف القرن)



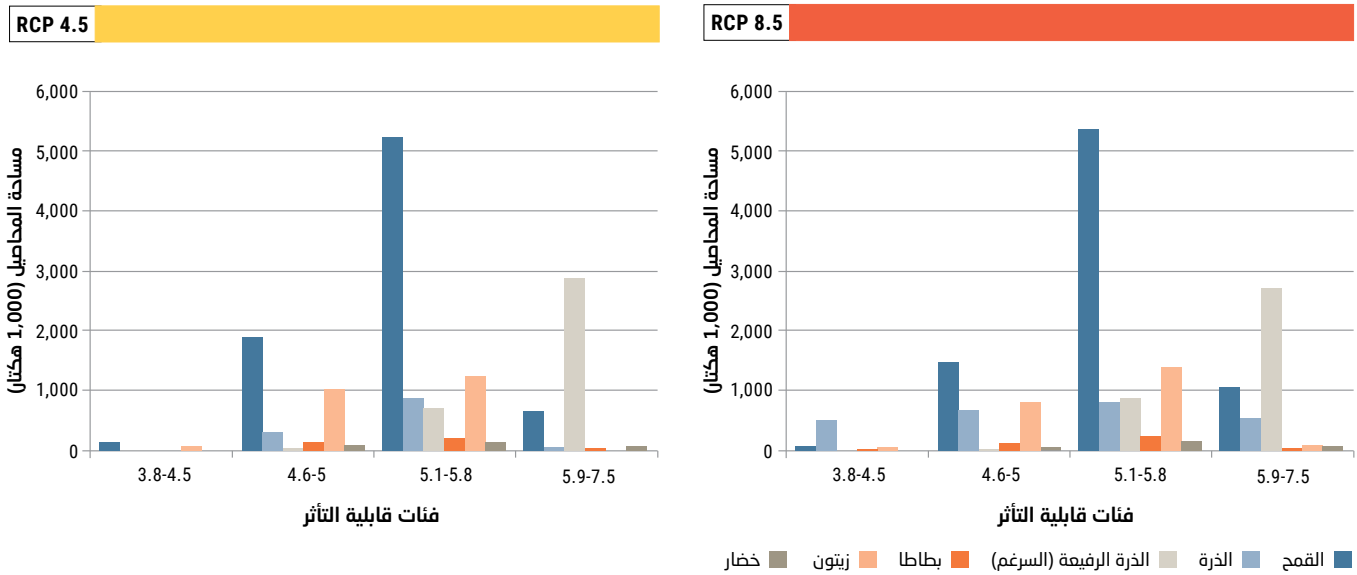
الشكل 93: توزيع (بالنسبة المئوية) أبرز نظم الزراعة في فئات قابلية التأثر (نهاية القرن)



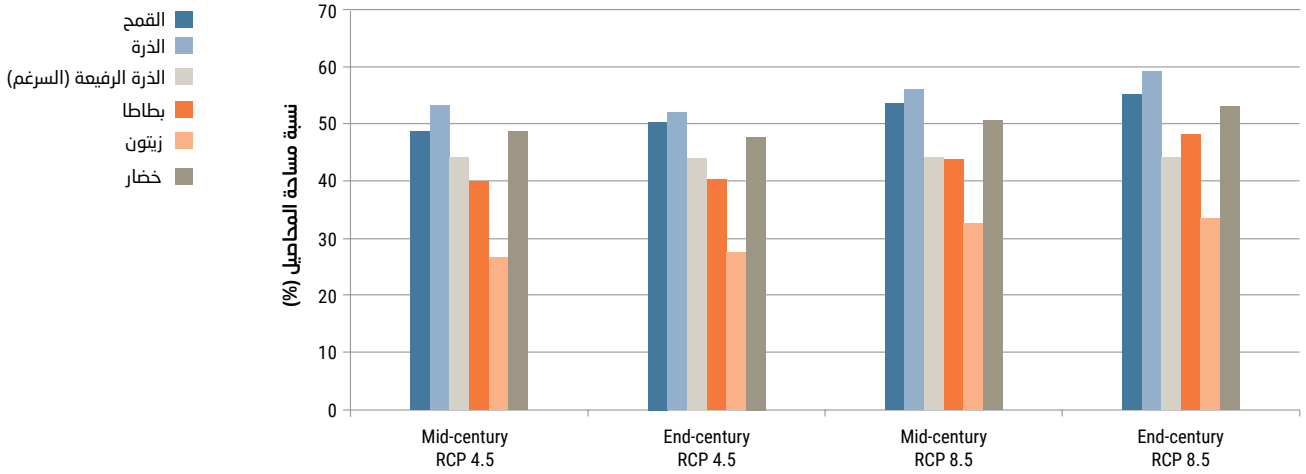
الشكل 94: توزيع مساحة المحاصيل في فئات قابلية التأثر (منتصف القرن)



الشكل 95: توزيع مساحة المحاصيل في فئات قابلية التأثر (نهاية القرن)



الشكل 96: نسبة مساحات المحاصيل المروية المعرضة إلى الفئتين الأعلى قابلية للتأثر



على الرغم من أن بعض النماذج المناخية العالمية تتنبأ في إطار بعض السيناريوهات المناخية بازدياد كمية المحصول، ستحدث هذه الزيادة خصوصاً في مناطق أقل أهمية بالنسبة للمزروعات المعنية، في حين أن المناطق التي تتركز فيها المزروعات ستتأثر سلباً في إطار كل سيناريوهات المناخ (السيناريو المعتدل وأسوأ السيناريوهات على حد سواء)، فمثلاً، يتوقع أن يرتفع محصول الذرة المروية بعض الشيء في إطار فئتي قابلية التأثر الثانية والثالثة. غير أن محصول الذرة الرفيعة (السرغم) التي تُزرع بشكل رئيسي في أشد المناطق قابلية للتأثر سينخفض في إطار جميع سيناريوهات المناخ. ومن المُسقط أن ينخفض محصول القمح في إطار كل السيناريوهات وأن يكون أشده في المناطق التي تتركز فيها أكثر زراعة القمح. والذرة هي أقل أنواع الحبوب قابلية للتأثر ويتوقع أن ينخفض محصولها بشكل طفيف على الرغم من أنها بمعظمها مزروعة في المناطق الشديدة القابلية للتأثر. واتجاهات البطاطا شبيهة باتجاهات الذرة والزيتون، علماً أن الزيتون هو المحصول الشجري الوحيد الذي تم فحصه: تبين أنه الأكثر قابلية للتأثر إزاء تغيّر المناخ إذ إن محصوله ينخفض على نحو حاد في إطار كل السيناريوهات والنماذج المناخية العالمية.

6.2 أثر تغيّر المناخ على المواشي

يساهم قطاع المواشي في المنطقة في ضمان الأمن الغذائي وتخفيف حدة الفقر وتوفير فرص العمل وتحقيق التنمية الاقتصادية، ويساهم بنسبة ما بين 30 في المئة و50 في المئة من الإنتاج الزراعي. وخارطة المناطق الشديدة التأثر (hotspots) بتغيّر المناخ لهذا القطاع (انظر الفصل الحادي عشر) رُسمت فقط استناداً إلى مدى توفُّر المياه بدون بحث أثره على إنتاج الأعلاف. وإذا أضيف إلى ذلك التغير المتوقع في الحرارة، تبيّن النتائج المتعلقة بالمناطق الشديدة التأثر أن التبعات المحتمل أن يخلفها تغيّر المناخ على المواشي تتصل بتناقص المياه والأعلاف، الناجم عن الجفاف المتكرر وتدهور المراعي والتصحر. وأشد المناطق تأثراً بتغيّر المناخ تقع على طول وادي نهر النيل والقرن الأفريقي وجنوب غربي شبه الجزيرة العربية، تليها مناطق الهلال الخصيب وشمال أفريقيا لكن على نطاق أضيق. وتُظهر خرائط قابلية التأثر أن التبعات المحتمل أن يخلفها تغيّر المناخ على المواشي طفيفة مقارنة بتبعاته على المحاصيل الزراعية. غير أن هذه التبعات تصبح سلبية أكثر بكثير مع نهاية القرن في إطار أسوأ السناريوهات المناخية. وإذا تم التركيز على الأغنام والماعز والأبقار والإبل، فمعظمها موجود في مناطق شديدة القابلية للتأثر. وباستثناء الإبل التي هي الأقل عدداً، فإن الأبقار هي الأشد تأثراً بتغيّر المناخ يليها الماعز ومن ثم الأغنام. ولا يوجد أي فرق ملحوظ في قابلية التأثر بين النظم التي تقوم عليها تربية الماعز والإبل، لكن الأبقار والأغنام – وهي الحيوانات الأهم من حيث القيمة والعدد، على التوالي – التي تتم تربيتها على مراعٍ برية ستكون أشد قابلية للتأثر إزاء تغيّر المناخ من تلك التي تُتم تربيتها وفقا لنظم مختلطة. ويسري الأمر خصوصاً على الأغنام التي تشتد قابليتها للتأثر بشكل هائل إذا كانت



تربية الأسماك في نهر العاصي، لبنان، 2011. المصدر: جويل قمير.

تعتمد على المراعي البرية قياساً بنظم التربية المختلطة وذلك في إطار أسوأ السيناريوهات المناخية.

6.3 أثر تغيّر المناخ على مصائد الأسماك وتربيتها

يساهم قطاع الصيد البحري في المنطقة – وإلى حد ما تربية الأسماك – في ضمان الأمن الغذائي وتخفيف حدة الفقر وتوفير فرص العمل وتحقيق التنمية الاقتصادية، ويساهم بنسبة 25 في المئة تقريباً من الإنتاج الزراعي. ففي عام 2011 على سبيل المثال، بينما بلغت نسبة الاكتفاء الذاتي من الحبوب في المنطقة 45 في المئة، بلغت نسبة الاكتفاء الذاتي من الأسماك نحو 75 في المئة. ويتوقع أيضاً أن يرتفع مستوى تربية الأسماك وإنتاجها في السنوات المقبلة مما يقلص التفاوت بين العرض والطلب على الصعيد الوطني، غير أن تربية الأسماك في المياه العذبة في بلدان عديدة في المنطقة يرجَّح أن تتأثر بتغيّر المناخ ولربما بالفيضانات أو الجفاف أو ارتفاع درجات الحرارة. وينبغي الإشارة إلى أن الضغط الممارس على التنوع البيولوجي نتيجة لكثافة أنشطة صيد الأسماك يخلف تداعيات سلبية على الثروة السمكية والنظم الإيكولوجية، تتجاوز تداعيات تغيّر المناخ. ونتيجة للإفراط الشديد في استغلال العديد من مصادر الأسماك، يرجَّح أن يؤدي تغيّر المناخ إلى اختفاء بعض أنواع الأسماك إذا لم تخفف إدارة صيد الأسماك درجة استغلالها.

6.4 أثر تغيّر المناخ على الغابات

إن ما تشهده المنطقة العربية من تصاعد في مستوى تركز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وارتفاع في درجات الحرارة، وتغير في اتجاهات التساقطات السنوي والفصلي، وتواتر في الظواهر المناخية المتطرفة، مثل الجفاف وحرائق الغابات، يُضر للغاية بالغابات وسائر النظم الإيكولوجية من حيث الإنتاجية والنوعية والاستقرار. وقحولة المنطقة والغطاء الحرجي الضئيل، تضاف إليهما معدلات إزالة الغابات المرتفعة في بعض البلدان، يزيدان الغابات قابلية للتأثر إزاء عواقب تغيّر المناخ. وتم تحديداً بحث عواقبه على أربع نظم غابات بارزة (الشكل 97).

الشكل 97: مكان المواقع التجريبية للتحقيق في آثار تغير المناخ



ترزح غابة المعمورة المغربية حالياً تحت ضغط شديد بسبب الإنسان يتمثل في جمع الحطب لاستخدامه بجميع الأشكال، والإفراط في استغلال المراعي، والجمع الدائم لثمر بلوط السنديان (Quercus suber) للغذاء والتجارة. ويشكل الإفراط في استغلال المراعي أحد الأسباب الكامنة وراء شيخوخة الغابات لأنه يحول دون تجددها طبيعياً. ومن المتوقع أن يكون الإجهاد المائي أبرز عواقب تغيّر المناخ على غابة المعمورة. وستزيد هذه المشكلة سوءا أنشطةُ الإنسان الضاغطة (الإفراط في استغلال المراعي، وجمع الحطب لأغراض التدفئة، وجمع منتجات الغابات من غير الأخشاب، والتوسع الحضري، والسياحة) وبدرجة أقل الآفات. والأجزاء الشرقية من الغابة أشد تأثراً بتغيّر المناخ من أجزائها الغربية. ويتبيّن في إطار السيناريو المعتدل أن ثمة ازدياداً في منتصف القرن في مستوى قابلية تأثر الغابة بأسرها بتغيّر المناخ. وأجزاؤها الشرقية هي الأشد تأثراً بنقص المياه، في حين أن أجزاءها الغربية ستتأثر بشكل رئيسي بشيخوخة الغابة والآفات التي تضربها. ويشتد هذا التأثر إلى حد بعيد مع نهاية القرن.

أما غابة سنلبا الجزائرية، فإنها تحافظ على طبيعتها بشكل جيد بفضل ارتفاعها (900م-1,600م فوق سطح البحر). غير أن الغابة لا تتجدد ويبلغ عمر أشجارها ما متوسطه 105 سنوات. فضلاً عن ذلك، فإن أكثر من نسبة 50 في المئة من أراضي ولاية الجلفة، حيث تقع غابة سنلبا، حساسة– بل شديدة الحساسية– للتصحر. وتبعات تغيّر المناخ المتوقعة ستفضي إلى عدم التجدد وإلى شيخوخة أشجار صنوبر حلب، وسقوط أوراق الشجر بفعل الإجهاد المائي، والإصابة بالآفات، وتناقص تنوع النباتات. وتأثُّر غابة سنلبا بتغيّر المناخ في منتصف القرن ونهايته (في إطار السيناريوهين) يتأتى أساساً من مشكلة الإجهاد المائي وهو يشتد نتيجة للإفراط في استغلال المراعي.

وتقلصت مساحة غابة سليانة التونسية بنسبة 13 في المئة في الفترة من عام 1990 إلى عام 2000 واستُمدت هذه المعلومات من عمليات جرد مختلفة للغابات. فحُولت أراضي الغابة بشكل رئيسي إلى أراض زراعية وغابات مشجرة وغابات غير مشجرة ومزارع لم تنضج بعد. وفي هذه الفترة الزمنية نفسها، استُبدلت نسبة 93 في المئة من الغابات المشجرة بغابات غير مشجرة ومزارع صغيرة وأراضي زراعية. وقابلية تأثر غابة سليانة إزاء تغيّر المناخ تتأتى في المقام الأول من نقص المياه وتزداد حدةً بفعل أنشطة الإنسان (الإفراط في استغلال المراعي، وجمع الحطب للتدفئة، وحرائق الغابات، وحيازة الأراضي، والتعدي على الأراضي). وبالنسبة للعوامل المناخية، يتأثر الغطاء الحرجي أشد ما يتأثر، بفترات الجفاف الطويلة التي تؤدي إلى هلاكه بسبب الإجهاد المائي ، وتحول دون تجدد أشجار صنوبر حلب، وتجعل الأشجار أكثر عرضة للإصابة بالآفات.

وفي محمية المد الحيوي في جبل موسى اللبنانية، يتناقص عدد أنواع مهمة من الأشجار مثل السنديان (Quercus cerris) أو اللزاب (Juniperus drupacea) نتيجة لتغيّر المناخ وخصوصاً في السنوات الجافة والحارة المتطرفة. وثمة أنواع أخرى من الأشجار هي أيضاً على تناقص بسبب الأنشطة غير الخاضعة لأي قوانين تنظيمية ومنها إنتاج الفحم والإفراط في استغلال المراعي. إلى جانب ذلك، فإن مستوى تآكل التربة في الأراضي المتدهورة حاد مما يؤدي إلى تلوث المجاري المائية. وتتفاقم هذه الحالة نتيجة للأحوال الجوية المتطرفة التي تزداد تواتراً وفقاً لسيناريوهات تغيّر المناخ. ويسود محمية المد الحيوي في جبل موسى حاليا جوٌّ رطب ومن المُسقط في إطار السيناريو المعتدل (RCP 4.5) أن يصبح الجزء الشمالي من المحمية شبه رطب بحلول عام 2070، في حين أن من المُسقط أن تصبح المحمية كلها في إطار أسوأ السيناريوهات (RCP 8.5) شبه رطبة بحلول العام المذكور. والجانب الأكثر تأثراً في الغابة بتغيّر المناخ استناداً إلى تقييم قابلية التأثر هو قدرة أشجار السنديان على التكاثر.

ويُستخلص من دراسات حالة هذه في بلدان عربية أن تأثر غابات منطقة البحر الأبيض المتوسط بتغيّر المناخ يشتد بسبب أنشطة الإنسان وأبرزها الإفراط في استغلال المراعي وجمع الحطب، وبدرجة أقل، السياحة (ولا سيما عند الاقتراب أكثر من المدن). وتغيّر المناخ، حتى لو كان من المستبعد أن يهدد وحده وجود الغابات، يرجَّح أن يؤثر في إنتاجية الغابات وأن يغير أعداد أجناس النباتات الموجودة فيها.

6.5 أثر تغيّر المناخ على مجموعة مختارة من المحاصيل الزراعية في مصر ولبنان والأردن

عند تقييم تبعات تغيّر المناخ المُسقطة على محاصيل زراعية شتى، ينبغي أيضاً تقييم ما يسمى بأثر التسميد الناجم عن ارتفاع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

زد على ذلك أن تبعات ثاني أكسيد الكربون على مختلف المحاصيل يتفاوت وفقاً لنظامها التمثيلي الضوئي. فالمحاصيل الثلاثية الكربون C3 (أفضل مستوى تمثيلي ضوئي في مناخ بارد ورطب)، مثل القمح أو الأرز أو الشعير، من المتوقع عموماً أن تستفيد من ارتفاع تركُّز ثاني أكسيد الكربون في الجو. لكن هذا الأمر لا يسري على المحاصيل الرباعية الكربون C4 (أفضل مستوى تمثيلي ضوئي في مناخ حار ومشمس)، مثل الذرة أو الذرة الرفيعة (السرغم)[3].

وبناء على ذلك، فإن التبعات الشاملة التي يخلفها تغيّر المناخ على مجموعة مختارة من المحاصيل في مناطق بارزة من البلدان المختارة خضعت لتقييم محدد باستخدام نموذج AquaCrop الذي وضعته منظمة الفاو لأنه قادر على بحث حالة الإجهاد المائي وتركُّز ثاني أكسيد الكربون في الجو.

والمحاصيل التي اختيرت كانت القمح والذرة والقطن في شمالي الدلتا المصرية وهي تمثل الزراعة المروية؛ والقمح والشعير تحت زراعة بعلية في محافظة الكرك الأردنية وهي تمثل مناطق جافة للغاية (قاحلة)؛ والباذنجان والذرة والبطاطا المروية في منطقة أعالي نهر العاصي اللبناني وهي تمثل مناطق زراعية مختلطة.

وبعد تعيير النموذج، أُجريت عمليات المحاكاة للمحاصيل والمناطق المختارة في إطار السيناريوهين المعتدل والأسوأ وللفترتين الزمنيتين (منتصف القرن ونهايته). وآثار تغيّر المناخ على المحاصيل وطول فترة النمو ترد في الأشكال 98 و99 و100 بالنسبة لمصر ولبنان والأردن على التوالي.

وتؤكد نتائج عمليات المحاكاة أن المحاصيل الثلاثية الكربون ذات النظام C3 التي بُحثت (القمح والشعير والباذنجان والبطاطا والقطن) تتفاعل إيجابياً مع تركُّز ثاني أكسيد الكربون المرتفع في الجو وأن المحاصيل الرباعية الكربون التي بُحثت (الذرة) لا تتفاعل معه. وبالنسبة للمحاصيل الثلاثية الكربون، يجب التمييز بين المحاصيل المروية وتلك البعلية. فمحصول القمح المروي (في مصر) يسجل ارتفاعاً بنسبة نحو 14 في المئة في إطار كلا السيناريوهين (RCP 4.5 وRCP 8.5) في منتصف القرن، وارتفاعاً بنسبة نحو 11 في المئة في إطار RCP 4.5 وبنسبة نحو 16في المئة لـRCP 8.5 في نهاية القرن. ويشير هذا الأمر إلى أن التغيرات المُسقطة في درجات الحرارة لا تؤثر في إنتاج القمح ما دامت المياه متوفرة، وإلى أن القمح المروي بها يجوز أن يستفيد من تغيّر المناخ بفعل ارتفاع مستوى تركُّز ثاني أكسيد الكربون. ويمكن قول الأمر نفسه بالنسبة للمحاصيل الثلاثية الكربون التي بُحثت: القطن (في مصر) والباذنجان والبطاطا (في لبنان) التي تُروى بالمياه. وشح المياه العام الحالي في المنطقة العربية سيزداد عقداً بعد عقد، ونصيب الزراعة من الموارد المائية المتوفرة سيمضي في الانخفاض. وسيؤثر ذلك في كمية المنتجات المروية وفي كمية المحاصيل، مما يقتضي إدارة الموارد المائية إدارةً متكاملة وشديدة الفعالية.

وعند معاينة نتائج نموذج محاكاة AquaCrop لحالة الحبوب البعلية، يتبين أن كمية المحاصيل، باستثناء القمح والشعير، تتأثر سلباً في جميع الحالات والسيناريوهات في منتصف القرن. وسيؤثر التفاوت المتزايد في معدلات هطول الأمطار وفترات الجفاف الطويلة واشتداد العواصف المطرية، وهي أمورٌ تتسبب بتآكل التربة وخسارة المياه، تأثيراً هاماً في المحاصيل التي تعتمد على الأمطار. وقد يخفف الري الإضافي وحفظ التربة والمياه وتدابير جمع المياه، إلى حد ما، من عواقب تغيّر المناخ على المحاصيل البعلية في المنطقة العربية.

ويتضح أيضاً من نتائج نموذج المحاكاة AquaCrop أن تغيّر المناخ سيقلص مواسم نمو القمح المروي بنسبة تتراوح بين 3 في المئة و14 في المئة في شمالي الدلتا المصرية، وبين 4 في المئة و27 في المئة في منطقة نهر العاصي. وتقلُّص مواسم النمو الناجم بشكل رئيسي عن الارتفاع المُسقط في درجات الحرارة قد يفضي إلى انخفاض طفيف في التبخر النتحي من المزروعات.

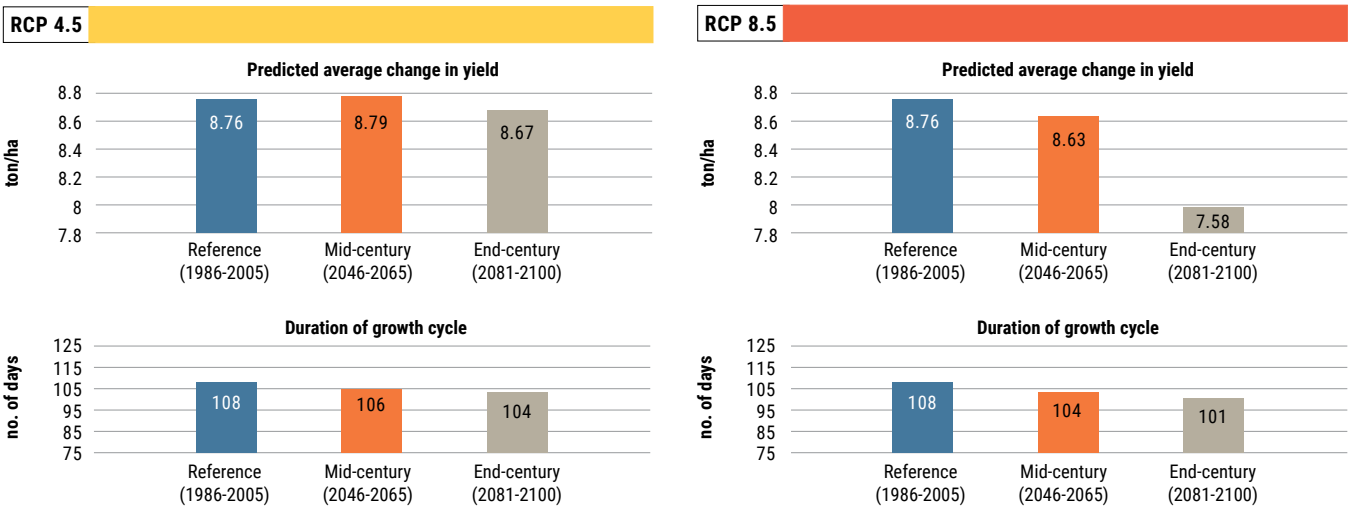


حصاد القمح، مصر، 2017. المصدر: عمر حامد.

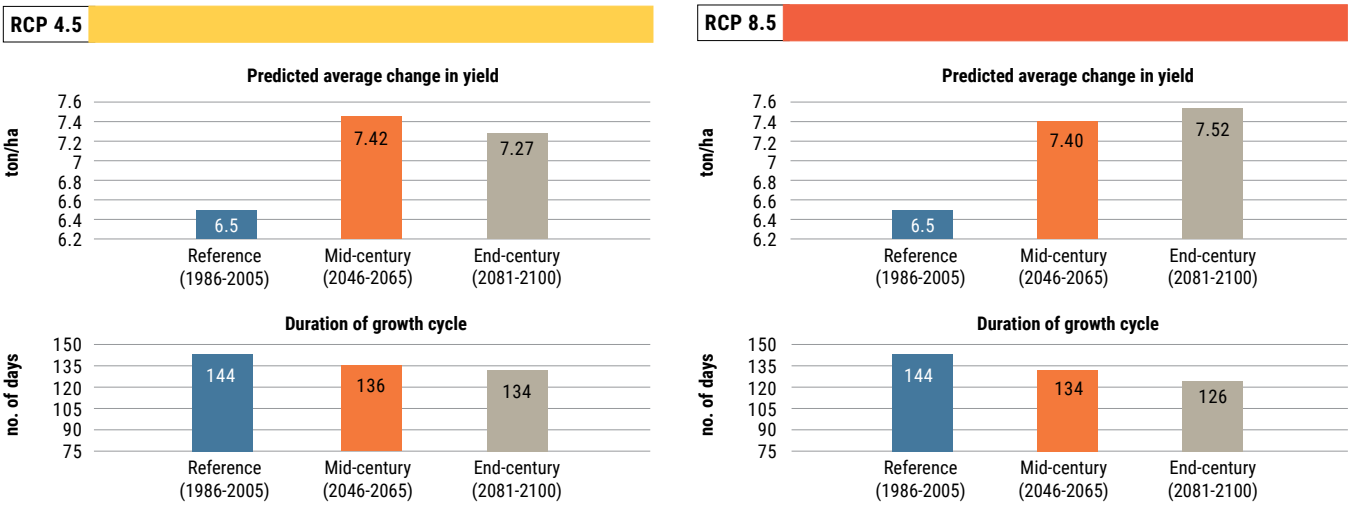
الشكل 98: محاكاة غلة محاصيل الذرة والقمح والقطن وطول فترة نموها في مصر للفترة المرجعية ومنتصف القرن ونهاية القرن في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5

مصر

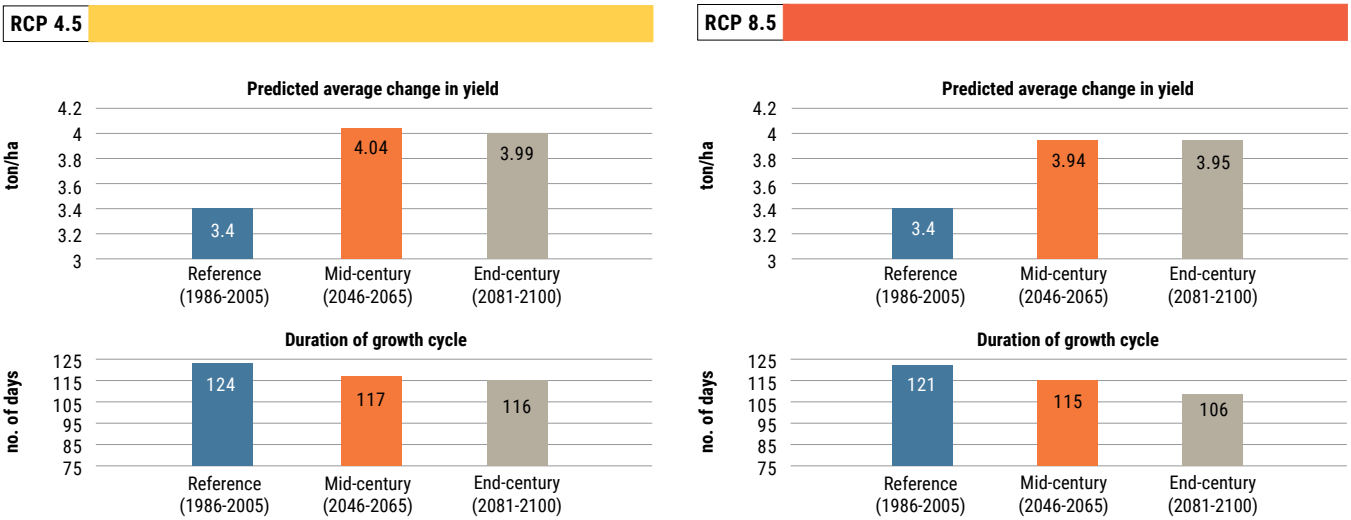
الذرة



القمح



القطن

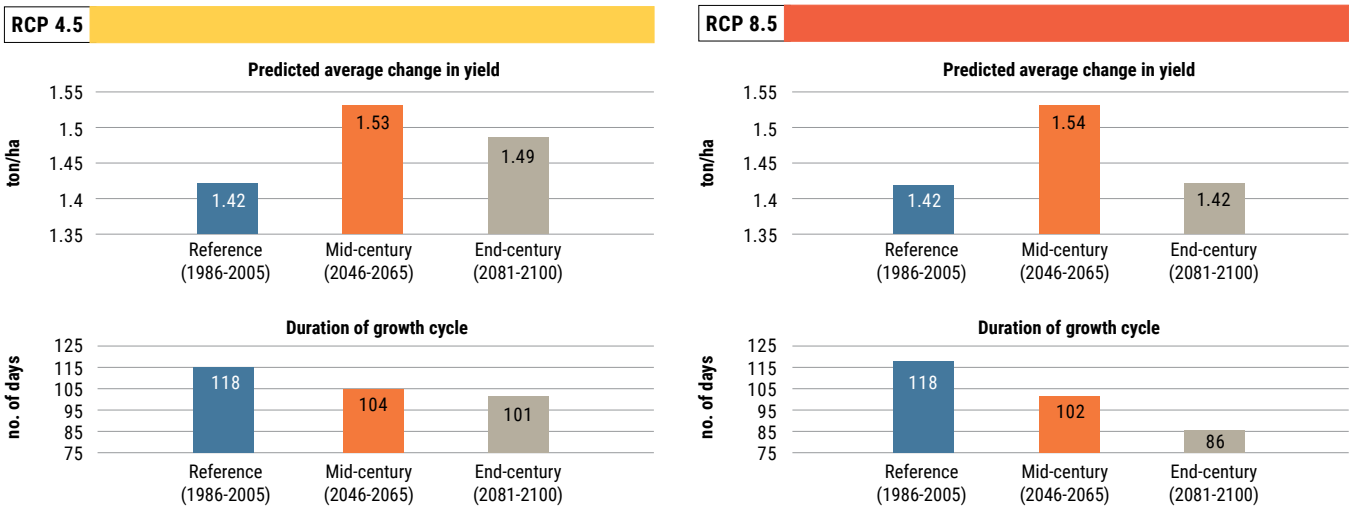


المصدر: FAO, 2017

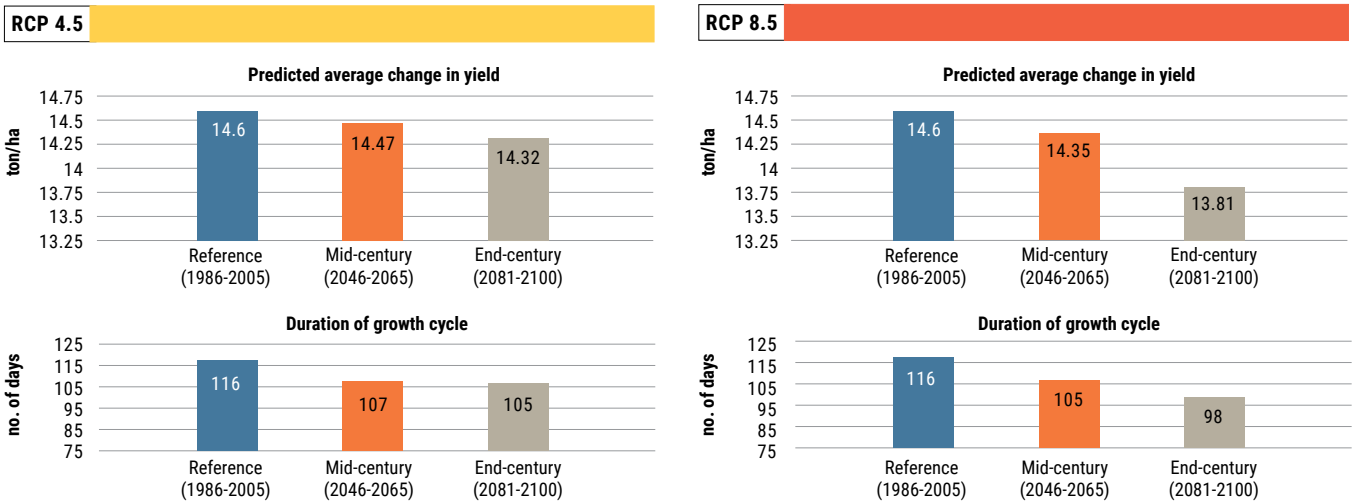
الشكل 99: محاكاة غلة محاصيل الباذنجان والذرة والبطاطا وطول فترة نموها في لبنان للفترة المرجعية ومنتصف القرن ونهاية القرن في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5

لبنان

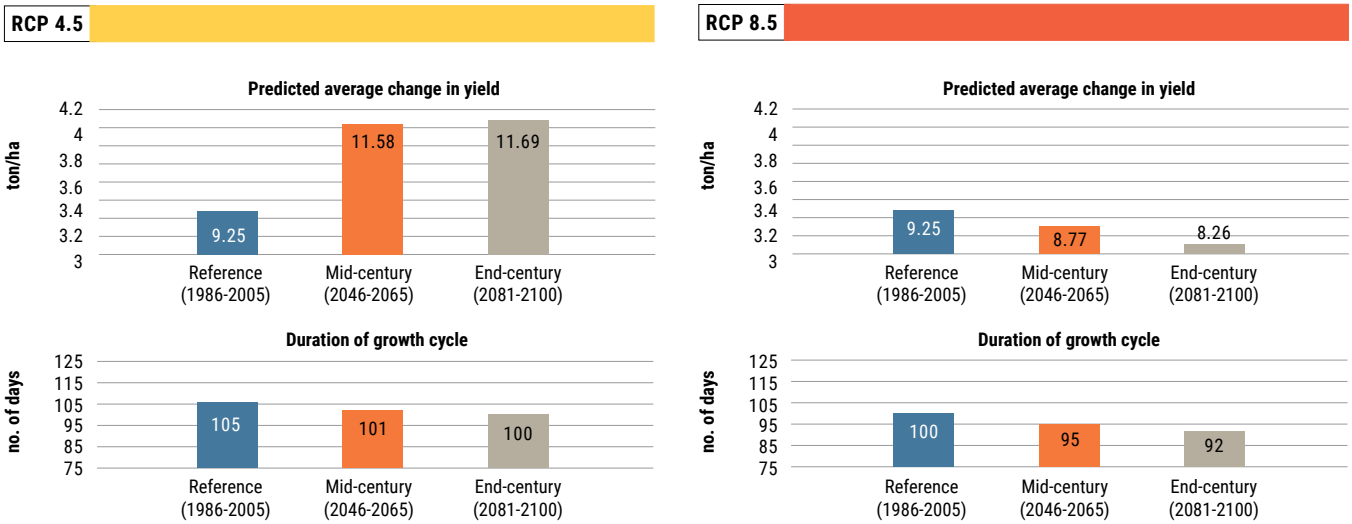
الباذنجان



الذرة

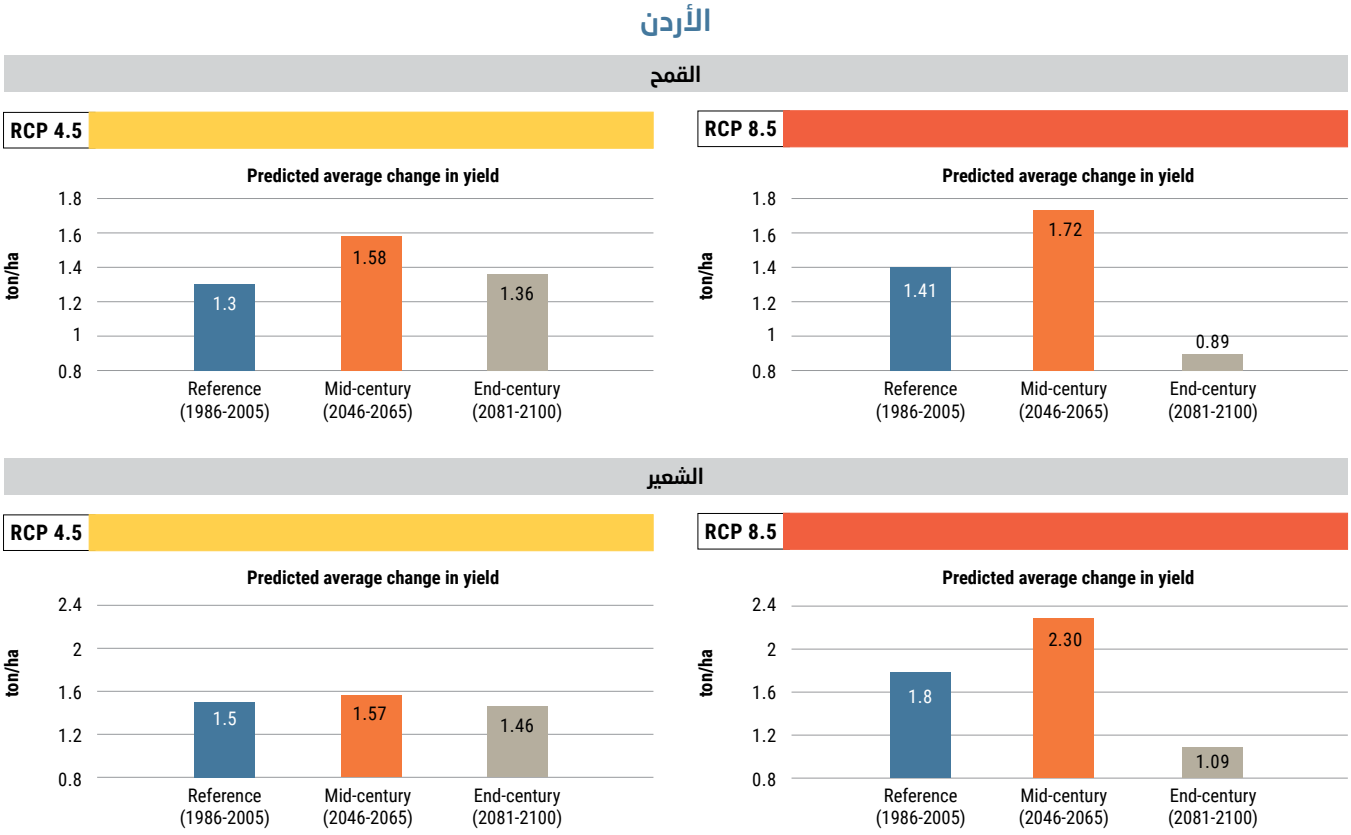


البطاطا



المصدر: FAO, 2017

الشكل 100: محاكاة غلة محاصيل القمح والشعير وطول فترة نموها في الأردن للفترة المرجعية ومنتصف القرن ونهاية القرن في إطار RCP 4.5 و RCP 8.5



المصدر: FAO, 2017

6.6 الاستنتاجات

في ما يلي الاستنتاجات الممكن استخلاصها بالنسبة لتبعات تغيّر المناخ على إنتاجية القطاعات الخضراء في المنطقة العربية:

- إن أكثر من 50 في المئة من أبرز المساحات المزروعة في المنطقة العربية (بما فيها تلك المزروعة بالقمح والذرة والسرغم والبطاطا والخضار والزيتون) تندرج تحت الفئتين الأعلى قابليةً للتأثر إزاء تغير المناخ. وأشد مستويات قابلية التأثر تم تقييمها في وادي نهر النيل، وحوض نهري دجلة والفرات، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، والأنحاء الغربية من شمال أفريقيا. وعلى غرار المتوقع، ترتفع نسبة قابلية التأثر بالانتقال من السيناريو المعتدل إلى السيناريو الأسوأ ومن منتصف القرن إلى نهايته.

- إن تبعات تغيّر المناخ على المواشي ناجمة عن تقلص الموارد المائية والغذائية بسبب تكرر حالات الجفاف وتدهور المراعي والتصحر. والمناطق الأكثر قابليةً للتأثر تقع في معظمها على طول وادي نهر النيل والقرن الأفريقي وجنوب غربي شبه الجزيرة العربية، تليها مناطق في الهلال الخصيب وشمال أفريقيا. والأبقار هي الأشد تأثراً بتغيّر المناخ يليها الماعز والأغنام. والمواشي التي تتم تربيتها على المراعي أكثر عرضة لقابلية التأثر إزاء تغير المناخ من تلك التي تتم تربيتها وفقا لنظم مختلطة.

- يشكل الجفاف والفيضانات ودرجات الحرارة المرتفعة العوامل الرئيسية لتأثر مصائد الأسماك وتربيتها بتغيّر المناخ. وإذا ما أضيف إليها إفراط الإنسان في استغلالها، فإن تغيّر المناخ يجوز أن يؤدي إلى هلاك أجناس معينة منها.

- إن قحولة المنطقة وضآلة الغطاء الحرجي، تضاف إليهما معدلات التصحر المرتفعة في بعض البلدان، يجعلان الغابات أشد قابلية للتأثر بعواقب تغيّر المناخ الوخيمة. ومن المتوقع أن يخلف الإجهاد المائي تبعات هامة (في السنوات الجافة والحارة) تشمل تعرية الغابات وتسريع شيخوختها وتقليص قدرتها على التجدد وارتفاع مستوى حساسيتها إزاء الآفات. وبشكل عام، من المتوقع أن تنخفض إنتاجية الغابات ومن المحتمل أن تحدث تحولات في أنواع الأجناس الموجودة فيها. وتزداد قابلية تأثرها بتغيّر المناخ مع نهاية القرن وفي إطار أسوأ السيناريوهات. وتشتد هذه القابلية بأنشطة الإنسان، وأبرزها الإفراط في استغلال المراعي وجمع الحطب لاستخدامه كوقود.

• إن المحاصيل الثلاثية الكربون، مثل القمح والقطن المرويان (بكميات غير محدودة من المياه) تستفيد على ما يبدو من ارتفاع مستوى تركّز ثاني أكسيد الكربون في الجو. ولذلك، تغدو إدارة المياه إدارة فاعلة أحد تدابير التكيف لتوفير المياه واستغلال هذا النوع من المحاصيل، ليفضي ارتفاع تركّز ثاني أكسيد الكربون إلى كميات أكبر من المحاصيل. وتؤكد هذه الاستنتاجات جلياً كيف أن زيادة المياه شحّاً تشكل أحد أبرز تبعات تغيّر المناخ على القطاع الأخضر في المنطقة العربية. يصح هذا الأمر تحديداً بالنسبة للمحاصيل والغابات. ولو كانت الموارد المائية غير محدودة، فإن بعض المحاصيل تستفيد حتى من تركّز ثاني أكسيد الكربون المرتفع في الجو. وحتى الأثر على المواشي فإن معظمه يتأتى من نظام استخدام المراعي لإطعام الحيوانات. أما بالنسبة لقطاعي مصائد الأسماك وتربيتها، فإن ارتفاع درجات الحرارة هو أهم العوامل التي تؤثر فيهما. والظواهر المناخية المتطرفة، كالجفاف والفيضانات على سبيل المثال، لكونها تمثل تبعات أخرى لتغيّر المناخ، يمكن أن تخلف عواقب مدمرة على كل القطاعات.

الحواشي

1. Swain and Jägerskog, 2016.
2. انظر FAO et al., 2017.
3. C3 و C4 هي الأسماء المشتقة من أول مركب مستقر تم تصنيعه بواسطة المحصول (المركب الثلاثي الكربون أو الرباعي الكربون) أثناء تثبيت ثاني أكسيد الكربون في عملية التمثيل الضوئي. تعد كفاءة التمثيل الضوئي لنباتات C3 أقل نسبيًا بسبب ارتفاع معدل التنفس الضوئي مقارنةً بمحاصيل C4 التي لا تخضع لعملية التنفس الضوئي.(Furbank and Taylor, 1995).

المراجع

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) Managing Systems at Risk. Published by FAO, Rome and Earthscan, London. Available at: http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. AquaCrop. Available at: http://www.fao.org/aquacrop/en/.

Furbank, R. T. and Taylor, W. C. 1995. Regulation of Photosynthesis in C3 and C4 Plants: A Molecular Approach *The Plant Cell*, 7: p. 797-807.

FAO, GIZ and ACSAD (Food and Agriculture Organization of the United Nations; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit; Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands). 2017. Climate Change and Adaptation Solutions for the Green Sectors in the Arab Region. *RICCAR Technical Report*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.2.

Swain, A. and Jägerskog, A. 2016. Emerging Security Threats in the Middle East: The Impact of Climate Change and Globalization. Published by Rowman & Littlefield. Lanham, USA.

الفصل السابع

أثر تغيّر المناخ على صحة الإنسان في مجموعة مختارة من المناطق

إنّ تغير المناخ في المنطقة العربية لديه القدرة على تهديد صحة الإنسان ورفاهه من خلال التأثير على أنماط الأمراض المعدية وغير المعدية، وعبر مجموعة من السبل المباشرة وغير المباشرة التي تتفاعل بطريقة معقدة. ومن آثاره المباشرة ازدياد الأمراض المرتبطة بالحرارة والظواهر المناخية المتطرفة، في حين آثاره غير المباشرة تشمل تدهور نوعية الهواء وتغير طريقة توزُّع ناقلات الأمراض، ونقص التغذية، وآثار الصحة النفسية المرتبطة بالنزوح وبخسارة سبل العيش[1].

فعلى سبيل المثال، يمكن لتبعات تغيّر المناخ على الإنتاج الزراعي في أنحاء عديدة من المنطقة العربية أن تهدد الأمن الغذائي، وصحة الأطفال هي الأشد تأثراً بذلك، وأن تساهم في انتشار ظاهرة نقص التغذية في أوساط الأسر المنخفضة الدخل أكثر بكثير من غيرها بسبب ارتفاع أسعار الغذاء. ويتسع نطاق العديد من هذه التبعات على الصحة في الأماكن التي تشهد تغيرات بيئية أخرى أو أزمات اجتماعية وسياسية، مثل التصحر أو النزاعات. وستختلف تبعات تغيّر المناخ على الصحة باختلاف المناطق الجغرافية وسكان المنطقة. وتفاوت مستويات التعرض للأخطار الصحية ومدى تأثيرية الفئات السكانية وقدرتها على التعامل أو التكيف معها هي التي ستحدد تبعاته الشاملة على صحة الإنسان وحُسن حاله.

ويذكر تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ أن «من المرجح بدرجة كبيرة» أن تكون قد حدثت زيادة عامة في عدد الأيام والليالي الدافئة في المنطقة[2]. وهذه الحرارة المتزايدة تؤدي إلى مخاطر أكبر من الاعتلال والوفيات المرتبطة بالحرارة، في بلدان المنطقة العربية المرتفعة والمنخفضة الدخل على السواء، وخصوصاً في المناطق الحضرية[3]. وتؤدي الحرارة المتطرفة إلى ارتفاع عدد المرضى في المستشفيات وعدد الوفيات في أوساط فئات معينة، أبرزها المسنون والمصابون بأمراض قلبية وعائية أو تنفسية، وسكان المنازل الرديئة النوعية، والعاملون في العراء. ومع أن الإنسان قادر على التكيف مع درجات الحرارة، فإن ثمة حدوداً فيزيولوجية محدودة يمكن أن تتخطاها بعض السيناريوهات المتعلقة بتغيّر المناخ[4]. إضافة إلى ذلك، فإن ارتفاع درجات الحرارة يزيد من تداعيات رداءة الهواء، مثل الأوزون على سطح الأرض، ومن مسببات الحساسية في الهواء التي يمكن أن تفاقم أمراض الجهاز التنفسي.

والأمراض المنقولة بالمياه أو بالغذاء تتأثر بتغير درجات الحرارة وهي شائعة في المنطقة العربية. ومعدلات الإصابة بالإسهال الناجم عن أنواع من البكتيريا مثل السالمونيلا والعطيفة ترتفع أثناء ارتفاع درجات الحرارة، ومن المُسقط أن تزداد بفعل تغيّر المناخ[5]. وانتشار ناقلات الجراثيم الناجمة عن مياه الشرب الملوثة وبعض المحاصيل الزراعية الغذائية، مثل الفيروسات المعوية والتهاب البُوَيغَةُ الخَفِيَّة (الكريبتوسبوروديوم)، هو أيضاً مرتبط بأنماط التساقطات، بما في ذلك حالات الفيضانات والجفاف.

بسبب أدوار الجنسين القائمة في العديد من البلدان، قد يؤثر هذا بشكل خاص على النساء والفتيات اللواتي يقضين أوقاتاً طويلة في أداء مهام منها جلب المياه والتنظيف والاهتمام بالنظافة الصحية إلى جانب رعاية أفراد الأسرة. والأمراض المحمولة بناقلات الأمراض، مثل داء الليشمانيا والملاريا وحمى الضنك وداء البلهارسيا، هي أيضاً شديدة الحساسية إزاء مجموعة من المتغيرات المناخية وتشكل مصدر هاماً ومتزايداً للقلق في المنطقة. وتساعد الأحوال المناخية المواتية في نمو ناقلات الجراثيم وبقائها وانتقالها. ويفضي ارتفاع درجات الحرارة الدنيا والقصوى إما إلى تغير طائفة ناقلات الجراثيم أو إلى توسّع نطاقها. وإضافة إلى ذلك، يمكن لتغيّر المناخ أن يسبب خللاً في النظم الإيكولوجية والمواطن الطبيعية للحيوانات التي تنقل الجراثيم إلى الإنسان، مما يغير بشكل غير مباشر طبيعة انتقال الأوبئة[6].

ويشار إلى بعض هذه الأمراض باسم أمراض المناطق المدارية المهملة (neglected tropical diseases)، وهي كناية عن مجموعة من الأمراض المعدية التي تؤثر بشكل غير متناسب على أفقر الناس في المناطق المدارية وشبه المدارية. والعديد من هذه الأمراض هي التهابات طفيلية مزمنة تزيد الفقر سوءاً بفعل عواقبها الوخيمة على نمو الأطفال والحوامل وإنتاجية العمال، مسببة بخسائر اقتصادية تعادل بلايين الدولارات سنوياً[7].

وفي المنطقة العربية، سجلت مصر واليمن أعلى معدلات الإصابات بالعديد من الأمراض المدارية المهملة تليها الجزائر وليبيا والمغرب[8]. ولا بد من فهم تأثير تغيّر المناخ في الجهود المبذولة لمكافحة هذه الأمراض والقضاء عليها وذلك لتخفيف عبء الأوبئة المعدية الذي ترزح تحته المنطقة.

7.1 الاعتبارات والنتائج المتعلقة بمؤشر الحرارة

يمكن أن يستتبع الإجهاد الحراري أضراراً على صحة الإنسان وهو من أبرز أسباب الوفيات الناجمة عن الأحوال الجوية. ومصدر الأمراض المرتبطة بالحرارة المرتفعة ليس فقط درجات حرارة الهواء المرتفعة المتطرفة، إذ إن مستوى الرطوبة العالي، يضاف إليه ارتفاع الحرارة، يُضعف قدرة الإنسان على التحكم ذاتياً بحرارة جسده[9]. ومؤشر الحرارة (heat index) هو إحدى أكثر الطرائق شيوعاً لقياس درجة الحرارة المحيطة وهو يسري على الهواء الذي تتجاوز حرارته 26.67 درجة مئوية وتتجاوز رطوبته النسبية 40 في المئة[10]. وحُسب مؤشر الحرارة لثماني مدن مختارة تقع في مناطق ساحلية عربية ويرجَّح أن تتأثر أكثر من غيرها بتبعات مؤشر الحرارة بسبب قربها من البحر والرطوبة النسبية المرتفعة[11]. والتحقق من مؤشر الحرارة تم على مستويين: الحذر (> 26.7 درجة مئوية) مما يعني أن من المحتمل أن تظهر عوارض التعب بعد فترة طويلة من التعرض لهذه الحرارة والقيام بنشاط جسدي لفترة طويلة؛ والخطر (> 40.6 درجة مئوية) عندما ترجَّح الإصابة بتشنجات عضلية وإرهاق وتصبح ضربة الحرّ أمراً ممكناً[12].

وأشد المناطق تأثراً بالإجهاد الحراري هي منطقة الساحل الأفريقي على المحيط الأطلسي (بما فيها نواكشوط). وبالنسبة للفترة المرجعية، ثمة 194 يوماً/بالسنة معتبَرةً أيام حذر و11 يوماً/بالسنة معتبَرةً أيام خطر. ويرتفع عدد أيام الحذر من 56 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 76 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في منتصف القرن، بينما يرتفع عدد أيام الخطر من 45 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 68 يوماً/بالسنة (RCP 8.5). ومع نهاية القرن، يرتفع عدد أيام الحذر بين 69 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 144 يوماً/بالسنة (RCP 8.5). ويرتفع عدد أيام الخطر من 66 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 143 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) مقارنة بالفترة المرجعية.

ومنطقة الخليج الوسطى (الدوحة، دبي، المنامة) هي أيضاً فائقة التأثيرية إزاء الإجهاد الحراري. وبالنسبة للفترة المرجعية، يوصَى بتوخي الحذر لفترة 181 يوماً/بالسنة بفعل الإجهاد الحراري. وتبيّن أن مستويات الإجهاد الحراري الخطرة تسجَّل في 74 يوماً/بالسنة. ويتوقع بالنسبة لمنتصف القرن أن يرتفع عدد أيام الحذر من 13 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 24 يوماً/بالسنة (RCP 8.5). وعدد أيام الخطر سيرتفع أكثر من ذلك أي من 33 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 46 يوماً/بالسنة (RCP 8.5). وسيتواصل ارتفاعه مع نهاية القرن. وعدد أيام الحذر يرتفع من 21 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 41 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) مقارنة بالفترة المرجعية. وكذلك الأمر، فإن عدد أيام الخطر يرتفع من 45 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 80 يوماً/بالسنة (RCP 8.5).

ومؤشر الحرارة عامل أقل أهمية في شمالي وجنوبي منطقة الخليج العربي (مدينة الكويت ومسقط). ففي شمالي الخليج، يوصَى بتوخي الحذر لفترة 30 يوماً/بالسنة مع وجود يوم واحد فقط بالسنة من الإجهاد الحراري الخطير في الفترة المرجعية. وثمة أيام أشد حذراً في منطقة جنوبي الخليج (42 يوماً/بالسنة) ولا أيام خطرٍ فيه.

وعدد أيام الحذر ترتفع من 14 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 15 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في منتصف القرن في شمالي منطقة الخليج ومن 15 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 20 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في جنوبي الخليج. وكذلك الأمر، فإن أيام الخطر ترتفع من 4 أيام/بالسنة (RCP 4.5) إلى 10 أيام/بالسنة (RCP 8.5) في شمالي منطقة الخليج، بينما لا يُتوقع أي ارتفاع في عدد أيام الخطر في منطقة جنوبي الخليج في منتصف القرن. ومع نهاية القرن، يرتفع عدد أيام الحذر من 16 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 26 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في شمالي منطقة الخليج ومن 23 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 31 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في منطقة جنوبي الخليج. ويرتفع عدد أيام الخطر من 7 أيام/بالسنة (RCP 4.5) إلى 38 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في منطقة شمالي الخليج ولا يتوقَّع ارتفاعه في منطقة جنوبي الخليج.

وبموازاة ساحل شمال أفريقيا القريب من البحر الأبيض المتوسط (طرابلس الغرب)، يوصَى بتوخي الحذر لفترة 50 يوماً/بالسنة أثناء الفترة المرجعية ولا تسجَّل أي أيام خطر. ولا يتوقَّع أي أيام خطر للفترات المقبلة. غير أن أيام الحذر سترتفع من 16 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 34 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) في منتصف القرن ومن 31 يوماً/بالسنة (RCP 4.5) إلى 56 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) مع نهاية القرن.

وأقل المناطق قابلية للتأثر من بين المناطق المشمولة بالتقييم هي منطقة شرقي البحر الأبيض المتوسط (بيروت). ولم يحدَّد أي يوم من الإجهاد الحراري للفترة المرجعية. ويرتفع عدد أيام الحذر من 3 أيام/بالسنة (RCP 4.5) إلى 6 أيام/بالسنة (RCP 8.5) في منتصف القرن ومن 5 أيام بالسنة (RCP 4.5) إلى 23 يوماً/بالسنة (RCP 8.5) مع نهاية القرن. ومن غير المُسقط تسجيل أي يوم خطر للفترات المقبلة.

وتجدر الإشارة إلى أن هذا التقييم استند إلى متوسط درجات الحرارة اليومية والرطوبة النسبية ويمكن أن يتأثر بأقصى مستوياتها اليومية وبأوجه عدم اليقين الناجمة عن عدم دقة البيانات المناخية. زد على ذلك أن ثمة مغالاة في تبسيط مؤشر الحرارة وبالتالي لا يُقدَّر حق قدره عندما يكون الطقس مشمساً للغاية، وبالعكس هو لا يُقدَّر حق قدره عندما يكون الطقس غائماً للغاية[13]. وأخيراً وعلى الرغم من أن التقييم أُجري في المدن الكبرى، فإن عامل أثر جزر الاحترار الحضرية (urban heat island) الذي يمكن أي يرفع درجات الحرارة، لم يُبحث. ويتوقع أن يزداد الإجهاد الحراري في المناطق الساحلية من المنطقة العربية كلها. ومزاولو الأعمال اليدوية في العراء هم الأكثر تعرضاً لتبعات الإجهاد الحراري فتتقلص قدرتهم على العمل (بنسبة نحو 60 في المئة) ويرتفع مستوى استهلاكهم للمياه[14].

والمسنون هم أيضاً معرضون للخطر لأن معدلات الوفيات ترتفع في أيام الإجهاد الحراري[15]. غير أن في الوسع توقّي الأمراض الناجمة عن موجات الحرارة. ويمكن لصناع القرار استخدام نُظم إنذار بالطقس الحار، ووضع خطط للتدخل في حالات الطوارئ، وتوعية السكان. إضافة إلى ذلك، ينبغي السماح للعاملين في العراء بأخذ فترات استراحة كافية في أيام الإجهاد الحراري.

7.2 دراسات حالة لأمراض المناطق المدارية المهملة

7.2.1 الإطار المفاهيمي

يركز هذا التقييم على داء الليشمانيا وداء البلهارسيا، وهما من الأمراض المدارية المهملة المتوطنة في المنطقة العربية والحساسة إزاء تغير الظروف المناخية. ولأغراض التحقق منهما، اختيرت حالات في المنطقة الغربية من شمال أفريقيا بفعل انتشار الداء الأول فيها وحالات في مصر بسبب انتشار الداء الثاني فيها، وتوفُّر مجموعات من البيانات الاجتماعية والبيئية المتكاملة مع معلومات مناخية. وتركز هذه الدراسة بشكل خاص على أبعاد التعرض لهذين الداءين لفهم كيفية تأثيرها في الظروف اللازمة لانتقالهما.

ودراسة الحالات هذه تكيف نهج مؤشر الأمراض المرتبطة بالمياه (Water-Associated Disease Index -WADI)[16] الرامي إلى فهم ظاهرة قابلية التأثر إزاء الأخطار الصحية المرتبطة بالتغيرات العالمية فهما أفضل، بالنسبة لداء الليشمانيا وداء البلهارسيا في المنطقة العربية. وهي تجمع أنواعاً شتى من المعلومات في شكل مؤشر، تتضمن أبعاد التعرض لها ومدى التأثيرية بها والقدرة على التكيف معها وذلك بغية تبيان أكثر المناطق قابلية للتأثر إزاء أخطار صحية معينة تتسم بأهمية خاصة.

وفي إطار هذا النهج، تعرَّف قابلية التأثر على أنها الميل الطبيعي للتأثر سلباً، والتعرض على أنه الظروف التي تساعد على ظهور مسببات الأمراض وانتقالها. أما التأثيرية فهي الحساسية إزاء الخطر عند التعرض إليه، والذي يجوز أن يشمل أوضاعاً اقتصادية واجتماعية وسياسية[17]. وتعرَّف القدرة على التكيف على أنها القدرة على مواجهة خطر ما أو التكيف معه.

ولتحديد جوانب التعرض والتأثيرية والقدرة على التكيف، استُحدثت أطرٌ مفاهيمية لداءي الليشمانيا والبلهارسيا واستُخدمت للكشف عن العناصر التي تصف العلاقات القائمة بين مسبباتهما وصحة الإنسان والبيئة في الأبحاث ومؤشراتها المحتملة. وعلى أساس هذه المؤشرات والحدود المتعلقة بها، وُضعت مجموعات بيانات خاصة بالمؤشرات وأُدرجت في هذا التقييم[18].

واختيرت البيانات في ضوء نوعية ومدى توفُّرها في مخازن البيانات المتاحة للعموم على الإنترنت. واسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية التي وُضعت لنطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا استُخدمت ضمن مجموعات بيانات أخرى لمقارنة ظروف التعرض لهذين الداءين في الماضي، مقارنةً بظروف منتصف القرن ونهايته باستخدام السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5. وأُدخلت مجموعات البيانات الخاصة بعناصر التعرض وما يرتبط بها من مؤشرات إلى نظام معلومات جغرافية (ArcGIS) وحُولت إلى شكل بياني نقطي للتحكم ببكسلات بقيمة تتراوح بين صفر وواحد. ووُضعت أشكال بيانية نقطية شهرية للحرارة والرطوبة لفهم اتجاهاتهما حسب الفصول. وبما أن التمييز بين عناصر التأثيرية وعناصر القدرة على التكيف صعب في التقييمات القائمة على المعاينة والتجريب (كمستوى التعليم، على سبيل المثال)، جُمعت هذه العناصر في هذا التحليل لرسم خارطة واحدة تبيّن التأثيرية وانعدام القدرة على التكيف[19]. وتتضمن هذه الخلايا النقطية ببكسلات بقيمة تتراوح بين صفر وواحد ونُظمت عن طريق التطبيع.

ولإعداد مخرجات الخرائط، افتُرض أن العناصر كانت على القدر نفسه من الأهمية وأنها جُمعت لتشكيل مجموعات مركبة للتعرض والتأثيرية وانعدام القدرة على التكيف وذلك باستخدام متوسط حسابي[20]. وعلى الرغم من استخدام الترجيح المتساوي، يمكن استخدام نُهج ترجيح أخرى مع مراعاة الأهمية المحلية لهذه العناصر، مثل الترجيح من جانب الخبراء.

وبدلا من استحداث مؤشر شامل لقابلية التأثر، أُعدت هذه الخرائط المنفصلة لكل داء بغية إلقاء الضوء على المناطق التي تثير قلقاً شديداً لدى صناع القرارات. والتفاصيل الكاملة لهذه المنهجية، كاختيار مجموعات البيانات ومصادرها على سبيل المثال، ترد في التقرير التقني لريكار المخصص لدراسات الحالة هذه الذي أعده معهد جامعة الامم المتحدة للمياه والبيئة والصحة (UNU-INWEH)[21].



ساحل الدار البيضاء، المغرب، 2005. المصدر: carloszgz·flickr.com.

7.2.2 داء الليشمانيا

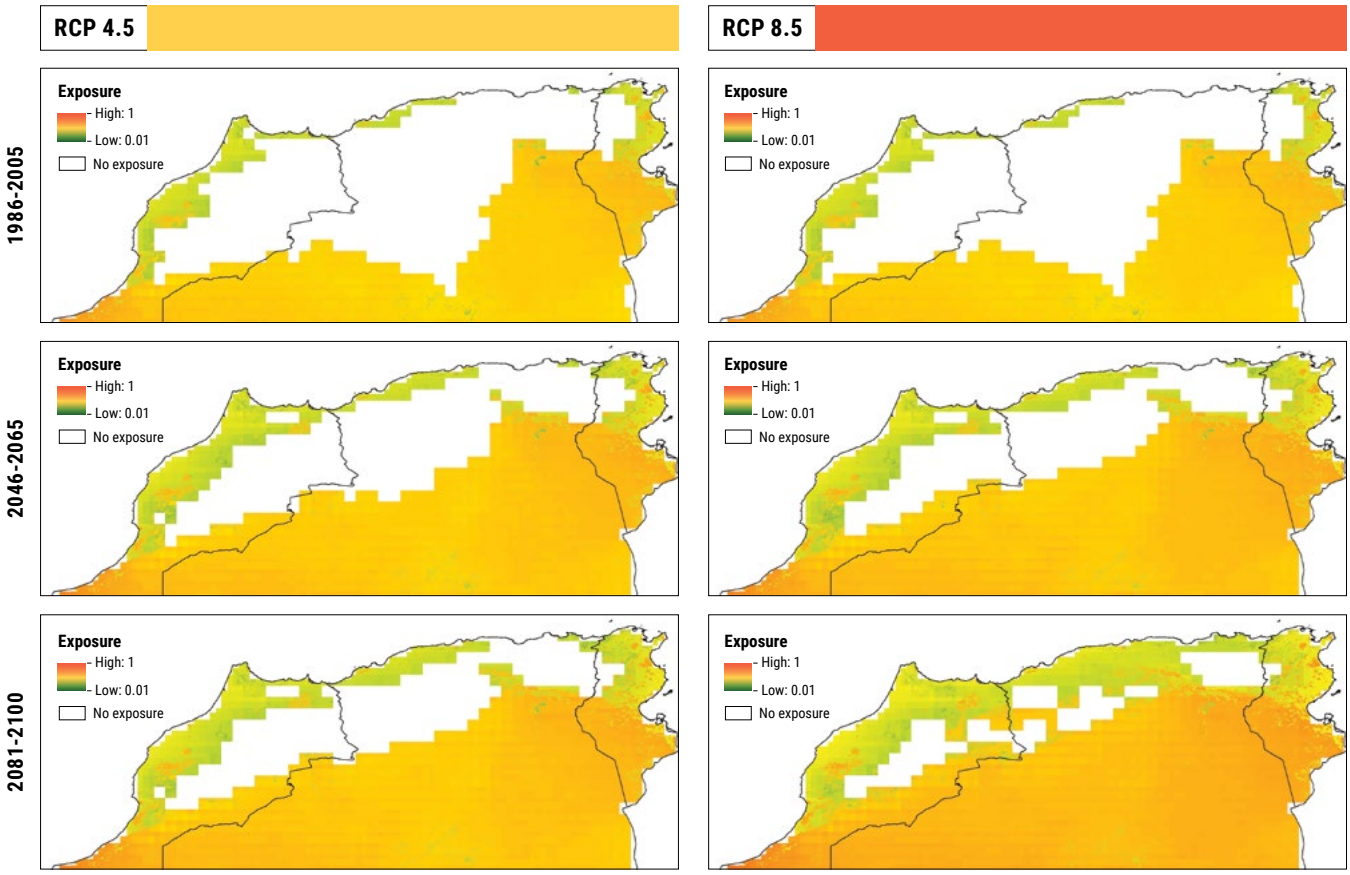
إن داء الليشمانيا داء متوطن في المنطقة وناجم عن الإصابة بطفيليات الليشمانيا المنقولة بلسعة ذبابة الرمل وما زال مصدر قلق بالغ على الصحة العامة. وغالباً ما تكون المعلومات عن الإصابات قليلة بسبب محدودية الرقابة والتقارير المتعلقة بها في العديد من البلدان التي تعاني من هذا المرض. وفي الأرياف الجافة من المنطقة العربية، ينتقل داء الليشمانيا الجلدي (ZCL) من الحيوان، ولا سيما القوارض، إلى الإنسان؛ وفي مناطقها الحضرية ينتقل داء الليشمانيا الجلدي (ACL) من إنسان إلى آخر. ويتفشى داء الليشمانيا الحيواني (ZCL) المنشأ في المناطق التي تنتشر فيها النباتات التي تقتات منها القوارض (P. obesus)، وهو موجود في الأردن وتونس والجزائر والجمهورية العربية السورية ودولة فلسطين والسودان والصومال والعراق وليبيا ومصر والمغرب والمملكة العربية السعودية واليمن. وينتقل داء الليشمانيا الجلدي (ACL)في المناطق ذات المدن والقرى المكتظة بالسكان وهو موجود في الجمهورية العربية السورية والعراق والمغرب والمملكة العربية السعودية واليمن[22].

واختيرت منطقة غربي شمال أفريقيا لدراسة الحالة هذه لأن داء الليشمانيا الجلدي (CL) يمثل مشكلة من مشاكل الصحة العامة المتنامية في المنطقة، واختير المغرب لإجراء تحليل أكثر تفصيلاً لمدى التأثيرية بها والقدرة على التكيف معها، لأن مجموعات البيانات المتعلقة بها كانت متوفرة. واستناداً إلى الإطار المفاهيمي المستحدَث لداء الليشمانيا، تم تقييم عوامل التعرض إليه حاضراً ومستقبلاً في ضوء مستوى الحرارة والرطوبة المناسب لذبابة الرمل التي تنقل هذا الداء، يضاف إليها مؤشر يتصل بأنواع الغطاء النباتي التي تساعد على نقل داء الليشمانيا "ZCL". واستُخدمت لمجموعات البيانات المتعلقة بدرجات الحرارة الإسقاطات المناخية الإقليمية المستقبلية المقلصة النطاق، أُعدت لنطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سياق ريكار. والتأثيرية بهذا الداء حُدد استناداً إلى مجموعات البيانات المتوفرة عن الظروف الصحية الممكن أن تساهم في زيادة أماكن تكاثر ذباب الرمل واستراحتها وفي تسهيل دخولها الحاضنات البشرية[23] وفي هجرتها، مما قد يُدخل أشخاصا لا مناعة لديهم إلى الأنحاء التي تشهد دورات انتقال لهذا الداء وهذا الأمر يسري على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وشملت القدرة على التكيف تدابير للوقاية من الليشمانيا ومكافحته لوضع حد لانتقالها. ولأغراض هذا التقييم، أضيف إلى هذا العنصر المؤشر المتعلق بالتوعية الذي يضمن معرفة الناس لإصابتهم به والتماس العلاج سريعاً.وتشير نتائج هذا التقييم إلى أن لتغيّر المناخ تأثيراً هاماً في رقعة انتقال داء الليشمانيا في المنطقة العربية. والإصابات بهذا الداء، شأنه شأن العديد من الأوبئة المحمولة بناقلات، تتفاوت بشدة بتفاوت الفصول بسبب تأثير المتغيرات المناخية. ودرجات الحرارة الدنيا في المنطقة المشمولة بالدراسة تنخفض تاريخياً لما دون مستوى الحرارة الذي تبقى فيه ذبابة الرمل على قيد الحياة (10 درجة مئوية) أثناء أشهر البرد القارس، مما يحد من انتشار الليشمانيا. ووفقاً للإسقاطات المتعلقة بالتعرض للداء، تشير النتائج إلى أن ارتفاع درجات الحرارة أثناء الأشهر الأكثر برودة يمكن أن تطيل فترة الظروف المناسبة لانتقال الوباء وذلك بفعل انخفاض وتيرة درجات الحرارة الدنيا التي تقل عن مستوى الحرارة الذي تعيش فيه ذبابة الرمل. وعلى غرار المبين في الشكل 101 بالنسبة لشهر تشرين الثاني/نوفمبر، فإن المناطق التي لا تعرَّض فيها للإصابة بالليشمانيا (باللون الأبيض) تصبح تدريجياً محدودة مع نهاية القرن، ولا سيما في إطار RCP 8.5. غير أن مستوى التعرض للداء يجوز أن ينخفض في بعض الأنحاء عندما تتجاوز فيها الحرارة القصوى 40 درجة مئوية لفترات طويلة، كأشهر الصيف مثلاً، وذلك بسبب الحد الأعلى لدرجات الحرارة التي يمكن أن تعيش فيها ذبابة الرمل. وعلى الرغم من أن رقعة الأنحاء التي تتجاوز درجات الحرارة فيها 40 درجة مئوية قد تتسع، فإن العديد منها موجود في مناطق قليلة السكان وبالتالي فإن انعكاساتها على البشر أقل. وإضافة إلى عامل الحرارة، يجوز لنوع النباتات التي تتغذى بها الحيوانات الحاضنة للداء أن تقل في بعض الأنحاء مع انخفاض نسبة الرطوبة بسبب تغير نسبة الرطوبة في الهواء. لكن تجدر الإشارة إلى أن حالة المناخ ليست إلا جانباً واحداً من الجوانب التي تساهم في التعرض للداء وفي قابلية التأثر إزاءه ككل، وداء الليشمانيا "ZCL" يتفشى موضعياً في الأماكن المعرضة له. ويتوطن هذا الداء في المناطق التي تنمو فيها النباتات المناسبة للقوارض التي تخزن الجرثومة والمجاورة للتجمعات السكنية. ويمكن أن يتوطن أيضاً حيث ترتفع إمكانية الإصابة بالداء لعوامل لها علاقة برداءة المساكن والظروف غير الصحية التي تشكل مرتعاً خصباً لتكاثر ناقلات الداء أو تزيد معدلات هجرتها إليها، مما يزيد عدد السكان الذين لا مناعة لديهم. ويبين الشكل 102 أن العديد من المناطق في المغرب المعرضة للإصابة بداء الليشمانيا "ZCL" هي أكثر تأثيرية من غيرها للإصابة به وقدرتها على التكيف معه أقل من قدرة سائر أنحاء البلد. وهذا يعني أن في وسع السلطات المعنية بقطاع الصحة العامة تخصيص الموارد اللازمة لمكافحة انتشار ناقلات الداء مما يخفض التعرض له أثناء مواسم انتقاله الطويلة ويحسّن قدرة السكان على التعامل مع تفشيه.

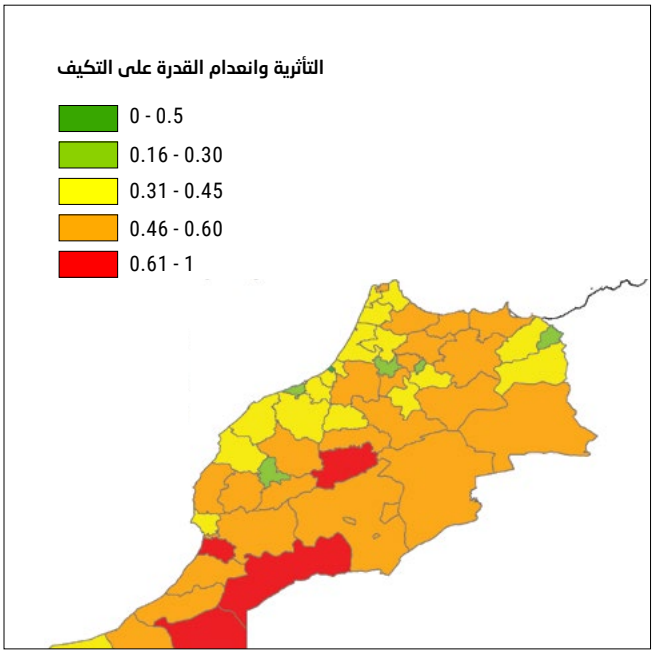


ذبابة الرمل P. papatasi، ناقلة طفيل الليشمانيا.
المصدر: مركز مكافحة الأوبئة والوقاية منها (الولايات المتحدة الأمريكية).

الشكل 101: التعرض الماضي والمُسقط لداء الليشمانيا في شمال أفريقيا في تشرين الثاني/نوفمبر



الشكل 102: التأثرية لداء الليشمانيا وانعدام القدرة على التكيف معه في المغرب

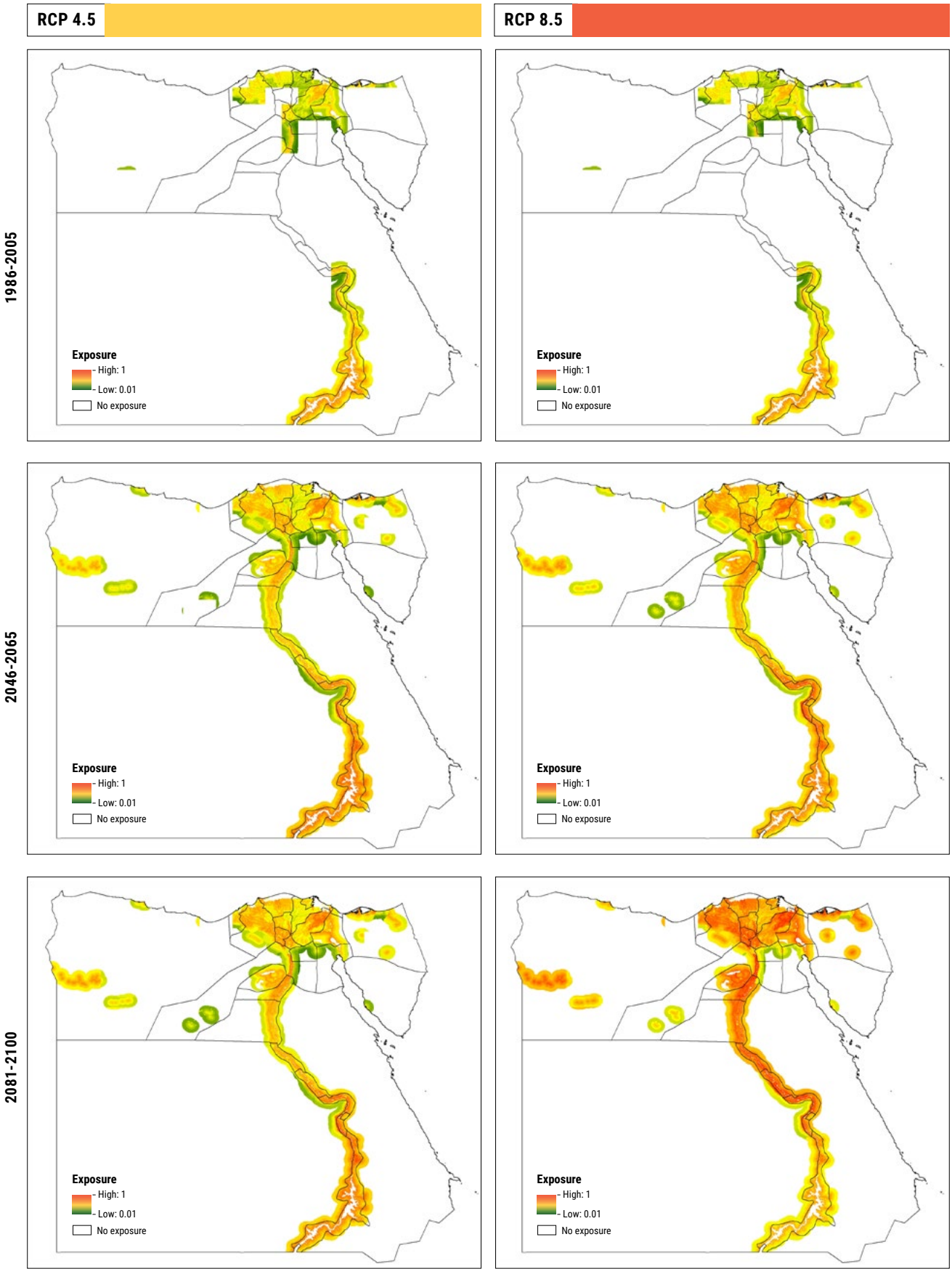


7.2.3 مرض البلهارسيا

إن البلهارسيا مرض طفيلي ناجم عن ملامسة المياه العذبة الملوثة وينتقل عبر قواقع من الدم معروفة باسم مثقبات الدم وهي تعيش في قواقع ديدان موجودة في المياه العذبة. وضحايا هذا المرض هم غالباً أفقر الفئات في الأماكن التي يتوطن فيها، وخصوصاً تلك المحرومة من المياه العذبة وشبكات الصرف الصحي وتلك التي ترتبط سبل رزقها بالمياه، مثل صيد السمك وزراعة الأرز[24]. ويشكل مرض البلهارسيا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ثاني أكثر الأمراض المدارية المهملة انتشاراً، إذ يبلغ عدد المصابين به نحو 12.7 مليون شخص في السودان والصومال ومصر واليمن. وهو أكثر انتشاراً في مصر حيث إن جرثومة S. mansoni التي تسبب البلهارسيا المعوية متوطنة في المناطق الشمالية ولذلك اختيرت لهذه الدراسة[25]. وفي حين أن الجهود المبذولة لمكافحة المرض في مصر تكللت بالنجاح، فإن بعض سكان منطقة دلتا النيل التي ترتفع فيها معدلات انتشاره في صفوفها ما برحوا يعانون من انتقاله[26].

ودراسة الحالة هذه، المستندة إلى الإطار المفاهيمي المتعلق بمرض البلهارسيا، قيّمت التعرض حاضراً ومستقبلاً له في مصر انطلاقاً من الظروف المناسبة لظهور ديدان B. alexandrina التي تنقل جرثومة S. mansoni.

الشكل 103: التعرض في الماضي والمُسقط لمرض البلهارسيا في مصر في كانون الأول/ديسمبر

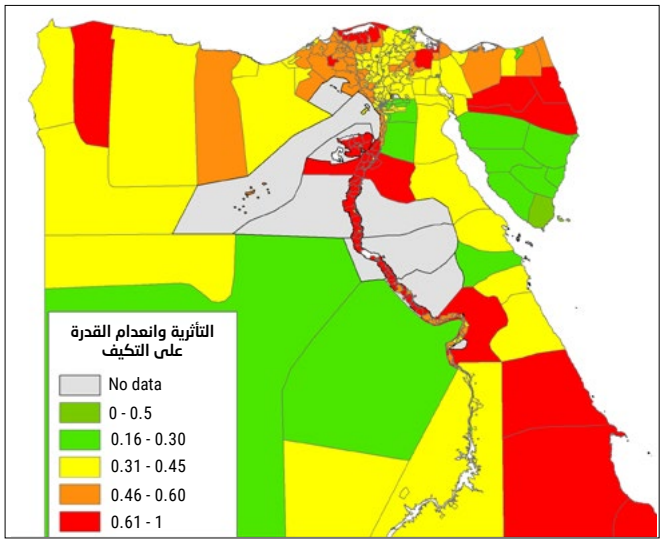


واستُخدمت حرارة الجو كبديل من حرارة المياه غير المشمولة بالنماذج المناخية، وأضيف عامل الحرارة المناسبة إلى المعلومات المتعلقة بالقرب من الموارد المائية ومدى وجود شبكات الصرف الصحي التي تؤثر في دورة انتقال المرض. وبما أن مرض البلهارسيا شديد التأثر بعوامل اجتماعية، استندت التأثيرية به إلى مؤشرات تتصل بالحصول على الموارد المائية في المناطق الريفية، والسكان الذين يكسبون رزقهم من أنشطة مرتبطة بالمياه، والمؤشرات المتعلقة بالعمر والوضع الصحي. والمؤشرات التي استُخدمت لتبيان مجالات القدرة على التكيف اتصلت بالإفادة من خدمات الرعاية الصحية ومستوى التعليم والتوعية. وتشير نتائج التقييم إلى أن تغيّر المناخ يغير نمط انتقال البلهارسيا في مصر من فصل إلى فصل. وينتقل المرض في المنطقة بحسب الفصول، فأعلى الإصابات تحدث في أشهر الصيف الحارة وفي منطقة دلتا النيل، حيث ترتفع حالات ملامسة المياه لأن سبل الرزق مرتبطة بها. وفي حين أن انتقال المرض محدود بأشهر البرد، تشير نتائج دراسة الحالة هذه إلى أن ارتفاع درجات الحرارة المُسقطة في إطار السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 في منتصف القرن ونهايته في فصل الشتاء ستخلق الظروف التي تزيد من احتمالات الإصابة به أثناء أشهر فصل الشتاء. ويبين الشكل 103 مستوى التعرض للمرض تاريخياً في شهر كانون الأول/ديسمبر أثناء فصل الشتاء، حيث يقل حالياً عدد الإصابات به مقارنة بالتعرض له في منتصف القرن ونهايته. وبما أن تغير الحرارة يقترب من حد احتمال الإصابة بداء البلهارسيا، يمكن لارتفاعها بشكل طفيف أن يُحدث فرقاً كبيراً. وإضافة إلى ذلك، ثمة أجناس أخرى من الحلزون مثل B. pfeifferi التي تشكل أوسع حاضنة متوسطة لجرثومة S.mansoni انتشاراً في أفريقيا، تعيش على درجات حرارة أعلى بقليل من درجات الحرارة التي تعيش عليها جرثومة B. alexandrina، وبالتالي يمكن أن تستحكم بأعداد أكبر في المنطقة في أحوال جوية أكثر دفئاً[27].

ولهذه النتائج انعكاسات بالنسبة للسلطات المعنية بقطاع الصحة العامة والتي تضطلع حالياً بأنشطة لمكافحة ناقلات المرض أثناء الأشهر الأشد حرارة التي تحدث فيها معظم الإصابات. ويمكن أن تكون لتغيّر المناخ أيضاً انعكاسات على نجاح تدابير المعالجة، مثل برامج إزالة الديدان، إذا نُظمت للفترات الأشد حرارة. والجدير ذكره أن من المُسقط حدوث تغير في مستوى التعرض للمرض في أماكن من منطقة دلتا النيل حيث يعاني السكان حالياً من مستوى أعلى من التأثيرية لأن سبل عيشهم مرتبطة بالمياه ولأن شبكات المجاري الصحية فيها محدودة (الشكل 104).

ويمكن لتغيّر المناخ أن يخلف في هذه الأماكن تبعات أهم على وطأة المرض لأنه يطيل فترة موسم انتقال المرض. وفضلاً عن تغيّر المناخ، يمكن لتغيرات اجتماعية وإيكولوجية في المنطقة العربية، سواء أكانت إيجابية أم سلبية، مثل ازدياد أعداد المستفيدين من شبكة الصرف الصحي أو تدهور الأراضي أو النزاعات المسلحة التي تعطل جهود مكافحة المرض والقضاء عليه، أن تؤثر تأثيراً هاماً في دورة المرض.

الشكل 104: التأثرية لداء البلهارسيا وانعدام القدرة على التكيف معه في مصر



7.2.4 التبعات والاستنتاجات

تشير نتائج هذا التقييم الذي يركز خصوصاً على أبعاد التعرض للمرض إلى أن تغيّر المناخ قد يؤثر في فترة موسم انتقال الأمراض. ولهذه النتائج انعكاسات على ما تضطلع به السلطات العامة من عمليات لمكافحة ناقلاته ومراقبتها والتوعية بها. وإضافة إلى الأعباء الصحية الثقيلة المرتبطة بالأمراض المدارية المهملة، يمكن لهذه الأمراض المزمنة أن تُدخل الناس في دوامة الفقر وكثيراً ما تستتبع الوصم الاجتماعي للمصابين بها.

وتبعات تغيّر المناخ لا تقتصر على تغير المتغيرات المناخية بل تشمل أيضاً ظواهر مناخية متطرفة يمكن أن تؤثر هي أيضاً وإلى حد بعيد في كيفية توزُّع الأمراض المدارية المهملة وفي الجهود الرامية إلى وضع استراتيجيات مستدامة لمكافحتها. إضافة إلى ذلك، يجب بحث تبعات تغيّر المناخ في سياق ما يتزامن معها من تغيرات اجتماعية وبيئية أخرى، مثل هجرة البشر والحيوانات بأعداد كثيفة، والنزاعات وما تستتبعه من تفكك في نظم الصحة العامة والتنمية الاقتصادية والاجتماعية[28]. كما ساهم التصحر ومشاريع تطوير بنية الموارد المائية التحتية لمعالجة مشكلة شح المياه المتفاقمة دوراً في انتقال أمراض مدارية مهملة مثل الليشمانيا، لأنهما من الممكن أن يرفعان مستوى التعرض للإصابة بالمرض[29]. وهجرة البشر داخل حدود بلدانهم أو إلى أنحاء أخرى من المنطقة يمكن أن يتسبب بتفشي الأمراض على نطاق واسع في أماكن جديدة، وبالتالي تشتد احتمالات التعرض لها والتأثيرية بها.

والجدير ذكره أن الأمراض المدارية المهملة أوسع انتشاراً في صفوف الفئات الفقيرة والمهمشة[30]، مما يشير إلى أن الخطر الذي ينطوي عليه تغيّر المناخ يتهدد به فئات أكثر من فئات أخرى. وبالنسبة لداء الليشمانيا، تبين أن خطره أكثر

تهديداً لصحة النساء ووضعهن الاقتصادي والاجتماعي[31]. ففي تونس، تتسم النساء العاملات في قطاع الزراعة بقابلية تأثر أكثر ارتفاع إزاءه من غيرهن لأنهن يضطلعن بشكل متزايد بأنشطة الري وهنّ أشد حساسية لأضرار المرض الاجتماعية[32]. وفي اليمن، اتضح أن حالات الإصابة بالليشمانيا في صفوف أطفال ونساء الريف تتجاوز حالات الإصابة به في صفوف غيرهما، ويعود ذلك إلى عملهم في الزراعة وتربية الحيوانات إلى جانب جمع المياه، حيث يمكن أن يلسعهم ذباب الرمل[33]. يضاف إلى ذلك أن محدودية حصول النساء على الموارد المالية تقلص فرص حصولهن على الرعاية الصحية لمعالجة المرض. وداء الليشمانيا الجلدي الذي يسبب تقرّحات مشوِّهة يمكن أن يخلف عواقب نفسية ضارة على النساء وعلى نوعية حياتهن بسبب وصمهن الاجتماعي. وبالنسبة لمرض البلهارسيا، من المُسقط أن يظهر في أنحاء من منطقة دلتا النيل، حيث أصبح السكان أكثر تأثيرية لالتقاطه. وهذا المرض، لأنه مرتبط بالمياه، يخلف تبعات جسيمة على النساء والفتيات اللواتي كثيراً ما يقضين أوقاتاً طويلة في أداء مهام لها علاقة بالمياه والصرف الصحي والنظافة الصحية إلى جانب رعاية أفراد العائلة المصابين به.

وعلى الرغم من تحقيق تقدم ذي شأن في مكافحة أمراض مدارية مهملة عديدة والقضاء عليها في المنطقة العربية، ثمة حاجة ماسة إلى بحث كيف يمكن أن تتقوض هذه الجهود بتغيّر المناخ، وهذا أمر أصبح أكثر صعوبة بفعل ضعف القدرات على مراقبة المرض وإعداد تقارير عنه، وعن الافتقار إلى المعلومات المتعلقة بمعدلات الإصابة به في العديد من البلدان التي تعاني منه. ولذلك، يلزم إجراء المزيد من البحوث لتعميق فهم الآليات المعقدة التي سيؤثر فيها تغيّر المناخ في دينامية الأمراض المدارية المهملة، وذلك بغية تحديد وتعديل الاستراتيجيات المناسبة والمنصفة التي تعزز الصحة.

7.2.5 حدود الدراسة

ثمة عدة حدود ينبغي أخذها في الاعتبار بالنسبة لدراسة الحالة هذه. فمع استخدام هذا التقييم اسقاطات مناخية إقليمية، يحدث المرض في بؤر موضعية للغاية ضمن المناطق المعرضة له. ولا ينبغي اعتبار نتائجها تنبؤاً بمدى انتشار البلهارسيا أو الليشمانيا في المستقبل، بل كمؤشر على الأماكن التي يجوز أن يؤثر فيها تغيّر المناخ المُسقط في الظروف التي تساعد على انتقالهما. ولا تراعى كل المؤشرات الممكنة في دارسات الحالات، بسبب محدودية الأدلة على بعض الصلات القائمة بين هذه الحالات في المنطقة العربية أو بسبب عدم توفُّر مجموعات البيانات المتعلقة بها. فعلى سبيل المثال، بالنسبة لحالة مرض البلهارسيا والمؤشرات المتوفرة بشأنها التي أُخذت في الاعتبار في تقييم مدى التعرض إليه، تبيّن النتائج أن التعرض للمرض يشمل مجرى نهر النيل، في حين أن رقعة المرض الفعلية محصورة أكثر في منطقة نهر النيل السفلى. وفي المقابل، فإن البيانات المحدودة المتعلقة بمؤشرات التأثيرية والقدرة على التكيف، لأن لم تكن محور هذه الدراسة، كانت متوفرة بدون قيد في إطار هذا التقييم، مما يُبرز الثغرات في البيانات الممكن أن تحسن عمليات تقييم قابلية التأثر.



شمال دلتا نهر النيل، مصر، 2015. المصدر: إيهاب جناد.

الإطار 6: تفشي بعض الأمراض مؤخراً بسبب الظروف المناخية: الحمى الصفراء وأمراض أخرى

شهدت المنطقة على امتداد العقد المنصرم تفشياً متكرراً لأمراض معدية جديدة وأخرى متجددة تسبب أعداد هائلة من حالات الاعتلال والوفيات. ومن أبرز الأمراض التي كُشف عنها مؤخراً في المنطقة الحمى الصفراء وحمى الضنك وحمى الوادي المتصدع التي ينقلها كلها البعوض (Aedes)، وتعرض معلومات عنها أدناه. وثمة أمراض معدية أخرى أيضاً وردت معلومات عنها تشمل متلازمة الشرق الأوسط التنفسية (الإمارات العربية المتحدة والبحرين وقطر وعُمان والمملكة العربية السعودية واليمن، 2013-2015) وعدد من حالات الكوليرا في العراق (2015).

الحمى الصفراء

تنتقل الحمى الصفراء عادة عن طريق لدغة البعوض المصاب بالعدوى (Aedes aegypti)، ومن المعروف أنها متوطنة في المناطق المدارية من أفريقيا وأمريكا اللاتينية. وبما أن هذا المرض مرهون للغاية بالفصول، يشكل المطر عاملاً حاسماً في مدى انتشاره. وكلما اشتدت حرارة الجو، تقلصت فترة حضانة المرض من وقت ابتلاع البعوض للدم الملتهب حتى تمكنه من نقل الجرثومة باللدغة. وبارتفاع درجات الحرارة تتقلص الفترة الزمنية اللازمة لنضوج اليرقة لأن حرارة المياه ترتفع، مما يزيد من القدرة على تكاثر اليرقات أثناء فترة انتقال المرض من شخص إلى آخر. وثمة عامل آخر يساهم في انتشار المرض وهو التوسع الحضري الذي يرافقه سرعة اتساع المدن المكتظة بالسكان، مما يساعد على خلق ظروف مواتية أكثر فأكثر لانتقاله. ويمكن لخزانات المياه في المناطق الحضرية أو لأي مواد مثيلة أخرى (الدِلاء، الأُصص، العجلات المرمية وغير ذلك) أن تتحول إلى أماكن لتكاثر البعوض إذا تراكمت فيها مياه الأمطار. وأفيد بانتشار الحمى الصفراء مؤخراً في دارفور في السودان في عام 2012 حيث سُجلت 849 حالة مشبوهة من بينها 171 حالة وفاة. وأفيد قبل ذلك، أي في عامي 2003 و2005 بتفشيها في السودان لأول مرة منذ نحو 50 عاماً. وعادت هذه الحمى لتتفشى في عام 2013 فأودت بحياة 15 شخصاً في ولاية غرب كردوفان. وأُجري في عام 2012 في السودان تقييم لمخاطر الإصابة بها كشف عن مناطق محتمل أن ينتقل فيها فيروس الحمى الصفراء بين شخص وآخر، وتبيّن منه أن هذا الفيروس يتحرك في كل أماكن البلد الإيكولوجية، حيث يقدَّر أن نحو 30.7 مليون نسمة يعيشون في مناطق يشتد فيها احتمال الإصابة بالحمى الصفراء. ونتيجة لذلك، أطلق السودان في عام 2014 أولى حملات التلقيح الوقائي الجماعية إذ بلغ عدد الذين تم تلقيحهم نحو 7.5 ملايين نسمة في سبع ولايات في دائرة الخطر. وفضلاً عن السودان، أفيد استناداً إلى دراسات للأمصال بأن ثمة أدلة على وجود الفيروس في جيبوتي والصومال[34].

حمى الضنك

في عام 2012 صنفت منظمة الصحة العالمية حمى الضنك على أنها "أسوأ مرض فيروسي يحمله البعوض في العالم" لانتشاره الجغرافي الواسع النطاق في مناطق لم تكن تعرفه من قبل ولما يستتبعه من تكاليف باهظة. وظهرت هذه الحمى من جديد في المنطقة مسجلةً حالات متفرقة لكن متزايدة وخصوصاً في مصر والمملكة العربية السعودية (2015) والسودان واليمن (2012-2015). وبدأت أيضاً ترد أخبار أكثر تواتراً من بلدان مثل جيبوتي والصومال تفيد بوجود بؤر ضيقة النطاق لفيروسات الحمى بأنماط مصلية مختلفة، مما يشير إلى وجود ناقلات الفيروس مع احتمال انتقاله محلياً. ودققت عدة دراسات في دور تغيّر المناخ في عودة المرض أثناء العقود الأخيرة وما برحت هذه المسألة خاضعة للبحث. وبينت هذه الدراسات أن وراء اتساع رقعة انتشار الحمى الملاحَظ حالياً والمتوقع عوامل متعددة منها دخول الفيروس عن طريق المهاجرين والسفر، وتغير الأحوال المناخية. وفي حين أن قلة الأمطار في المنطقة العربية تُترجم بأحوال مناخية غير مواتية لناقلات حمى الضنك، سيساهم ارتفاع درجات الحرارة المتوقع والإجهاد المائي في حفز الإصابة بها مع ازدياد حاويات خزن المياه (البيئة المثالية لتكاثر ناقلات الفيروس) تحسباً لأيام أكثر جفافاً[35].

حمى الوادي المتصدع

إن أول انتشار حمى الوادي المتصدع خارج القارة الأفريقية سُجل بموازاة الساحل الجنوبي الغربي للمملكة العربية السعودية والمناطق الساحلية المجاورة لليمن في أيلول/سبتمبر 2000. وتسببت بوفاة أكثر من 120 شخصاً وبنفوق أعداد هائلة من الماشية جراء المرض والذبح. وجاء ذلك بعد ازدياد كميات الأمطار التي هطلت في المرتفعات المجاورة وغمرت المناطق الساحلية وخلقت البيئة المثالية لتواجد كميات البعوض الشبيهة لتلك الموجودة في مناطق شرق أفريقيا التي تتوطن فيها حمى الوادي المتصدع. ومعظم حالات الحمى هذه كانت مرتبطة بنظم الري بالغمر ولم تسجَّل أي إصابة بها في المناطق الرملية الجافة وفي الجبال، حيث لا تتراكم فيها المياه السطحية لدرجة تكاثر البعوض فيها. وأفيد بانتشارها مجدداً في السودان في عام 2008 ومن ثم في ست مناطق مختلفة من موريتانيا في عام 2012 [36].

الحواشي

1. Watts et al., 2015.
2. Hewitson et al., 2014.
3. Habib et al., 2010.
4. Pal and Eltahir, 2016.
5. El-Fadel et al., 2012.
6. Haines et al., 2014.
7. Hotez, 2009.
8. Hotez et al., 2012.
9. Willett and Sherwood, 2012.
10. Rothfusz, 1990.
11. Diffenbaugh et al., 2007.
12. NWS, 2016.
13. Willett and Sherwood, 2012.
14. Tawatsupa et al., 2010.
15. Smoyer et al., 2000.
16. Dickin et al., 2013.
17. Birkmann et al., 2013.
18. Alimi et al., 2016.
19. De Sherbinin, 2014.
20. Dickin et al., 2013.
21. See UNU-INWEH, 2017.
22. Postigo, 2010.
23. WHO, 2017.
24. Hotez and Fenwick, 2009.
25. Hotez et al., 2012.
26. Elmorshedy et al., 2015.
27. McCreesh and Booth, 2014.
28. Hotez et al., 2012.
29. Boubaker and Chahed, 2011.
30. Du et al., 2016.
31. Al-Kamel, 2016a; Boubaker et al., 2011.
32. Boubaker, 2016.
33. Al-Kamel, 2016b.
34. Reiter, 2001; WHO, 2014; WHO, 2016; Yuill et al., 2013 Karunamoorthi, 2013; Jentes et al., 2010.
35. Amarasinghe and Letson, 2012; Murray et al., 2013; IRIN News, 2010; Pinkerton and Rom, 2014; Humphrey et al 2016.
36. Martin et al., 2008; El-Mamy et al., 2011; WHO, 2012 Himeidan et al., 2014; Sayed-Ahmed et al., 2015.

المراجع

Al-Kamel, M. A. 2016a. Impact of Leishmaniasis in Women: A Practical Review with an Update on my ISD-Supported Initiative to Combat Leishmaniasis in Yemen (ELYP). *International Journal of Women's Dermatology*, 2(3): p. 93-101.

Al-Kamel, M. A. 2016b. Leishmaniasis in Yemen: A Clinicoepidemiological Study of Leishmaniasis in Central Yemen. *International Journal of Dermatology*, 55(8): p. 849–855.

Alimi, T. O., Fuller, D. O., Herrera, S. V., Arevalo-Herrera, M., et al. 2016. A Multi-Criteria Decision Analysis Approach to Assessing Malaria Risk in Northern South America. *BMC Public Health*, 16(221): p. 1-10.

Amarasinghe, A. and Letson, W. G. 2012. Dengue in the Middle East: a Neglected, Emerging Disease of Importance. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 106.

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., et al. 2013. Framing Vulnerability, Risk and Societal Responses: the MOVE Framework. *Natural Hazards*, 67(2): p. 193–211.

Boubaker, H. B. 2016. Health Impacts of Climate Change in Arab world: Case of Tunisia. In *ESCWA Workshop on Developing the Capacities of the Health Sector for Climate Change Adaptation to Protect Health from the Climate Change Effects on Freshwater Resources, 19-21 April 2016, Amman, Jordan*. Available at: https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/events/files/health_impacts_of_climate_change_in_arab_countries_-_case_of_tunisia.pdf.

Boubaker, H. B. and Chahed, M. 2011. Des Echos du Terrain: Gestion de la Leishmaniose en Tunisie dans le Contexte des Changements Climatiques. In *Adaptation aux Changements Climatiques en Afrique Rapport Annuel 2010-2011*. Published by International Development Research Centre (IDRC). Available at: https://www.idrc.ca/sites/default/files/sp/Documents%20EN/tunisia_f.pdf.

Boubaker, H. B., Kouni-Chahed, M. and Alaya-Bouafif, N. B. 2011. Relationship Between Climate Change and Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in Tunisia. *Tropical Medicine & International Health*, 16.

De Sherbinin, A. 2014. Climate Change Hotspots Mapping: What Have We Learned. *Climatic Change*, 123(1): p. 23–37.

Dickin, S. K., Schuster-Wallace, C. J. and Elliott, S. J. 2013. Developing a Vulnerability Mapping Methodology: Applying the Water-Associated Disease Index to Dengue in Malaysia. *PLOS One*, 8(5).

Diffenbaugh, N. S., Pal, J. S., Giorgi, F. and Gao, X. 2007. Heat Stress Intensification in the Mediterranean Climate Change Hotspot. *Geophysical Research Letters*, 34(11).

Du, R., Hotez, P. J., Al-Salem, W. S. and Acosta-Serrano, A. 2016. Old World Cutaneous Leishmaniasis and Refugee Crises in the Middle East and North Africa. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(5).

El-Fadel, M., Ghanimeh, S., Maroun, R. and Alameddine, I. 2012. Climate Change and Temperature Rise: Implications on Food-and Water-borne Diseases. *Science of the Total Environment*, 437: p. 15-21.

El-Mamy, A. B. O., Baba, M. O., Barry, Y., Isselmou, K., et al. 2011. Unexpected Rift Valley Fever Outbreak, Northern Mauritania. *Emerging Infectious Diseases*, 17(10): p. 1894-1896.

Elmorshedy, H., Bergquist, R., Abou El-Ela, N., Eassa, S., et al. 2015. Can Human Schistosomiasis Mansoni Control be Sustained in High-risk Transmission Foci in Egypt? *Parasites and Vectors*, 8(1): p. 1-8.

Habib, R. R., Zein, K. E. and Ghanawi, J. 2010. Climate Change and Health Research in the Eastern Mediterranean Region. *Ecohealth*, 7(2): p. 156-175.

Haines, A., Haines, A., Ebi, K. L., Smith, K. R., et al. 2014. Health Risks of Climate Change: Act Now or Pay Later. *The Lancet*, 384(9948): p. 1073-1075.

Hewitson, B., Janetos, A. C., Carter, T. R., Giorgi, F., et al. 2014. Regional Context (Chapter 21). In Climate Change 2014: *Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. V. R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap21_FINAL.pdf.

Himeidan, Y. E., Kweka, E. J., Mahgoub, M. M., Rayah, E. A. E., et al. 2014. Recent Outbreaks of Rift Valley Fever in East Africa and the Middle East. *Frontiers in Public Health*, 2.

Hotez, P. J. 2009. The Neglected Tropical Diseases and Their Devastating Health and Economic Impact on the Member Nations of the Organisation of the Islamic Conference. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 3(10).

Hotez, P. J. and Fenwick, A. 2009. Schistosomiasis in Africa: An Emerging Tragedy in Our New Global Health Decade. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 3(9).

Hotez, P. J., Savioli, L. and Fenwick, A. 2012. Neglected Tropical Diseases of the Middle East and North Africa: Review of their Prevalence, Distribution, and Opportunities for Control. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 6(2).

Humphrey, J. M., Cleton, N. B., Reusken, C. B. E. M., Glesby, M. J., et al. 2016. Dengue in the Middle East and North Africa: A Systematic Review. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(12).

IRIN News. 2010. Yemen: Dengue Fever Spreading in South. Issued on July 14, 2010. Available at: http://www.irinnews.org/report/89826/yemen-dengue-fever-spreading-in-south.

Jentes, E. S., Poumerol, G., Gershman, M. D., Hill, D. R., et al. 2010. The Revised Global Yellow Fever Risk Map and Recommendations for Vaccination, 2010: Consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. *Lancet Infectious Diseases*, 11(8): p. 579-650.

Karunamoorthi, K. 2013. Yellow Fever Encephalitis: An Emerging and Resurging Global Public Health Threat in a Changing Environment. S. Tkachev (eds). In *Encephalitis*. S. Tkachev (eds). Published by InTech.

Martin, V., Chevalier, V., Ceccato, P., Anyamba, A., et al. 2008. The Impact of Climate Change on the Epidemiology and Control of Rift Valley Fever. *Revue Scientifique et Technique*, 27(2): p. 413-426.

McCreesh, N. and Booth, M. 2014. The Effect of Simulating Different Intermediate Host Snail Species on the Link Between Water Temperature and Schistosomiasis Risk. *PLOS One*, 9(7).

Murray, N. E. A., Quam, M. B. and Wilder-Smith, A. 2013. Epidemiology of Dengue: Past, Present and Future Prospects. *Clinical Epidemiology*, 5: p. 299-309.

NWS (National Weather Service USA). 2016. Heat Index. Published by National Oceanic and Atmospheric Administration. Available at: http://www.nws.noaa.gov/om/heat/heat_index.shtml.

Pal, J. S. and Eltahir, E. A. B. 2016. Future Temperature in Southwest Asia Projected to Exceed a Threshold for Human Adaptability. *Nature Climate Change*, 6: p. 197–200.

Pinkerton, K. E. and Rom, W. N. 2014. Global Climate Change and Public Health. In *Respiratory Medicine Series*. Published by Humana Press.

Postigo, J. A. 2010. Leishmaniasis in the World Health Organization Eastern Mediterranean Region. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 36(Suppl 1): p. 62-65.

Reiter, P. 2001. Climate Change and Mosquito-Borne Disease. *Environmental Health Perspectives*, 109: p. 141-161.

Rothfusz, L. P. 1990. The Heat Index "Equation" (or, more than you ever wanted to know about heat index). NWS Tech. Attachment SR 90-23. Published by National Weather Service, USA.

Sayed-Ahmed, M., Nomier, Y. and Shoeib, S. M. 2015. Epidemic Situation of Rift Valley Fever in Egypt and Saudi Arabia. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 2(3).

Smoyer, K. E., Rainham, D. G. and Hewko, J. N. 2000. Heat-stress-related Mortality in Five Cities in Southern Ontario: 1980–1996. *International Journal of Biometeorology*, 44(4): p. 190-197.

Tawatsupa, B., Lim, L. Y., Kjellstrom, T., Seubsman, S. A., et al. 2010. The Association between Overall Health, Psychological Distress, and Occupational Heat Stress among a Large National Cohort of 40,913 Thai Workers. *Global Health Action*, 3(1).

UNU-INWEH (United Nations University Institute for Water, Environment and Health). 2017. Climate Change Impacts on Health in the Arab Region: A Case Study on Neglected Tropical Diseases. RICCAR Technical Report. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.1

Watts, N., Adger, N., Agnolucci, P., Blackstock, J., et al. 2015. Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health. *The Lancet Commissions*, 386(10006): p. 1861–1914.

WHO (World Health Organization). 2012. Rift Valley Fever in Mauritania. In *Disease Outbreak News: Emergencies Preparedness, Response*. Available at: http://www.who.int/csr/don/2012_11_01/en/.

WHO (World Health Organization). 2014. Yellow Fever Fact Sheet. Available at: http://applications.emro.who.int/docs/Fact_Sheet_WHD_2014_EN_1635.pdf.

WHO (World Health Organization). 2016. Progress Report on Emerging and Re-emerging Diseases Including Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever. In *Sixty-third Session of thr Regional Committee for the Eastern Mediterranean* Available at: http://applications.emro.who.int/docs/RC_technical_papers_2016_inf_doc_2_19010_EN.pdf?ua=1.

WHO (World Health Organization). 2017. Leishmaniasis Fact Sheet. Available at: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs375/en/.

Willett, K. M. and Sherwood, S. 2012. Exceedance of Heat Index Thresholds for 15 Regions under a Warming Climate using the Wet-bulb Globe Temperature. *International Journal of Climatology*, 32(2): p. 161-177.

Yuill, T. M., Woodal, J. P. and Baekeland, S. 2013. Yellow Fever Outbreak—Darfur Sudan and Chad. *International Journal of Infectious Diseases*, 17(7): p. 476-478.

الجزء الثاني



التقييم المتكامل لقابلية التأثر

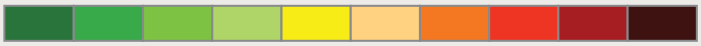
مفتاح الرموز والمصطلحات المستخدمة في الخرائط

البحيرات
الخزانات
الأنهار
الأنهار المتقطعة
• المدن الرئيسية
منطقة تقع خارج مجال الاهتمام بالنسبة للقطاع

المناطق الشديدة التأثر



أعلى 10 % أعلى 20 % أعلى 30 %



High Potential Impact
أثر محتمل مرتفع

Low Potential Impact
أثر محتمل منخفض

High Adaptive Capacity
قدرة على التكيف مرتفعة

Low Adaptive Capacity
قدرة على التكيف منخفضة

High Vulnerability
قابلية تأثر مرتفعة

Low Vulnerability
قابلية تأثر منخفضة

الفصل الثامن

الخلفيّة والمنهجيّة

استناداً إلى نتائج تقييم الأثر، أُجري تقييم قابلية التأثر في المنطقة العربية في قطاعات وقطاعات فرعية مستهدفة حُددت بعد إجراء عملية تشاورية. وقام التقييم على تصنيف وترجيح المؤشرات الجغرافية المكانية التي تميز جوانب تعرض كل من القطاعات لتغيّر المناخ وحساسيته إزاءه وقدرته على التكيف معه. ويعرض هذا الفصل الإطار المفاهيمي لتقييم قابلية التأثر المستخدم في ريكار، ويتضمن معلومات أساسية عن المنهجية المتبعة، بما فيها الخطوات المطبقة في عملية إعداد الخرائط المتكاملة.

8.1 الإطار المفاهيمي

يُستخدم مفهوم قابلية التأثر للتعبير عن التفاعل المعقد بين تبعات تغيّر المناخ وتأثيرية نظام ما بها، وثمة تعاريف ومقاربات عديدة لتوصيف هذا المفهوم. وتستند المنهجية المتكاملة لتقييم قابلية التأثر التي اتّبعتها ريكارعلى فهم قابلية التأثر على أنها دالّة في نظام التعرض لتغير المناخ، والحساسية إزاءه، والقدرة على التكيّف مع آثاره. وهذا الفهم يتوافق مع النهج ذي الصلة الذي اتّبعته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في تقرير التقييم الرابع الذي أصدرته (AR4) بحسب ما هو موضح في الشكل 105.

وضمن هذا الإطار المفاهيمي:

- **التعرض** يشير إلى التغيرات في البارامترات المناخية التي قد تؤثر في النظم الإيكولوجية-الاجتماعية. وهذه البارامترات هي، على سبيل المثال، الحرارة والتساقطات، التي تتغير بتغيّر المناخ من حيث كميتها ونوعيتها، فضلاً عن توزُّع مكانياً وزمانياً.

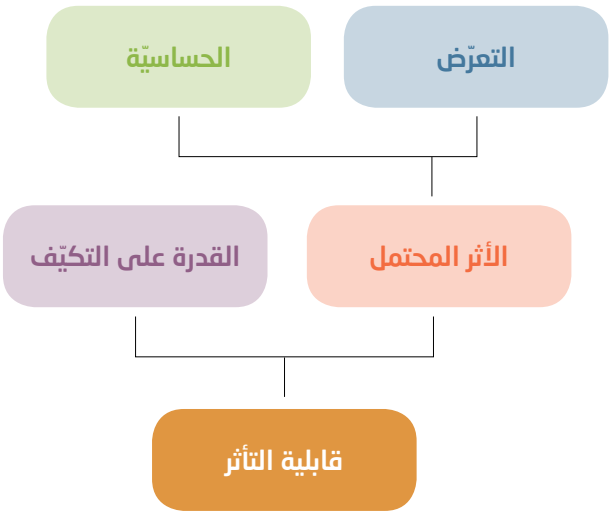
- **الحساسية** تقدم معلومات عن حالة البيئة المادية والبيئة الطبيعية التي تجعل النظم تتأثر بشكل خاص بتغيّر المناخ. على سبيل المثال، يمكن أن يتمثل عامل الحساسية في الجانب الطوبوغرافي، واستخدام الأراضي، والغطاء الأرضي، وتوزُّع وكثافة السكان، والبيئة المبنية، والقرب من الساحل، وما إلى ذلك.

- **الأثر المحتمل** يتحدد من خلال الجمع بين تعرض نظام ما لتغيّر المناخ والحساسية إزاءه.

- **القدرة على التكيف** هي "قدرة نظام ما على التواؤم مع تغيّر المناخ (بما في ذلك تقلبية المناخ والظواهر المناخية المتطرفة) أو التخفيف من الأضرار المحتملة، أو على الاستفادة من الفرص، أو التعامل مع العواقب" على النحو الوارد في تقرير التقييم الرابع الآنف الذكر[1].

وجمع المؤشرات المتصلة بالتعرض والحساسية والقدرة على التكيف عبر منهجية توضع في إطارها خرائط متكاملة، يتيح تقييم قابلية تأثر نظام ما إزاء تغيّر المناخ.

الشكل 105: مكوّنات قابلية التأثر استناداً إلى تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ



المصدر: استناداً إلى IPCC, 2007

8.2 القطاعات المستهدفة والآثار

وبهدف إجراء تقييم شامل يمكن أن يشكّل أساساً للحوار والتشاور بشأن قضايا تغير المناخ بين جميع الدول الأعضاء في المنطقة العربية، يجمع التقييم المتكامل لقابلية التأثر بين سلسلة من تقييمات قابلية التأثّر الفردية بالنسبة للعديد من آثار تغير المناخ المرتبطة بالمياه على قطاعات مختلفة في المنطقة. ويقدّم هذا النوع من التقييم فهماً متكاملاً ومشتركاً بين القطاعات لجوانب قابلية تأثّر المنطقة إزاء الآثار المحتملة لتغير المناخ. وعلى هذا النحو، تتضمّن قابلية تأثر المنطقة العربية ككل، قابلية تأثر القطاعات المختلفة بالآثار الرئيسية المختلفة لتغير المناخ التي تم تحديدها، وتتضمّن هذه القطاعات واحداً أو أكثر من القطاعات الفرعية.

واستناداً إلى نتائج المشاورات التي أجريت في سياق ريكار، شُكل الفريق العامل المعني بتقييم قابلية التأثر (VA-WG) في عام 2013 واختار خمسة قطاعات رئيسية للدراسة إلى جانب القطاعات الفرعية المنبثقة منها (الشكل 106). وأيدت هذا الاختيار لاحقاً اجتماعات أفرقة الخبراء المعنية بريكار والمجلس الوزاري العربي للمياه. وتتضمّن هذه القطاعات: (1) المياه، وتركّز الدراسة في هذا القطاع على كميات المياه المتوفرة؛ (2) التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية، بما في ذلك (أ) الغابات، و (ب) الأراضي الرطبة؛ (3) الزراعة، بما في ذلك (أ) المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية، و (ب) المياه المتوفرة لإرواء المواشي؛ (4) البنية التحتية والمستوطنات البشرية، وتركّز الدراسة في هذا القطاع على الفيضانات الداخلية؛ (5) الإنسان، بما في ذلك (أ) المياه المتوفرة للشرب، (ب) الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري، و (ج) معدل العمالة في القطاع الزراعي.

الشكل 106: القطاعات والقطاعات الفرعية المختارة لتقييم قابلية التأثر في المنطقة العربية

القطاعات	القطاعات الفرعية
المياه	توفر المياه
التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية	مناطق مكسوة بالغابات مناطق تغطيها الأراضي الرطبة
الزراعة	المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية المياه المتوفرة لإرواء المواشي
البنية التحتية والمستوطنات البشرية	مناطق فيضانات داخلية
الإنسان	المياه المتوفرة للشرب الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري معدل العمالة في القطاع الزراعي

8.3 خطوات وضع المنهجية

تم تطوير هذه المنهجية عبر عملية تشاورية وتشاركية مع خبراء من المنطقة العربية. ووُضعت بناء على النقاشات التي دارت أثناء اجتماعات أفرقة الخبراء السنوية والفريق العامل المعني بتقييم قابلية التأثر الذي يضم ممثلين عن الحكومات العربية، بالإضافة إلى جامعة الدول العربية والأمم المتحدة وهيئات خبيرة تخدم المنطقة العربية. وآزر الفريق العامل هذا فريق استشاري فني مدعوم من GIZ. وتم تشكيل أيضاً فرقتي عمل خاصة إضافية للمساعدة على فحص و مراجعة المؤشرات المناسبة لقابلية التأثر إقليمياً و المتعلقة بالحساسية إزاء تغيّر المناخ والقدرة على التكيف معه في المنطقة العربية. وعلاوة على ذلك، التُمست معارف متخصصة من أصحاب المصلحة الإقليميين الذين ساهموا في اختيار المؤشرات من خلال استبيان، طُلب فيه منهم اختيار وتخصيص القيم أو الفئات التي يمكن أن يدرَج فيها المؤشر إلى مقياس محدد مسبقاً، مع مراعاة كيفية ارتباط قيمة المؤشر بعنصر قابلية التأثر المشمولة به.

وتقدَّم وضع المنهجية عبر مجموعة من اجتماعات الفريق العامل المعني بتقييم قابلية التأثر وفرقتي العمل الخاصة التي عُقدت بانتظام طيلة فترة المشروع لتحسين جوانبها الرئيسية والآليات المرتبطة بها، على النحو الوراد في مذكرة ريكار التقنية المعنونة "Integrated Vulnerability Assessment: Arab Regional Application (2017)"[2] . وأُدخلت تعديلات على إطار المؤشرات أثناء تجريب المنهجية لسد النقص الموجود في البيانات أو معالجة جوانب القلق بشأن مدى جودتها.

ودُعي خبراء وأعضاء في مراكز البحوث الإقليمية من ذوي الخبرة في مجال تقييم تغيّر المناخ وتطبيقات نظام المعلومات الجغرافية(GIS) إلى بحث مسودة منهجية تقييم قابلية التأثر وتجريبها والتعليق عليها خلال ورشة عمل إقليمية (بيروت، أيار/مايو 2014)، وعُرض ما أُنجز منها لتنظر فيه الحكومات العربية والمنظمات الإقليمية وشركاء ريكار في الاجتماع الخامس لفريق الخبراء المعني بريكار (عمّان، كانون الأول/ديسمبر 2013) واجتماعه السادس (القاهرة، كانون الأول/ديسمبر 2014). وأُنجزت المنهجية كلها في أيار/مايو 2015، ونُظمت لاحقاً جلسة لفريق خبراء في عام 2016 ليبحث ويفحص تطبيق المنهجية بشكل كامل من حيث مجموعة المؤشرات النهائية، بالإضافة إلى خطة الترجيح والتطبيع المطبقة أثناء إعداد التقييم (بيروت، نيسان/أبريل 2016). وأخيراً، قام خضع نتائج واستنتاجات تقييم قابلية التأثر المتكاملة لاستعراض الأقران وذلك خلال اجتماع خبراء لاستعراض الأقران (بيروت، كانون الأول/ديسمبر 2016) لدراسة مجموع النتائج للقطاعات الفرعية التسعة، وهي الخرائط المتعلقة بالتعرض لتغيّر المناخ والحساسية والأثر المحتمل والقدرة على التكيف وقابلية التأثر الإجمالية، وذلك لتبيان المناطق الشديدة التأثر المحتملة في المنطقة.

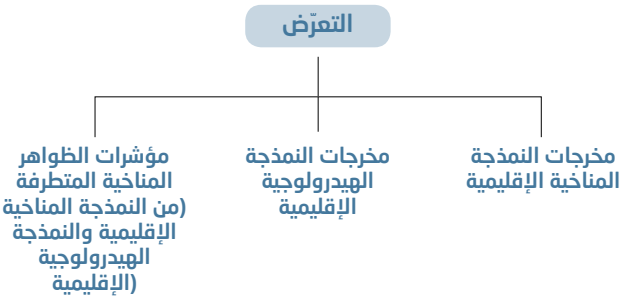
8.4 منهجية رسم الخرائط المتكاملة

تشتمل منهجية رسم الخرائط المتكاملة لتقييم قابلية التأثر المتكاملة على المؤشرات التي تسهم في توصيف عناصر وأبعاد الحساسية والتعرض والأثر المحتمل والقدرة على التكيف مع تغيّر المناخ، وقابلية التأثر إزاء تغيّر المناخ وذلك على النحو الوارد في سلسلة أثر. وتستند المنهجية المطبقة في ريكار بالنسبة للمنطقة العربية إلى المؤشرات الإقليمية المناسبة والمتاحة وتطبق ترجيحات على كل مؤشر (مستمدة من التحليل الإحصائي، والأدبيات القائمة، ومعلومات الجهات المعنية، وآراء الخبراء)، تم تطويرها استناداً إلى المشاورات الإقليمية وآراء الخبراء. ويُصار من ثم إلى إبراز الأبعاد التي تم ترجيحها في طريقة تجميع هندسية تُستخدم للجمع بين هذه المكوّنات لتحديد قابليّة التأثر تجاه تغير المناخ. وقد تم تنفيذ هذه الآلية باستخدام برمجية نظام المعلومات الجغرافي ArcGIS، التي تمكّن من إنتاج خرائط لقابلية التأثر تُسلّط الضوء على جوانب قابلية التأثر الحالية والمستقبلية إزاء تغيّر المناخ من خلال عملية متعددة المراحل . وتُعرض معلومات مفصلة عن هذه المنهجية مع معلومات دقيقة عن كل خطوة في مذكرة ريكار التقنية[3]. وتقدَّم معلومات إضافية في الدليل التدريبي والذي أُعدّ في إطار الدعم المقدم لريكار من برنامج اكوام[4]. ويرد أدناه موجز مقتضب للمنهجية المطبقة:

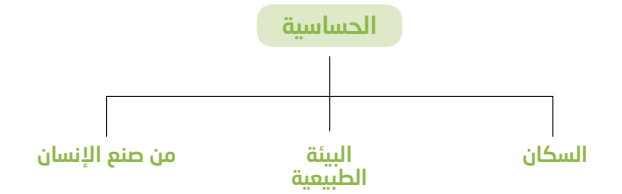
الخطوة 1: إعداد سلاسل الأثر.
أُعدت قائمة طويلة من مؤشرات التعرض والحساسية والقدرة على التكيف التي يمكنها توصيف آثار تغيّر المناخ على القطاع والقطاعات الفرعية المختارة. وحُددت لكل أثر منها مؤشرات بمساعدة سلسلة للأثر. وتمثل سلاسل الأثر أدوات تحليلية توضح العلاقات السببية بين الأثر المعني والمؤشرات والأبعاد والعناصر.

الخطوة 2: تحديد المؤشرات واختيارها.
اختيرت المؤشرات بناء على ملاءمتها وتجانسها وصحتها وموثوقيتها وتغطيتها للنطاق العربي بأكمله. وعُينت لكل عنصر بحسب المناسب وصُنفت في إطار أبعاد مختلفة.

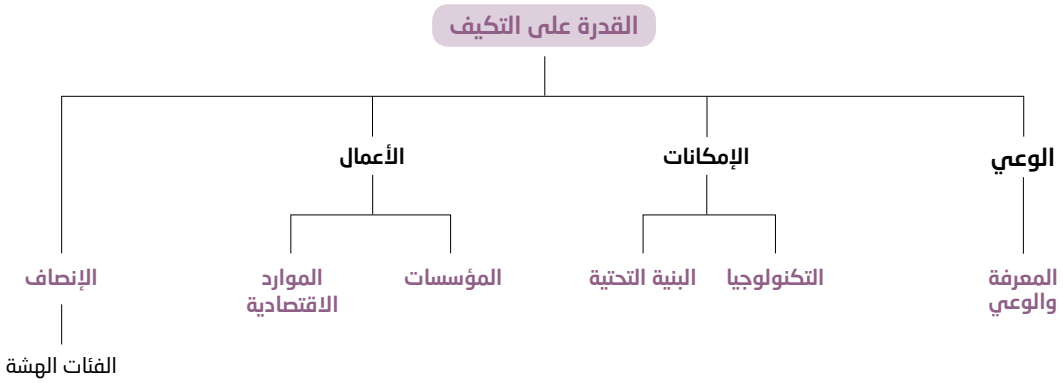
- استُمدت مؤشرات **التعرض** من نتائج النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية، وهي تعدّ بمثابة مجموعات البيانات الديناميكية الوحيدة المستخدمة في التقييم. وأُعدت لتغطي خمس فترات زمنية مختلفة وسيناريوهات المناخ: الفترة المرجعية؛ ومنتصف القرن على أساس سيناريو معتدل (RCP 4.5)؛ ومنتصف القرن على أساس أسوأ سيناريو (RCP 8.5)؛ ونهاية القرن على أساس سيناريو معتدل؛ ونهاية القرن على أساس أسوأ سيناريو.



- يشمل عنصر **الحساسية** 25 مؤشراً موزعاً على ثلاثة أبعاد: السكان والحساسية الطبيعية والحساسية التي من صنع الإنسان. يتكون البعد السكاني من عوامل مجتمعية تلقي ضغطاً على النظام المادي بسبب النمو السكاني، منها الهجرة واستنفاد الموارد. ويتناول بعد البيئة الطبيعية عناصر بيئية وإيكولوجية مثل نوع التربة والغطاء النباتي[5] الذي قد يتعرض للتدهور. وأخيراً، بعد الحساسية التي من صنع الإنسان يشتمل على العوامل الناجمة عن أنشطة الإنسان والتي يمكن أن تتفاقم بسبب تغيّر المناخ. ومع أن العديد من العناصر التي يمكن تقييمها كجزء من الحساسية هي متحركة (النمو السكاني)، فإن نقص البيانات أفضى إلى أن جميع المؤشرات المستخدمة في ريكار ثابتة على أساس أحدث المعلومات المتاحة لجميع سيناريوهات المناخ المستقبلية.



- تشمل **القدرة على التكيف** 27 مؤشراً موزعاً على ستة أبعاد: المعرفة والوعي، والتكنولوجيا، والبنية التحتية، والمؤسسات، والموارد الاقتصادية، والإنصاف. يعكس البعد الأول الوعي والمعرفة في مجال تغيّر المناخ. ومن ثم ينتقل ذلك إلى التكنولوجيا والبنية التحتية اللتين تدعمان القدرة على التكيف. وعلى المستوى الكلي، يتم تعزيز التكيف عبر المؤسسات والموارد الاقتصادية. أخيراً، يعمل مؤشر الإنصاف في الفروق بين الجنسين، وفي البنية العمرية، و في حصول الأشخاص ذوي الإعاقة على الخدمات. واختيرت مؤشرات البنية التحتية على أساس خمس ركائز: الطاقة، والنقل، والصحة، وإمدادات المياه وخدمات الصرف الصحي والبيئة. ومؤشرات القدرة على التكيف ثابتة مثل مؤشرات الحساسية.



الخطوة 3: الاستحواذ على البيانات.
تم الحصول على البيانات المتعلقة بكل مؤشر من مجموعة متنوعة من المصادر. استندت مجموعات بيانات مؤشر التعرض إلى مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية التي تشمل التغيرات المسقطة في درجات الحرارة والتساقطات، وبارامترات هيدرولوجية أخرى لمختلف سيناريوهات الانبعاثات والفترات الزمنية. واستندت البيانات المتعلقة بالتعرض المستمدة من النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية فقط إلى مخرجات نموذج قدرة التسرب المتغيرة (VIC) الهيدرولوجي. ولتحويل مؤشرات الحساسية ومؤشرات القدرة على التكيف إلى مؤشرات كمية، استُمدت البيانات بشكل رئيسي من قواعد البيانات الإحصائية والمنظمات الدولية التي قدمت خرائط ومجموعات بيانات تغطي البلدان الـ 21 المختارة في المنطقة العربية. واعتمد التقييم بشدة على البيانات المتوفرة على المستويين الوطني ودون الوطني. وترد في مقدمة هذا التقرير معلومات موجزة عن مصادر البيانات الرئيسية المستخدمة مثل الخصائص الديمغرافية أو الموارد الاقتصادية أو قواعد البيانات المتعلقة بالإنصاف، وترد معلومات تفصيلية عن مصدر البيانات لكل مؤشر بما يشمل التاريخ والدقة والمقياس وطريقة إعداد البيانات وما إلى ذلك في صفيحة معلومات عن المؤشر ستتاح على المركز الإقليمي للمعرفة.

الخطوة 4: تطبيع بيانات المؤشرات وتصنيفها.
بما أن للمؤشرات مستويات ووحدات قياس، فقد تم تطبيع بيانات المؤشرات وتصنيفها استناداً إلى مقياس موحد من 1 إلى 10 قبل تجميعها. بالنسبة لمؤشري التعرض والحساسية، يمثل الرقم 1 حالة إيجابية (تعرض منخفض) والرقم 10 حالة سلبية. وبالنسبة للقدرة على التكيف، هذا المقياس معكوس (1 يمثل قدرة على التكيف منخفضة). وبالتالي، قبل تجميع المؤشرات، يجب قلبُ القيم عكسياً لربط الحالتين الإيجابية والسلبية معاً. وصُنفت المؤشرات بشكل عام وفقاً لقابلية تأثر توفر المياه. ومن المهم الإشارة إلى أن هذا المفهوم لا يسري على بعض القطاعات الفرعية لذلك أعيد تصنيف المؤشرات للقطاعات الفرعية القابلة للتطبيق. بالإضافة إلى ذلك، صُنفت المؤشرات على أساس قابلية التأثر النسبية في المنطقة العربية لا في العالم.

الخطوة 5: ترجيح وتجميع المؤشرات.
أُعطيت المؤشرات أوزاناً ترجيحية لقياس مدى أهميتها النسبية لأثر ما من آثار تغيّر المناخ، وحُددت باستخدام إطار متعدد الخطوات استند إلى النتائج التي تم الحصول عليها من استبيان لآراء الخبراء. وطلبت آراء خبراء من مجالات مختلفة تتعلق بتقييم قابلية التأثر من جميع أنحاء المنطقة العربية، بحثوا الأهمية النسبية لمؤشرات مختلفة. ثم دققت في النتائج لجنةٌ من الخبراء لضمان صحتها. وأخيراً، اختير أنسب مؤشر للحساسية لكل أثر من آثار تغيّر المناخ وأعطي وزناً ترجيحياً أثقل للمساعدة في تبيان الأثر المحدد. وبالمقابل، أُعطي مؤشر القدرة على التكيف الأنسب هو أيضاً وزناً ترجيحياً مساوياً بغية موازنة آثار تغيّر المناخ المادية والطبيعية مع قدرة البشرية على التغلب عليها. وتم تجميع المؤشرات من خلال التجميع الهندسي باستخدام وزنها الترجيحي. ويمثل التجميع الهندسي نهج غير خطي يفضّل على الطرائق الأخرى لأنه متسق وقابل للمضاعفة[6]. وتم تجميع المؤشرات بحسب الركيزة، ثم البعد، إن أمكن، للحصول على مؤشر مركب لكل عنصر.

الخطوة 6: تجميع مكوّنات قابليّة التأثر.
تم تجميع مؤشرا التعرض والحساسية المركبان فيما بعد لتحديد الأثر المحتمل الموضح لكل فترة زمنية وسيناريو مناخ. وأخيراً، تم تجميع مؤشرا الأثر المحتمل والقدرة على التكيف لمعرفة مستوى قابلية التأثر العام لكل قطاع من القطاعات الفرعية إزاء تغيّر المناخ. وفي الحالات التي تم التحديد فيها أثرين أو أكثر لتغيّر المناخ على قطاع ما، تم تجميع هذه الآثار بعدئذ لتحديد مستوى قابلية التأثر الإجمالية للقطاع.

الخطوة 7: عرض النتائج على شكل خرائط لقابليّة التأثر.
عُرضت نتائج تقييم قابلية التأثر في شكل خرائط تصف المواقع الدقيقة التي يتعرض فيها الناس والبيئة والموارد الطبيعية إلى خطر شديد. وعرض المناطق القابلة للتأثر والمناطق الشديدة التأثر على خرائط يسهل التواصل ويشكل مدخلا لإجراء حوار إقليمي بشأن جهود التكيف المشتركة للتعامل مع التحديات التي يستتبعها تغيّر المناخ في المنطقة العربية.

8.5 عرض النتائج

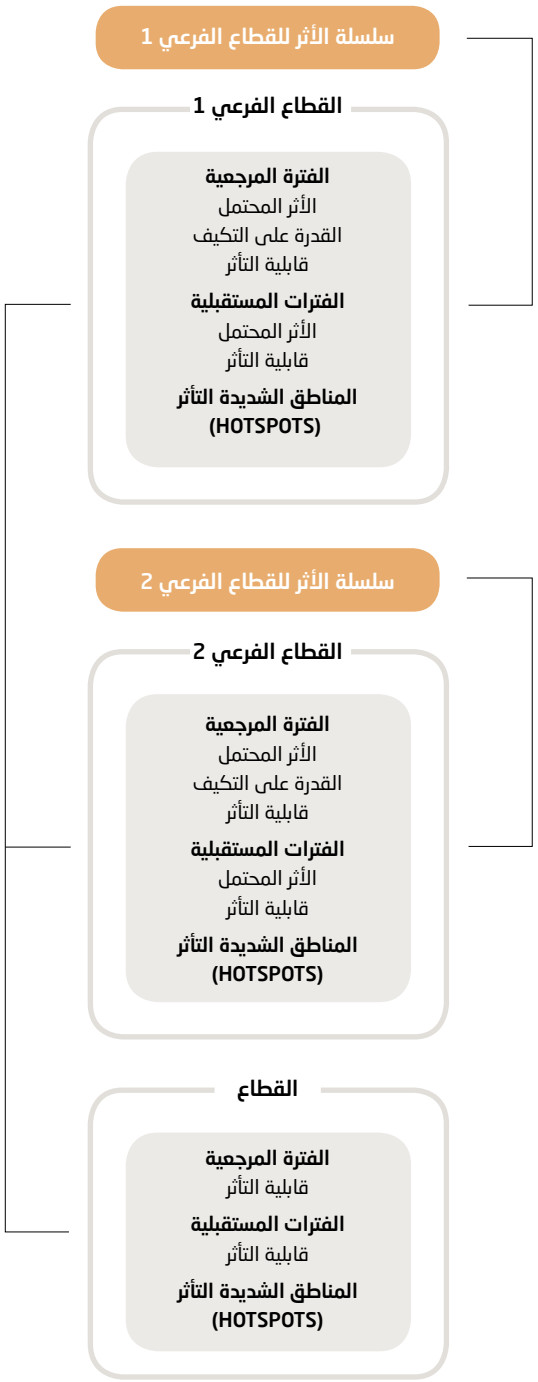
تعرض نتائج التقييم المتكامل لقابلية التأثر في خرائط لخمسة قطاعات وتسعة قطاعات فرعية. ويتضمن عرض النتائج المتعلقة

بكل قطاع وقطاع فرعي في هذا التقرير سلسلة الأثر والنتائج التي تم استخلاصها للفترة المرجعية والفترتين المستقبليتين (منتصف القرن ونهاية القرن) لسيناريوهي المناخ، وتحديداً للمناطق الشديدة التأثر الخاصة بالقطاعات المحددة (الشكل 107). وثمة نتائج إضافية متوفرة في المرفق التقني لهذا التقرير.

وتجدر الملاحظة أنه، وعوضاً عن إبراز نتائج تشمل المنطقة بأسرها، تركّز الخرائط بشكل حصري على مجال اهتمام محدد بالنسبة لقطاع أو قطاع فرعي محدد. وتقوم مجالات الاهتمام هذه على مؤشر واحد أو أكثر. فبالنسبة للقطاع الفرعي المعني بالمناطق المكسوة بالغابات، مثلاً، لا تظهر الخرائط سوى النتائج التي تم الحصول عليها في مناطق تكسوها الغابات. كما وتُظهر كل آثار تغيّر المناخ التي تمت دراستها تحت قطاع الإنسان، المناطق المأهولة بالسكان فقط. وتساعد هذه الطريقة في تركيز النقاشات على مجال الاهتمام المحدد موضوع الدراسة، كما تتيح تقديم عرض متسّق حول المنطقة العربية. وللمزيد من الدقة، تمّ تظليل المناطق التي تقع خارج إطار مجالات الاهتمام المحددة والتي تشكّل مع ذلك جزءاً من المنطقة العربية، باللون الرمادي الفاتح. ومن الضروري أيضاً الإشارة إلى أنه نظراً لمحدودية البيانات، فقد تمّ استخدام العديد من مؤشرات القدرة على التكيف نفسها بالنسبة لجميع آثار تغير المناخ. ولذا، تبدو النتائج متماثلة إلى حد بعيد. وبشكل عام، تتميّز المناطق الشمالية لبلدان المغرب وبلاد الشام بقدرة أكبر على التكيّف، وفي المقابل، تظهر المناطق الجنوبية لمنطقة المغرب العربي ومناطق قريبة من خليج عدن قدرة أقل على التكيّف. وتظهر مناطق أخرى محدّدة قدرة معتدلة على التكيف. وعلى الرغم من أن المؤشرات نفسها لا تنطبق بالضرورة على أثر لتغير المناخ بعينه، إلا أنه يمكن اعتبارها مؤشرات غير مباشرة للأبعاد التي تمثلها.

وتحدد المناطق الشديدة التأثر "hotspots"، وهي المناطق التي من المسقط أن تبرز أعلى مستوى من قابلية التأثر إزاء تبعات تغيّر المناخ. والغرض من اختيارها هو تسليط الضوء على حالات شديدة التأثر في قطاع أو قطاع فرعي ما على المستوى الإقليمي العربي. وتختلف الأساليب النظرية والمنهجية المستخدمة لتحديد المناطق الشديدة التأثر بين الدراسات التي أجريت في أماكن أخرى، وتتأثر بالمقياس المكاني والشكوك في البيانات والنتائج. وبالنسبة إلى ريكار، تم تحديد المناطق الشديدة التأثر على أساس النسبة المئوية الأعلى من قابلية التأثر الاجمالية بين الفترتين الزمنيتين والسيناريوهين لكل أثر من آثار تغيّر المناخ. من حيث المقياس المكاني، يتفاوت الحجم – أو حجم البيكسل – لمختلف مجموعات البيانات المدخلة تفاوتاً حاداً وتُلصق مجموعات البيانات هذه فوق الخرائط المتكاملة لرسم خرائط عن قابلية التأثر، فضلاً عن عناصرها. وبالتالي فإن الدقة المكانية المختلفة للبيانات تحد من الدقة المكانية للخرائط، فيما يتعلق مثلاً بموقع المناطق الشديدة التأثر (hotspots) لتغيّر المناخ. وبذا، تشير نتائج الخرائط إلى المناطق المعرضة لخطر التأثر بتغيّر المناخ على المستوى دون الوطني. ولا شكّ أن هذا الأسلوب يخدم أهداف تقييم قابلية التأثر على مستوى إقليمي من أجل تسليط الضوء على التحديات المشتركة الناجمة عن تغير المناخ. ولكنّه لا يوفر أرضيّة مناسبة لتخطيط تدابير التكيف مع تغير المناخ بشكل ملموس على المستوى المحلي. ولذا، نوصي باعتبار المناطق الشديدة التأثر التي حددها التقرير على المستوى الإقليمي كنقطة انطلاق نحو إجراء المزيد من الدراسات الشاملة على المستويات الوطنية أو المحلية بغية تحديد المناطق التي تتطلب تدخلات بشأن التكيف. ويجري بالفعل العمل على تنفيذ مثل هذه التطبيقات.

الشكل 107: عرض النتائج



الحواشي

1. IPCC, 2007.
2. ESCWA et al., 2017.
3. See ESCWA et al., 2017.
4. See ACSAD et al., 2017.
5. Fritzsche et al., 2014.
6. El-Zein and Tonmoy, 2015.
7. De Sherbinin, 2014.

المراجع

ACSAD, GIZ and ESCWA (Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit; United Nations Economic and Social Commission for Western Asia). 2017. Training Manual on the Integrated Vulnerability Assessment Methodology. *RICCAR Training Manual*, with support of ACCWaM. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Manual.

De Sherbinin, A. 2014. Climate Change Hotspots Mapping: What Have We Learned. *Climatic Change*, 123(1): p. 23–37.

El-Zein, A. and Tonmoy, F. N. 2015. Assessment of Vulnerability to Climate Change Using a Multi-Criteria Outranking Approach with Application to Heat Stress in Sydney. *Ecological Indicator*s, 48: p. 207–217.

ESCWA, ACSAD and GIZ (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2017. Integrated Vulnerability Assessment: Arab Regional Application. *RICCAR Technical Note*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.2.

Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., et al. 2014. The Vulnerability Sourcebook. Concept and Guidelines for Standardised Vulnerability Assessments. Published by Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Available at: http://www.adaptationcommunity.net/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/.

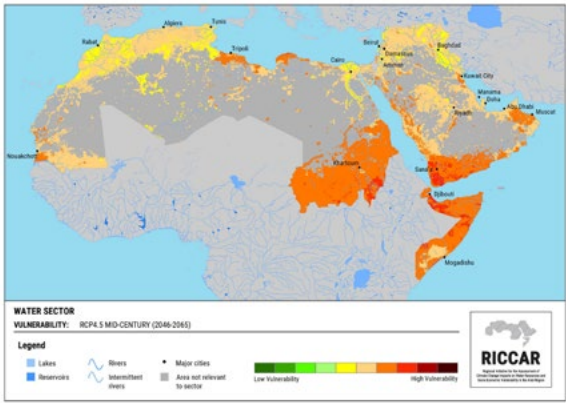
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. Van der Linden and C. E. Hanson (eds). Published by Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html

قطاع المياه

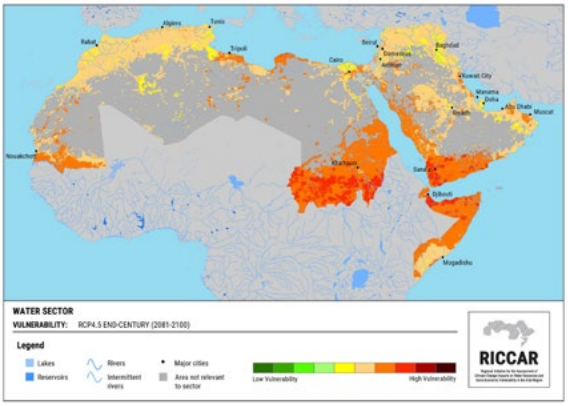
قابلية التأثر الإجمالية

RCP 4.5

2046-2065

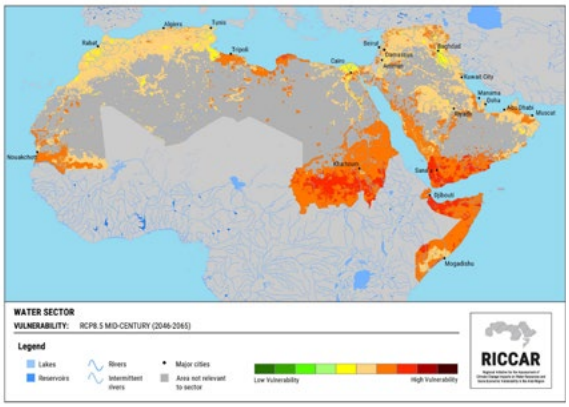


2081-2100

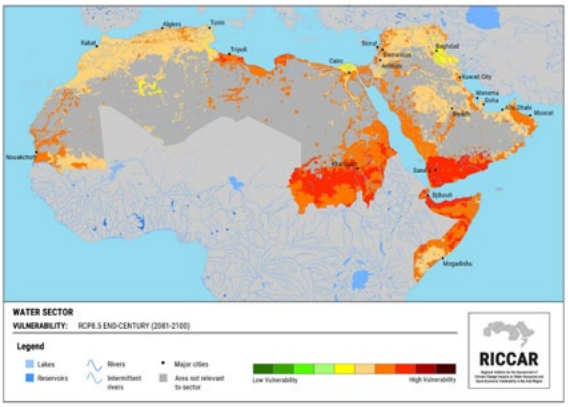


RCP 8.5

2046-2065



2081-2100



الفصل التاسع

قطاع المياه - قابلية التأثر

إن الطلب على المياه سائد في كل مكان، والمياه ضرورية لتأمين الغذاء وللبشر والماشية والنظم الإيكولوجية والصناعات. على الرغم من أنها مورد متجدد، فإن الكمية المتوفرة منها محدودة. ووفقاً لمؤشر فالكنمارك للإجهاد المائي[1]، يبدأ بلد يعاني من الإجهاد المائي عندما تصبح كمية المياه العذبة المتاحة فيه دون 1,700 م^3 للفرد سنوياً. ومن المتوقع حدوث نقص في المياه العذبة عندما تتراوح مستوياتها بين 1,000 م^3 و 1,700 م^3 للفرد سنوياً، وعندما تنخفض هذه النسبة إلى أقل من 1,000 م^3 للفرد سنوياً، يعني أن البلد يعاني من شح المياه. لذلك، تُعتبر المنطقة العربية منطقة شحيحة المياه، حيث يقدر أن الموارد المائية المتجددة المتوفرة فيها تبلغ نحو 610 م^3 للفرد سنوياً، وتصل هذه الكمية إلى 5 م^3 للفرد سنوياً في بعض البلدان[2].

وفي ضوء دور المياه العذبة المركزي في المنطقة وأهميتها في الحياة اليومية وجميع القطاعات الاقتصادية، اختير قطاع المياه كنقطة انطلاق عند إعداد تقييم قابلية التأثر في المنطقة العربية، مع التركيز على الأثر المحتمل «التغير في توفر المياه». ويدرك أصحاب المصلحة على الصعيد الإقليمي أن مشكلة المياه مشكلة عامة وشاملة لعدة قطاعات تؤثر مباشرة في قابلية تأثر القطاعات المستهدفة الأخرى إزاء تغيّر المناخ. وتُعرض نتائج تقييم قابلية التأثر هذا القطاع في الأجزاء أدناه.

وتشمل منطقة موضوع الدراسة لتوفر المياه 49% من مساحة المنطقة العربية، وتحددها مؤشرات مختارة ومستخدمو المياه، كما تعكسه المناطق التي تسرف في استهلاك المياه العذبة: مناطق الغابات؛ ومناطق الأراضي الرطبة؛ والمناطق الزراعية البعلية؛ والمناطق الزراعية المروية؛ و مناطق تربية المواشي (أكثر من 10 رؤوس لكل كلم^2)؛ والمناطق المأهولة بالسكان (أكثر من نسمتين لكل كلم^2). ونظراً لأن قطاع المياه يضم قطاعاً فرعياً واحداً فقط، يُفترض أن تكون الخرائط والنقاشات المتعلقة به متطابقة ولذلك لم تُدرج هنا على مستوى القطاع.

9.1 توفر المياه

إن مختلف المؤشرات المستخدمة في إطار كل عنصر لهذا القطاع وترجيحاتها معروضة في سلسلة الأثر (الشكل 108).

الشكل 108: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة لتوفر المياه



9.1.1 الفترة المرجعية

9.1.1.1 الأثر المحتمل

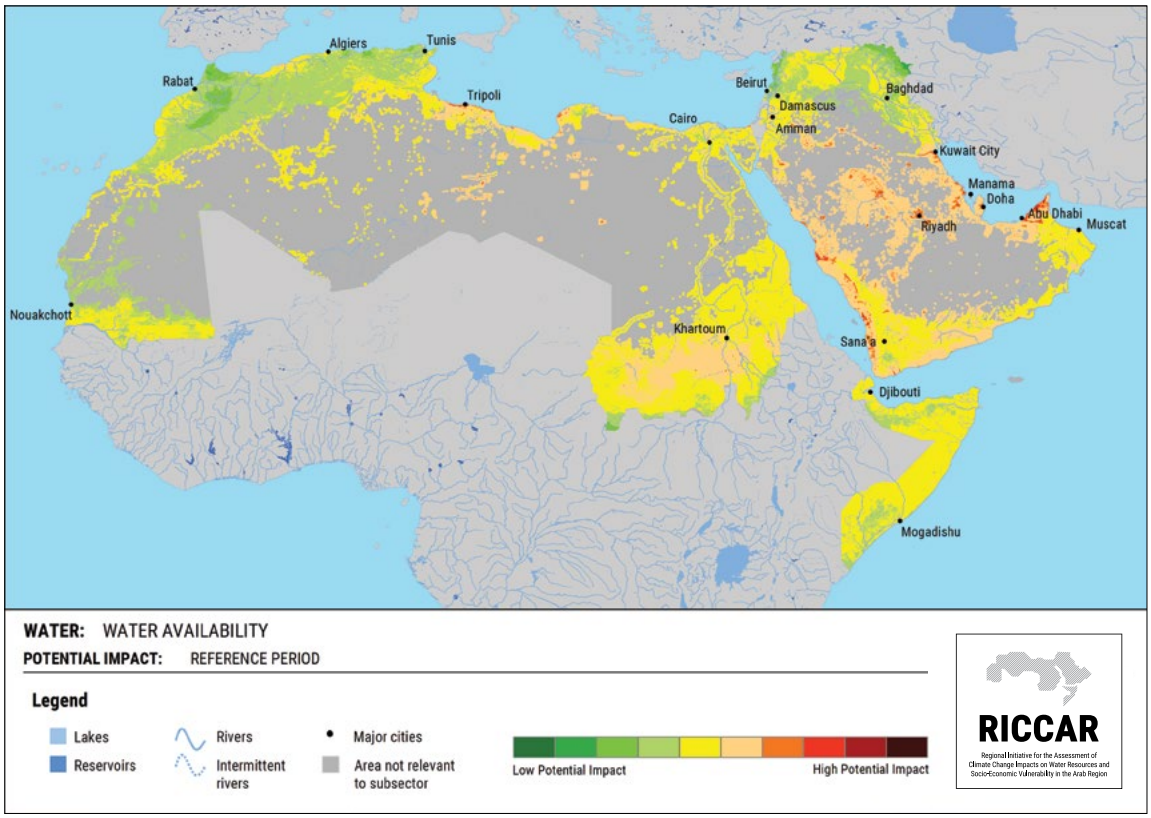
إن الأثر المحتمل هي النتيجة التي تجمع التعرض والحساسية كليهما. وتركز مؤشرات التعرض المختارة على البارامترات المتعلقة بالهيدرولوجيا وفترات المطر والجفاف، والتي يمكن أن تؤثر كلها وبشدة في مدى توفر المياه. ولأن معظم المنطقة العربية تعتبر شحيحة المياه، فإن التعرض المتوقع للفترة المرجعية مرتفع في الجزء الأعظم من المنطقة المشمولة بالدراسة (74 في المائة). ويُعتبر أن نحو ربع هذه المنطقة (24 في المائة) معتدلة التعرض والمناطق المتبقية منخفضة التعرض. والمناطق المنخفضة التعرض تقع في جبال الأطلس والمناطق الساحلية المجاورة، وساحل بلاد المشرق، وجبال زاغروس، وجبال عسير، وجنوبي شرقي منطقة الساحل. وهذه المناطق المنخفضة التعرض تتحول إلى مناطق معتدلة التعرض، وفي النهاية إلى مناطق مرتفعة التعرض.

ومن المتوقع أن تلبي المياه المتاحة احتياجات مختلف مستخدمي المياه المتنافسين عليها. وقطاع الزراعة يحتاج إلى أكبر كمية منها، إذ إنه يستهلك ما متوسطه 73 في المائة من إجمالي المياه المتوفرة في المنطقة العربية وغالباً ما يتجاوز نسبة 90 في المائة[3].

والمياه ضرورية أيضاً للاستخدام في قطاع الصناعة والبلديات والأغراض المنزلية . وتعكس مؤشرات الحساسية المختارة مختلف مستخدمي المياه. وتشير المنطقة المشمولة بالدراسة إلى أنها مقسومة بطريقة تكاد تكون متساوية إلى مناطق منخفضة الحساسية (48 في المائة) ومناطق معتدلة الحساسية (51 في المائة)، مع وجود مناطق معزولة عالية الحساسية. تشمل المناطق المعتدلة إلى العالية الحساسية هي منطقة تل الأطلس وحوض سهل الجفارة والجبال الخضراء في شمال أفريقيا وجبال عسير ووسط الصحراء العربية. وتميل الحساسية إلى بلوغ أقصاها في المناطق التي تكون فيها كمية الموارد المائية المتجددة المتاحة للفرد على أدنى مستوياتها وفي المراكز السكانية.

وأظهرت المنطقة بأكملها تقريباً (96 في المائة) آثاراً محتملة معتدلة. ويرتبط الأثر المحتمل بمجمل الموارد المائية المتجددة المتوفرة. والمناطق ذات الأثر المحتمل المعتدلة إلى المرتفعة تشمل وسط الصحراء العربية وجبال عسير، في حين تشمل المناطق ذات الأثر المحتمل المنخفضة جبال الأطلس وساحل المشرق والجزء الأعظم من حوض دجلة والفرات (الشكل 109).

الشكل 109: توفر المياه - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل

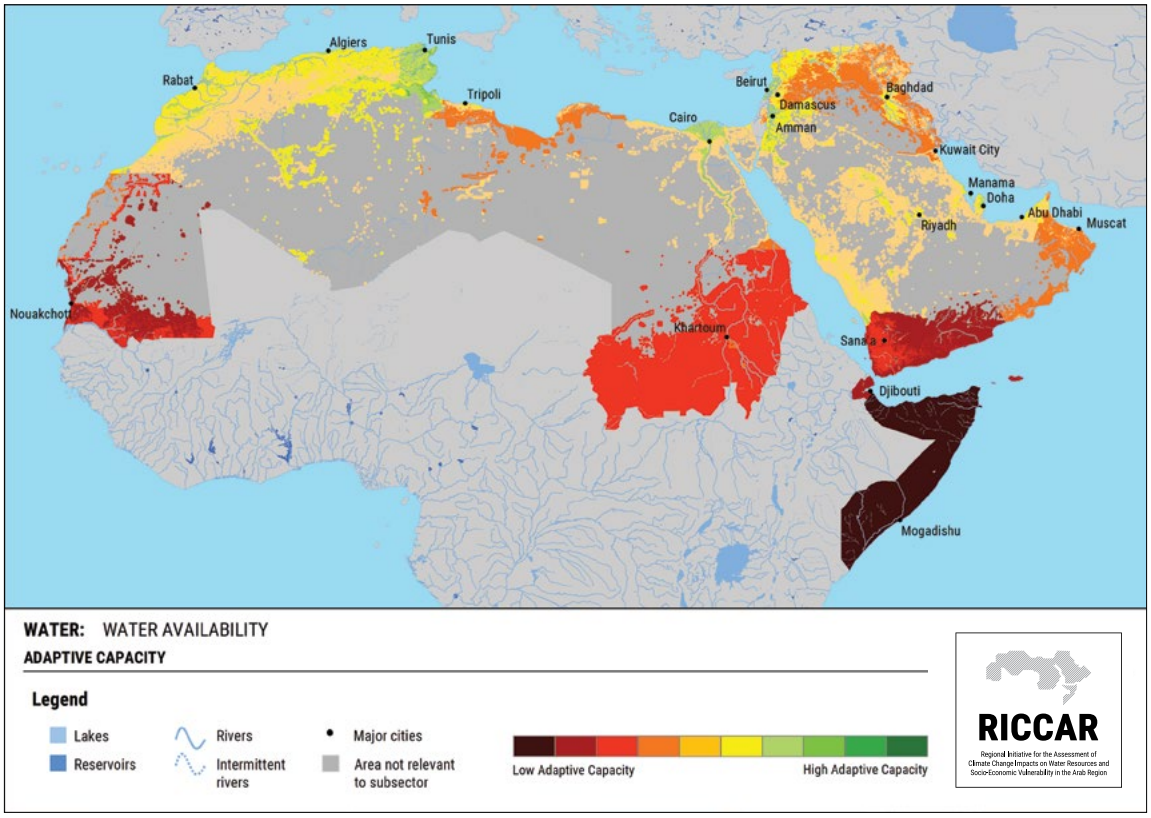


9.1.1.2 القدرة على التكيف

تعتمد القدرة على التكيف على العديد من المتغيرات المترابطة. على سبيل المثال، العوامل الجيوسياسية المتصلة بالأحواض المائية المشتركة، التي يمكن أن تؤثر سلباً في الاستقرار الإقليمي والتنمية الاقتصادية والاجتماعية وحماية البيئة والأمن في مناطق المصّب. وترتبط البنية التحتية والإدارة باستخدام المياه وكفاءة استخدامها. وتؤدي الجوانب المتعلقة بالجنسين دوراً مهماً لأنها يتعين على النساء في بعض المناطق تخصيص وقت يومياً لجلب المياه، مع ما ينطوي عليه ذلك احتمالات تعرض سلامتهن وصحتهن للخطر.

وأظهرت نسبة النصف تقريباً (43 في المائة) من المنطقة المشمولة بالدراسة قدرة منخفضة على التكيف وهي منطقة القرن الأفريقي وجنوبي حوض تندوف وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية بسبب ضعف البنية التحتية ومتغيّرات أخرى. وعلى العكس، فإن المناطق المرتفعة القدرة على التكيف تمثل نسبة 4 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة وهي الجزء الأسفل من وادي النيل وساحل المشرق وشرقي جبال الأطلس. وتُظهر المناطق المتبقية قدرة معتدلة على التكيف (الشكل 110).

الشكل 110: توفر المياه - القدرة على التكيف

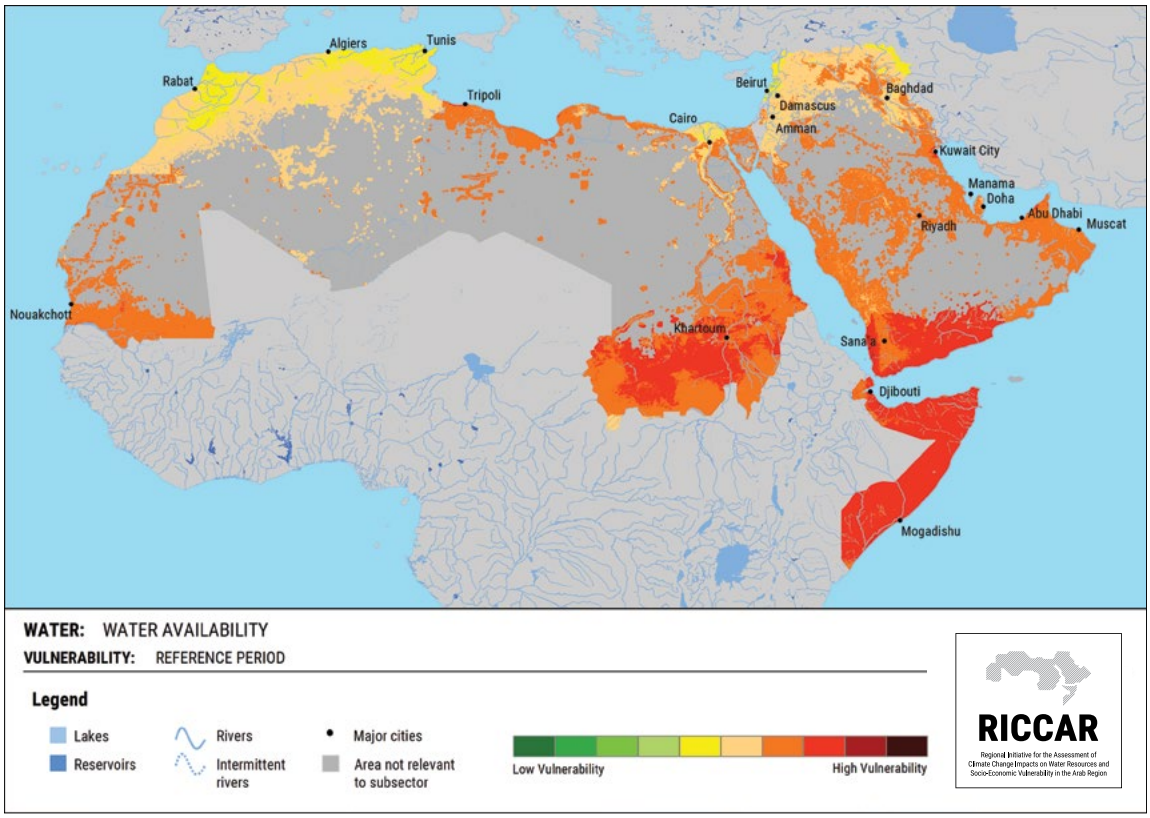


9.1.1.3 قابلية التأثر

بالنسبة للفترة المرجعية، تشير غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (70 في المائة) إلى وجود درجة مرتفعة من قابلية التأثر من حيث توفر المياه، وما تبقى منها يُظهر درجة معتدلة من قابلية التأثر (الشكل 111). والمناطق الأعلى نسبة قابلية للتأثر كائنة في محيط جبل مرة في السودان والجزء الأعلى من وادي النيل ووادي حضرموت في جنوبي شبه الجزيرة العربية والقرن الأفريقي. وتُظهر جبال الأطلس والمناطق الساحلية المجاورة وساحل المشرق والمناطق العليا من بلاد ما بين النهرين أدنى درجة من قابلية التأثر مقارنة مع بقية المنطقة العربية. والمناطق التي لديها أقل كمية من الموارد المائية المتجددة ليست بالضرورة الأكثر قابلة للتأثر بسبب القدرة على التكيف. وتشمل هذه المناطق بلدان مجلس التعاون الخليجي الثرية اقتصادياً القادرة على بناء منشآت مائية مثل معامل تحلية المياه.

وتُظهر المقارنة بين مختلف القطاعات أن المواشي هي الأكثر قابلية للتأثر من حيث توفر المياه. وثمة عوامل مساهمة في هذا الأمر وهي تهميش الرعاة وتدهور مناطق الرعي. وعلى العكس، فإن الأراضي الزراعية هي الأقل قابلية للتأثر من حيث استخدام المياه. ومع ذلك، تُظهر الأراضي الزراعية قابلية للتأثر معتدلة بشكل عام ولا ينبغي إهمال هذا الأمر.

الشكل 111: توفر المياه - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



9.1.2 الفترات المستقبلية

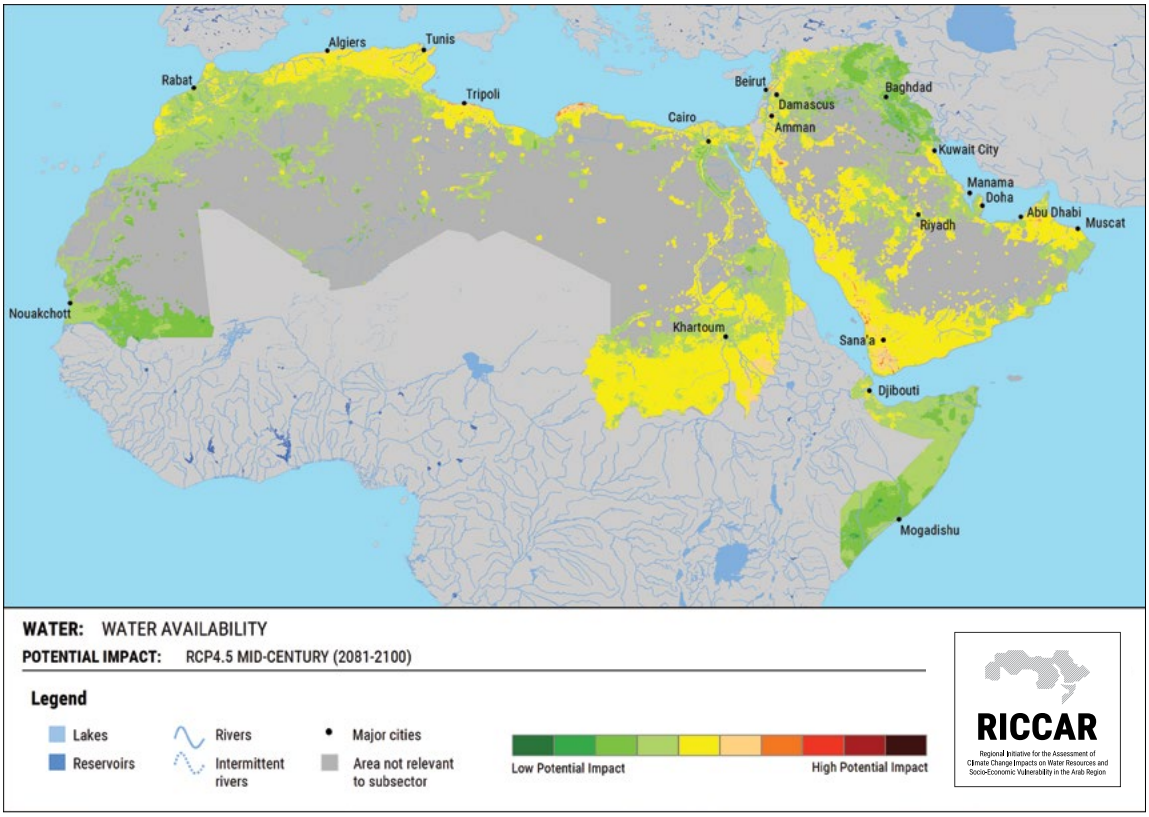
9.1.2.1 الأثر المحتمل

يخضع مستوى الأثر المحتمل المستقبلي لعامل التعرض المتحرك وعامل الحساسية الثابت. والتعرض معتدلاً في منتصف القرن، فيمثل 64 في المائة (RCP 8.5) إلى 88 في المائة (RCP 4.5) في المنطقة المشمولة بالدراسة؛ والمناطق المرتفعة التعرض تشمل نسبة 7 في المائة (RCP 4.5) إلى 33 في المائة (RCP 8.5) من منطقة موضوع الدراسة. وتشمل هذه المناطق محمية الدندر في السودان وسهول ذمار. ومع نهاية القرن، يشمل التعرض المعتدل نسبة 39 في المائة (RCP 8.5) إلى 68 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة، في حين أن التعرض المرتفع يشمل نسبة 27 في المائة منها (RCP 4.5) لتصل إلى 58 في المائة (RCP 8.5).

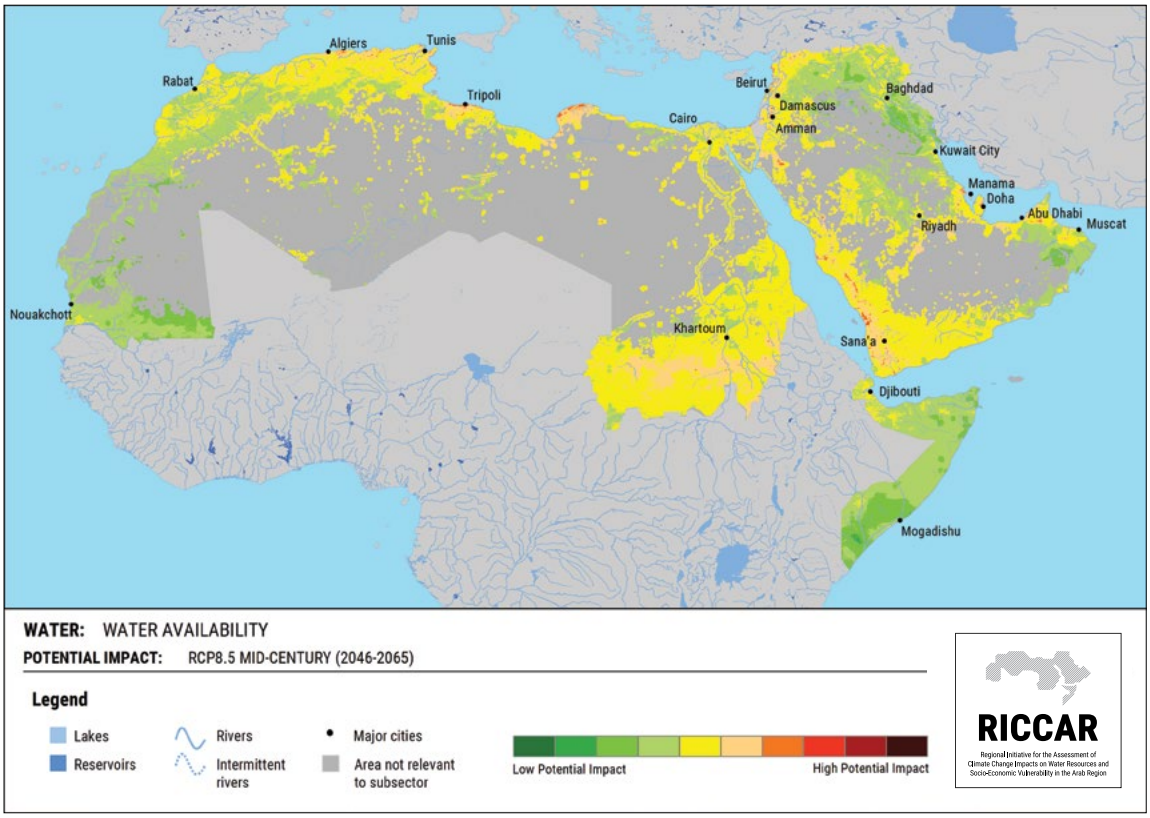
وتشمل المناطق المتضررة تلك المدرجة في فترة منتصف القرن، إلى جانب ساحلٍ المشرق وشرقي جبل المره. وفيما يتعلق بالاتجاهات اعتباراً من منتصف إلى نهاية القرن، تشمل المناطق التي تشهد أعلى زيادة في التعرض الجزء الأدنى من وادي النيل وجبل مرّة ووسط وادي نهر السنغال في إطار السيناريو RCP 4.5 وشرقي حوض مرزق وشرقي حوض الحمادة الحمراء في إطار السيناريو RCP 8.5.

وإذا تم الانطلاق من فرضية الحساسية الثابتة، فإن الأثر المحتمل المتوقع سيكون معتدل إلى حد كبير في منتصف القرن ونهايته في إطار كلا السيناريوهين، فيشمل نسبة أكثر من 88 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة (الأشكال من 112 إلى 115). ونسبة المناطق ذات الأثر المحتمل العالي تصل إلى 2 في المائة مع نهاية القرن (RCP 8.5). والمناطق المتبقية تشير إلى آثار محتملة منخفضة. ونتيجة لذلك، فإن الوضع الحالي للبيئة الطبيعية والمادية يوازن آثار تغيّر المناخ. لكن إذا تغيرت بارامترات الحساسية هذه، يزداد الأثر المحتمل. والأثر المحتمل هو أعلاه بالقرب من جبال عسير والجبال الخضراء وشرقي سهل الجفارة. غير أنه يتوقع أن تحذو اتجاهات الأثر المحتمل حذو اتجاهات التعرض فتتزايد في المناطق الآنفة الذكر. والمناطق ذات الأثر المحتمل المنخفض هي جنوبي القرن الإفريقي ووسط حوض نهري دجلة والفرات في إطار كلا السيناريوهين.

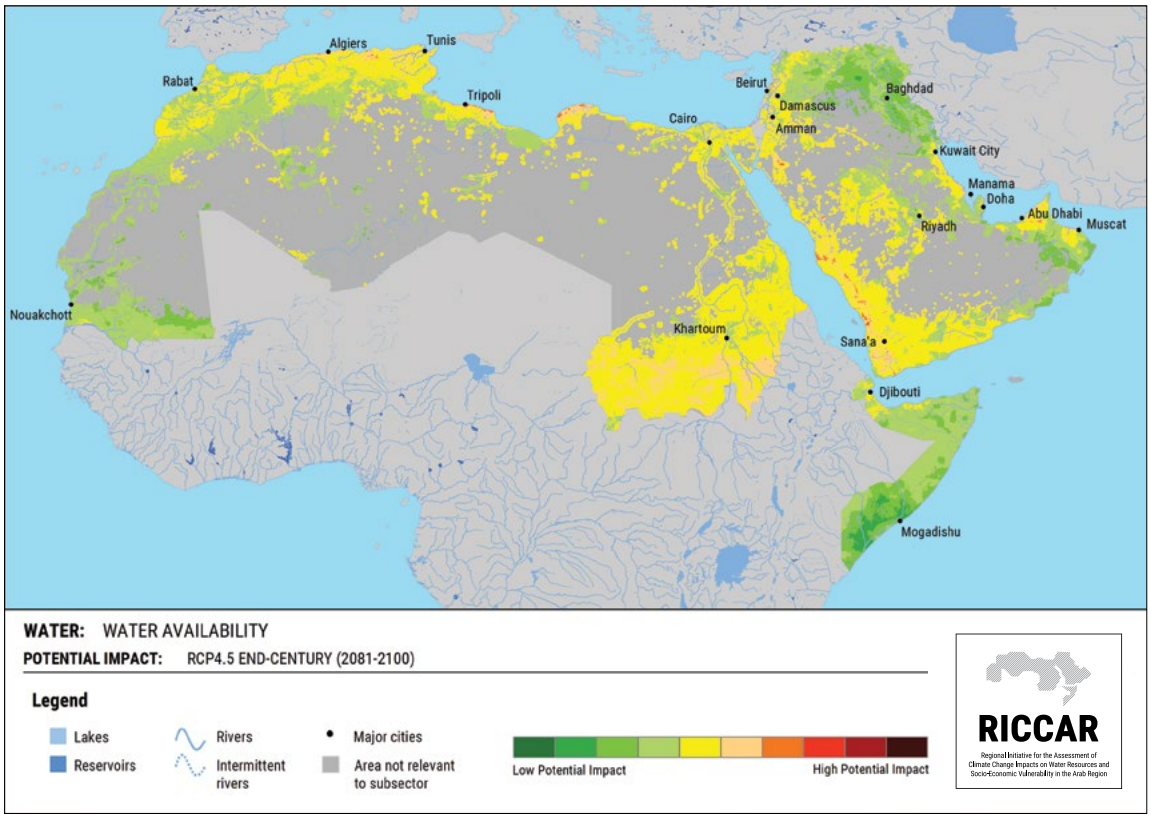
الشكل 112: توفر المياه - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



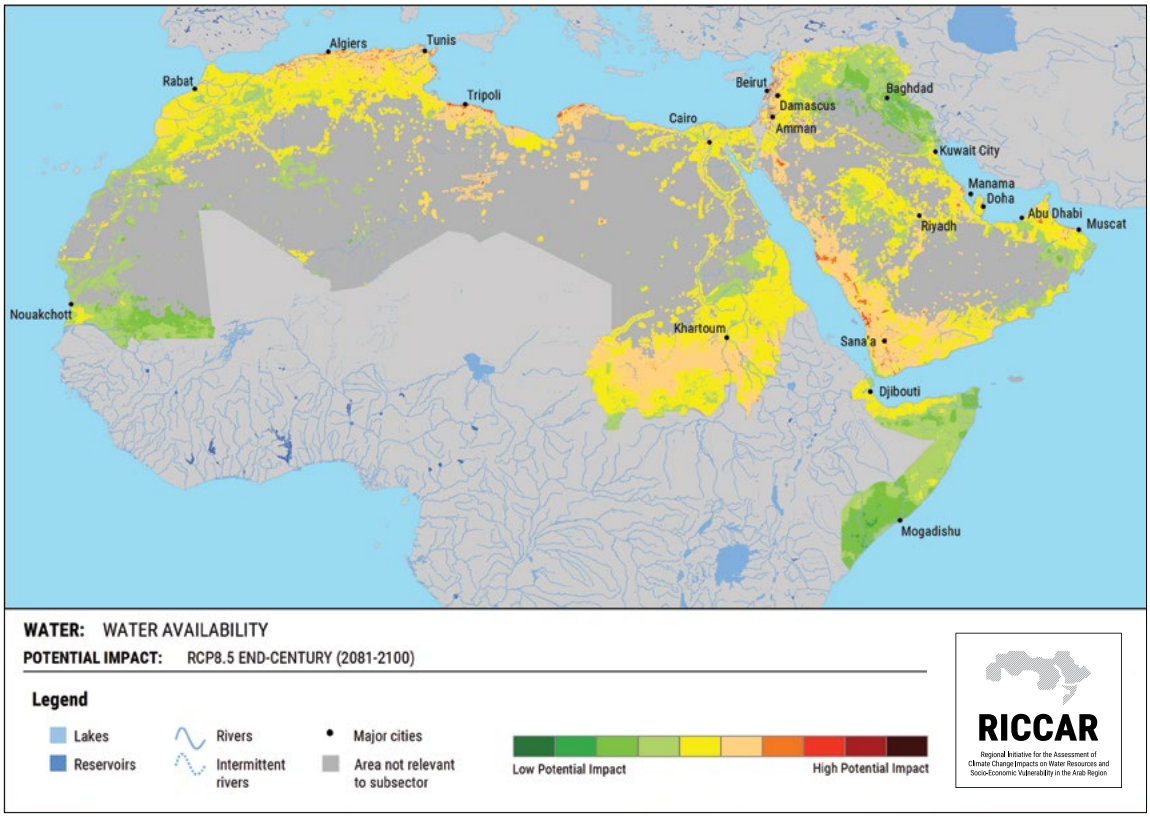
الشكل 113: توفر المياه - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 114: توفر المياه - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 115: توفر المياه - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



9.1.2.2 قابلية التأثر

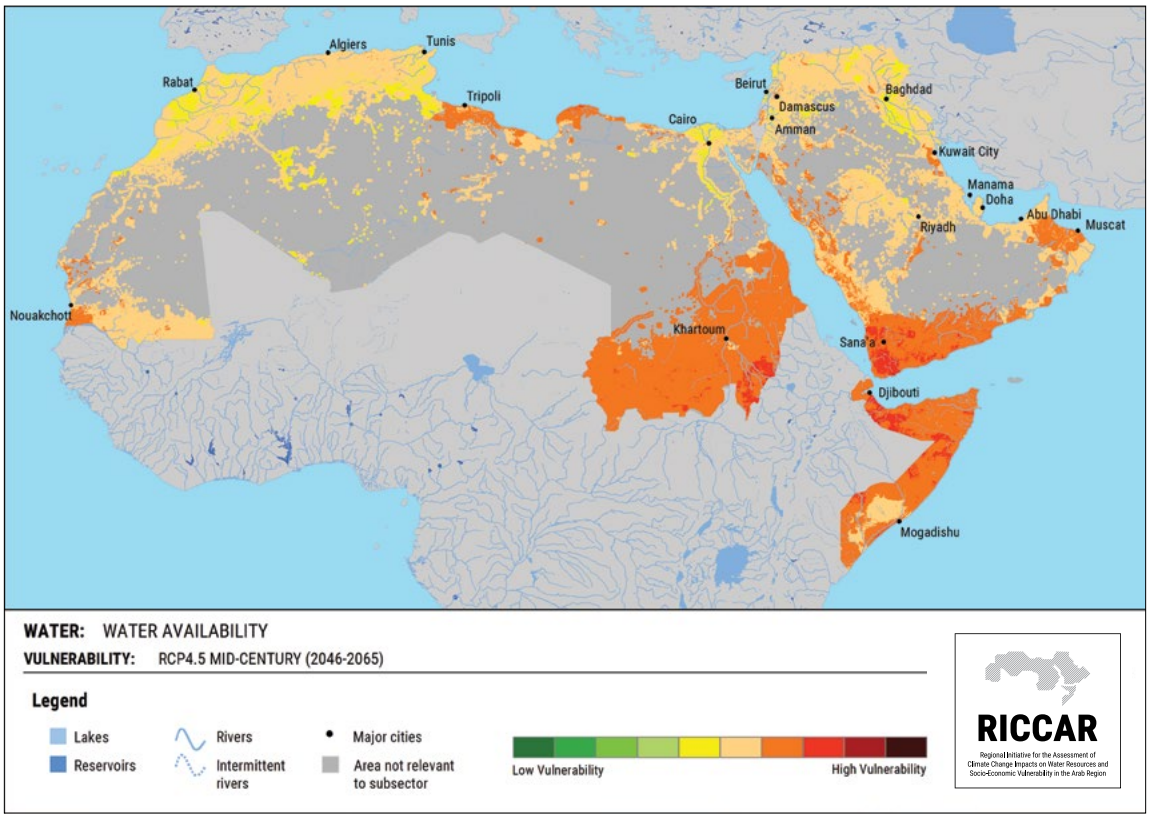
تكون قابلية التأثر في فترتي منتصف القرن ونهايته متساوية تقريباً بين المناطق ذات قابلية التأثر المعتدلة والمرتفعة. ويُتوقع أن تكون نسبة 43 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة مرتفعة قابلية التأثر (RCP 4.5) لتصل إلى 52 في المائة (RCP 8.5) في منتصف القرن. إن المناطق التي تتسم بدرجة عالية من قابلية التأثر تزداد بشكل طفيف مع نهاية القرن، حيث تمثل 48 في المائة (RCP 4.5) لتصل إلى 57 في المائة (RCP 8.5) في المنطقة المشمولة بالدراسة (الجدول 21). وتشمل هذه المناطق المنطقة العلوية لوادي نهر النيل والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية وشمالي القرن الأفريقي، ويعود ذلك إلى خفض قدرتها على التكيف. تظهر المناطق المتبقية قابلية تأثر متوسطة. أمّا المناطق ذات قابلية التأثر الضعيفة نسبيّاً، فتشمل حوض نهري دجلة والفرات والمنطقة السفلية لوادي النيل، بما فيها منطقة دلتا النيل (الأشكال من 116 إلى 119).

ويشير تحليل الاتجاهات إلى أن أكبر الزيادات في قابلية التأثّر ستظهر على طول الخط الساحلي في حوض الحمادة الحمراء وشرقي حوض مرزق، في الفترة من منتصف القرن إلى نهايته، ويعود ذلك جزئياً إلى طفرة في الطول الأقصى لفترات الجفاف. وعلى عكس ذلك، تتركّز أكبر الانخفاضات في قابلية التأثّر في القرن الأفريقي، ويعزى ذلك جزئياً إلى ارتفاع معدل التساقطات والجريان السطحي. وعلى غرار الفترة المرجعية، من المسقط أن يكون الرعاة والماشية أكثر مستخدمي المياه قابليةً للتأثر. فرعاية المواشي تتطلب كميات كبيرة من المياه لإنتاج الأعلاف والرعي والاستخدام المباشر للمياه. والمناطق السكنية هي أقل قابلية للتأثر نسبياً. غير أن الجوانب التي لا تعتبر جزءاً من هذه الدراسة، بما يشمل النمو السكاني وتدهور البيئية المتوقع ونوعية المياه، تثير مخاوف بشأن توفر المياه.

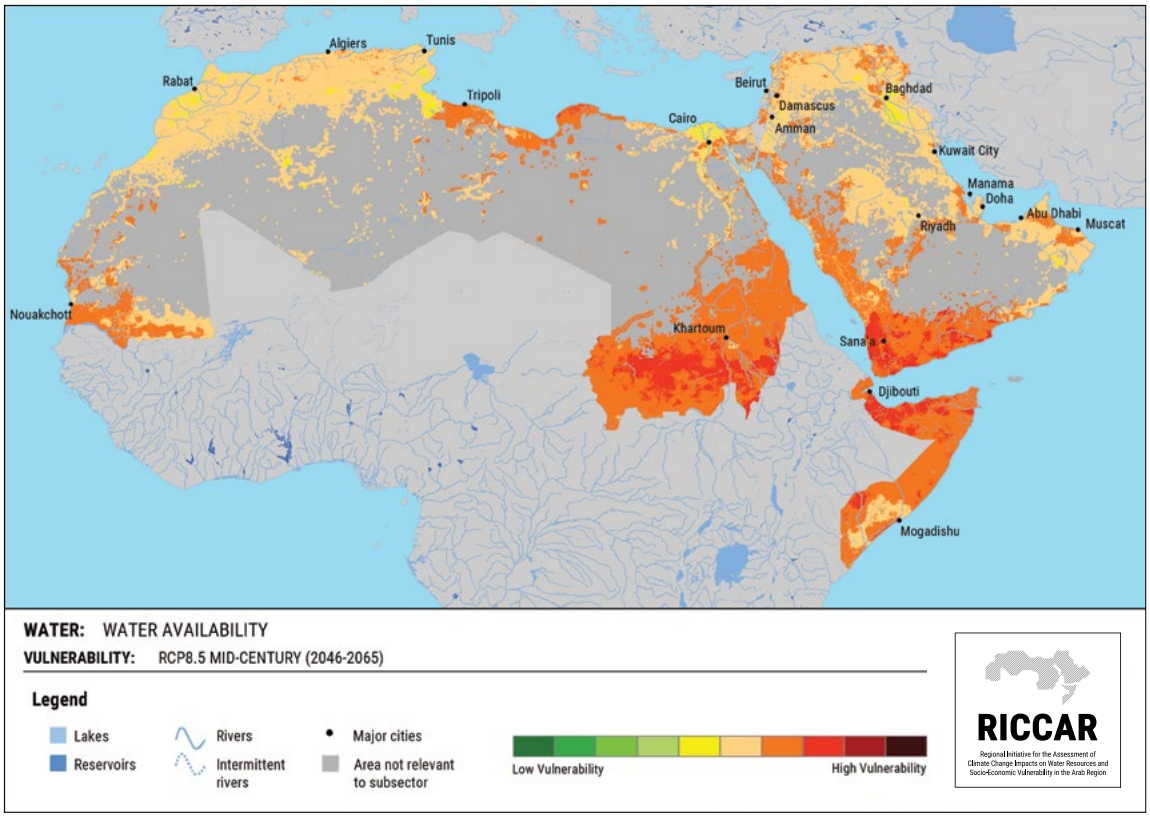
الجدول 21: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية التأثر إزاء توفر المياه

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	57%	43%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	48%	52%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	52%	48%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	43%	57%

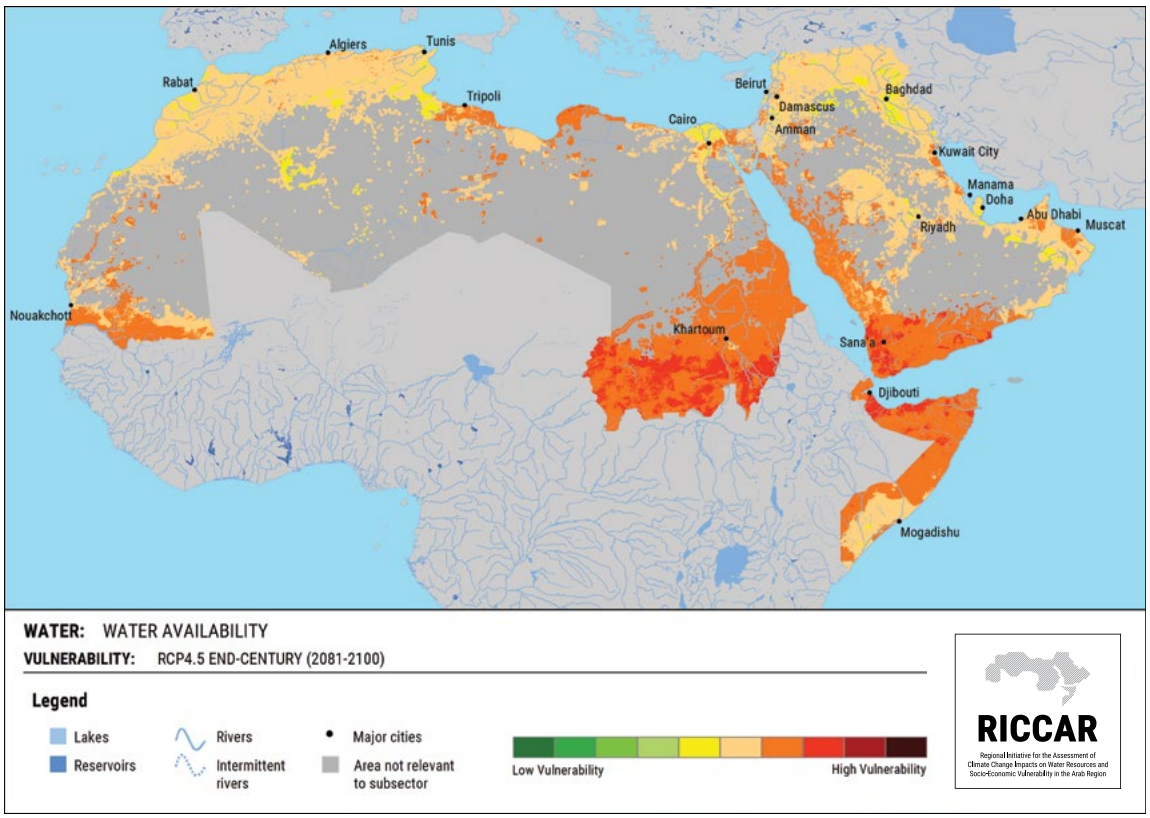
الشكل 116: توفر المياه - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



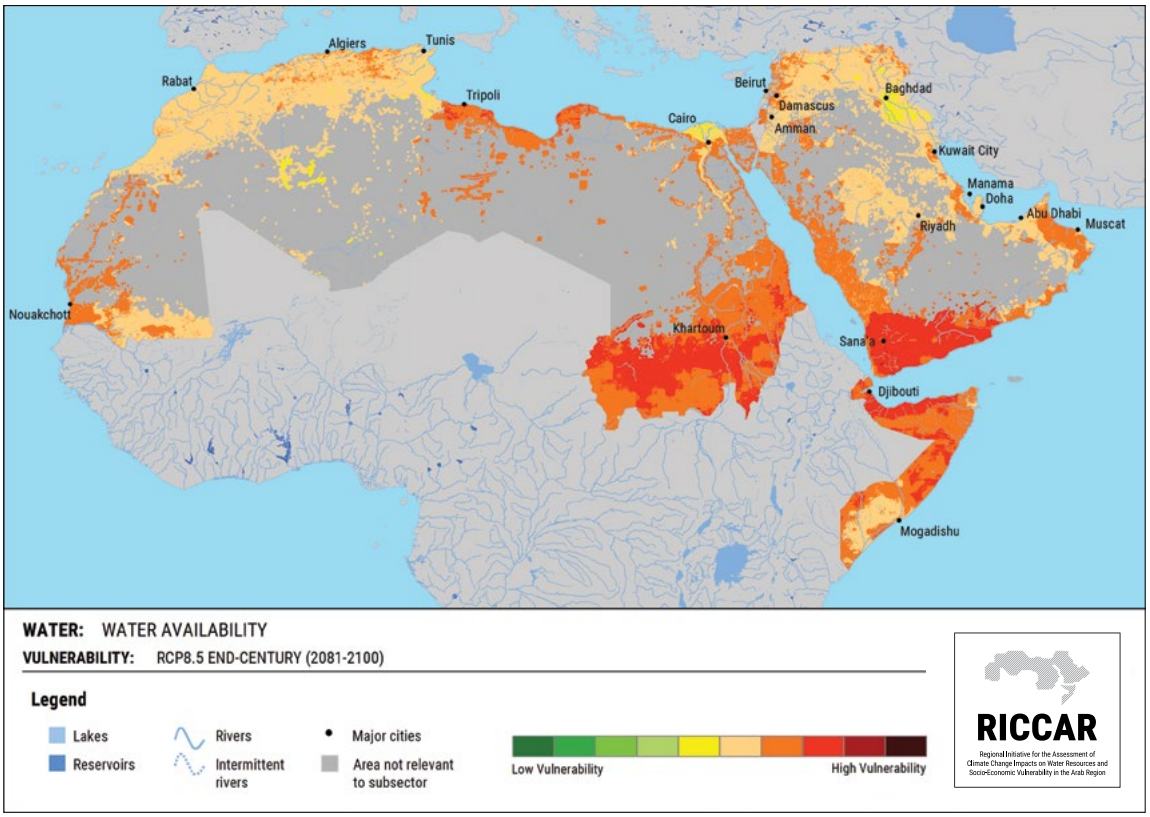
الشكل 117: توفر المياه - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 118: توفر المياه - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 119: توفر المياه - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



9.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

تمثل المناطق الشديدة التأثر المناطق التي تتسم بأعلى درجات قابلية التأثر المسقطة وما يصل إلى نسبة 14 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. ويلزم التحرك بشأنها حيث ينبغي أن تتركز الجهود عليها من جانب صناع القرار وهيئات الإعانة. وتشمل المناطق الشديدة التأثر مناطق مختارة بما فيها جنوبي هضبة جبل أبيض وصحراء النوبة، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، وشمالي القرن الأفريقي. وتتأثر هذه المناطق بشكل رئيسي بخفض القدرة على التكيف نظراً إلى أن الأثر المحتمل المسقط فيها يتراوح بين منخفض ومعتدل. ومن الاستثناءات على ذلك منطقة الهضاب الجبلية في محافظة ذمار الواقعة في المنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، والتي تظهر أثراً محتملاً مرتفعاً نسبياً، وذلك جزئياً من جراء ارتفاع الكثافة السكانية فيها وانخفاض إجمالي موارد المياه المتجددة المتاحة فيها. وتقع جميع المناطق الشديدة التأثر في أمكنة تعيش فيها مجتمعات ترتبط سبل عيشها بتربية الماشية. ومن الأمكنة التي تتواجد فيها أعداد كبيرة بشكل معتدل من قطعان المواشي، المناطق المتاخمة لنهري النيل الأبيض والنيل الأزرق جنوبي مدينة الخرطوم. كذلك تتواجد أعداد كبيرة من قطعان الماعز جنوبي مدينة الخرطوم وفي بعض المناطق ضمن منطقة الهضاب الجبلية لمحافظة ذمار. وأخيراً، يعيش عدد كبير نسبياً من الإبل في القرن الأفريقي. وتتواجد أعداد قليلة نوعاً ما من الأغنام في جميع المناطق الشديدة التأثر.

وتشتمل معظم المناطق الشديدة التأثر الواقعة في مناطق جنوبي هضبة جبل أبيض وصحراء النوبة ومنطقة السهول المحيطة بهضاب محافظة ذمار، على أراضٍ زراعية. وتشتهر معظم هذه المناطق بالزراعات البعلية، إذ تُزرَع فيها الذرة الرفيعة (السرغم)، والحبوب، وغيرها من المحاصيل. كما تشتمل المناطق الشديدة التأثر على مناطق مروية ولكن بدرجة محدودة. وسيؤدي كل من الجفاف وتقلبات هطول الأمطار إلى تقليص المحاصيل الزراعية، ما سيؤثر على الأمن الغذائي الذي يمثّل مشكلة تعاني منها هذه المناطق أصلاً.



منطقة نيالا، السودان، 2006. المصدر UN Photo/Fred Noy.

الحواشي

1. Falkenmark, 1989.
2. FAO, 2017.
3. المرجع نفسه.

المراجع

Falkenmark, M. 1989. The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa: Why Isn't It Being Addressed? *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 18(2): p. 112-118.

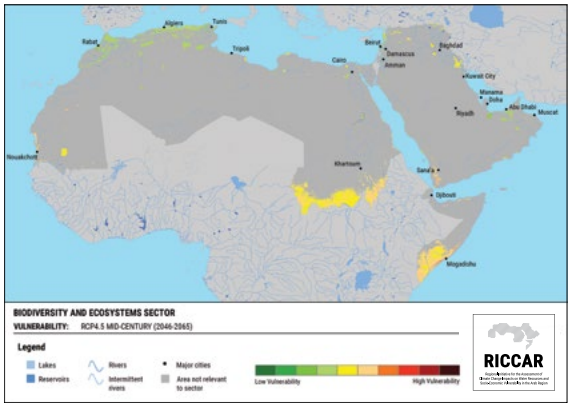
FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. AQUASTAT Main Database 2017. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية

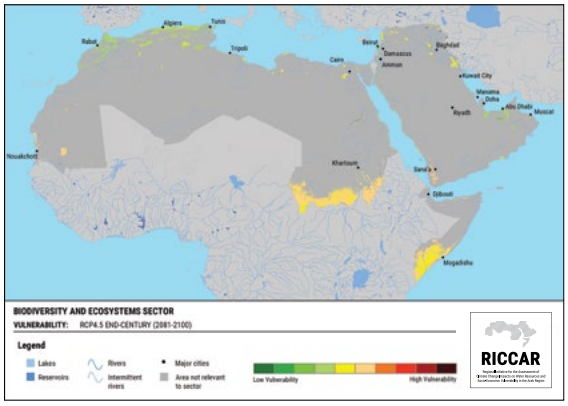
قابلية التأثر الإجمالية

RCP 4.5

2046-2065

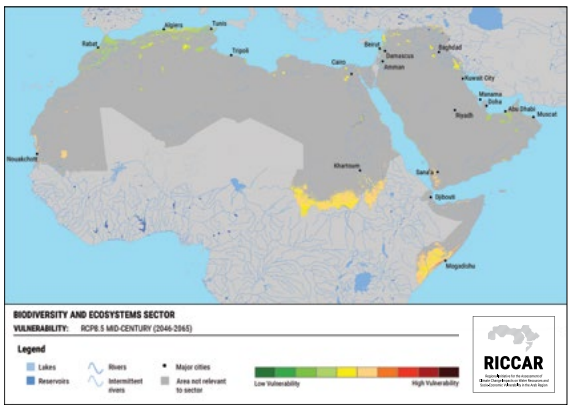


2081-2100

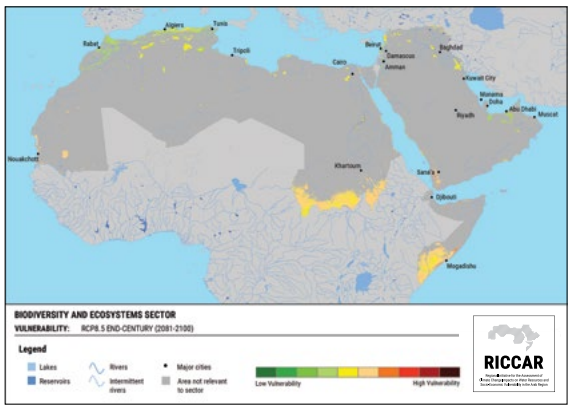


RCP 8.5

2046-2065



2081-2100



الفصل العاشر

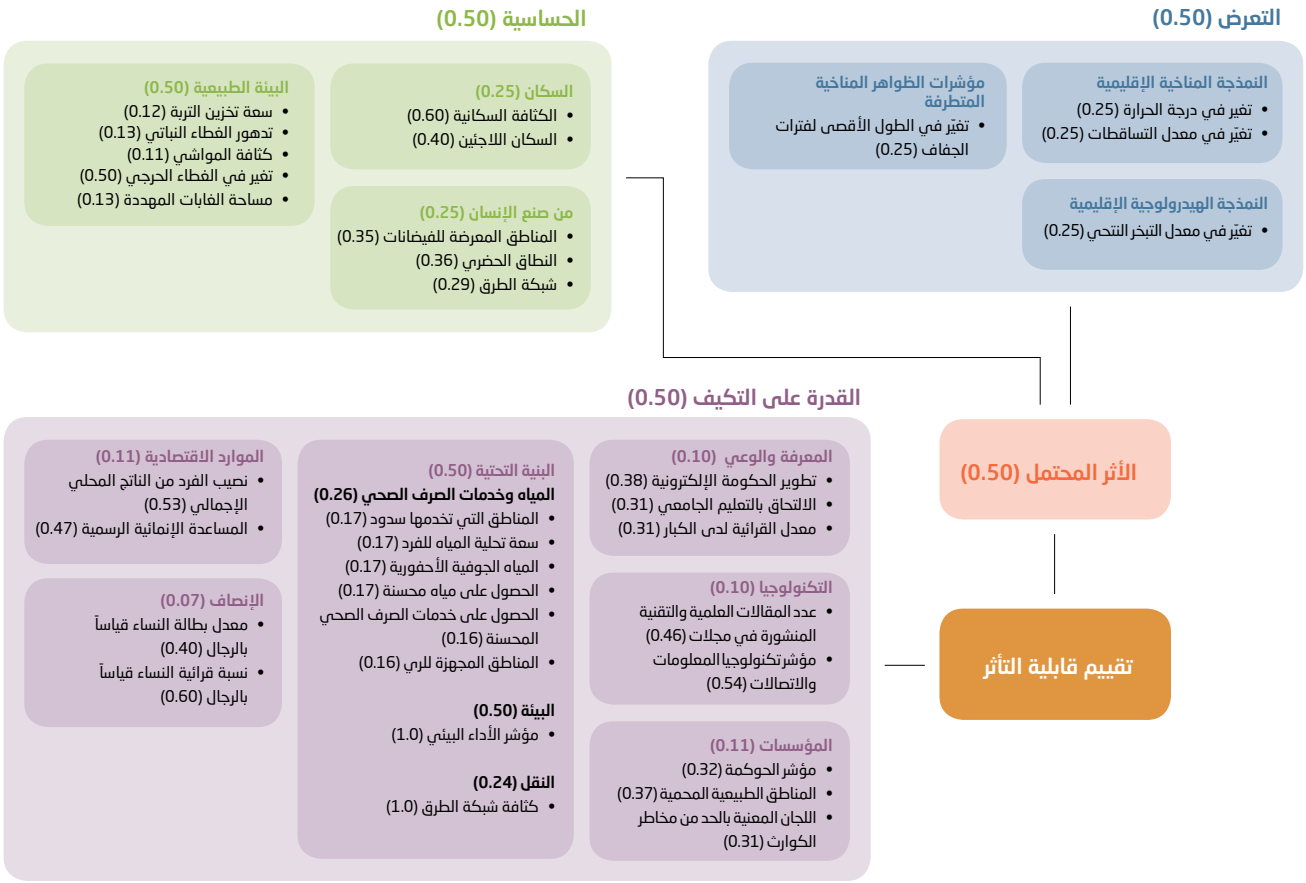
قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر

توفر النظم الإيكولوجية خدمات قيّمة، وتنظم التفاعلات الكيميائية والفيزيائية وتوفر الغذاء والماء. والتنوع البيولوجي أمر حيوي لصحة النظام البيئي، ولكنه يشكل أيضاً قاعدة للنشاط الاقتصادي وصحة الإنسان وترفيهه. غير أن ارتفاع معدل النمو السكاني والتوسع الحضري والتصنيع، تضاف إليها الإدارة غير المستدامة لموارد الأراضي والمياه، إلى انخفاض التنوع البيولوجي وتدمير الموائل والنظم الإيكولوجية الهامة في المنطقة العربية كلها[1]. وفي هذا السياق، تُعتبر الغابات والأراضي الرطبة من بين النظم الإيكولوجية الشديدة القابلية للتأثر من حيث تغير درجات الحرارة وانخفاض توفر المياه بسبب تغيّر المناخ. ولذلك، اختار الفريق العامل المعني بتقييم قابلية التأثر قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية لإدراجه في تقييم مستوى قابلية التأثر، مركزاً بوجه خاص على آثار تغيّر المناخ على التغير في المناطق المكسوة بالغابات والتغير في المناطق التي تغطيها الأراضي الرطبة. وتُعرض نتائج تقييم قابلية التأثر لهذا القطاع والقطاعات الفرعية المرتبطة به في هذا الفصل. وتمثل مناطق الغابات ومناطق الأراضي الرطبة جزءاً صغيراً من المنطقة العربية (5 في المائة و 2 في المائة على التوالي). وهذه المناطق المشمولة بالدراسة تحددها مؤشرات وتشمل مناطق الغابات من عام 2000 إلى عام 2014 للمنطقة التي يغطيها القطاع الفرعي "المناطق المكسوة بالغابات". والمنطقة التي تشمل القطاع الفرعي "مناطق تغطيها الأراضي الرطبة" تضم المواقع والمناطق التي تحميها اتفاقية رامسار، والأراضي الرطبة الساحلية، والأراضي الرطبة الواقعة على ضفاف الأنهار، والسبخات، ومسطحات الملح. وبالنسبة لهذا القطاع، تمثل المنطقة المشتركة التي تم تقييمها 7 في المائة من المنطقة العربية.

10.1 مناطق مكسوة بالغابات

إن سلسلة الأثر الذي يبين مختلف المؤشرات والترجيحات لهذا القطاع الفرعي تُعرض في الشكل 120.

الشكل 120: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمناطق المكسوة بالغابات



10.1.1 الفترة المرجعية

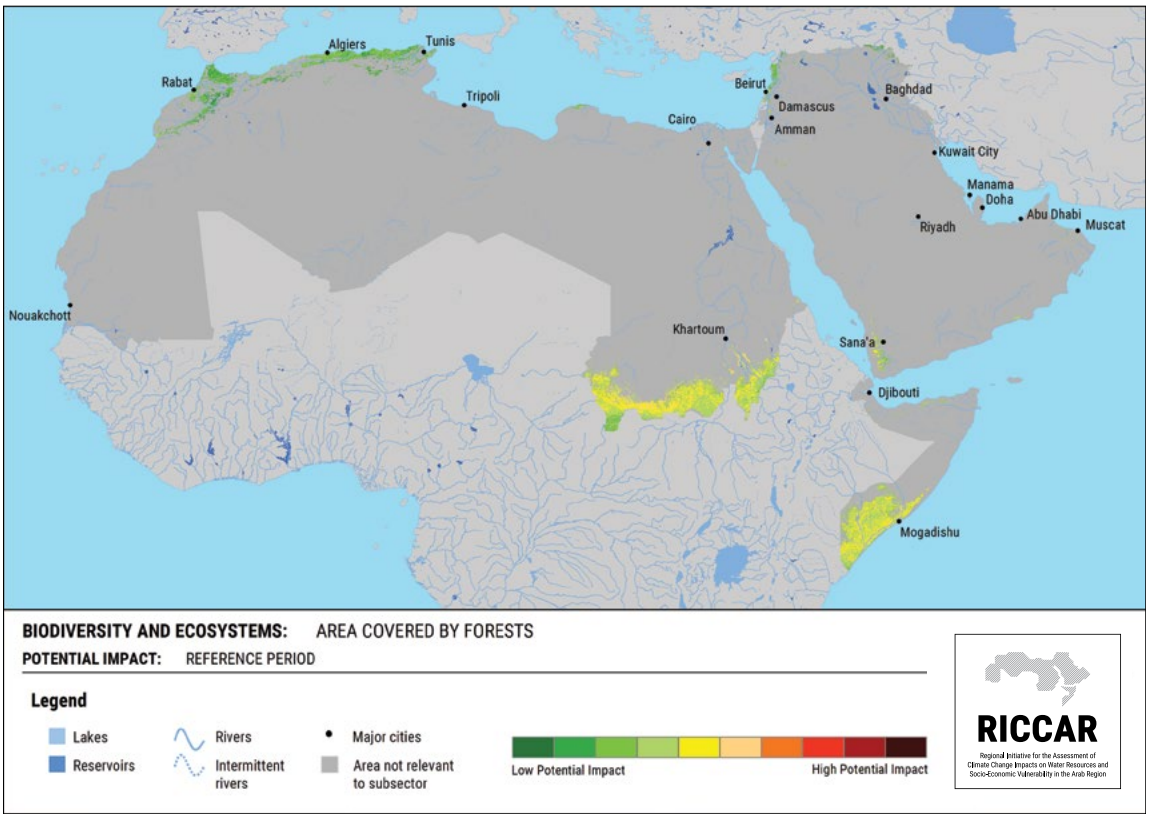
10.1.1.1 الأثر المحتمل

تمثل الغابات نسبة ضئيلة من المعالم الطبيعية العربية ولكنها تؤدي دوراً هاماً في الحفاظ على الموارد الطبيعية والبيئية مما يؤثر بدوره على التنمية الريفية. وتساهم الغابات في إدارة مستجمعات المياه من خلال الحفاظ على التربة، ومكافحة تآكل التربة والتخفيف من الفيضانات. وتفيد أيضاً سبل العيش في الأرياف لأنها مصدر للحطب والفحم وسلع أخرى.

والأثر المحتمل يعكس التعرض والحساسية على حد سواء. واختيرت أربعة مؤشرات للتعرض بغية تقييم المناطق الأكثر عرضة للجفاف: درجة الحرارة، والتساقطات، والتبخر النتحي، والطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) . ويمكن للجفاف أن يفتك بالأشجار وأن يتسبب بضغوط فيزيولوجية مثل تفشي الحشرات والحرائق. وبالنسبة للفترة المرجعية، تبين أن نسبة 21 في المائة من الغابات منخفضة التعرض ونسبة 72 في المائة معتدلة التعرض، ونسبة 6 في المائة مرتفعة التعرض. والمناطق المرتفعة التعرض هي مناطق الشجيرات الاستوائية الواقعة في حزام جنوبي الخرطوم. وغابات جبال الأطلس والمشرق هي الأقل تعرضاً في الفترة المرجعية. وواجهت الغابات في المنطقة تهديداتٌ أخرى: النمو السكاني والتوسع الحضري والتوسع الزراعي وزوال الغابات والأوضاع الاقتصادية والاجتماعية الغير الملائمة. وينعكس النمو السكاني والتوسع الحضري في أربعة مؤشرات حساسية مختارة: الكثافة السكانية واللاجئون والنطاق الحضري وشبكة الطرق. وتشكل الغابات المهددة وكثافة الماشية عاملين في إطار توسع الأراضي الزراعية. وأخيراً، يعتبر تدهور الغطاء النباتي وتغير الغطاء الحرجي والغابات المهددة والمناطق المعرضة للفيضانات جزءاً من زوال الغابات. وتشير غالبية غابات المنطقة (54 في المائة) إلى حساسية منخفضة، بينما تمثل المناطق المعتدلة الحساسية 46 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. وتتوزع المناطق المعتدلة إلى العالية الحساسية في جميع أنحاء المنطقة وليست محصورة في حدود معينة، مع أن الحساسية تميل إلى أن تكون أعلى في المناطق ذات الكثافة السكانية الأعلى.

والأثر المحتمل الناجم عن ذلك للفترة المرجعية (الشكل 121) معتدل، إذ يمثل الأثر المحتمل المعتدل 68 في المائة من غابات المنطقة. المنطقة المتبقية المشمولة بالدراسة تشير إلى آثار محتملة منخفضة. والمناطق التي ستتأثر بشكل معتدل هي السهوب العشبية الشجرية في شرقي منطقة الساحل ومحمية جبل بُرع في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية والغابات المحاذية لنهر جوبا في القرن الأفريقي.

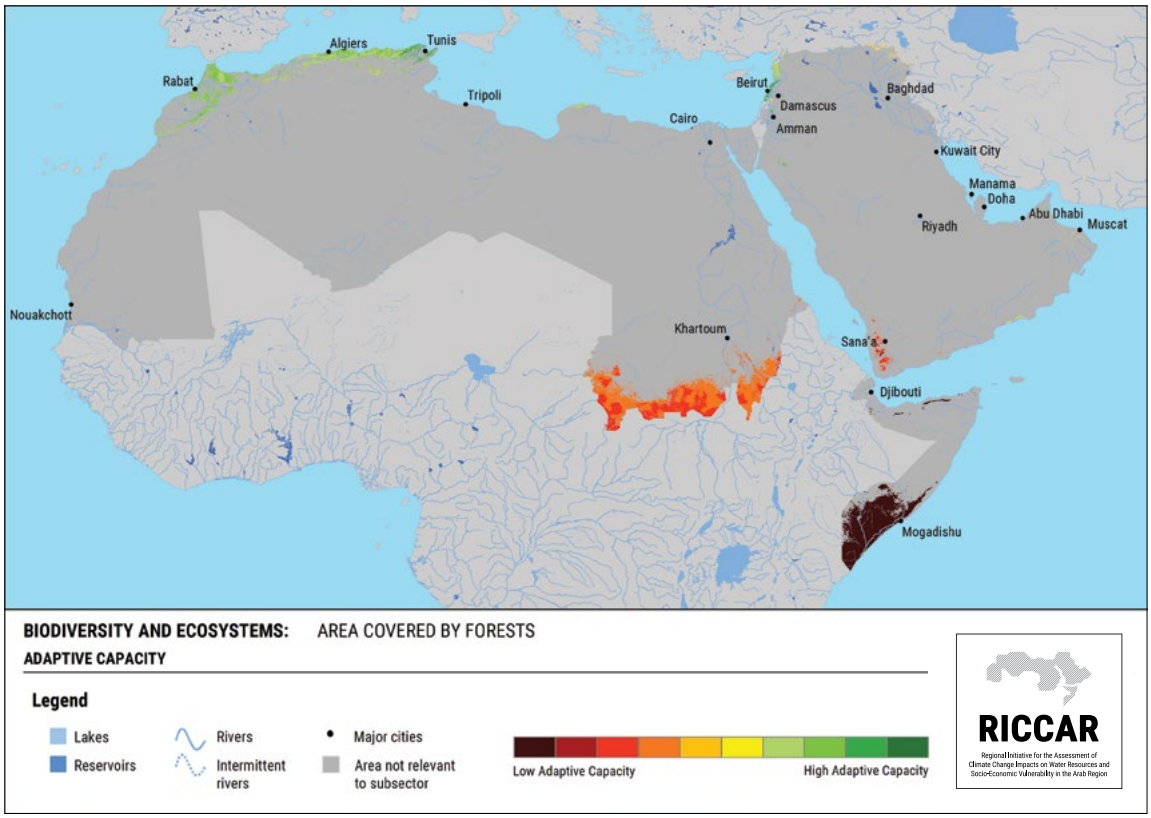
الشكل 121: مناطق مكسوة بالغابات - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



10.1.1.2 القدرة على التكيف

استندت القدرة على التكيف إلى 20 مؤشراً مختلفاً، مع التركيز على البنية التحتية البيئية. وتتضمن البنية التحتية البيئية النظم القانونية البيئية، وإنشاء شبكات وممرات مخصصة للمناطق المحمية تدار بفعالية، ومناطق/نظم إيكولوجية لديها إدارة قائمة على النظم البيئية (EBM)، والإدارة المستدامة للغابات، والأسواق التضامنية، وإصدار شهادات تصديق للمنتجات، وحيازة الأراضي. ويُظهر نصف غابات المنطقة تقريبا (46 في المائة) قدرة تكيف منخفضة. وهذه المناطق هي السهوب العشبية الشجرية المختارة في شرقي منطقة الساحل، ومحمية جبل بُرع والغابات المحاذية لنهر جوبا. وسائر السهوب العشبية الشجرية في شرقي منطقة الساحل تُظهر قدرة على التكيف معتدلة (الشكل 122). ونحو ربع المنطقة المشمولة بالدراسة (23 في المائة) يُظهر قدرة على التكيف عالية قياساً بالمنطقة وهو يشمل غابات جبال الأطلس والمشرق.

الشكل 122: مناطق مكسوة بالغابات - القدرة على التكيف



10.1.1.3 قابلية التأثر

يُظهر أكثر من نصف المنطقة المشمولة بالدراسة (55 في المائة) درجة عالية من قابلية التأثر للفترة المرجعية، ويرجع ذلك بمعظمه إلى قدرة على التكيف منخفضة، وهو يشمل شرقي منطقة الساحل ومحمية جبل بُرع والغابات المحاذية لنهر جوبا (الشكل 123). وهذه الغابات مهددة بالإفراط في الرعي والإفراط في الزراعة وإزالة الغابات. على سبيل المثال، في شرقي منطقة الساحل، أُتلفت غالبية أشجار الصمغ – التي تنتج محصولاً يدر أرباحاً مالية يُدعى الصمغ العربي – وبالتالي تضرر الاقتصاد. وأثر تدهور الغابات سلباً في أجناس الحيوانات البرية التي كانت كثيرة سابقاً، مثل المها العربية والغزال والنعام والماعز البري والأغنام البربرية. وما تبقى منها مهدد بالانقراض بسبب خسارة مواطنها الطبيعية وصيدها بدون أي ضوابط.

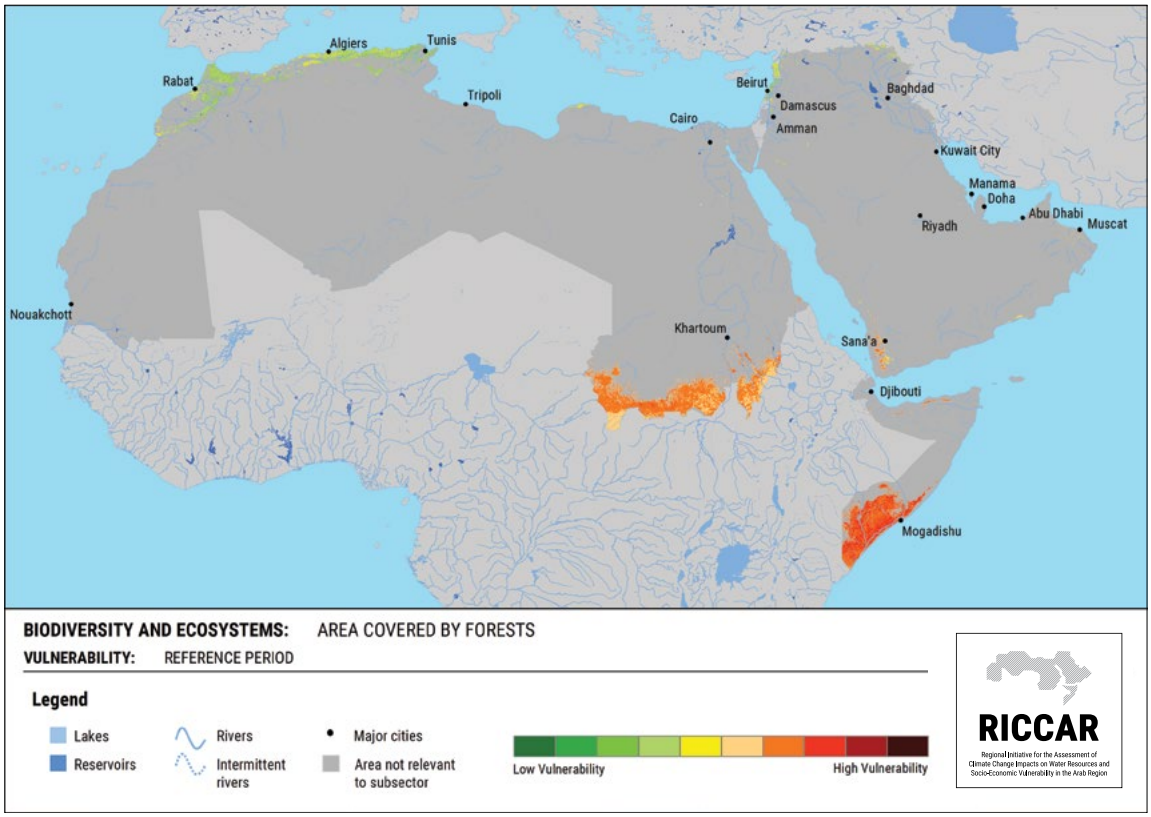
والغابات في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية هي كناية عن قطع صغيرة تحتضنها الوديان بالقرب من جبال ريمة وجبل ملحان وجبل بُرع، وهذه الأخيرة هي الأكبر. والموئل فريد من نوعه في شبه الجزيرة العربية وهو موطن لبعض أنواع النباتات والحيوانات المحلية. وأثمرت ممارسة الضغط عن إعلان جبل بُرع منطقة محمية. بالإضافة إلى ذلك وحتى وقت قريب، كانت المنطقة متخلفة اقتصادياً نسبياً مما أبقاها على طبيعتها. غير أن شق الطرقات مؤخراً عبر الغابة ساهم في زوال الغابات، وهذا تهديد من بين تهديدات أخرى. وثمة خطر في أن تقع الغابات في القرن الأفريقي، لا سيما في وادي نهر جوبا، ضحية الزوال وتوسع الزراعة وتآكل التربة بسبب الفيضانات. والغابة موطن لطيور وحيوانات معينة مثل اللقالق والبجع والسناجب

وغزلان الدِقدِق. وهذه الطيور والحيوانات علاوة على خسارتها موطنها الطبيعي، مهددة بالصيد مع أنه غير قانوني. وتعتمد سبل الرزق المحلية على الغابات لتأمين سلع مثل الخشب والعصي الخشبية والفحم والفاكهة والصِبغات. وتربية النحل مربحة ولكنها تحتاج إلى نظام إيكولوجي مستدام. وتُظهر معظم المناطق الأخرى درجة معتدلة من قابلية التأثر للفترة المرجعية (41 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة) وتشمل الغابة الجافة شبه الاستوائية الموجودة في جبال أطلس التل التي زال نحو 30 في المائة منها في الفترة من عام 2000 إلى عام 2014[2]. وثمة منطقة أخرى تُظهر قابلية تأثر معتدلة هي الغابات في المشرق التي اتسعت في الواقع[3] مما قد يقلص من قابليتها للتأثر.



غابة في جبال عسير، المملكة العربية السعودية، 2010. المصدر: إيهاب جناد.

الشكل 123: مناطق مكسوة بالغابات - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



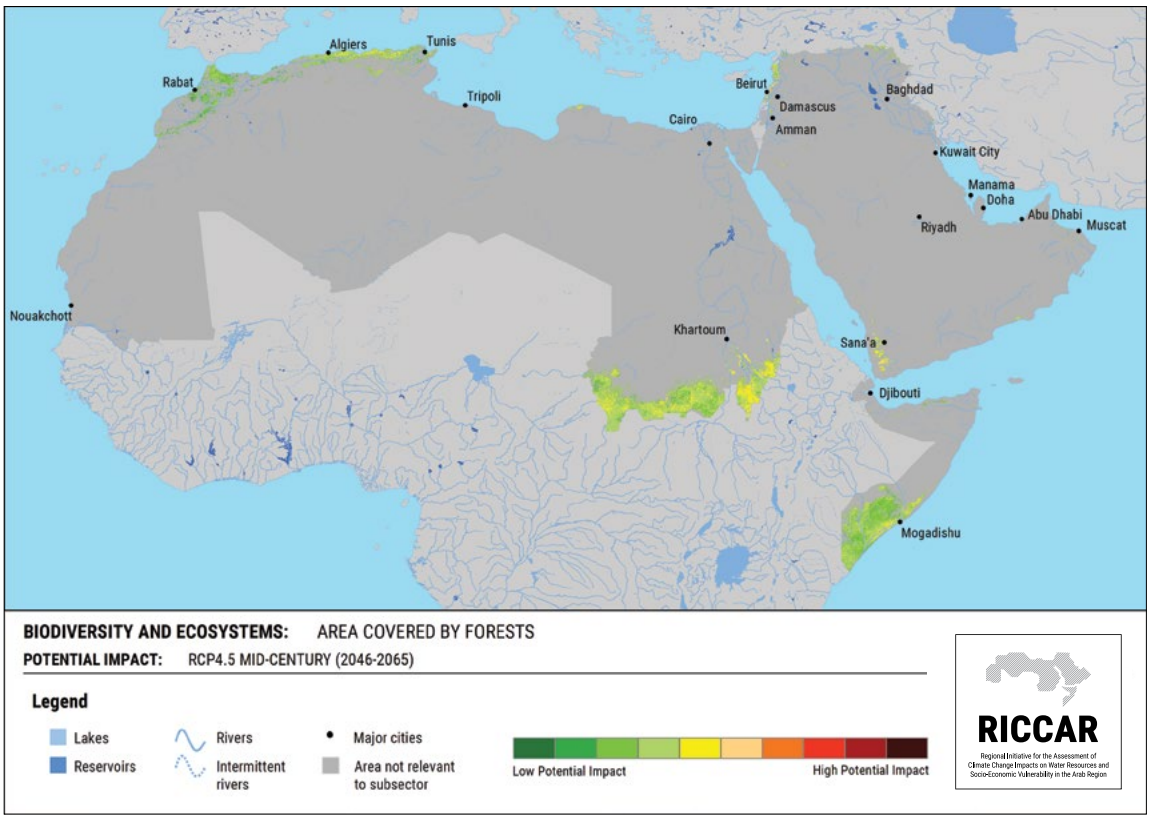
10.1.2 الفترات المستقبلية

10.1.2.1 الأثر المحتمل

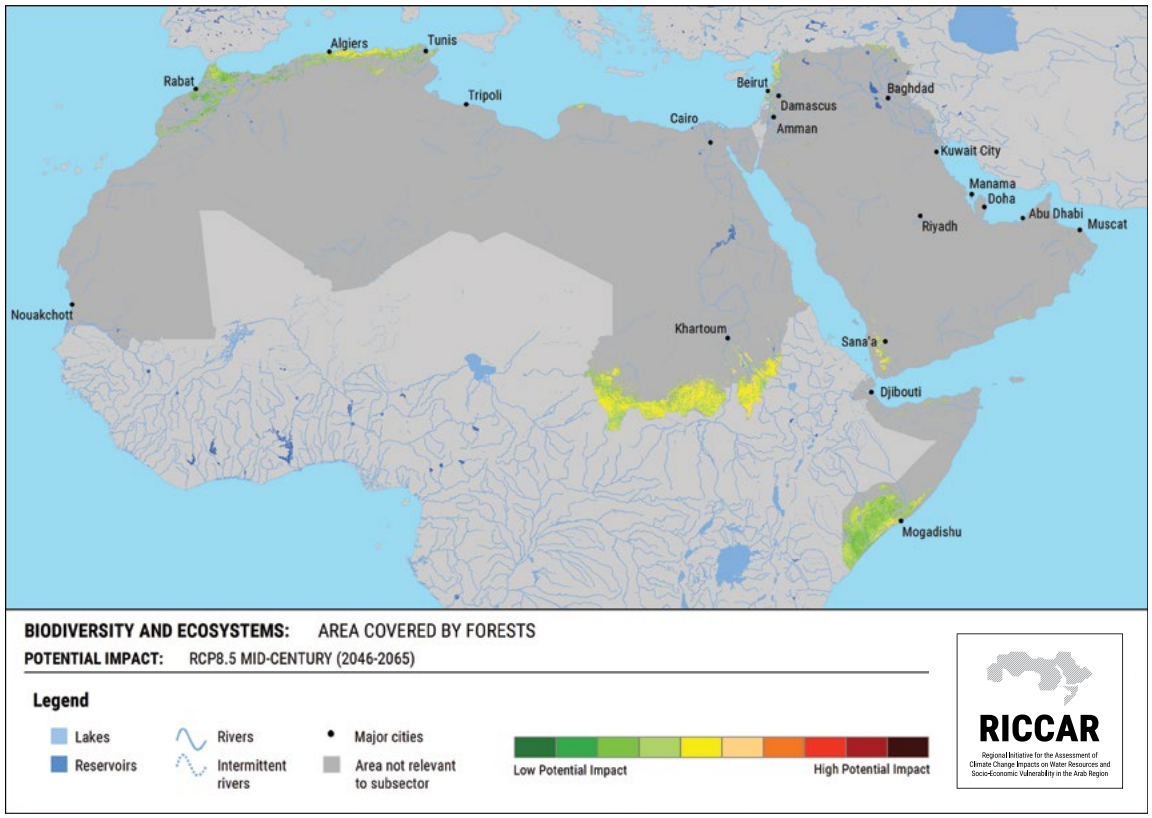
تخلف آثار تغيّر المناخ أضراراً على الغابات. ومع أنه يمكن للأجناس نظرياً الانتقال إلى مناطق يسودها مناخ أنسب لها، غير أن سرعة انتقالها أبطأ من سرعة تغيّر المناخ المتوقع. زد على ذلك أن المناطق المناسبة يجوز قد تكون مجزأة وأن تكون الحركة فيها مقيدة. ويتأثر نمو الأشجار بموازنة المياه الناجمة عن التساقطات والتبخر النتحي. والظواهر المناخية المتطرفة تحول دون صمود الأشجار ويمكن للظواهر المناخية أن تؤثر في الجوانب البيولوجية للأشجار. وأخيراً، يمكن أن تختلف طرائق تفاعل النباتات والحيوانات مع تغيّر المناخ باختلافهما في النظم الإيكولوجية للغابات. من المسقط أن يكون التعرض معتدلاً إلى حد بعيد: في منتصف القرن (الشكلان 124 و125)، فيتراوح بين 81 في المائة (RCP 4.5) إلى 84 في المائة (RCP 8.5). مع نهاية القرن (الشكلان 126 و127) من المتوقع أن يكون التعرض المعتدل يتراوح بين 53 في المائة (RCP 8.5) و78 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة. وتُظهر نسبة صغيرة من المنطقة المشمولة بالدراسة إلى تعرض مرتفع في منتصف القرن تبلغ 1 في المائة (RCP 4.5) و8 في المائة (RCP 8.5)، ولكن في نهاية القرن، يزداد إلى 3 في المائة (RCP 4.5) و44 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة. والمناطق الأعلى تعرضاً هي منطقة برزان ومحمية غالي بالندا الطبيعية في جبال زاغروس ومحمية جبل بُرع في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية والغابات في المشرق ومنها محمية أرز الشوف الطبيعية. وفي المقابل، من المتوقع أن يكون التعرض منخفضاً في غابات جبال جوليس والأدغال المتساقطة الأوراق سنوياً في محمية بوش بوش الواقعتين في القرن الإفريقي. وإذا تم الانطلاق من فرضية الحساسية الثابتة، يكون الأثر المحتمل معتدل إلى حد بعيد، فيتراوح بين 65 في المائة (RCP 4.5) و74 في المائة (RCP 8.5) في منتصف القرن، وبين 67 في المائة (RCP 4.5) و81 في المائة (RCP 8.5) في نهاية القرن. والمناطق المتبقية تُظهر آثاراً محتملة منخفضة. وحالة البيئة الطبيعية والمادية الحالية تساعد على التعويض عن آثار تغيّر المناخ المسقطة. غير أن يمكن أن تتباين مستويات الحساسية وفقاً لعوامل معينة مثل ازدياد معدل إزالة الغابات والتوسع الحضري وبارامترات أخرى التي لا تعتبر جزءاً من هذه الدراسة، مثل حرائق الغابات والأمراض التي تفتك بها. والمناطق الأكثر معاناة من الأثر المحتمل هي غابات بلاد الشام ومزارع الصمغ العربي على طول ضفاف النيل الأزرق جنوبي الخرطوم ومحمية تازة للمحيط الحيوي في جبال أطلس التل.

ومن حيث الاتجاهات، تُظهر معظم الغابات أثر محتمل من ثابت إلى متزايد من منتصف القرن إلى نهايته. والإسقاطات المتعلقة بغابات المشرق، خصوصاً، بما في ذلك محمية أرز الشوف الطبيعية، تُظهر زيادة حادة في الأثر المحتمل، ولا سيما في إطار السيناريو RCP 8.5، وذلك نتيجة للتعرض. والمنطقة الوحيدة المسقط أن ينخفض فيها الأثر المحتمل هي غابات القرن الأفريقي بسبب زيادة متوقعة في التساقطات.

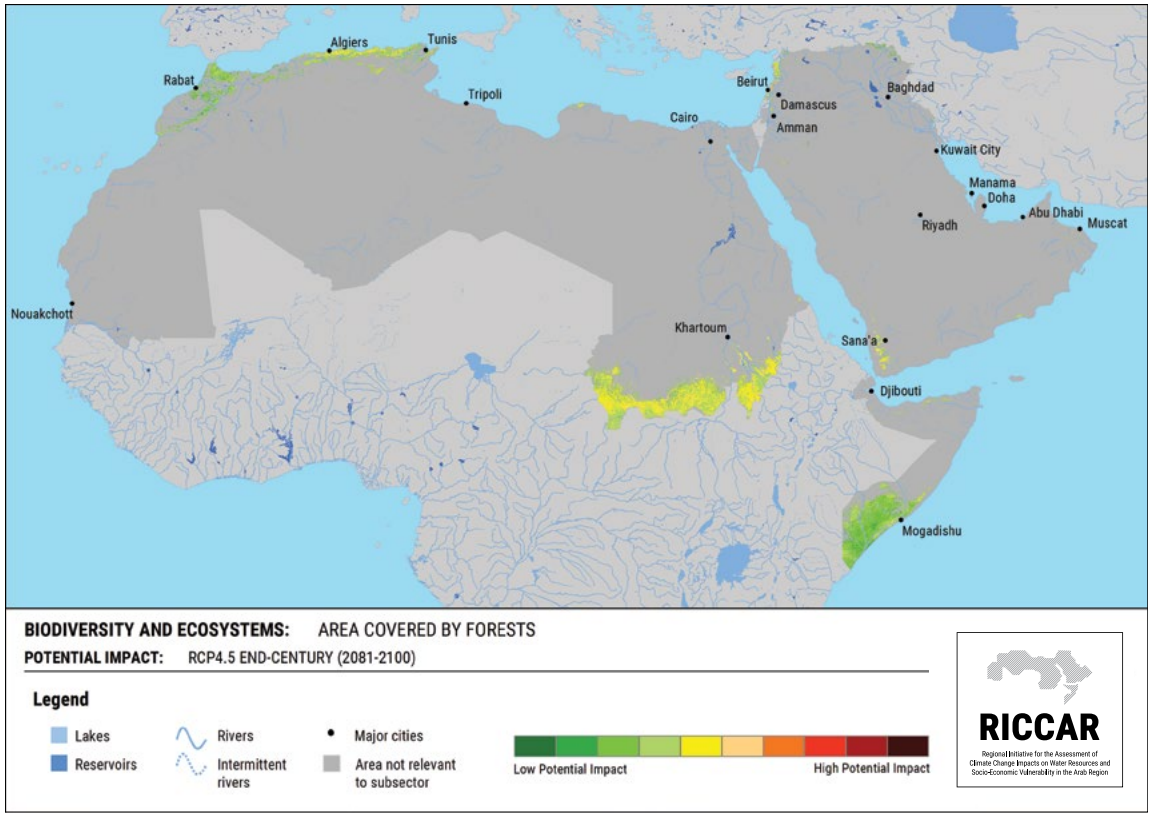
الشكل 124: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



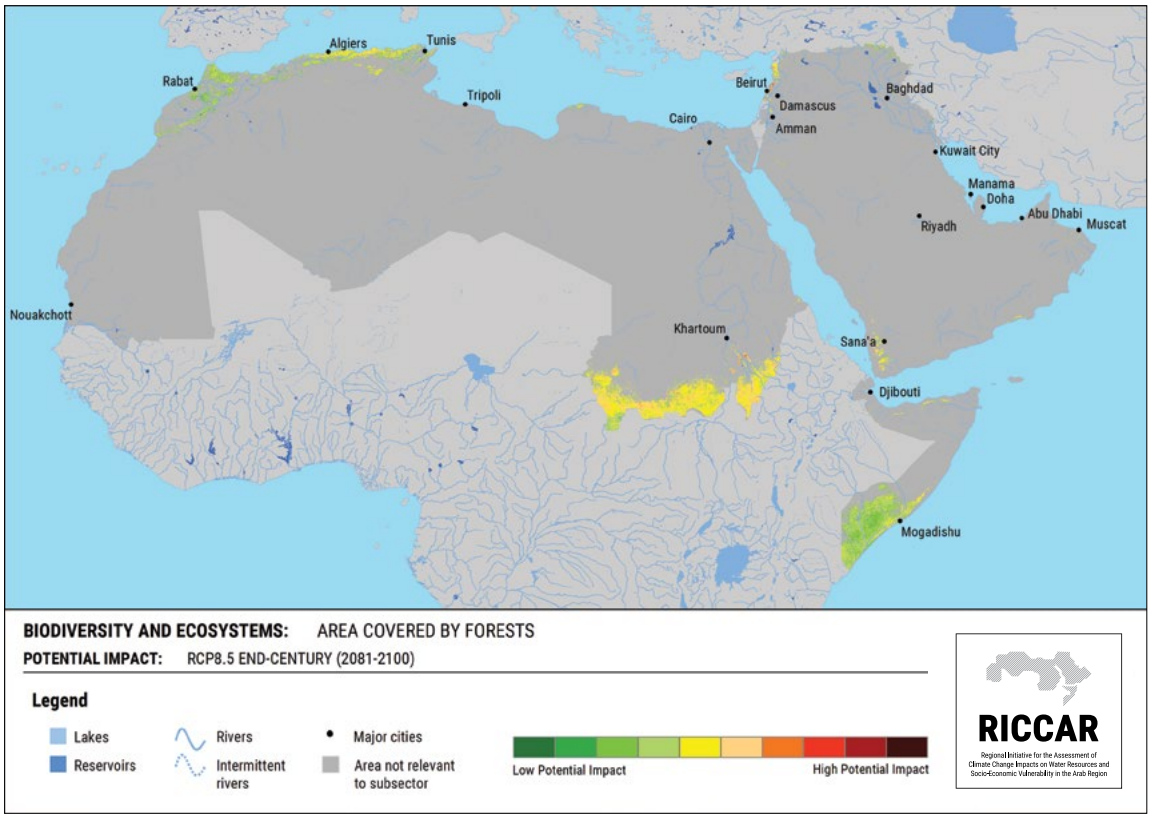
الشكل 125: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 126: مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 127: مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



10.1.2.2 قابلية التأثر

يمكن اختصار الأخطار المختلفة التي تهدد الغابات في المنطقة العربية في ثلاث مشاكل كبرى هي: التدهور البيئي وتردي الغابات كمّاً ونوعاً واختفاء التنوع البيولوجي.

وتتفاقم هذه الأخطار بآثار تغيّر المناخ. وعمدت المؤسسات العربية إلى استحداث آليات لمكافحة ظاهرة زوال الغابات اشتملت على استراتيجيات لإعادة التحريج والإدارة المستدامة للغابات واعتبار غابات معينة مناطق محمية.

والفرق الصافي بين الأخطار وتدابير التكيف وارد في إطار قابلية التأثر المسقطة للغابات. واستناداً إلى المؤشرات الموضحة فيها، تكاد تكون درجات قابلية التأثر مقسمة بالتساوي بين المعتدلة والمرتفعة في المنطقة المشمولة بالدراسة، ولا دليل على قابلية تأثر منخفضة (الأشكال 128 إلى 131).

والمناطق المرتفعة القابلية للتأثر تتراوح بين 41 في المائة (RCP 4.5) إلى 58 في المائة (RCP 8.5) في منتصف القرن، وبين 50 في المائة (RCP 4.5) إلى 64 في المائة (RCP 8.5) مع نهاية القرن (الجدول 22).

والغابات الأعلى قابلية للتأثر هي الغابات الاستوائية الجافة والشجيرات الاستوائية في أفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى والغابات الجبلية الاستوائية في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية. والمناطق التي تشهد قابلية تأثر أقل نسبياً هي الغابات الجافة دون الاستوائية في منطقة الريف في شمالي غربي أفريقيا والغابات في و حول حديقة إشكل الوطنية بالقرب من وسط ساحل شمالي أفريقيا.

ويكشف تحليل الاتجاهات من منتصف القرن إلى نهايته أن غابات عديدة في المنطقة العربية تظهر بشكل عام قابلية تأثر متزايدة في إطار السيناريو RCP 4.5، لا سيما في غابات السهوب في وحول حديقة الردوم الوطنية التي صنفتها اليونسكو كمحمية محيط حيوي.

غير أن الغابات في جنوبي القرن الأفريقي تُظهر انخفاضاً في معدل قابلية التأثر بسبب التغيرات في معدلات التعرض.وفي إطار السيناريو RCP 8.5، يكون معدل قابلية التأثر ثابتاً إلى حد بعيد من منتصف القرن إلى نهايته في جميع الغابات.

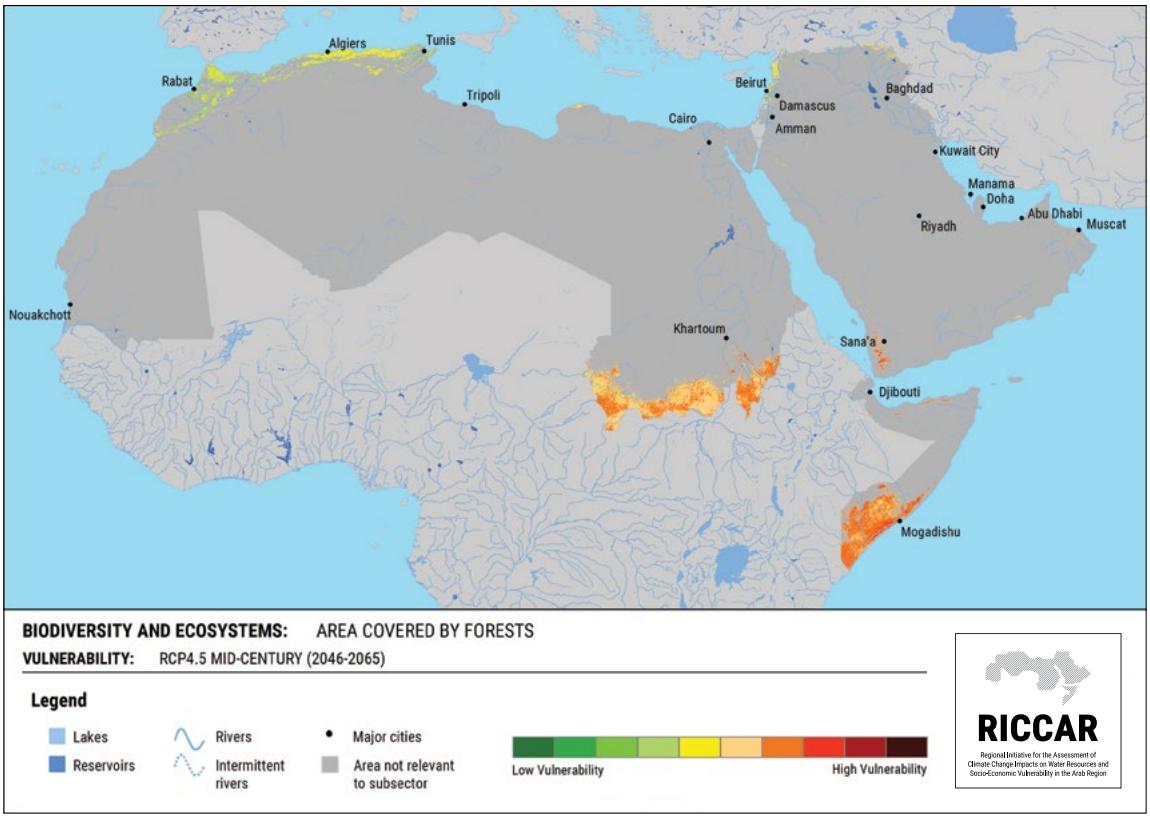


محمية أرز الشوف الطبيعية، لبنان، 2005. المصدر: Wikimedia Commons/Habbouche.

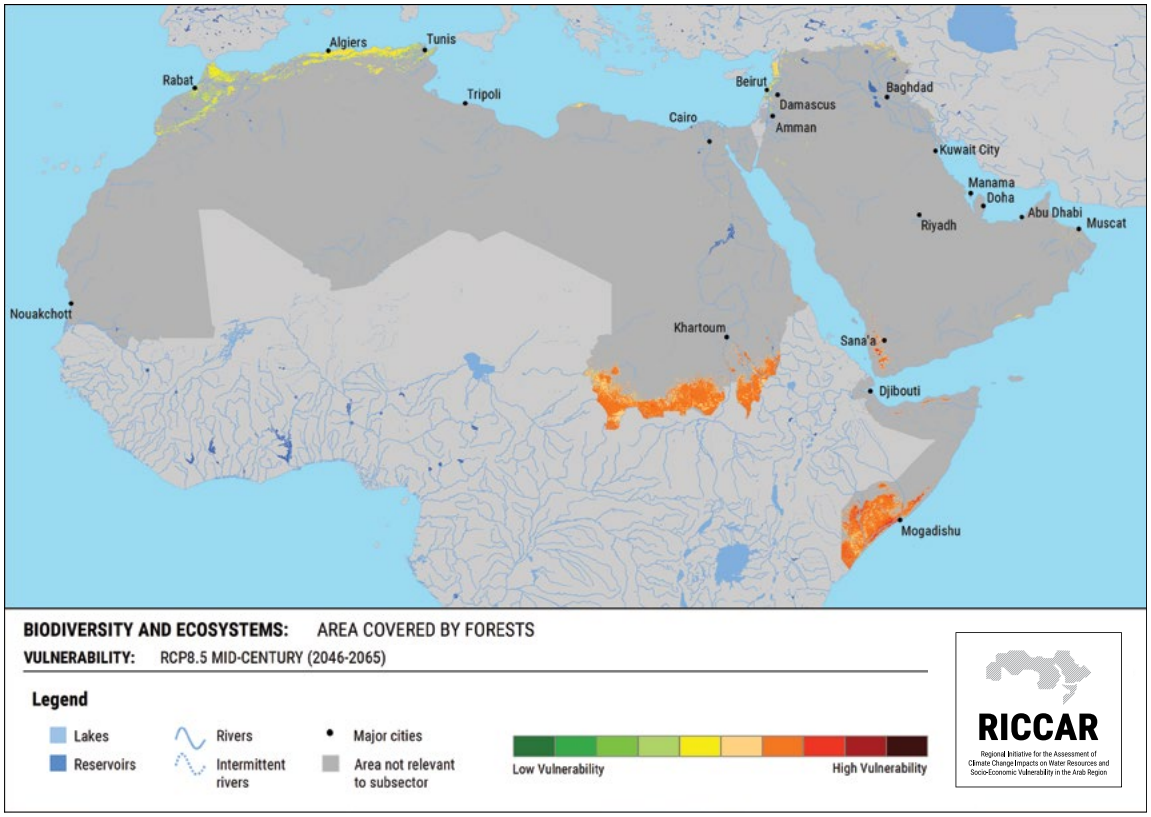
الجدول 22: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المناطق المكسوة بالغابات

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	59%	41%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	42%	58%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	50%	50%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	36%	64%

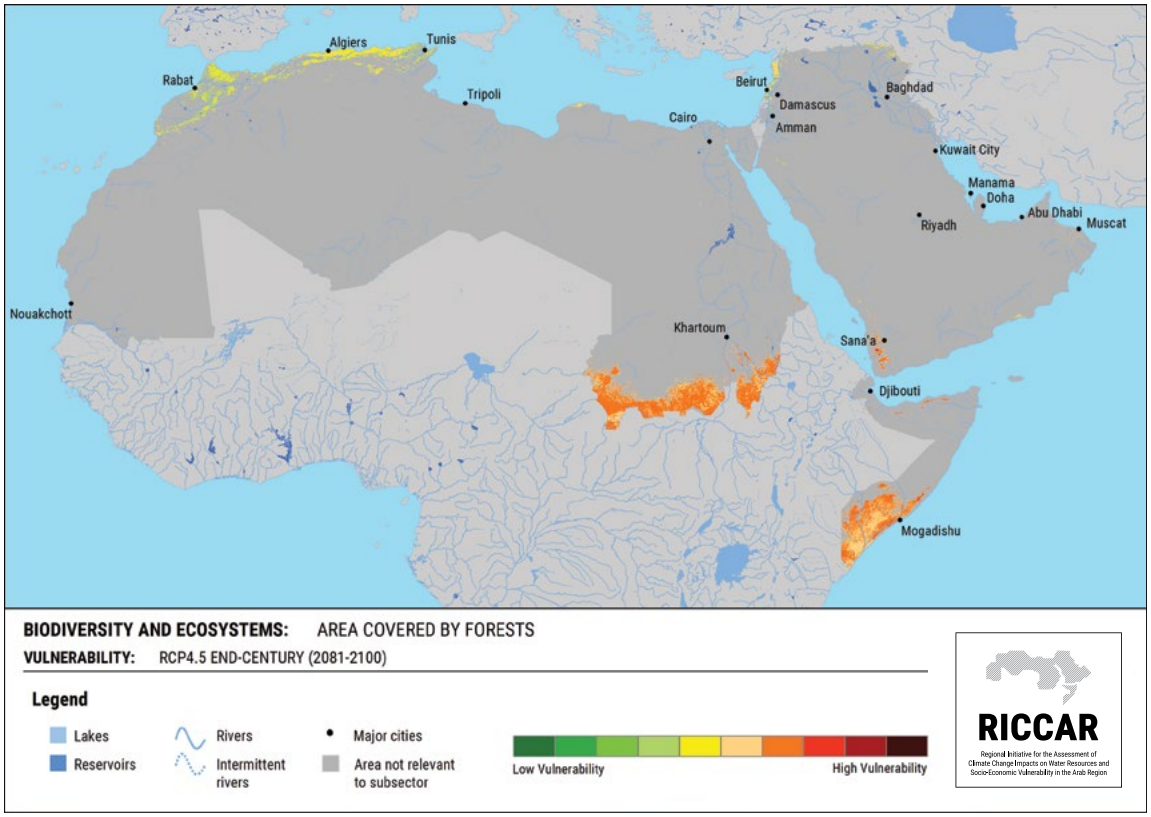
الشكل 128: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



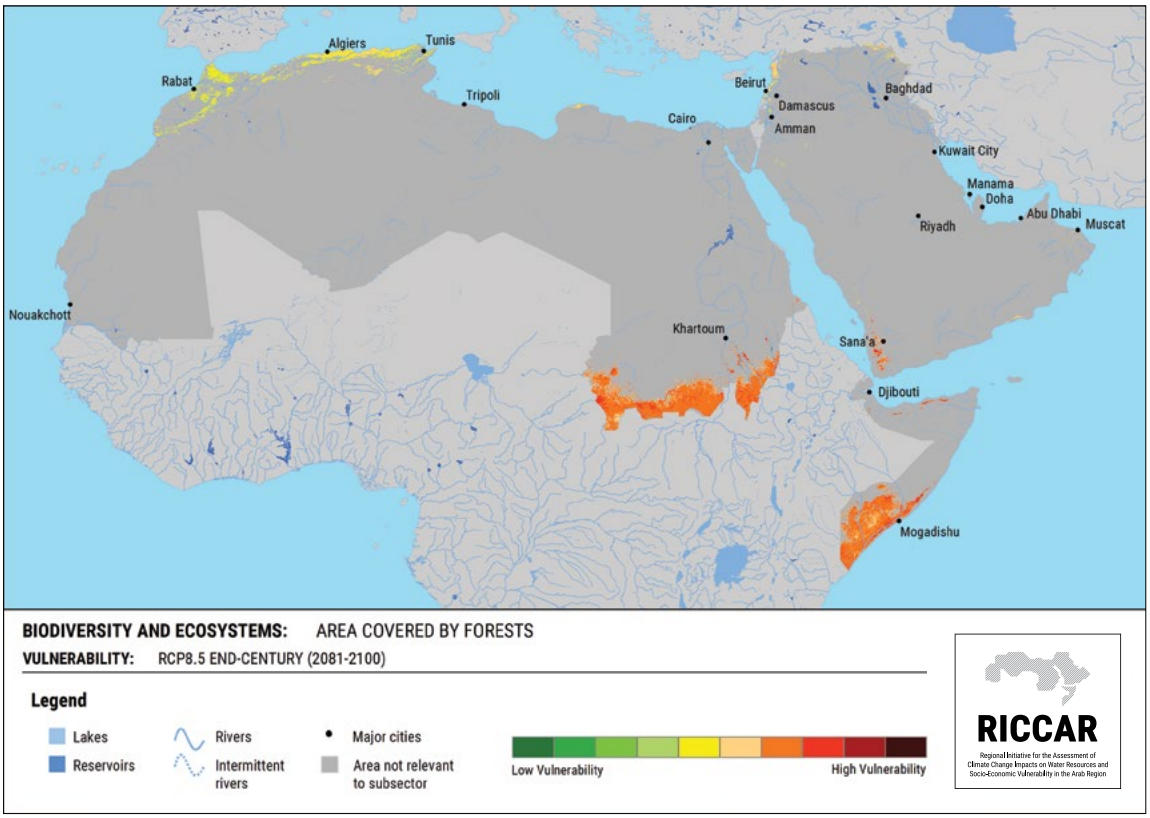
الشكل 129: مناطق مكسوة بالغابات - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 130: مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 131: مناطق مكسوة بالغابات - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



10.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

المقصود بالمناطق الشديدة التأثر المناطق التي من المسقط فيها أن تكون أعلى درجة من قابلية التأثر: ما يصل إلى 11 في المائة (RCP 8.5 لنهاية القرن) من المنطقة المشمولة بالدراسة يعني أنها مناطق من الغابات شديدة التأثر.

تتعرض غابات القرن الإفريقي، مثل المساحات الخضرة الدائمة في سلسلة جبال جوليس، لضغط متزايد من المستوطنات البشرية التي تتوغل مباشرة في الغابة والأدغال المتساقطة الأوراق سنوياً التي تنمو فيها فصيلة الأكاسيا في الجنوب ومحمية بوش بوش – أول حديقة وطنية في الصومال. وبعد توقف مؤقت، استؤنفت أعمال التطوير التي تستهدف الشباب على الصعيد المحلي لتعزيز الحفاظ على البيئة والسياحة البيئية.

وثمة مناطق أخرى في شرقي منطقة الساحل تضم محميتي الغابات الطبيعية الرواشدة ود كابو وغابات الصمغ العربي طول نهري النيل الأبيض والنيل الأزرق منها، مثلاً، غابة السنط في الخرطوم.

وتقع هذه المواقع منذ فترة طويلة ضحية للرعي الجائر وتقطيع الأشجار للأعلاف الحيوانية وإزالة الأشجار منها. وبدأ تنفيذ مبادرات مجتمعية لتجديد الغابات تدرك فوائد الموارد الطبيعية وتشجع على المشاركة الأهلية فيها عبر التطوع.

وتقع المنطقة الأخيرة الشديدة التأثر من الغابات في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية وتضم محمية جبل بُرع التي تحتوي على أشجار الأكاسيا وأشجار المر.

ودُمرت الغابة نتيجة لعدة عوامل، أبرزها شق الطرقات مؤخراً التي قضت على نسبة 30-20 في المائة من مساحتها. واستتبعت هذه الطرقات أضراراً هامة منها انسداد الآبار والجداول من مخلفات شقها.

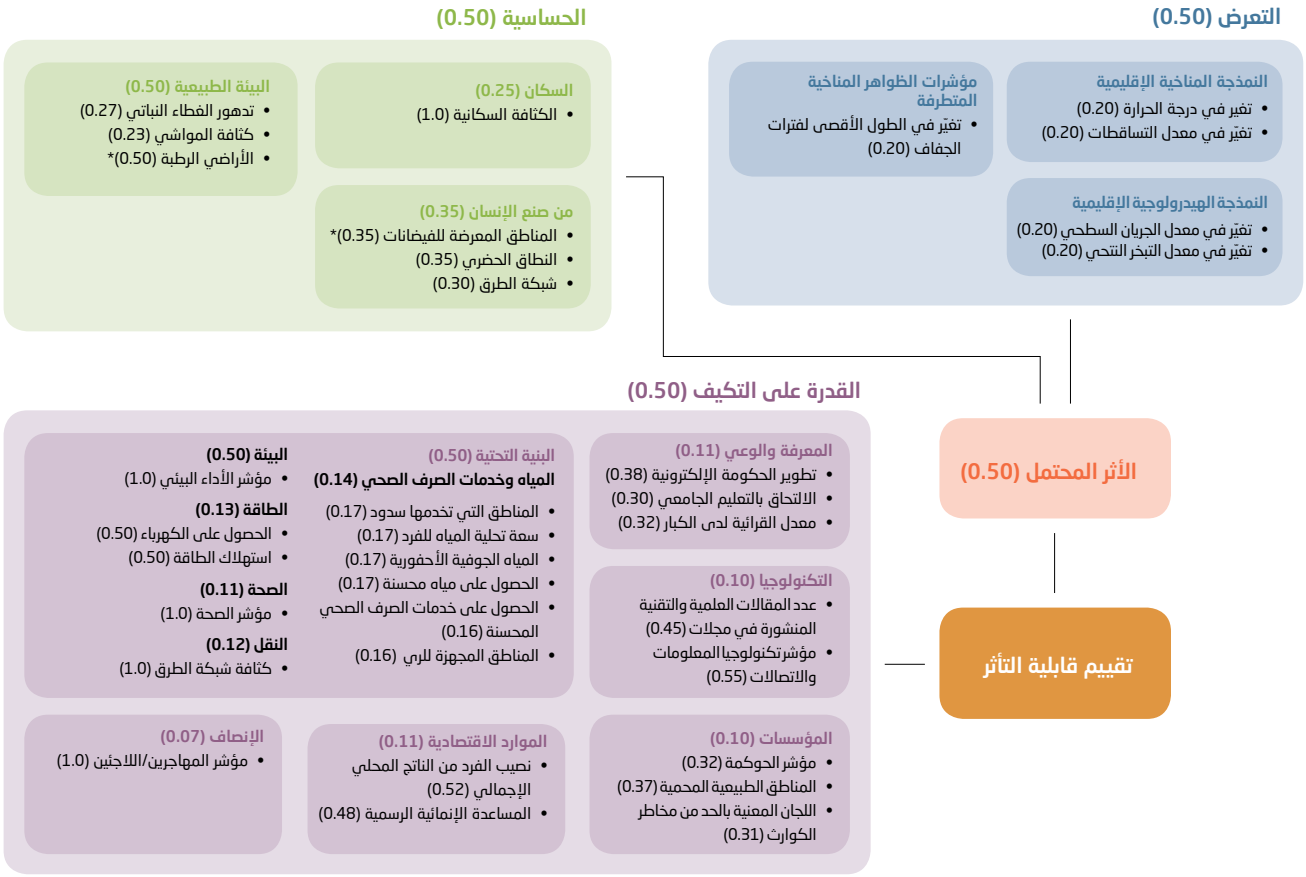
بالإضافة إلى ذلك، تسببت سهولة الوصول إلى الغابة بزيادة قطع الأشجار، فظهرت في الغابة فصيلة الكمون الشوكي، وهو نوع من النباتات الغازية، مهددةً النباتات المحلية.

ومع ذلك، فإن المنطقة معروفة بتنوعها البيولوجي فأضافتها اليونسكو في عام 2011 إلى شبكتها العالمية لمحميات المحيط الحيوي. وبدأ تنفيذ مبادرات مجتمعية للحث على إدارة الغابات والسياحة الإيكولوجية.

10.2 مناطق تغطيها الأراضي الرطبة

تعرض سلسلة الأثر الواردة في الشكل 132 المؤشرات المستخدمة في إطار كل عنصر وما يرتبط بها من ترجيحات لهذا القطاع الفرعي. والمنهجية المتصلة بالمؤشرات التي تحمل علامة * معروضة في ESCWA et al., 2017.

الشكل 132: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمناطق التي تغطيها الأراضي الرطبة



* تصنيف محدد للقطاع الفرعي

10.2.1 الفترة المرجعية

10.2.1.1 الأثر المحتمل

بالنسبة لريكار، تشتمل منطقة الأراضي الرطبة المشمولة بالدراسة على السبخات ومسطحات الملح والواحات بالإضافة إلى الأراضي الرطبة الساحلية والمحاذية للأنهار. وترد أيضاً المواقع المشمولة باتفاقية رامسار، وهي الإطار الدولي المعني بحماية الأراضي الرطبة.

والأثر المحتمل يعكس مجموع نتائج التعرض والحساسية. فبالنسبة للتعرض، يمكن أن تؤثر الظواهر الجوية مثل التساقطات والجريان السطحي والتبخر في تدفق المياه إلى الأراضي الرطبة وغمرها. ويمكن للحرارة وفترات الجفاف أن تضر بالنظم الإيكولوجية في الأراضي الرطبة. ولهذه الأسباب، اختيرت الحرارة والتساقطات والجريان السطحي والتبخر النتحي، والطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) كمؤشرات للتعرض.

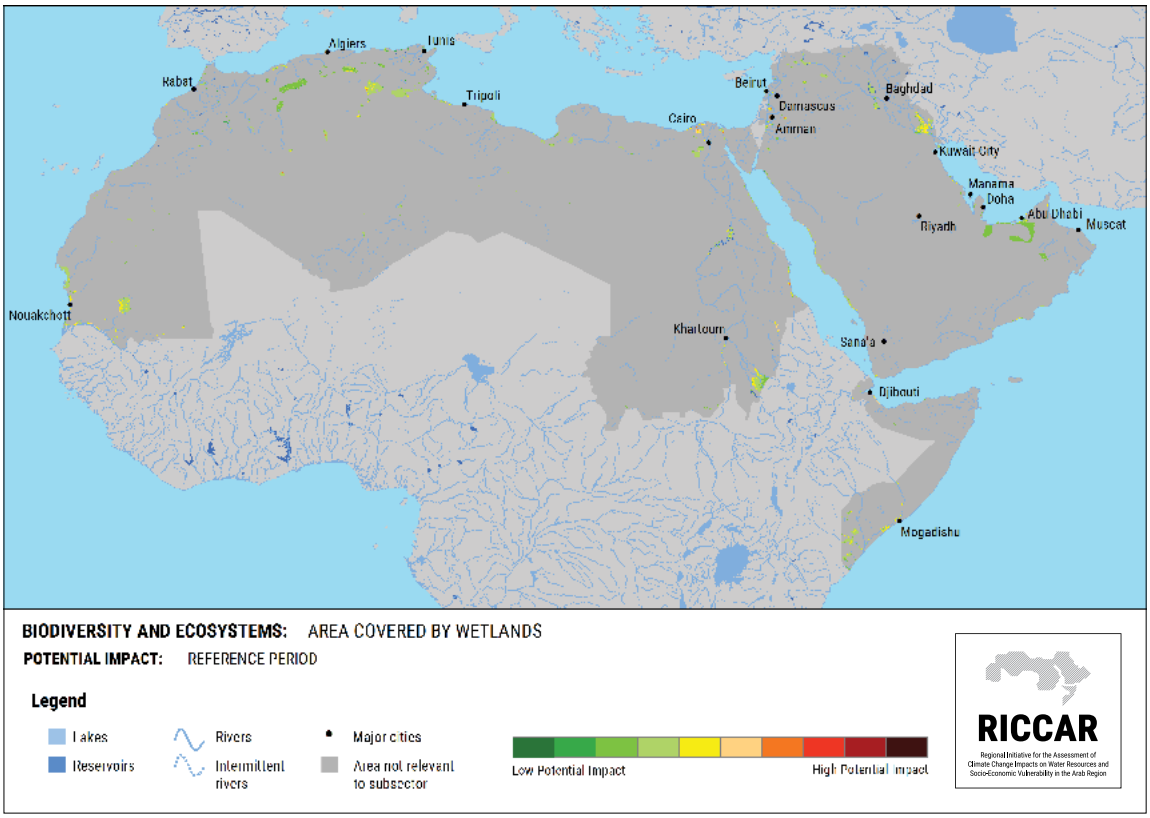
وتشير غالبية المنطقة (71 في المائة) إلى تعرض معتدل للفترة المرجعية. وأقل من ربعها (20 في المائة) يشير إلى درجة عالية من التعرض وهو يشمل الأراضي الرطبة القريبة من نهر السنغال، وأيضاً تلك القريبة من بحيرة غابو ومحمية أركين الوطنية، والأراضي الرطبة القريبة من خليج عدن، بما فيها سبخة ماطي. وتُظهر المناطق المتبقية تعرضاً منخفضاً.

يمكن أن تتهدد الأراضي الرطبة لعوامل مثل التوسع الحضري وتغيير طريقة استخدام الأراضي وعوامل أخرى. ويتجسد هذا التغيير في مؤشرات الحساسية المحددة التالية: الكثافة السكانية وتدهور الغطاء النباتي وكثافة المواشي والنطاق الحضري وشبكة الطرق. ومؤشر الأراضي الرطبة الأكثر ترجيحاً من حيث الحساسية صُنف وفقاً للطلب على المياه العذبة.

وأخيراً، اختير وصُنف مؤشر المناطق المعرضة للفيضانات وفقاً لتوفر المياه لأن الفيضانات تغذي الأراضي الرطبة. وتشير غالبية منطقة الأراضي الرطبة المشمولة بالدراسة (80 في المائة) إلى حساسية منخفضة. ومعظم المناطق المتبقية (19 في المائة) معتدلة الحساسية وتضم مناطق معزولة داخل الأراضي الرطبة في المنطقة العربية كلها، بما في ذلك الأهوار العراقية والأراضي الرطبة النهرية في الفرات والأراضي الرطبة المتصلة بالبحر الأبيض المتوسط في دلتا النيل.

ويظهر أن الأثر المحتمل الناجم عن ذلك للفترة المرجعية (الشكل 133) معتدل بالنسبة لمعظم المنطقة المشمولة بالدراسة (69 في المائة)، بما في ذلك الأراضي الرطبة المحاذية لأنهار السنغال وجوبا وشبيلي والنيل الأبيض والنيل الأزرق. بالإضافة إلى ذلك، تُظهر الأراضي الرطبة الساحلية القريبة من خليج عدن وتلك القريبة من بحيرة إب أثراً محتملاً يتراوح بين معتدل وعالي. وتُظهر الأراضي الرطبة المتبقية آثاراً منخفضة لعدم وجود أراضي رطبة ذات أثر محتمل عالي.

الشكل 133: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



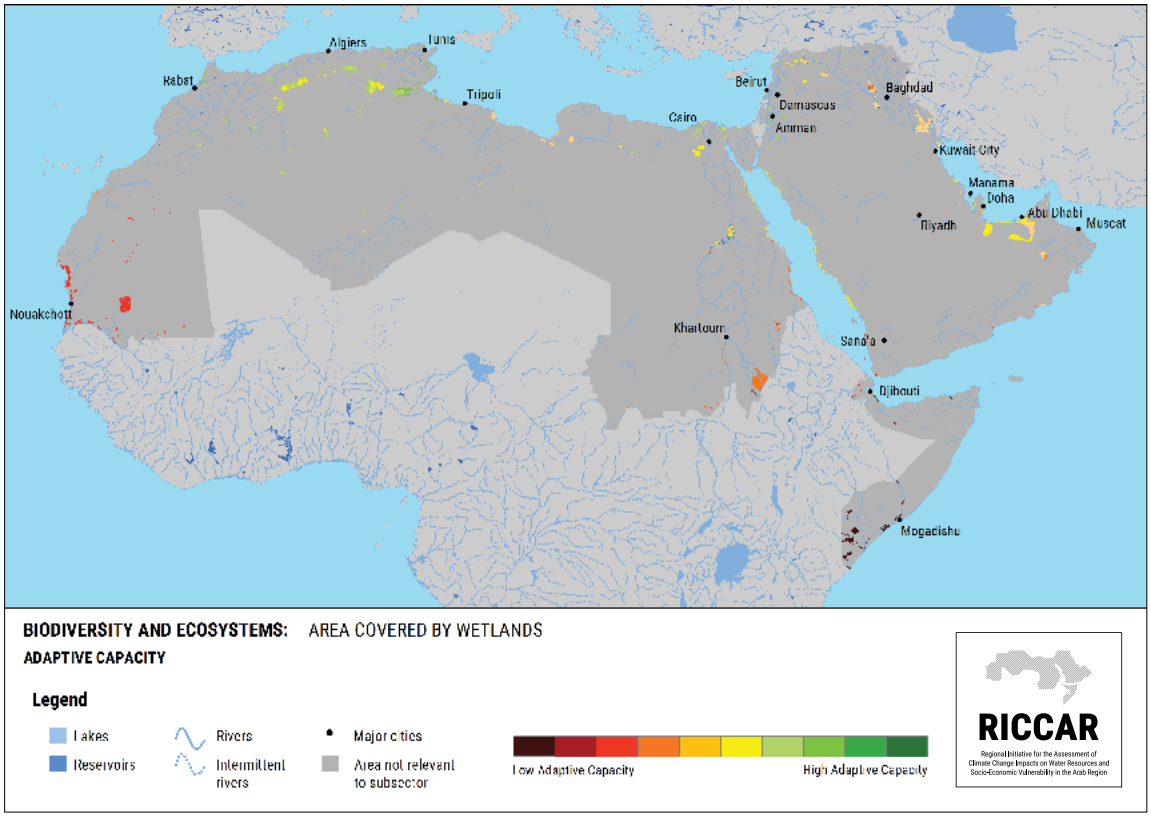
10.2.1.2 القدرة على التكيف

وفقاً لاتفاقية رامسار، يجب لأي إطار يُعتمد بشأن الاستخدام الرشيد للأراضي الرطبة أن يشمل عدة تدابير للتكيف مع تغيّر المناخ، بما يشمل خير الإنسان والحد من الفقر بالإضافة إلى صون خدمات النظام الإيكولوجي. إذ إن الإطار السابق أخذ في اعتباره الأمن الصحي والبيئي والاقتصادي والثقافي، فضلاً عن الإنصاف. وتشمل خدمات النظام الإيكولوجي توفير الموارد الطبيعية، وتنظيم الأراضي الرطبة قانونياً، والأهمية الثقافية للنظام الإيكولوجي ككل ودعمه[4].

وتعكس المؤشرات المختارة للقدرة على التكيف توصيات رامسار. والركيزة البيئية في إطار البنية التحتية هي الأشد ترجيحاً وتمثل بشكل تقريبي خدمات النظام الإيكولوجي. ويُظهر أكثر من نصف المنطقة المشمولة بالدراسة (53 في المائة) أثر محتمل معتدل، والمناطق المتبقية مقسمة بين الأثر المنخفض والأثر العالي (21 في المائة و26 في المائة على التوالي). وعلى الرغم من أن جميع المؤشرات تدل على وجود علاقة ضعيفة مع القدرة المركبة على التكيف، فإن الركيزة البيئية هي الأقوى.

ويشير مجموع النتائج إلى قدرة على التكيف منخفضة للأراضي الرطبة في الصحراء الكبرى في أفريقيا. وتظهر قدرة على التكيف متصاعدة شمالاً باتجاه البحر الأبيض المتوسط (الشكل 134).

الشكل 134: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - القدرة على التكيف



10.2.1.3 قابلية التأثر

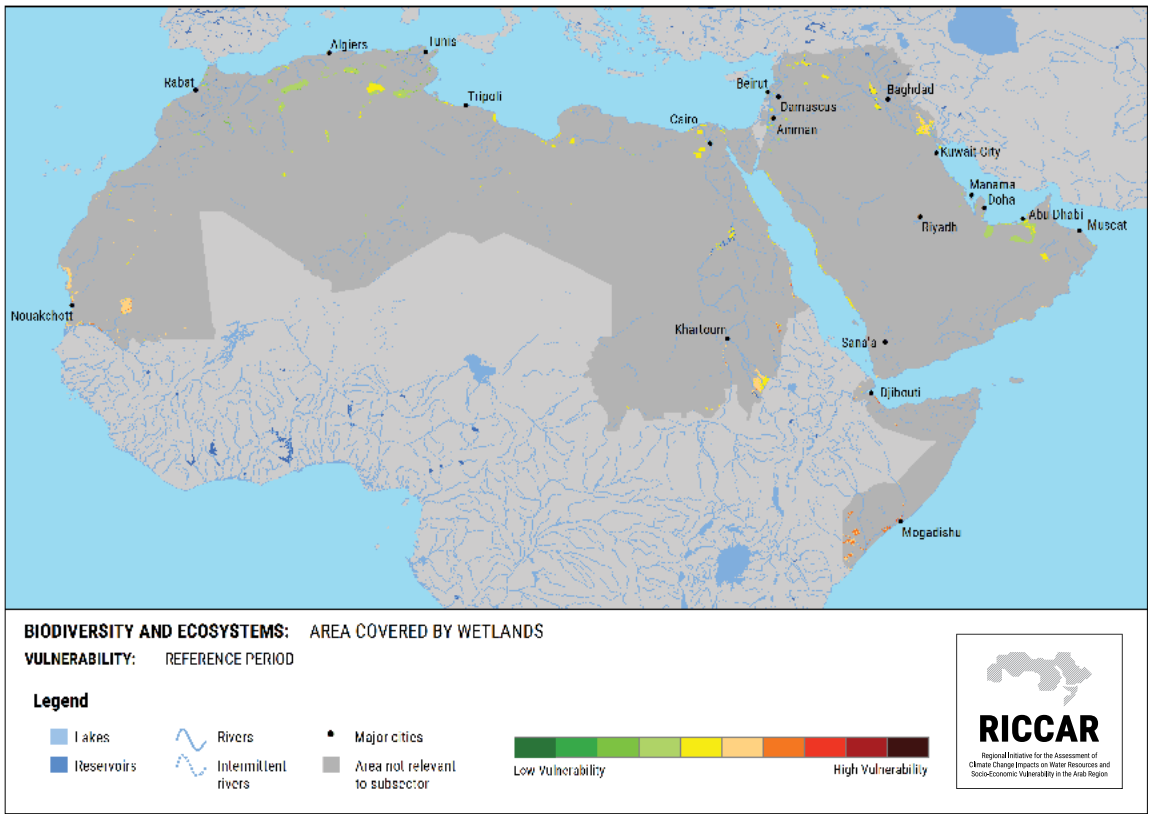
تُظهر قابلية التأثر للفترة المرجعية (الشكل 135) نسبة معتدلة لمعظم المنطقة المشمولة بالدراسة (90 في المائة) مع درجة عالية من قابلية التأثر في المناطق المعزولة (7 في المائة). وتُظهر المناطق المتبقية قابلية تأثر منخفضة. والأراضي الرطبة الأعلى قابلية للتأثر تقع في القرن الأفريقي مع وجود بعض الأراضي الرطبة الناجمة عن المد على طول خليج عدن والمستنقعات والسهول الفيضية بالقرب من نهري شبيلي وجوبا وأشجار المنغروف والبحيرات. وتُعزى قابلية التأثر العالية في المنطقة بشكل أساسي إلى القدرة على التكيف المنخفضة.

والمنطقة المعتدلة القابلية للتأثر إلى المرتفعة تشمل الأراضي الرطبة الموجودة ضمن حوض تندوف. وثمة منطقة أخرى هي حوض أركين الذي حُول إلى حديقة وطنية في عام 1976. وهو معروف بأنه أبرز موقع للطيور المائية في غربي أفريقيا. والأراضي الرطبة التي تقع في مناطق أبعد باتجاه الداخل هي أيضاً مواطن للطيور المائية المهاجرة، وهي تستقبل كل أنواع الطيور التي تتميز بها المنطقة مثل اللقلق الأسود. والاهتمام بحفظ هذه الأراضي الرطبة أضحى في حده الأدنى بسبب أولويات أخرى مثل التنمية الزراعية. وتظهر الأهوار العراقية أثر محتمل معتدل وكانت في الماضي أكبر الأراضي الرطبة في الشرق الأوسط، وكانت موطناً للطيور المهاجرة. وعانت هذه المنطقة من الإنشاءات المخصصة لاستغلال الموارد المائية، من بينها مشروع جنوب شرق الأناضول وسد الطبقة وسد كرخه التي تنعكس سلباً على الغذاء وسبل عيش السكان. والمستخدمون الموجودون على الجهة الموازية لاتجاه مياه هذه السدود زادوا المشاكل سوءاً في ضوء كمية المياه الجارية المتبقية.

والمنطقة الأخيرة التي تُظهر أثر محتمل معتدل إلى عالي هي الأراضي الرطبة في محمية الدندر في السودان. وهذه الأراضي الرطبة في السهول الفيضية المعروفة محلياً باسم "الميَّه" تشكل مصدراً أساسياً للغذاء والماء للحيوانات البرية، خاصة خلال موسم الجفاف الممتد بين تشرين الثاني/نوفمبر وحزيران/يونيو.

وهذه الأراضي الرطبة، شأنها شأن سائر الأراضي الرطبة في المنطقة العربية، هي أيضاً تشكل مواطن للطيور المهاجرة. غير أن الهجرة البشرية أدت إلى زيادة رقعة البناء وتوسيع نطاق الزراعة. وبدأت المواشي الجديدة تزاحم الحيوانات البرية المحلية للحصول على الموارد وجلبت معها الأمراض. وقُدمت هبة في العقد الأول من هذا القرن بهدف رفع عدد الحيوانات البرية وتحسين إدارة المحميات، لكن التمويل توقف منذئذ.

الشكل 135: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



10.2.2 الفترات المستقبلية

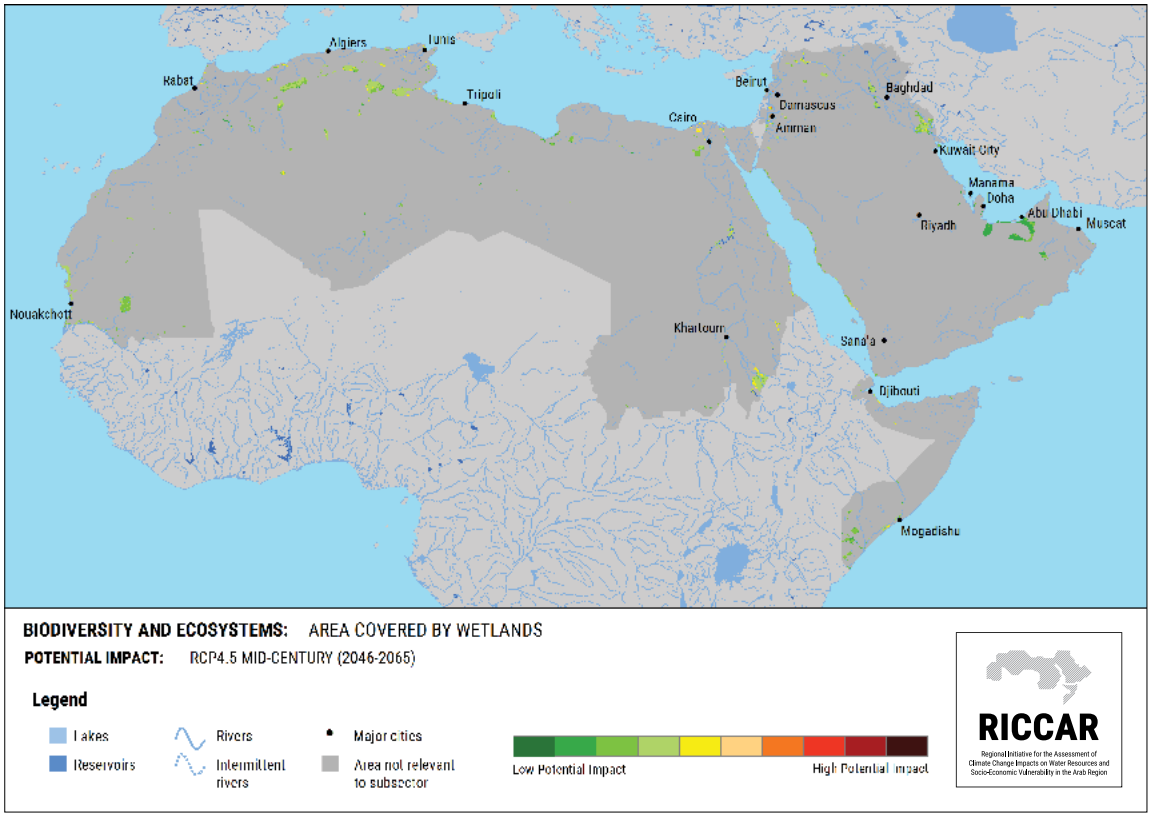
10.2.2.1 الأثر المحتمل

من ضمن التبعات التي يخلفها تغيّر المناخ على الأراضي الرطبة تغيرات في الوضع الهيدرولوجي والحرارة. وتشمل البارامترات الهيدرولوجية التساقطات والجريان السطحي والتبخر التي تهدد بحدوث الفيضانات وتحد من التدفقات المائية وتزيد من تآكل التربة. ويمكن لارتفاع درجة الحرارة أن يغير معدلات التبخر وأن يؤثر في جوانب أخرى من النظم الإيكولوجية في الأراضي الرطبة مثل زيادة الإجهاد الحراري للحيوانات البرية وتدهور نوعية المياه. وفي منتصف القرن، من المسقط أن تشهد معظم الأراضي الرطبة تعرضاً معتدلاً، تتراوح نسبتها بين 86 في المائة (RCP 4.5) و88 في المائة (RCP 8.5). ومع نهاية القرن، تتراوح نسبة الأراضي الرطبة التي تُظهر تعرضاً معتدلاً بين 63 في المائة (RCP 8.5) و82 في المائة (RCP 4.5). والمناطق المرتفعة التعرض يشار إليها بنسبة 28 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة فقط في إطار السيناريو RCP 8.5. والأراضي الرطبة الأعلى تعرض هي بحيرة ناصر والأراضي الرطبة الساحلية على الشاطئ الغربي للبحر الأحمر والأراضي الرطبة في عمّيق وبحيرة اللها في المشرق. وتُظهر المواقع الأخرى في المنطقة المشمولة بالدراسة تعرضاً منخفضاً. ويشير الأثر المحتمل الناجم عن ذلك، إذا تم الانطلاق من فرضية الحساسية الثابتة، إلى أثر محتمل معتدل في معظم الأحيان في منتصف القرن، في نسبة تتراوح بين 53 في المائة (RCP 4.5) و70 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة (الشكلان 136 و137). ومع نهاية القرن، من المتوقع أن يكون الأثر المحتمل معتدل في نسبة تتراوح بين 65 في المائة (RCP 4.5) و70 في المائة (RCP 8.5) من الأراضي الرطبة في المنطقة (الشكلان 138 و139). ومن المتوقع بالنسبة لمعظم المناطق المتبقية أن يكون التعرض منخفضاً (1 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة) مع نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 8.5. والمناطق التي تُظهر أثراً محتملاً معتدل إلى مرتفع هي الأراضي الرطبة في المشرق ومنطقة دلتا النيل والأراضي الرطبة في شمالي المغرب.

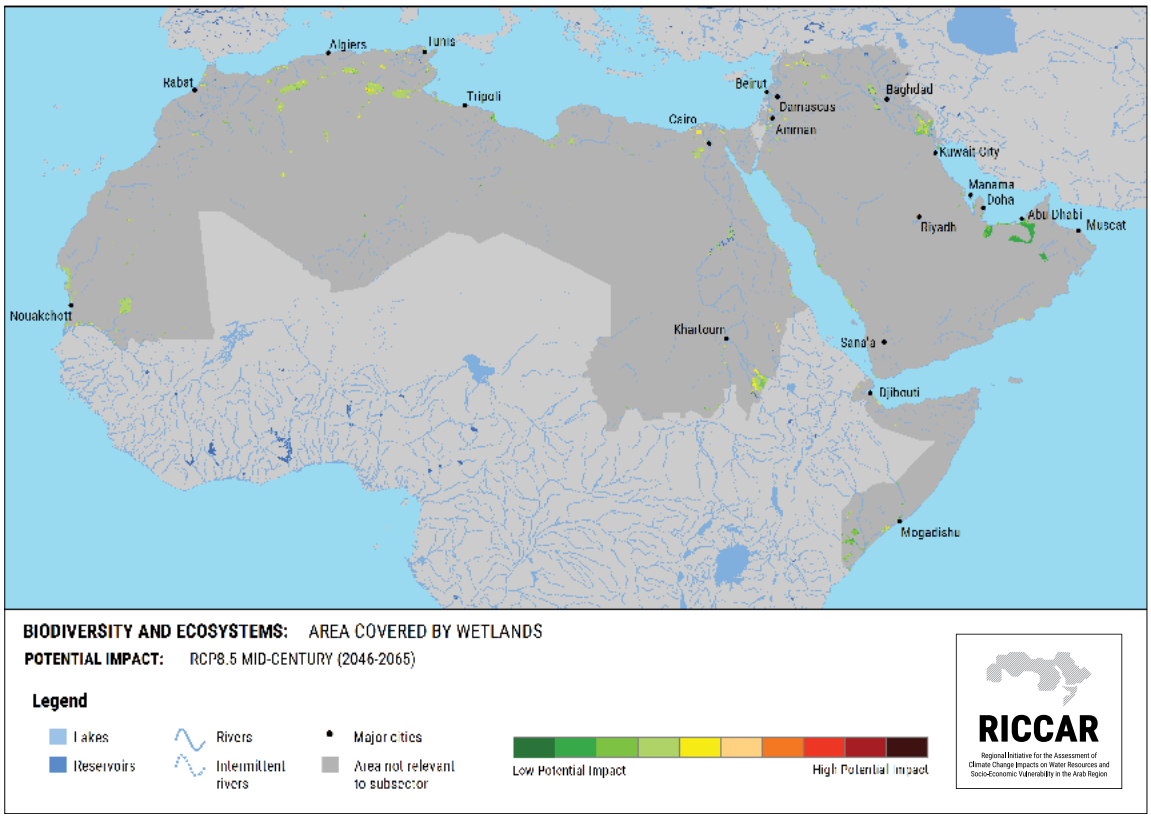
تجدر الإشارة إلى أن الأثر المحتمل لا يأخذ ارتفاع مستوى سطح البحر – الذي يشكل أحد أبرز الأخطار التي تهدد الأراضي الرطبة الساحلية – في الاعتبار بسبب قلة البيانات. ومع أن الأراضي الرطبة يمكن أن تتكيف مع تغييرات طفيفة للغاية من خلال تمددها باتجاه اليابسة (شريطة ألا تكون هناك موانع أخرى)، يمكن أن يؤدي ارتفاع هام في مستوى سطح البحر إلى انهيار النظام الإيكولوجي.

و اشارت بعض الأبحاث إلى أن ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد يؤدي إلى القضاء على أكثر من 96 في المائة من الأراضي الرطبة الساحلية في المنطقة العربية[5]. والتقييمات الاقتصادية السريعة التي أجراها برنامج الأمم المتحدة للبيئة للأراضي الرطبة توقعت هي أيضاً آثاراً أثناء السنوات الخمسين القادمة.

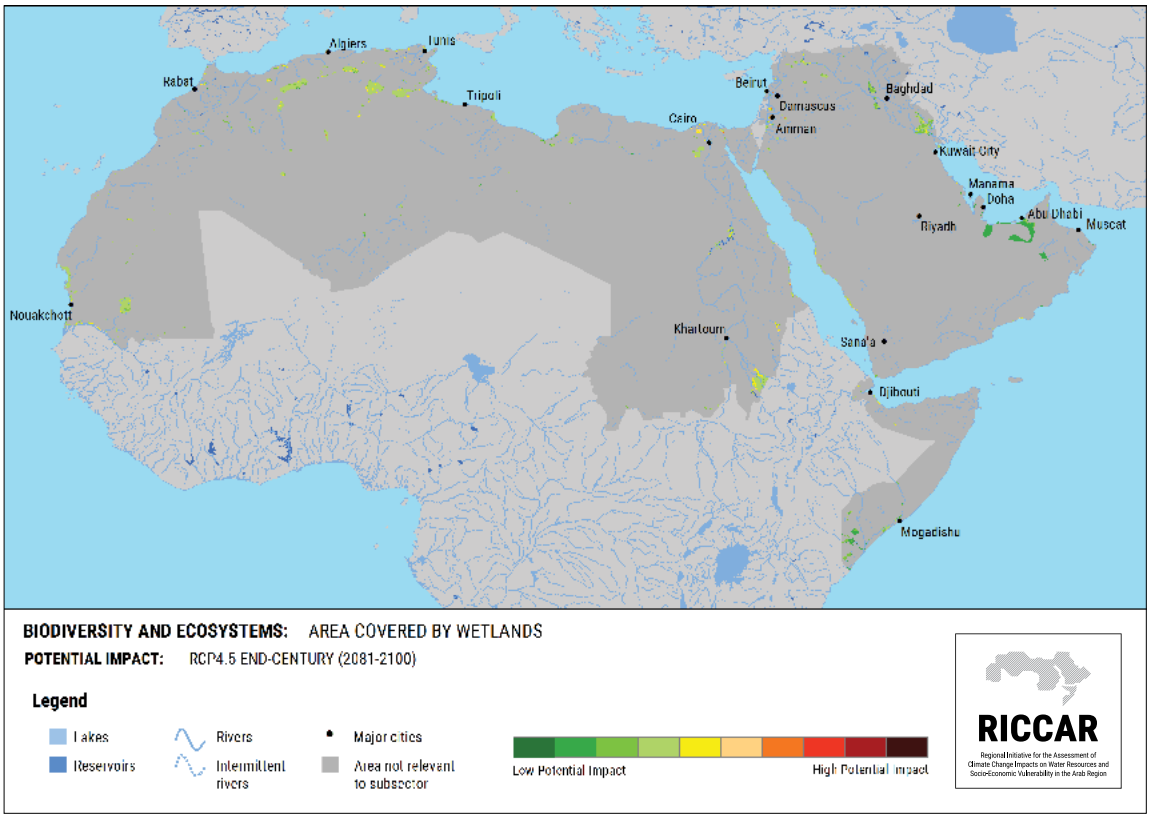
الشكل 136: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



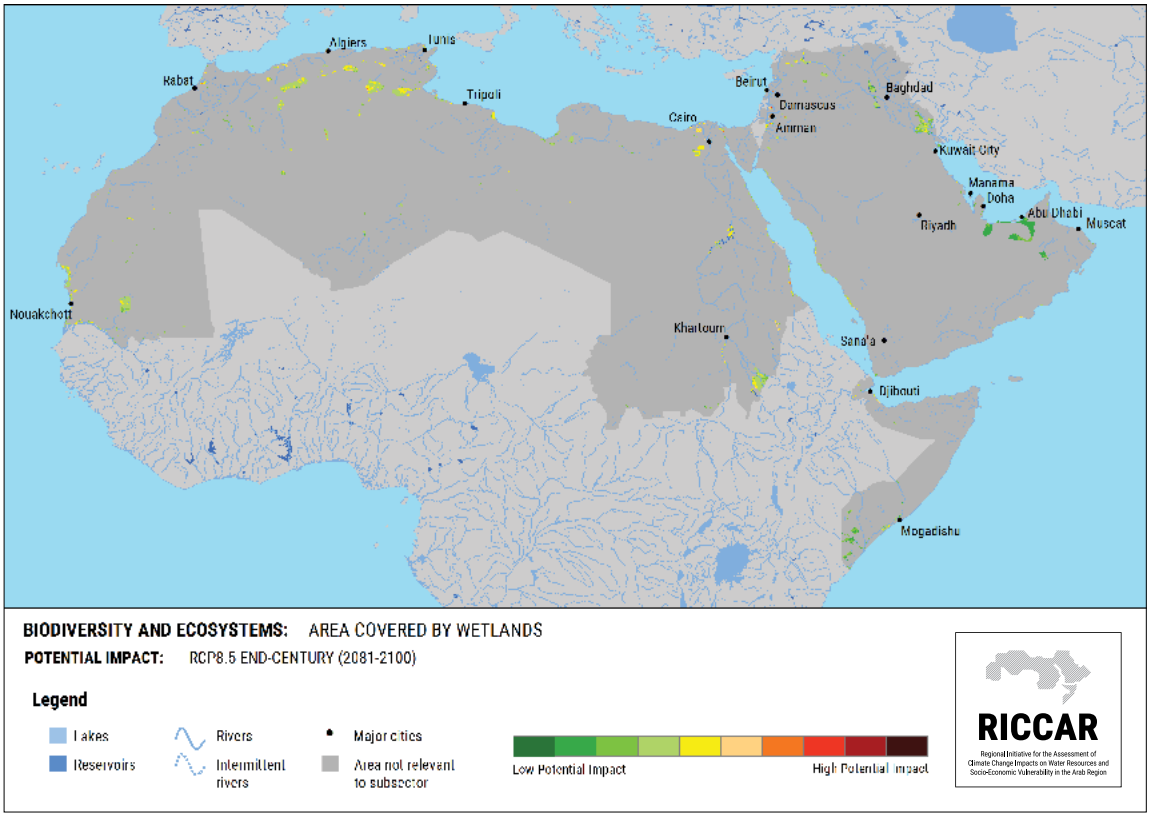
الشكل 137: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 138: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 139: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



10.2.2.2 قابلية التأثر

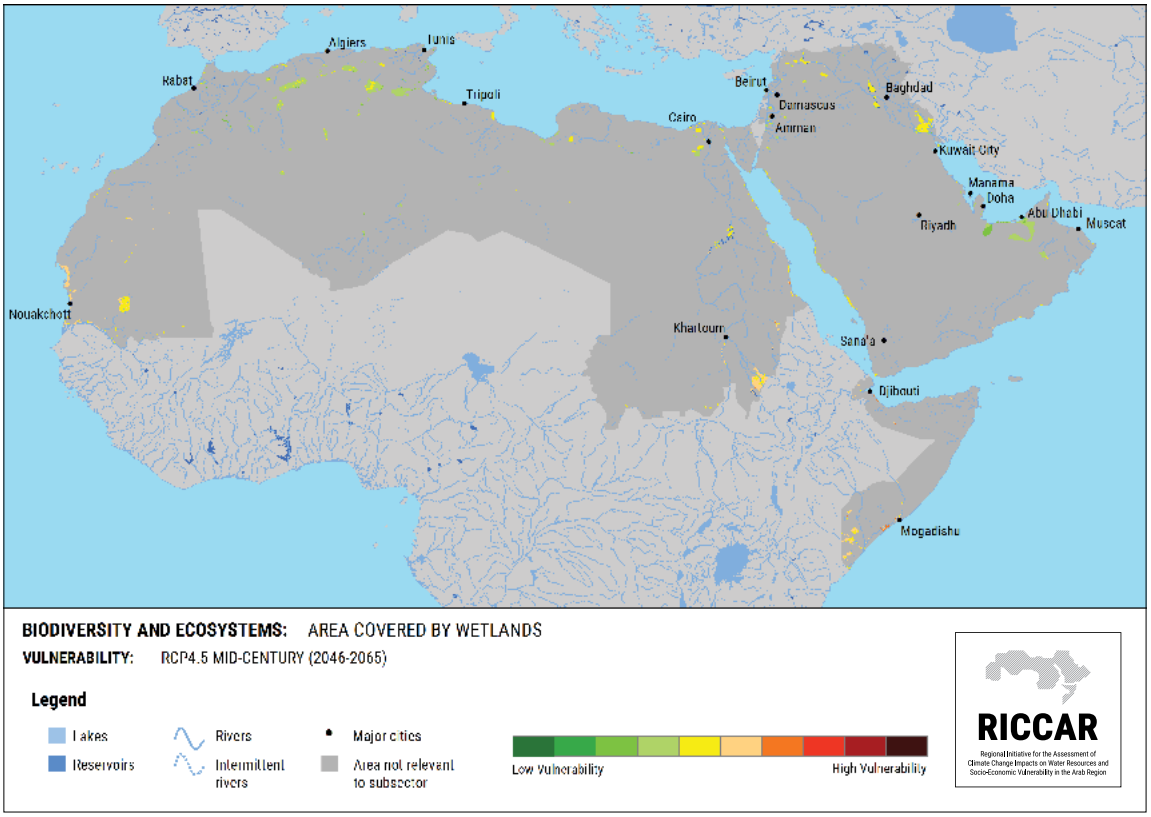
من المسقط لنحو كل الأراضي الرطبة في المنطقة (أكثر من 93 في المائة) أن تشهد قابلية تأثر معتدلة في منتصف القرن ومع نهايته. والمناطق المتبقية مقسومة بين قابلية تأثر منخفضة وقابلية تأثر مرتفعة (الجدول 23). وتُظهر قابلية التأثر علاقة متينة مع الحساسية والقدرة على التكيف، وبالتالي فإن أي تغير في أي منهما يؤثر بشدة في درجة قابلية التأثر. والمناطق الأقل قابلية للتأثر بالنسبة للمنطقة العربية هي عدد من الأراضي الرطبة في منطقة شرقي الأطلس، مثل شطّ الجريد/شطّ الفجاج، وسبخة سيدي الهاني وسبخة الملاح، والأراضي الرطبة في جنوبي المغرب العربي التي تشمل واحة تمنطيط وواحة سيد أحمد تيميمون، وبعض الأراضي الرطبة بالقرب من خليج عدن مثل سبخة ماطي (الأشكال من 140 إلى 143).

هناك العديد من الآليات للحد من قابلية تأثر الأراضي الرطبة: حمايتها والتخفيف من آثار تغيّر المناخ عليها وإعادة تأهيلها وإدارتها. وأحد سبل تحقيق هذه الأهداف هو الاستناد إلى اتفاقية رامسار. وحتى تاريخه، أصبحت معظم بلدان المنطقة العربية أطرافاً متعاقدة فيها، وتغطي المناطق الرطبة الـ 108 التي مُنحت أهمية دولية تغطي مساحة تزيد على 75,000 كلم^2. وأصحاب المصلحة، بالانضمام إلى اتفاقية رامسار، يوافقون على العمل نحو الاستخدام الرشيد للأراضي الرطبة عبر اعتماد السياسات المناسبة والتوعية والإدارة السليمة والتعاون الدولي بشأن الأراضي الرطبة العابرة للحدود.

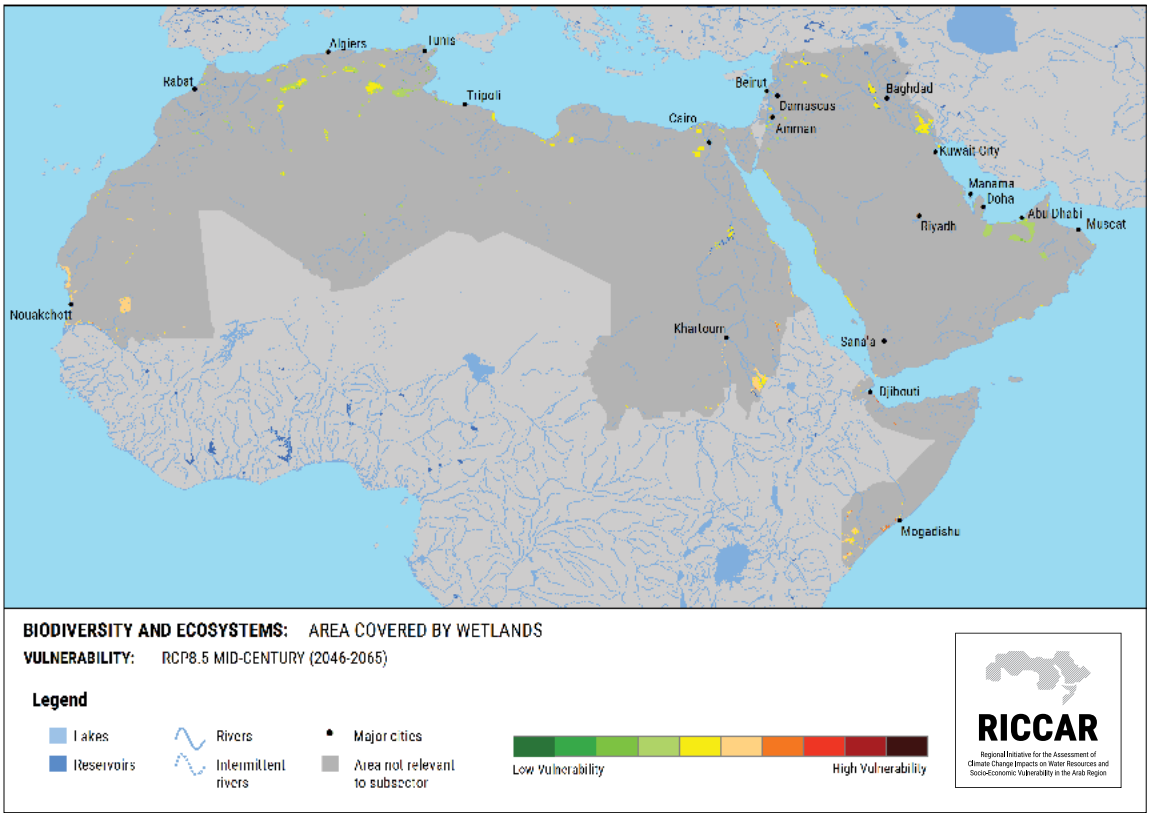
الجدول 23: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المناطق التي تغطيها الأراضي الرطبة

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	5%	94%	1%
منتصف القرن RCP 8.5	1%	97%	2%
نهاية القرن RCP 4.5	6%	93%	1%
نهاية القرن RCP 8.5	1%	97%	2%

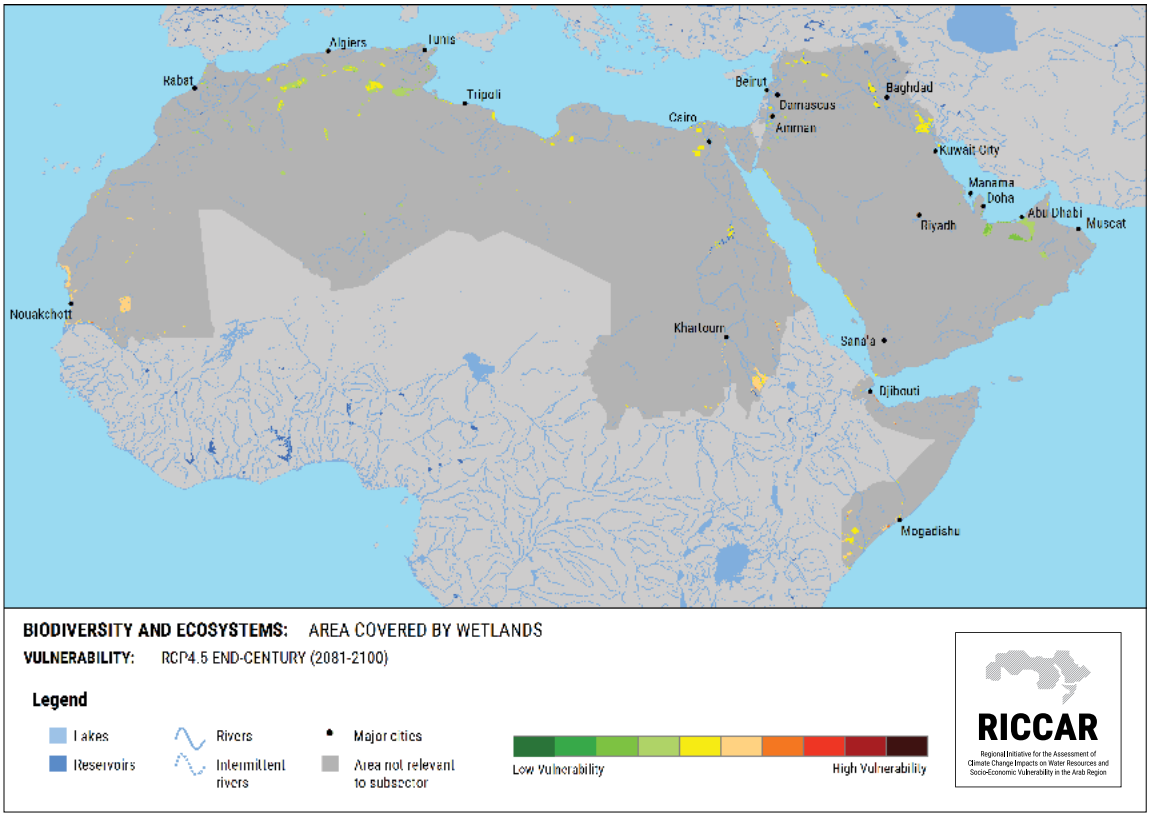
الشكل 140: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



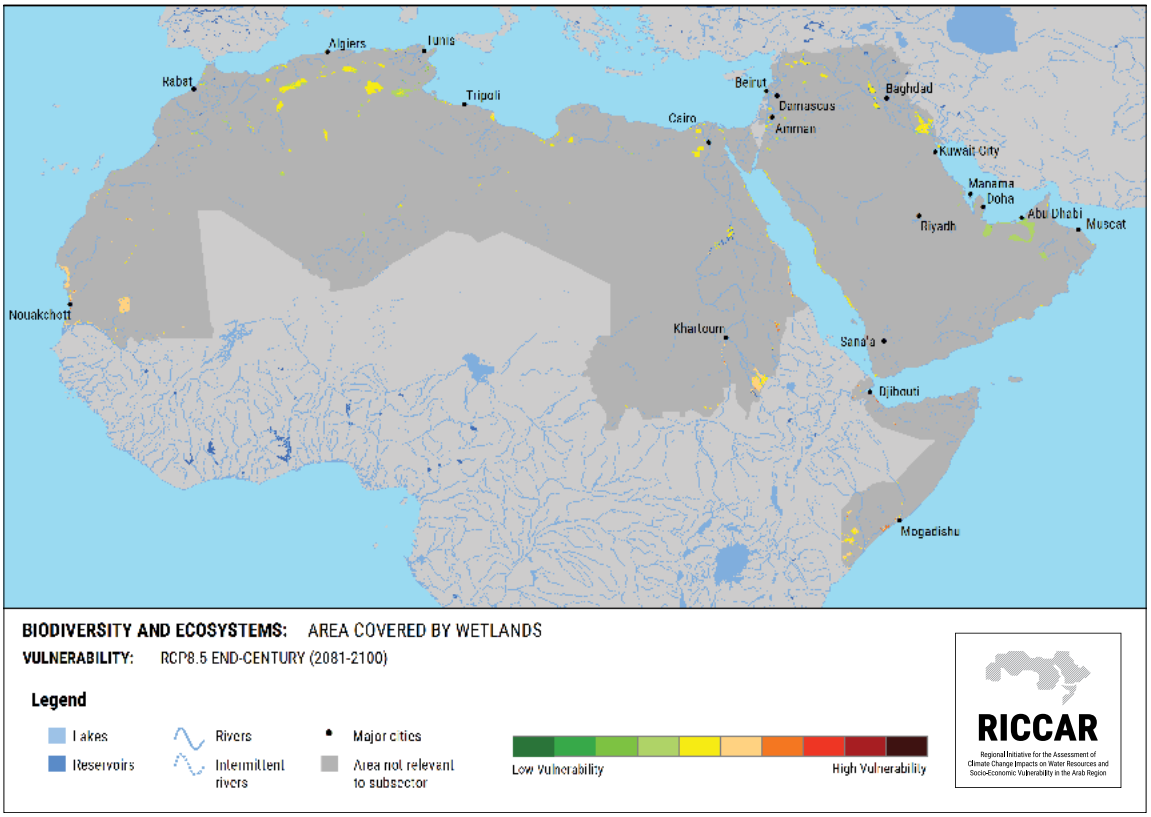
الشكل 141: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 142: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 143: مناطق تغطيها الأراضي الرطبة - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



10.2.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

إن المناطق الشديدة التأثر هي الأراضي الرطبة التي تتميز بأعلى درجات قابلية التأثر المسقطة . ونحو 1 في المائة فقط من الأراضي الرطبة في المنطقة العربية هي مناطق شديدة التأثر. غير أنها تشمل العديد من الأراضي الرطبة في أفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى وبعض الأراضي الرطبة بالقرب من جنوبي البحر الأحمر وخليج عدن. وتشمل المناطق شديدة التأثر للأراضي الرطبة في حوض تندوف منطقة أفطوط الساحلي بموازاة ساحل المحيط الأطلسي ومستنقعات المياه العذبة في وادي نهر السنغال وبحيرة غابو والشبكة المائية لهضبة تاكنت. واختيرت الهضبة في عام 2009 كموقع مشمول باتفاقية رامسار وهي تضم شبكة من الأنهار تنبع من الجبال لتشكل لاك غابو، ومن البحيرات والبرك المؤقتة والينابيع والواحات. وهي، شأنها شأن غيرها من الأراضي الرطبة في المنطقة، تؤدي دوراً حيوياً في حياة أعداد هائلة من النباتات والحيوانات وهي موطن للطيور المهاجرة. لكن هذه الأراضي الرطبة عانت من سوء الإدارة من الناحية الزراعية وإقامة منشآت لاستغلال الموارد المائية وتهديدات أخرى.

إن المناطق الشديدة التأثر للأراضي الرطبة الواقعة في شرقي منطقة الساحل هي مستنقعات المياه العذبة على طول نهر النيل الأبيض، وخزان الرُوصِيْرِص على نهر النيل الأزرق، وخور أبو مهار (أحد روافد النيل الأزرق)، والبحيرات المتقطعة التي يغذيها نهر قاش، والأراضي الرطبة الساحلية للبحر الأحمر. والأراضي الرطبة مثل تلك التابعة للنيل الأزرق عانت من تدهور شديد بسبب استغلال الموارد المائية وترسب الطمي، وقطع الغابات النهرية، والرعي الجائر وعوامل أخرى. وأشجار المنغروف على البحر الأحمر في حالة سيئة للغاية وتتقلص رقعتها: وقد تختفي أيضاً بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر، ولكن هذا الجانب لم يتم تقييمه في سياق ريكار.

تشمل المناطق الشديدة التأثر للأراضي الرطبة في منطقة القرن الإفريقي الأراضي الرطبة المتاخمة لخليج عدن ومستنقعات المياه العذبة في نهر شبيلي ومستنقعات المياه العذبة في نهر جوبا. ونُهب المنغروف الموجود في الأراضي الرطبة الناجمة عن المد من أجل الحطب والأخشاب بحيث لم يتبق منها إلا القليل والأراضي الرطبة تحولت إلى مستنقعات مالحة. والأراضي الرطبة النهرية مهمة للحيوانات البرية المحلية ولكنها تدهورت بسبب الزراعة والطلب على المياه والهجرة. وأخيراً، فإن الأراضي الرطبة الواقعة في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية مثل أراضي تعز الرطبة والمسطحات الطينية في خليج عدن اعتُبرت مناطق شديدة التأثر. وهذه الأراضي الرطبة هي أيضاً موائل الطيور، وتؤدي دوراً حيوياً في حياة الطيور التي تتميز بها المنطقة مثل أبو منجل الأصلع. وهي، على غرار المناطق الشديدة التأثر لأخرى، مهددة بأعمال التنمية وأخطار أخرى.

10.3 قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية: قابلية التأثر الإجمالية

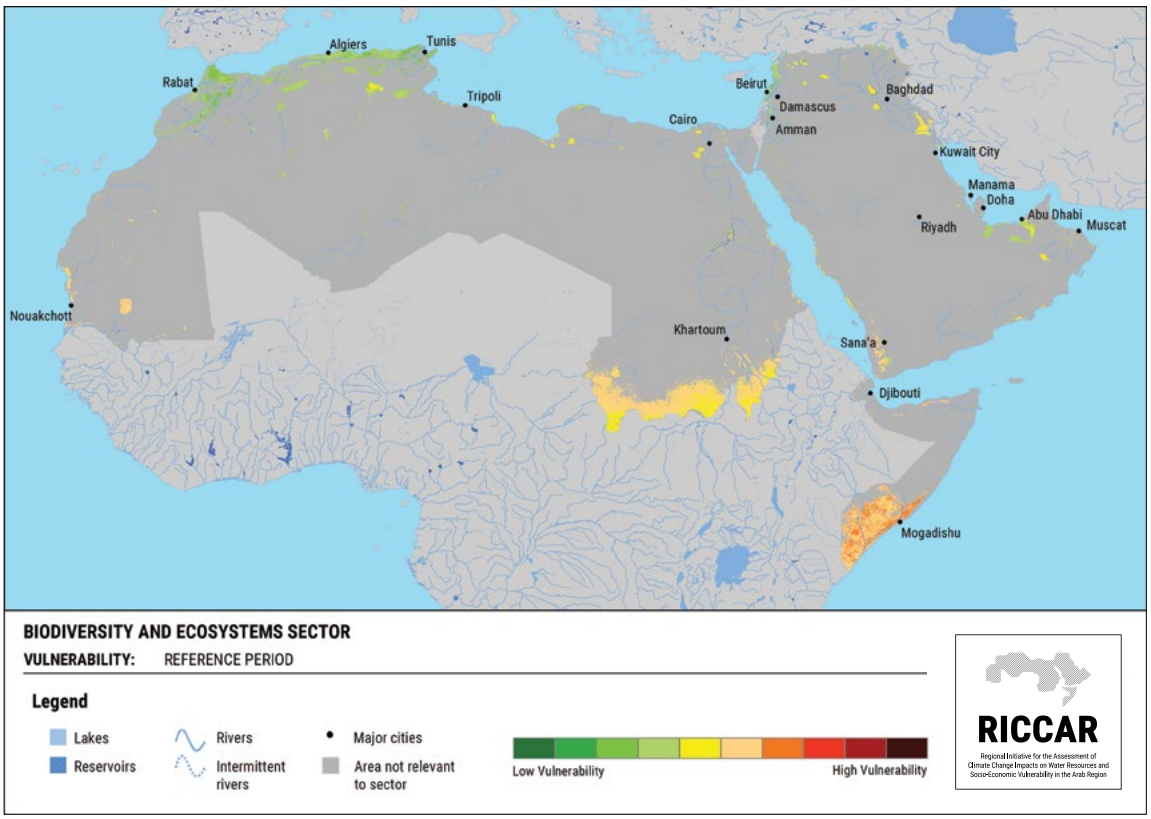
10.3.1 الفترة المرجعية

تمثل قابلية تأثر قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية مجموع قابلية تأثر القطاعات الفرعية للغابات و للأراضي الرطبة على حد سواء. ومعظم المنطقة المشمولة بالدراسة (86 في المائة) تُظهر قابلية تأثر معتدلة، في حين أن 7 في المائة منها تُظهر قابلية تأثر مرتفعة. والمناطق المرتفعة القابلية للتأثر محصورة بجنوبي القرن الإفريقي وتشمل أراضي الشجيرات الاستوائية، فضلاً عن الصحراء الاستوائية. وفي المقابل، فإن المناطق المنخفضة القابلية للتأثر موجودة في شمالي المغرب العربي، وفي نظام غابات إيكولوجي جاف شبه استوائي ونظام جبال شبه استوائي، وفي نظام الغابات الإيكولوجي الجاف شبه الاستوائي في المشرق. ونُظم الأراضي الرطبة محصورة ضمن هذه المناطق (الشكل 144). وعلى الرغم من أن كلا القطاعين الفرعيين يساهمان بالتساوي في قابلية تأثر القطاع، فإن القطاع الفرعي "المناطق المكسوة بالغابات" ترتبط بها على نحو أوثق.



محمية جبل طمون الطبيعية، دولة فلسطين، 2017. المصدر: علاء كنعان.

الشكل 144: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر- الفترة المرجعية



10.3.2 الفترات المستقبلية

10.3.2.1 قابلية التأثر

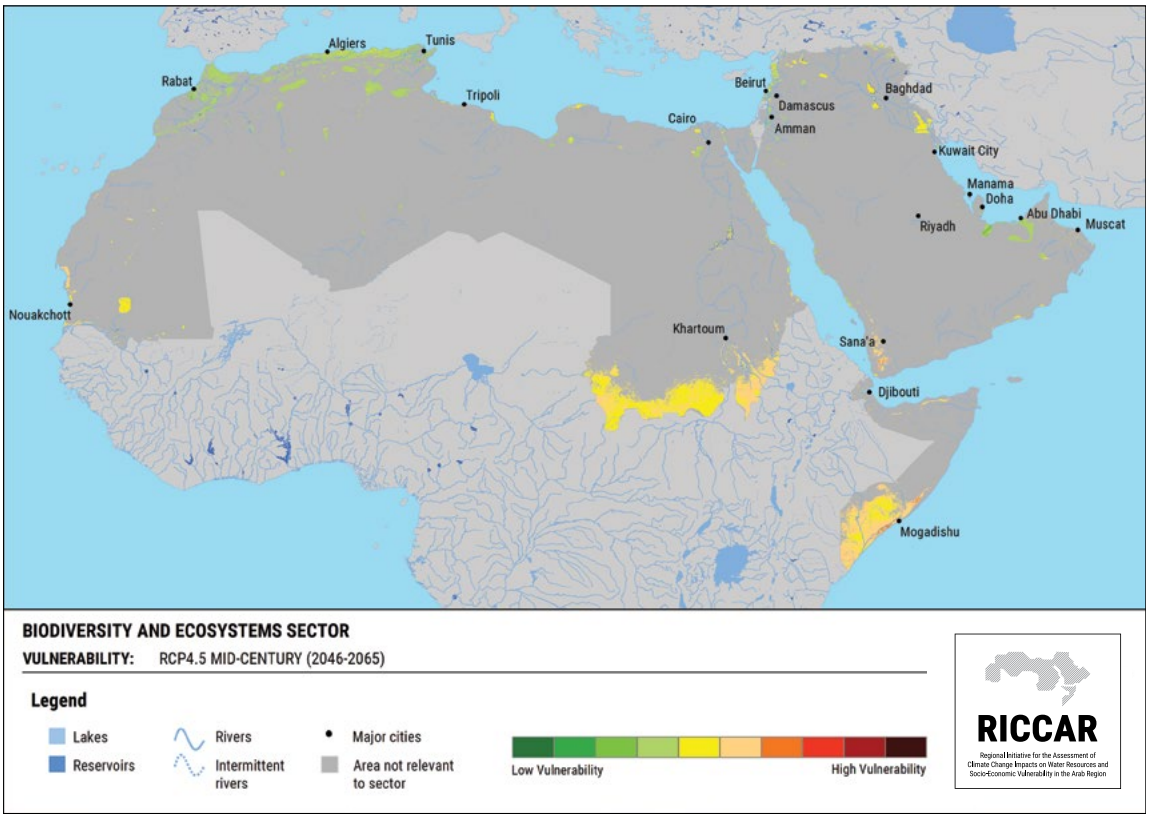
تتعرّض النظم الإيكولوجية لخطر تغيّر الغطاءات الأرضية أو الاندثار بسبب آثار تغيّر المناخ. ومن المسقط أن تظهر المنطقة العربية بأكملها تقريباً (98 في المائة منها على الأقل) قابلية للتأثر معتدلة لكل من فترتي منتصف القرن ونهايته في إطار سيناريوهَي الانبعاثات (الجدول 24). ومع ذلك، وعلى غرار الاتجاهات التي تم الكشف عنها بالنسبة إلى القطاع الفرعي المعنون "مناطق مكسوة بالغابات" والقطاع الفرعي المعنون "مناطق تغطيها الأراضي الرطبة"، تظهر معظم النظم الإيكولوجية داخل المنطقة موضوع الدراسة قابلية للتأثر تتراوح بين ثابتة ومرتفعة في إطار السيناريو RCP 4.5 في الفترة من منتصف القرن إلى نهايته. وتتضمّن الاستثناءات على ذلك منطقتَي الزاوية الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية وجنوبي القرن الأفريقي، اللتين تظهران قابلية للتأثر تتراوح بين ثابتة ومنخفضة. وقد تم الكشف عن اتجاهات مشابهة في إطار السيناريو RCP 8.5، رغم أن بعض المناطق الواقعة شرقي منطقة الساحل الأفريقي تُظهر قابلية للتأثر تتراوح بين ثابتة ومنخفضة، وبعض المناطق الأخرى بما فيها دلتا نهرَي شبيلي وجوبا، تُظهر قابلية للتأثر تتراوح بين ثابتة ومرتفعة (الأشكال من 145 إلى 148).

وعلى غرار الفترة المرجعية، تظهر السيناريوهات المستقبلية ترابطاً قويّاً مع القطاع الفرعي المسمى "مناطق مكسوة بالغابات". ويُتوقع أن يؤدي تعزيز جهود التحريج وإعادة التحريج إلى زيادة التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية في المنطقة ككل.

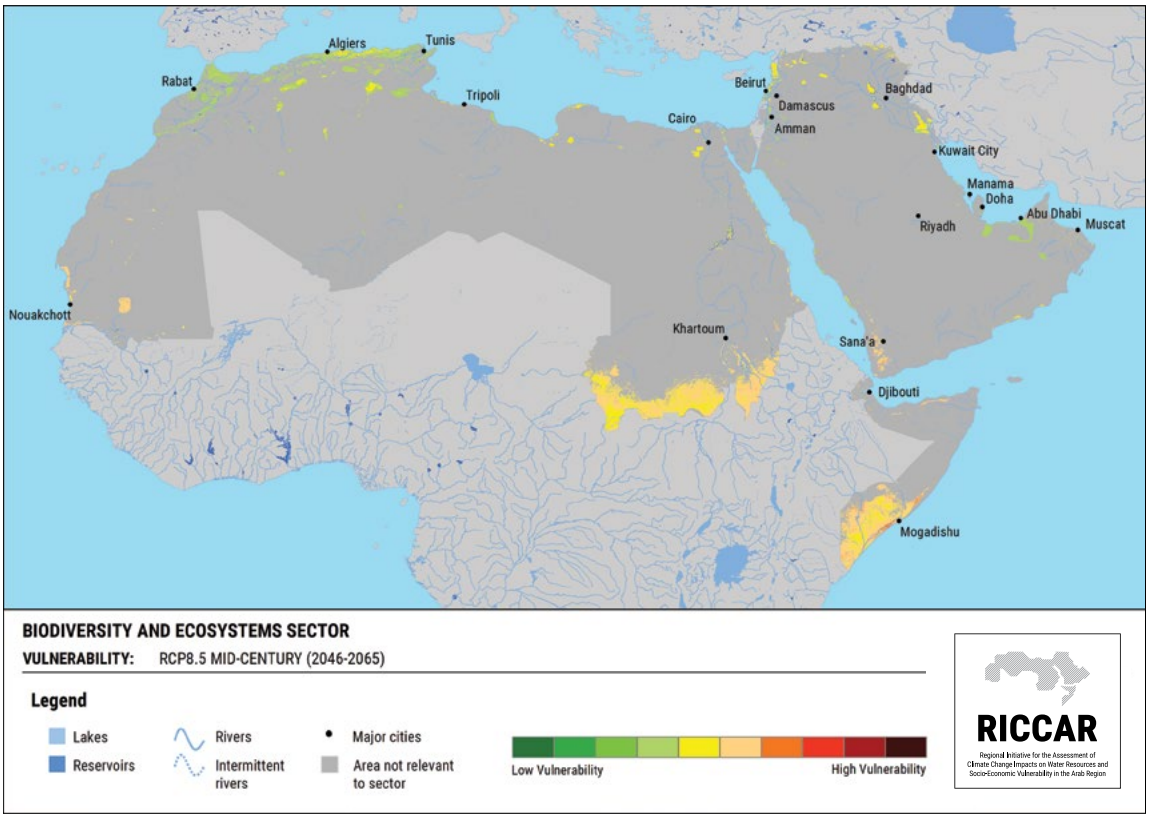
الجدول 24: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	1%	98%	1%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	99%	1%
نهاية القرن RCP 4.5	1%	99%	0%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	98%	2%

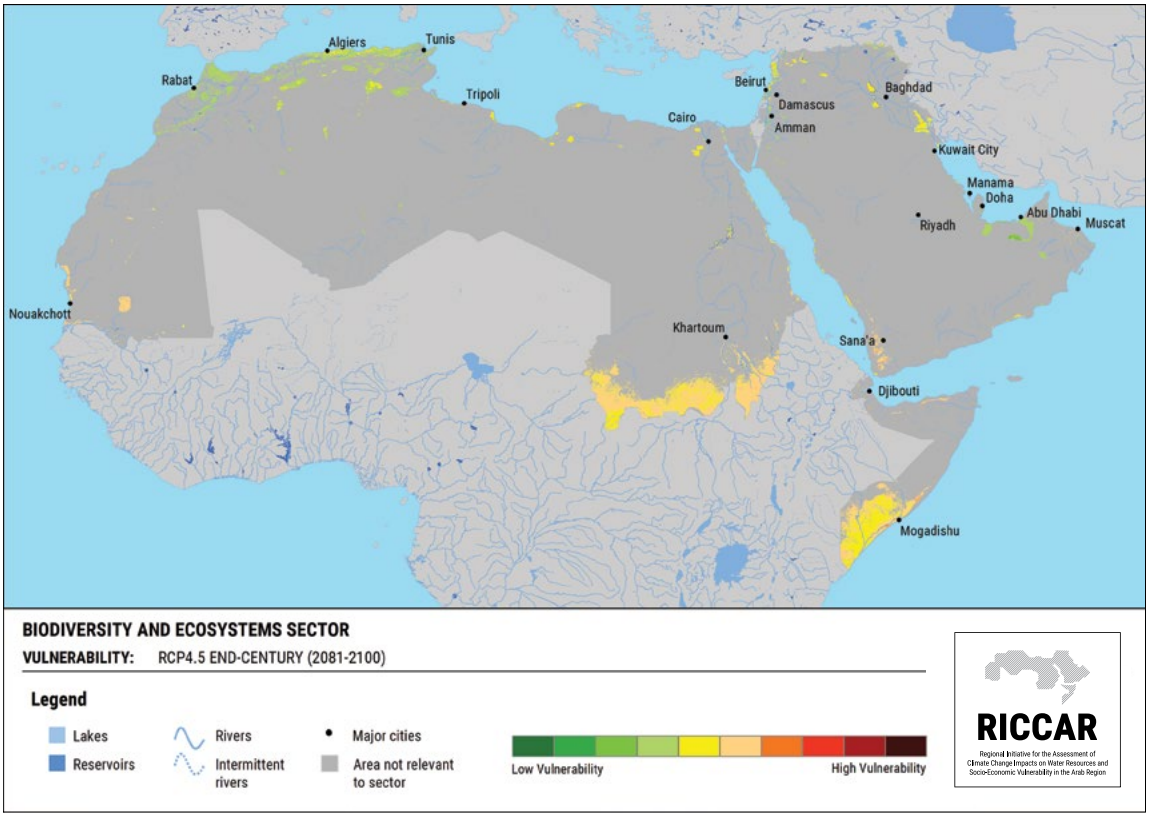
الشكل 145: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 4.5



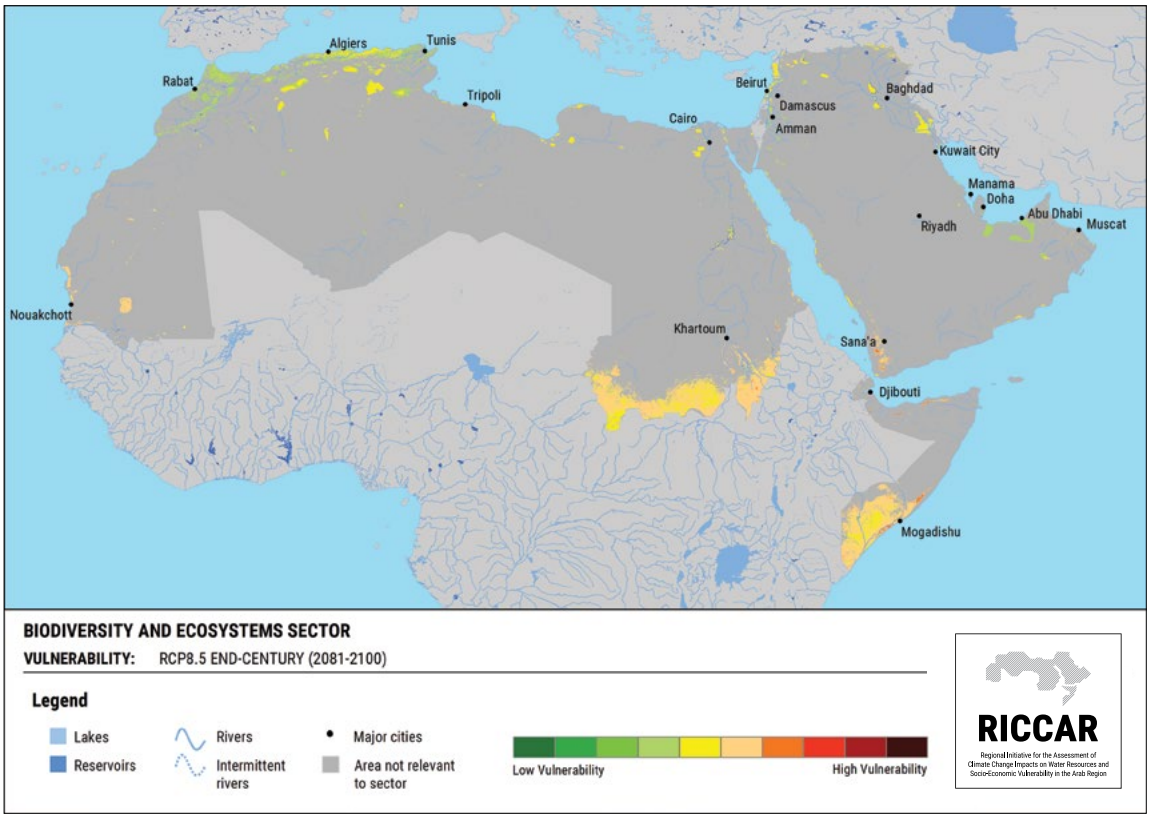
الشكل 146: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 8.5



الشكل 147: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 4.5



الشكل 148: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 8.5



10.3.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

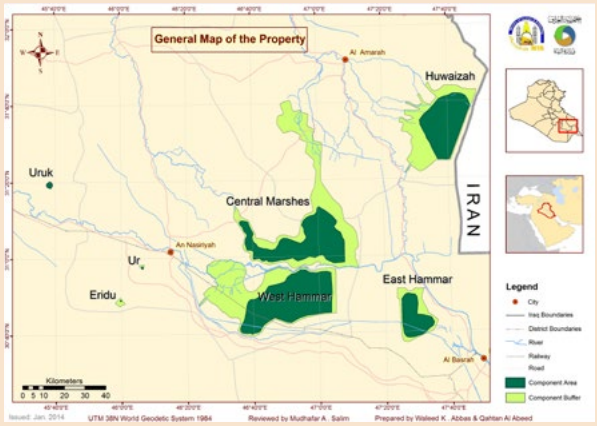
تشتمل المناطق الشديدة التأثر التي تم تحديدها على الغابات والأراضي الرطبة الأكثر قابلية للتأثر في المنطقة العربية، وهي تشكل نسبة 2٪ من مساحة المنطقة موضوع الدراسة. وتتضمّن هذه المناطق النظم الإيكولوجية للغابات والأراضي الرطبة في أفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية.

وعلى وجه الخصوص، تُظهر الأراضي الرطبة في محافظة تعز، والأراضي الرطبة المعرّضة للمد والجزر على طول الساحل الجنوبي لخليج عدن، وغابات جبال جوليس، وبعض أهوار المياه العذبة المختارة في المناطق المشاطئة لِنهرَي جوبا وشبيلي، أعلى مستويات قابلية التأثر على الإطلاق في المنطقة العربية.

الإطار 7: تبعات تغيّر المناخ على أهوار العراق

إن الأهوار العراقية، التي تعتبر أكبر نظام بيئي للأراضي الرطبة في منطقة غربي آسيا متسمة بأهمية بيئية وتاريخية واجتماعية وثقافية، تغطي مساحة تربو على أكثر من 20,000 كلم^2، وتقع في المناطق المحيطة بنقطة التقاء نهري دجلة والفرات (الشكل 149). وهي تمثل نظاماً إيكولوجياً ذا أهمية حيوية للطبيعة والإنسان في المنطقة، إذ إنها تشكل للسكان المحليين موطناً أساسياً ومصدراً لسبل العيش. وهي، باحتضانها تنوعاً بيولوجياً استثنائياً وامتلاكها ثراء ثقافياً هائلاً، كانت تشكل مركزاً دائماً للعديد من أنواع الطيور ومنطلقاً لطيرانها، وموطناً لأسماك المياه العذبة في الخليج[6]. وكانت الأهوار منذ القدم تصفّي النفايات والملوثات الأخرى من نهري دجلة والفرات، فحافظت على نظام بيئي إيكولوجي بكر ومنعت تدهور ساحل الخليج. ومنذ سبعينيات القرن الماضي، تم تجفيف أكثر من 90 في المائة من منطقة الأهوار الأصلية بتنفيذ أعمال شملت إقامة السدود في منابع النهرين والتصريف الدائم والتنقيب عن النفط. ونتيجة لذلك وبحلول عام 2000، كل ما كان قد تبقى من الأهوار هو هور الحويزة على الحدود الجنوبية مع جمهورية إيران الإسلامية، مما جعل المنطقة شديدة القابلية للتأثر إزاء الجفاف وتغيّر المناخ والعواصف الرملية والترابية. ومنذ عام 2003، بذل عدد من المنظمات جهوداً لإعادة الأهوار على ما كانت عليه.

الشكل 149: خريطة للأهوار العراقية تُبرز المناطق الرئيسية الأربع



المصدر: Ministry of Environment, Republic of Iraq, in UNESCO, 2016a.

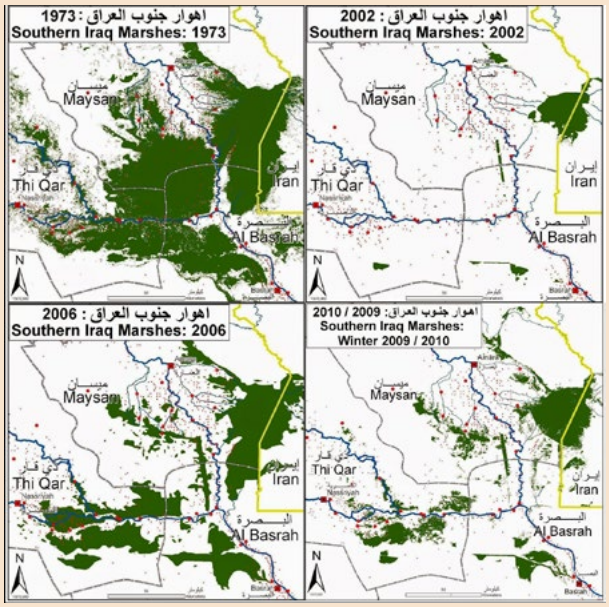
تقع الأجزاء العليا من نهري الفرات ودجلة على ارتفاعات عالية وتتلقى معدل تساقطات هاماً في أشهر الشتاء على شكل ثلوج توفر نسبة 88 في المائة تقريباً من الجريان السطحي عند ذوبانها في فصل الربيع، ليتدفق نزولاً وصولاً إلى الخليج من خلال النهرين وروافدهما[7]. وفي الآونة الأخيرة، تقلصت كمية المياه الداخلة إلى الأهوار نتيجة لتغيّر أنماط المناخ وللأنشطة البشرية.

ويشكل تغيّر المناخ أحد التحديات الرئيسية التي تواجهها حالياً الأهوار العراقية. إذ تُظهر نتائج النمذجة المناخية الإقليمية في سياق ريكار زيادة مُسقطة في درجات الحرارة في هذه المنطقة مع نهاية القرن. وتشير اسقاطات دراسات عديدة أيضاً إلى انخفاض مستويات التساقطات في أعلى نهري دجلة والفرات مما سيقلص في النهاية كمية المياه المتجهة منهما إلى الأهوار[8]. ومن المتوقع أن ينخفض تدفق المياه بحلول عام 2025 بما يتجاوز 50 في المائة في نهر الفرات و25 في المائة في نهر دجلة[9]. وهناك أيضاً أدلة على أن التصحر يتسع نطاقاً بسرعة، مما يجعل العواصف الترابية أكثر تواتراً وكثافة، ويطيل فترات الجفاف ويُحدث موجات حرارية غير مسبوقة مع تجاوز الحرارة 50 درجة مئوية في أشهر الصيف[10].

ولهذه الظواهر مجتمعةً تداعيات هائلة على توفر المياه وعلى نوعيتها، وتسبب إجهاداً إضافياً للتنوع البيولوجي، لا سيما في منطقة الأهوار. فأفيد، على سبيل المثال، بانخفاض حاد في عدد الثدييات الهامة واختفائها، مثل الخنازير البرية وجواميس الماء. ويمكن أن تختفي إلى الأبد أجناس من الحيوانات ذات الأهمية الفائقة إيكولوجياً واقتصادياً وثقافياً، ولا سيما 18 نوعاً من الأسماك المهددة بالانقراض عالمياً والثدييات والحشرات الموجودة في الأهوار[11].

وتأتي الأنشطة البشرية لتزيد تبعات المناخ. فأدت سلسلة من السدود الكبرى على نهري دجلة والفرات وخطط تحويل مياههما

الشكل 150: التغير الذي شهدته مساحة الأهوار الجنوبية في الفترة من عام 1973 إلى عام 2010



المصدر: CIMI, 2010 in Harhash et al., 2015.



الأهوار العراقية، 2017. المصدر: قحطان عبيد.

وعمليات التنقيب عن النفط في منطقتهما في البلدان المجاورة (تركيا وجمهورية إيران الإسلامية والجمهورية العربية السورية) إلى تغيير حاد في الدورة الهيدرولوجية عبر تقليص كمية المياه التي تدخل إلى الأهوار، إلى جانب تغيير نمط جريان المياه بحسب الفصول خلال موسم الأمطار[12]. وتسببت إقامة هذه السدود أيضاً بنقل السكان المحليين المتضررين من انخفاض تدفق إلى أماكن أخرى وبنزوحهم عن ديارهم.



الأهوار العراقية، 2017. المصدر: قحطان عبيد.

وإلى جانب تجفيف الأهوار، لوحظت أضرار إيكولوجية واسعة النطاق فيها، فاشتد تدهورها وتأثر سلباً وإلى حد بعيد تنوعها البيولوجي وسبل رزق سكانها.

وفي سياق جهود إعادة تأهيلها وإعادتها إلى حالتها الأصلية، نُفذ مشاريع عديدة لتحويل المياه إلى الأهوار كنماذج على الأنشطة التي تحاول المساهمة في التغيير الإيجابي[13]. وفي عام 2003، تبين للحكومة العراقية أنه يلزم ومن المهم إعادة تأهيل الأهوار بدعم من عدد من المنظمات الوطنية والدولية، فأُعيدت نسبة 45 في المائة تقريباً من الأهوار إلى حالتها الأصلية (الشكل 150)[14]. وفي عام 2009، أطلق برنامج الأمم المتحدة للبيئة واليونسكو المشروع المشترك لإدارة الموارد الطبيعية والثقافية في الأهوار العراقية من أجل وضع وتنفيذ إطار طويل الأجل لإدارتها بشكل مستدام أدى إلى إدراج أهوار العراق في قائمة اليونسكو للتراث العالمي في الدورة الأربعين للجنة التراث العالمي في تموز/يوليو 2016 [16].

وأعقب ذلك ترشيح متتال لثلاث مدن تعود للحقبة السومرية في بلاد ما بين النهرين (أور وأوروك وإريدو) ومن ثم أربعة أهوار لإدراجها في قائمة التراث العالمي. وهذا الاعتراف يجسد الأهمية التاريخية والبيئية للموقع وضرورة رسم خطة صلبة لإدارة المنطقة تجمع بين خصائصها الثقافية والتاريخية والطبيعية. ومبادرة برنامج الأمم المتحدة للبيئة واليونسكو تهدف إلى توجيه ودعم أصحاب المصلحة العراقيين لتنفيذ خطة للحفاظ عليها وإدارتها بشكل مستدام في سبيل التخفيف من التداعيات المعقدة التي يخلفها تغيّر المناخ على التنوع البيولوجي والموارد المائية، والإفراط في استغلال الموارد الطبيعية، فضلاً عن التلوث والجفاف والعواصف الرملية والترابية، وبناء السدود في مناطق منابع النهرين.

وترمي خطة الإدارة أيضاً إلى بناء القدرات ورفع مستوى الوعي في أوساط السكان المحليين لصون سبل عيشهم وتشجيعهم على المشاركة في إدارة الأهوار والاستخدام المستدام لخدمات النظام الإيكولوجي والمعارف المتوارثة التي تعود إلى 5,000 سنة خلت.

الحواشي

1. UNEP, 2013.
2. Hansen et al., 2013.
3. المرجع نفسه.
4. Ramsar Convention Secretariat, 2010.
5. Blankespoor et al., 2014.
6. United Nations Integrated Water Task Force for Iraq, 2011.
7. Ministry of Health and Environment in Iraq, 2014.
8. المرجع نفسه.
9. United Nations Integrated Water Task Force for Iraq, 2011.
10. Harhash et al., 2015.
11. United Nations Integrated Water Task Force for Iraq, 2011.
12. Harhash et al., 2015.
13. المرجع نفسه.
14. United Nations Integrated Water Task Force for Iraq, 2011.
15. UNESCO, 2016b.

المراجع

Blankespoor, B., Dasgupta, S. and Laplante, B. 2014. Sea-Level Rise and Coastal Wetlands. *AMBIO*, 4(43): p. 996–1005.

CIMI (Canada-Iraq Marshlands Initiative). 2010. Atlas of the Iraqi Marshes. Victoria, B.C.

ESCWA, ACSAD and GIZ (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2017. Integrated Vulnerability Assessment: Arab Regional Application. *RICCAR Technical Note*. Published by United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.2.

Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., et al. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. In *Science 342 (15 November): 850–853*. Published by University of Maryland Department of Geographical Sciences. Available at: http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest.

Harhash, K. A., Chatelard, G., el-Masri, S. and Palumbo, G. 2015. Consolidated Management Plan of the Ahwar of Southern Iraq: Refuge of Biodiversity and Relict Landscape of the Mesopotamian Cities. Published by UNEP, UNESCO and IUCN.

Ministry of Health and Environment in Iraq. 2014. Iraq Initial Communication to the UNFCCC.
Original Title: إتفاقية الأمم المتحدة الاطارية بشأن تغيير المناخ: البلاغ الوطني الأول
Available at: http://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/application/zip/irqnc1.zip.

Ramsar Convention Secretariat. 2010. Handbook 1: Wise Use of Wetlands. *In Ramsar Handbooks for the Wise use of Wetlands, 4th edition*. Gland, Switzerland. Available at: http://archive.ramsar.org/cda/en/ramsar-pubs-handbooks/main/ramsar/1-30-33_4000_0.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2013. Arab Region Atlas of Our Changing Environment. Available at: https://na.unep.net/atlas/viewAtlasBookWithID.php?atlasID=2447.

UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2016a. The Ahwar of Southern Iraq: Refuge of Biodiversity and the Relict Landscape of the Mesopotamian Cities - Maps of the Inscribed Property. In *UNESCO World Heritage Convention*. Available at: http://whc.unesco.org/fr/documents/142356.

UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2016b. Decision 40 COM 8B.16: Examination of Nominations of Mixed Properties to the World Heritage List. In *40th Session of the World Heritage Committee*. Available at: http://whc.unesco.org/en/decisions/6794.

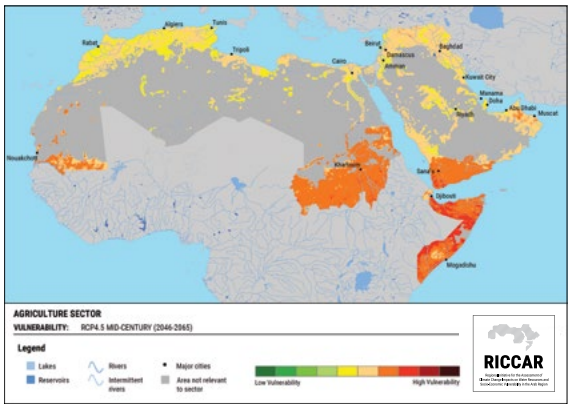
United Nations Integrated Water Task Force for Iraq. 2011. Managing Change in the Marshlands: Iraq's Critical Challenge. In United Nations White Paper, Report of the *United Nations Integrated Water Task Force for Iraq*. Available at: http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Iraq/pdf/Publications/Managing%20Change%20in%20the%20Marshlands%20-%20English.pdf.

قطاع الزراعة

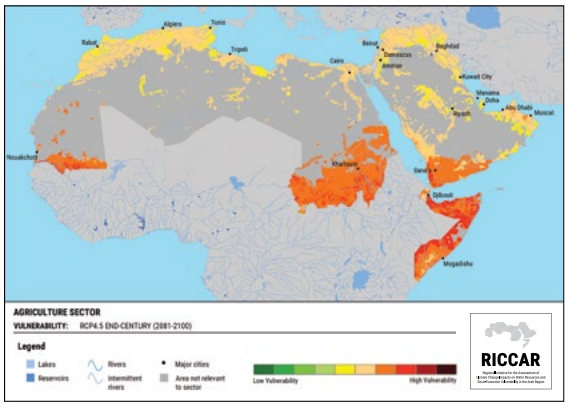
قابلية التأثر الإجمالية

RCP 4.5

2046-2065

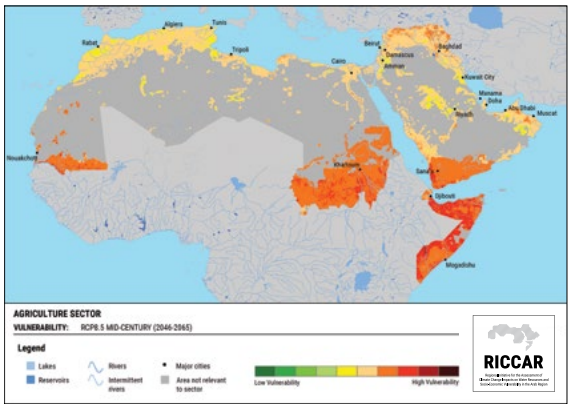


2081-2100

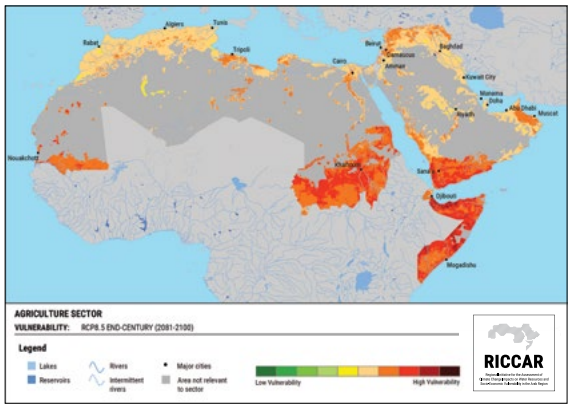


RCP 8.5

2046-2065



2081-2100



الفصل الحادي عشر

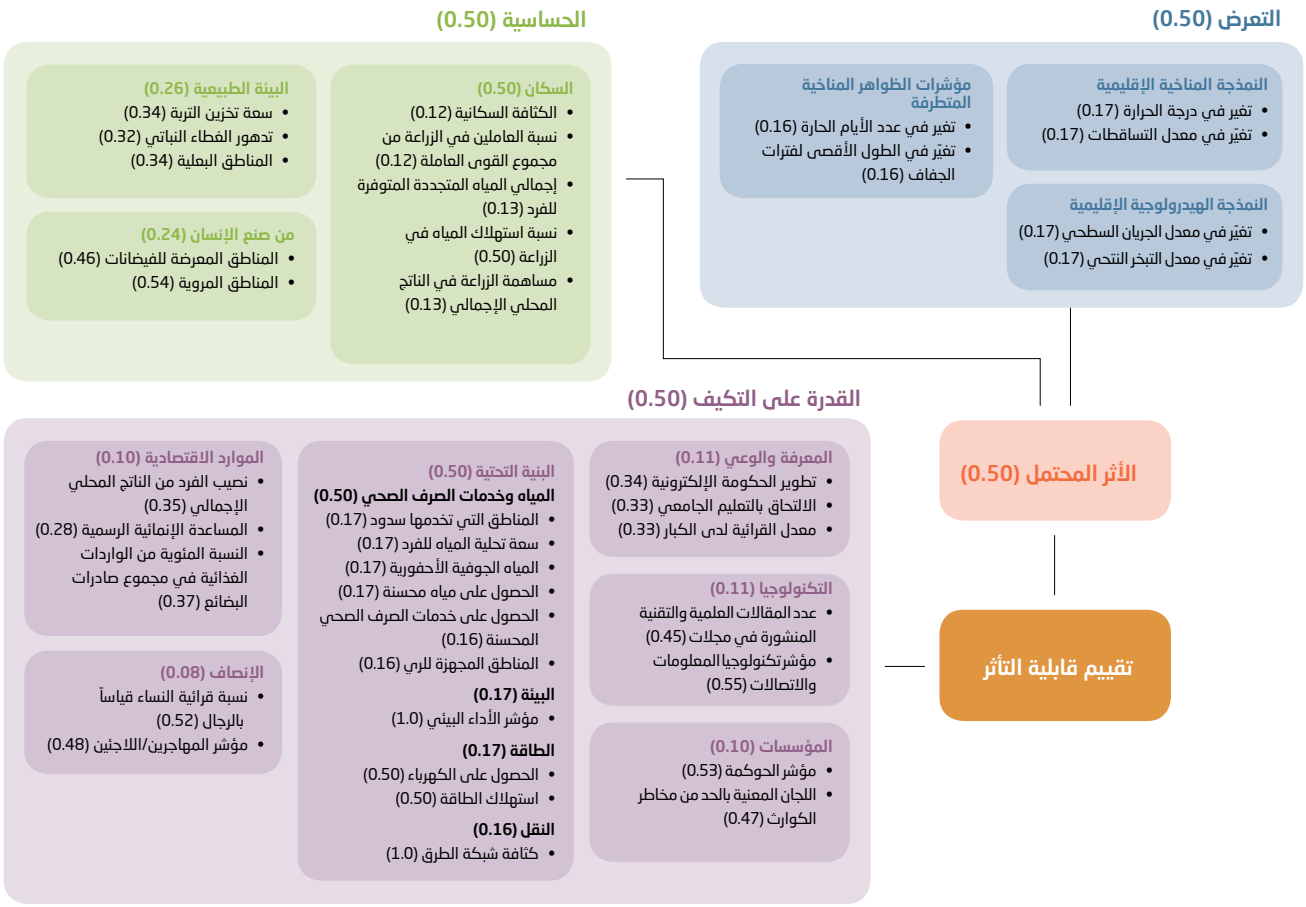
قطاع الزراعة - قابلية التأثر

يـؤدي قطـاع الزراعـة دوراً مهمـاً فـي معظـم اقتصـادات المنطقـة العربيـة، وهـو أيضـاً أكبـر مسـتهلك للميـاه العذبـة، إذ يسـتهلك مـا يربـو علـى 80 فـي المائـة مـن الميـاه المسـتخدمة الاجماليـة. وتتطلـب محاصيـل معينـة مثـل القمـح والشـعير والـذرة الرفيعـة (السـرغم) مـا يقـدر بـ 1,000 إلـى 3,800 م^3 مـن الميـاه لـكل طـن مـن المنتجـات المحصـودة[1]. وأظهـرت الأبحـاث أن المواشـي تحتـاج إلـى كميـات أكبـر بكثيـر مـن ذلـك بسـبب الأعـلاف والرعـي والطلـب المباشـر علـى الميـاه؛ وأكثرهـا حاجـة إليهـا هـي الأبقـار الحلـوب: مـا يقدر بـ 89,000 إلـى 160,000 م^3/لـكل طن طيلـة حيـاة الحيوان[2]. وقطـاع الزراعـة - لاعتمـاده بشـدة على المياه والتربة الخصبة - وهمـا مـوردان طبيعيـان شـحيحان في المنطقة - معرض أكثـر مـن غيـره لأضـرار تغيّـر المنـاخ. ولـذا اختير لإدراجـه فـي إطـار تقييـم قابليـة التأثـر، مـع التركيـز بشـكل خـاص علـى الآثـار المحتملـة للتغيـر فـي الميـاه المتوفـرة لـريّ المحاصيـل الزراعيـة وللتغيـر فـي الميـاه المتوفـرة لإرواء المواشـي، والـذي تُعـرض نتائجـه فـي الأجـزاء التاليـة. وحُـددت المناطـق المشـمولة بالدراسـة للقطاعيـن الفرعييـن اسـتناداً إلـى مؤشـرات مختـارة. وبالنسـبة للميـاه المتوفـرة لـريّ المحاصيـل الزراعيـة، أُخـذت المناطـق الزراعيـة البعليـة وتلـك المرويـة علـى حـد سـواء فـي الاعتبـار. وفـي هـذا السـياق، إذا كان جـزء علـى الأقـل مـن خليـة مـا مـن الشـبكة تمثـل أرضـاً زراعيـة، فـإن الخليـة بأكملهـا تعتبـر جـزءاً مـن المنطقـة المشـمولة بالدراسـة. وبالنسـبة للقطـاع الفرعـي "الميـاه المتوفـرة لإرواء المواشـي"، اختيـرت المنطقـة المشـمولة بالدراسـة اسـتناداً إلـى كثافـة المواشـي التـي تزيـد علـى 10 رؤوس لـكل كلم^2. والميـاه المتوفـرة لـريّ المحاصيـل الزراعيـة تمثل 22 فـي المائـة مـن ميـاه المنطقـة العربيـة وتلـك المتوفـرة لإرواء المواشـي تمثـل 33 فـي المائـة منهـا. والمنطقـة المشـمولة بالدراسـة ذات الصلـة بقطـاع الزراعـة تمثـل مناطـق القطاعيـن الفرعييـن مجتمعـة وهـي كثيـراً مـا تتداخـل وتشـمل 37 فـي المائـة مـن المنطقـة العربيـة.

11.1 المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية

الشكل 151 يبين سلسلة الأثر بالنسبة لهذا القطاع، عارضاً مجموعة المؤشرات التي أُخذت في الاعتبار للتحليل والترجيحات المرتبطة بها.

الشكل 151: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية



11.1.1 الفترة المرجعية

11.1.1.1 الأثر المحتمل

يمثل الأثر المحتمل مجموع نتائج التعرض والحساسية. وفيما يتعلق بالتعرض، يرتبط التغير في كمية المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية بالجفاف الذي يُعزى في الغالب إلى الظواهر الجوية، وبالتحديد على التغير في أنماط التساقطات. واختيرت ستة مؤشرات مختلفة للتعرض، من بينها التساقطات (انظر الشكل 151).

وبالنسبة للفترة المرجعية، يتأثر مؤشر التعرض في المقام الأول بدرجة الحرارة وعدد الأيام الحارة (SU35). والحرارة المرتفعة تسرّع عجلة تبخر مياه التربة، لا سيما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث لا تغطي المزروعات الأراضي كلها. وبالنسبة للفترة المرجعية، تُعتبر نسبة 19 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة منخفضة التعرض، و38 في المائة منها معتدلة التعرض، و43 في المائة منها مرتفعة التعرض. والمناطق الأعلى تعرضاً هي جنوبي حوض تندوف ووادي النيل بالقرب من الخرطوم، ومواقع معينة قريبة من ساحل البحر الأحمر وأخرى قريبة من ساحل الخليج.

و في هذا السياق تحدَّد الحساسية بالسطوح المائية الأخرى ونوع التربة واستخدام الأراضي وممارسات الري. واختيرت في إطار ريكار 10 مؤشرات مختلفة للحساسية أُعطي فيها الترجيح الأعلى إلى مؤشر استهلاك المياه في الزراعة، وهو مؤشر يستند إلى الإحصاءات السكانية. وقطاع الزراعة هو أكبر مستهلك للمياه، إذ إنه يستخدم 84 في المائة من إجمالي المياه المتوفرة في المنطقة العربية وأكثر من 90 في المائة في بعض البلدان[3]. ولم تُعتبَر كمية المحاصيل ولا خسائر الحصاد جزءاً من هذه الدراسة بسبب انعدام البيانات على نطاق المنطقة.

وتشير النتائج إلى أن غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (84 في المائة) تُظهر حساسية معتدلة، في حين أن 9 في المائة منها تُظهر حساسية عالية. والمنطقة الأعلى حساسية هي الجزء الأسفل من وادي النيل ودلتا النيل. والمناطق الأخرى المتوسطة إلى العالية الحساسية موزعة في جميع أنحاء المنطقة المشمولة بالدراسة. وتبين الحساسية ارتباطاً متيناً مع مؤشر المناطق المعرضة للفيضانات؛ ويمكن أن تكون الفيضانات البسيطة مفيدة للمزروعات لأنها توفر المياه. وترتبط الحساسية أيضاً إلى حد ما بالمناطق المروية بالمياه والكثافة السكانية.

غير أنه يتبين، على الرغم من إعطاء نسبة استهلاك المياه الترجيح العالي في مؤشر الزارعة، أنها ترتبط على نحو ضعيف بالحساسية، ويرجع ذلك جزئياً إلى أن المؤشر متاح فقط على الصعيد الوطني والحساسية المركبة تكون على الصعيد دون الوطني.

والأثر المحتمل يعني التأثير في نظام يفترض أنه لا تنفَّذ فيه أي تدابير للتكيف مع تغيّر المناخ. مما يشير في هذه الحال إلى المناطق التي، على الأغلب، ستتدنى فيها كمية المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية . وتُظهر غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (86 في المائة) أثراً محتمل معتدل، في حين أن نسبة 9 في المائة تُظهر أثراً محتمل مرتفع (الشكل 152).

ويُظهر وادي النيل كله أثراً محتمل مرتفع في الفترة المرجعية، وينسحب ذلك على الجزء الأعظم من منطقة الساحل الأفريقي، وشرقي ساحل البحر الأحمر، ونهري جوبا وشبيلي في القرن الأفريقي، ومناطق معينة في الصحراء العربية، والجزء الأدنى من حوض دجلة والفرات.

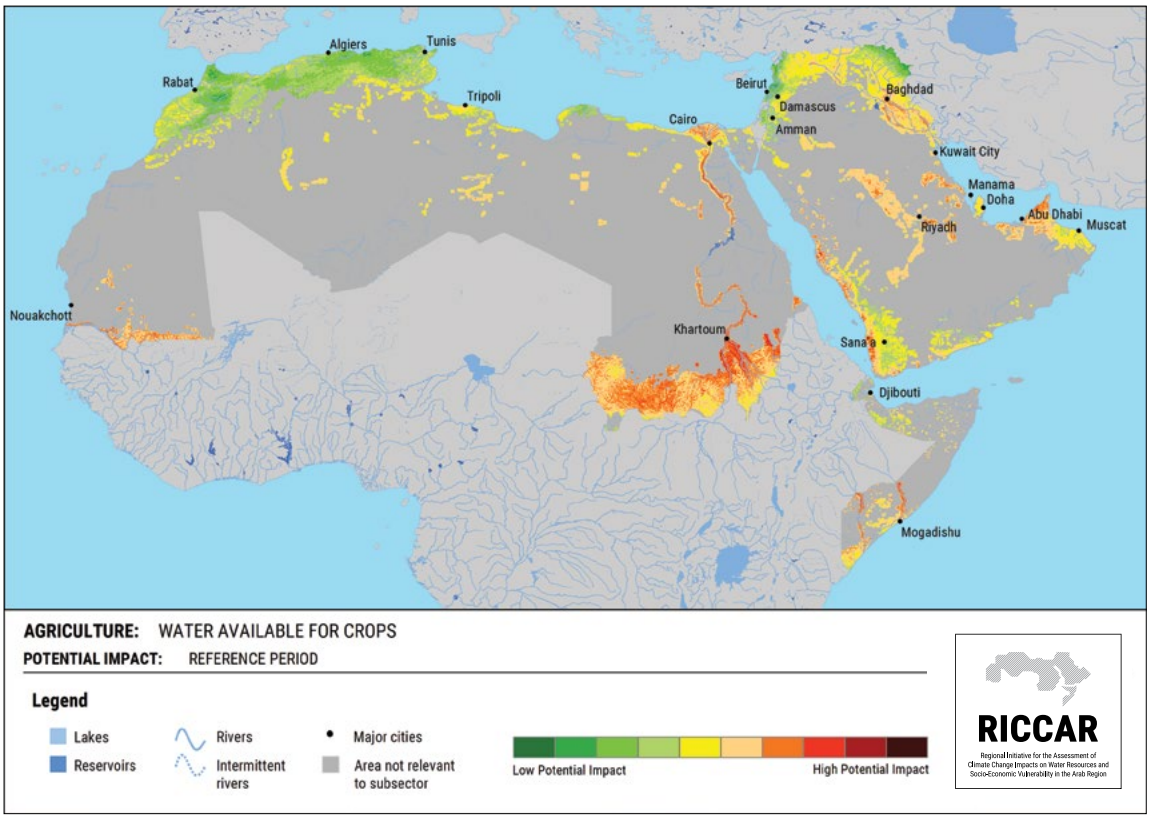
11.1.1.2 القدرة على التكيف

تعكس القدرة على التكيف الإمكانية الحالية لنظام ما للتكيف مع تغيّر المناخ (التقلبات والظواهر المناخية المتطرفة)، وتقليل أضراره المحتملة واستغلال الحلول المحتملة. واختيرت المؤشرات ذات الصلة استناداً إلى الأبعاد الستة، مع التركيز على البنية التحتية المائية.

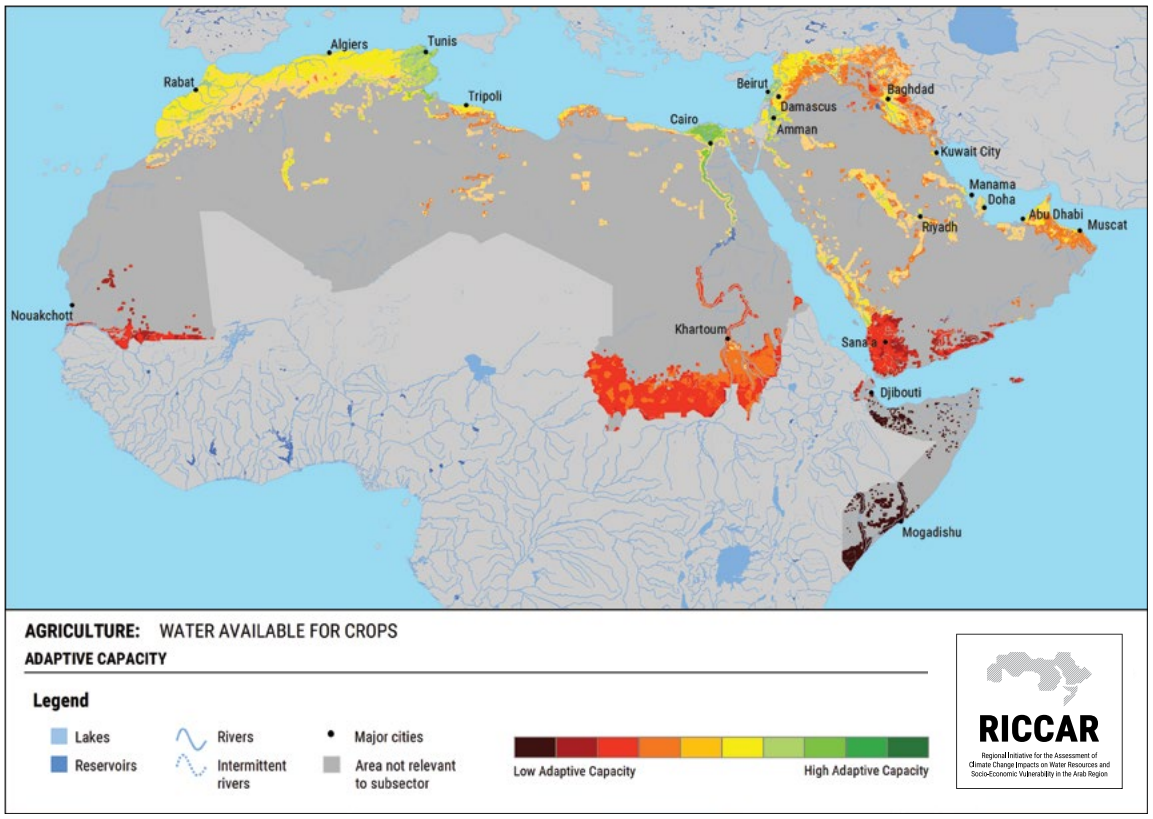
وبدأت المنطقة العربية تعاني منذ فترة طويلة من تردي البنية التحتية المائية بسبب تأجيل صيانتها والعجز عن تخصيص موارد مالية لاستثمارات جديدة. وثمة جوانب من أبعاد أخرى للقدرة على التكيف هي أيضاً لها دورها في هذا الصدد. ومن الأساليب العلمية والتكنولوجية المعتمدة حالياً في المنطقة زراعة النباتات وتربية الحيوانات والتكنولوجيا الأحيائية والأسمدة المعدنية وكفاءة الري. وتشمل الموارد الاقتصادية إنتاج السلع لأغراض التجارة، وتبنّي وسائل بديلة لدر الدخل، والتعاون مع القطاع الصناعي والمساعدات المالية. غير أن هذه الأساليب لا تُستخدم إلا على نطاق محدود.

ويمكن اعتبار حوالي 28 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة منخفضة القدرة على التكيف، وهي في الأراضي الزراعية في القرن الإفريقي ومنطقة الساحل الأفريقي وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية. وتُظهر معظم المنطقة المشمولة بالدراسة (66 في المائة) قدرة على التكيف معتدلة. والقدرة العالية على التكيف محصورة بنسبة 7 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة وتقتصر بشكل عام على الجزء الأسفل من وادي النيل ودلتا النيل ومناطق من المشرق وشرقي منطقة أطلس التل (الشكل 153).

الشكل 152: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



الشكل 153: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - القدرة على التكيف

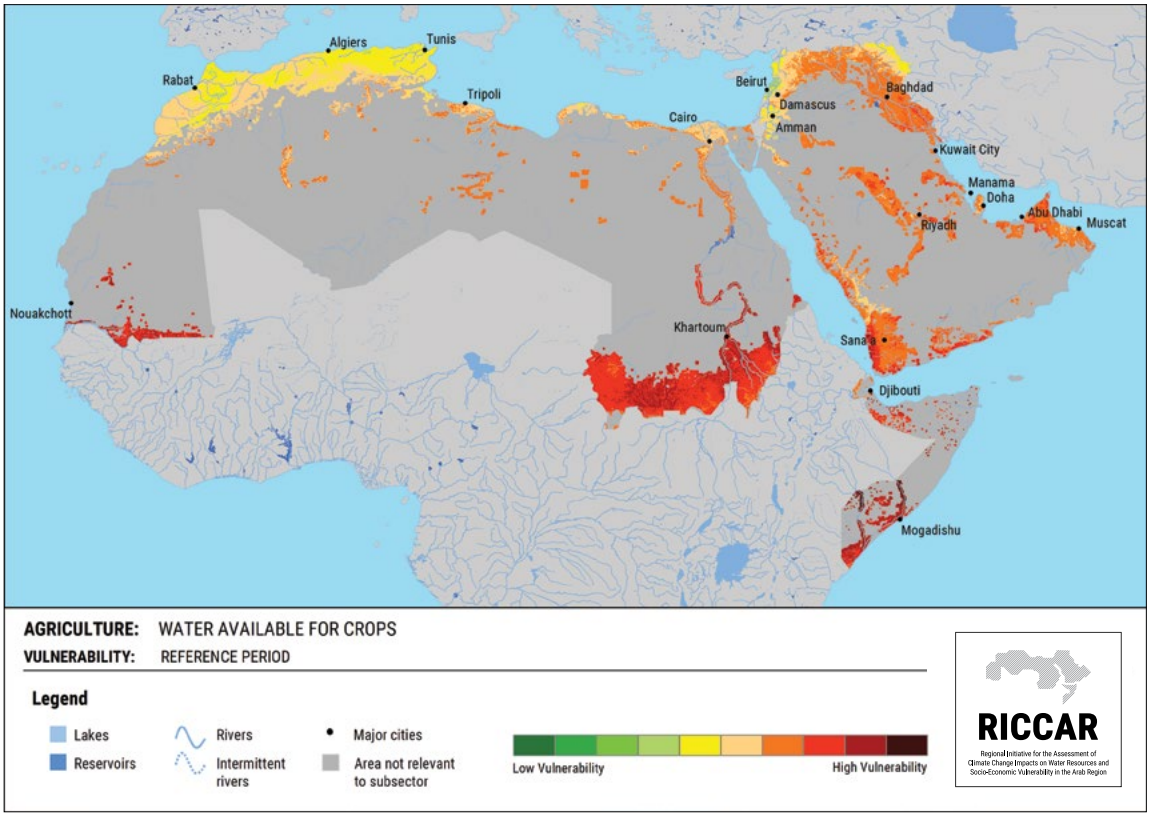


11.1.1.3 قابلية التأثر

تعكس قابلية التأثر التوازن بين المناخ والبيئة الطبيعية والمادية والقدرة على التعامل معه. وتقييم قابلية التأثر من حيث المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية ينبع من مشاكل عديدة مترابطة، بما فيها الموارد المائية المحدودة. وتُظهر غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (63 في المائة) قابلية تأثر مرتفعة في الفترة المرجعية، والمناطق المتبقية تُظهر قابلية تأثر معتدلة. والمناطق الأعلى قابلية للتأثر هي منطقة الساحل الأفريقي ووديان نهري جوبا وشبيلي والأراضي الزراعية جنوبي جبال عسير. ولقابلية التأثر من حيث توفر المياه تأثير سلبي على المزروعات، ولكن يسري ذلك أيضاً على قطاعات عديدة أخرى، وكثيراً ما يتزامن ذلك مع النمو السكاني المرتفع والتوسع الحضري والتصنيع. ومن الأمثلة عن نتائج ذلك: الاستغلال المفرط للنظم الإيكولوجية واختفاء المواطن الطبيعية، وخاصة تلك الموجودة على السواحل وفي الأراضي الرطبة، الذي يليه انخفاض في التنوع البيولوجي وتدهور الغابات والمراعي في جميع أنحاء المنطقة العربية. والغابات والأراضي الرطبة هي أكثر النظم الإيكولوجية تضرراً من حالات التدهور الراهنة.

والمناطق المنخفضة القابلية للتأثر إلى حد ما قياساً بالمنطقة تشمل أراضي في شمالي المغرب والمشرق وجبال زاغروس بسبب انخفاض الأثر المحتمل والقدرة على التكيف العالية نسبياً (الشكل 154).

الشكل 154: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



11.1.2 الفترات المستقبلية

11.1.2.1 الأثر المحتمل

يمكن أن يؤثر تغيّر المناخ في توفر المياه وكمية المحاصيل وإنتاجيتها بالنسبة للمياه المتوفرة، وفي توازن التربة والمياه، وفي نهاية المطاف الأمن الغذائي. وتوفر المياه في هذا السياق يشمل كمية المياه التي يمكن تحويلها إلى قطاع الزراعة، ومتى يمكن الحصول عليها، والكمية التي يمكن تخزينها لاستخدامها في المستقبل. وإنتاجية المياه مختلفة لأنها تعكس الاقتصاد والإدارة ومسائل مثيلة. والزيادة في إنتاجية المياه تمكّن المزارعين من إنتاج كمية المحصول نفسها باستخدام موارد مائية أقل.

والتعرض معتدل إلى حد بعيد بالنسبة لمعظم المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن، إذ يشمل 67 في المائة منها

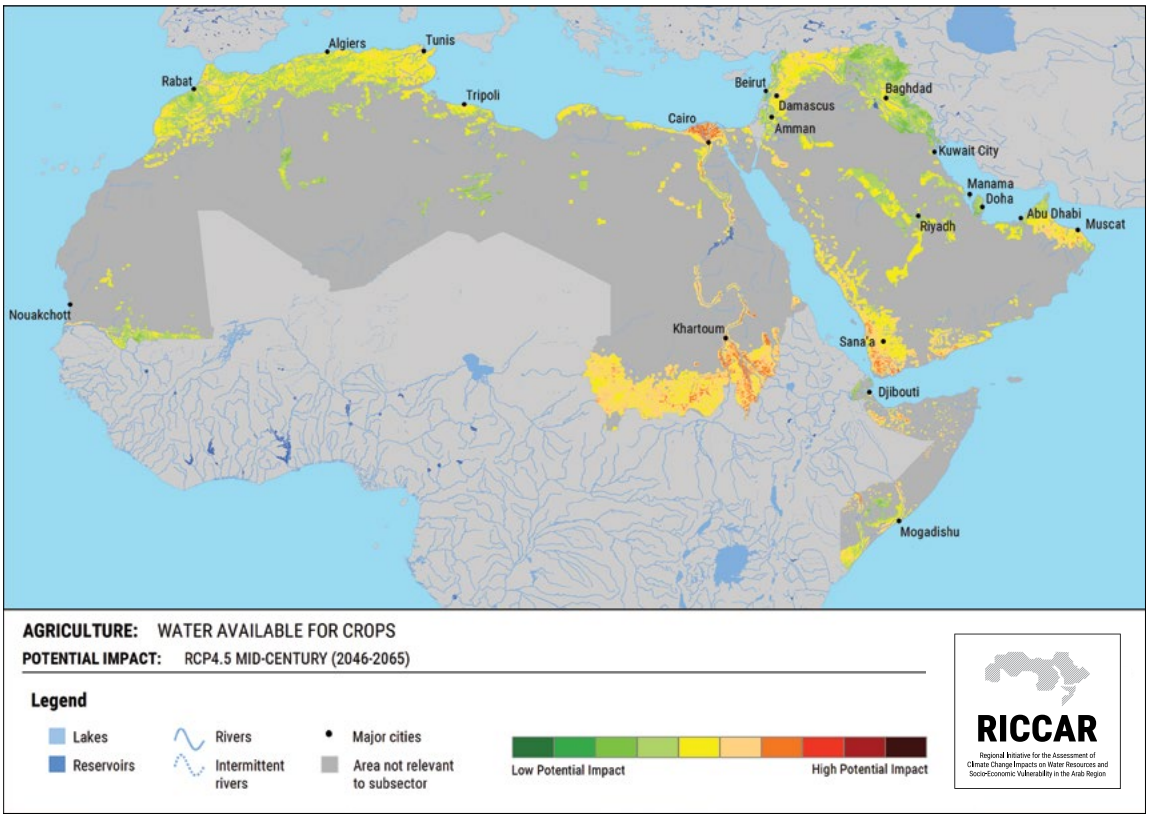
(RCP 8.5) إلى 86 في المائة (RCP 4.5). ويُتوقع التعرض المرتفع في 7 في المائة (RCP 4.5) إلى 32 في المائة (RCP 8.5) من منطقة الدراسة. ومع نهاية القرن، تزداد نسبة التعرض وتُظهر نسبة 26 في المائة (RCP 4.5) إلى 64 في المائة (RCP 8.5) من منطقة الدراسة تعرضاً مرتفعاً، ونسبة 35 في المائة (RCP 8.5) إلى 68 في المائة (RCP 4.5) تعرضاً معتدلاً.

ومناطق التعرض المرتفع هي حوض النيل الأزرق-النيل الأبيض وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية والأراضي الزراعية القريبة من خليج عُمان. وتتوسع رقعة المناطق المرتفعة التعرض إلى حد بعيد في إطار السيناريو RCP 8.5 مع نهاية القرن لتشمل ساحل البحر الأبيض المتوسط بأكمله ونهر النيل.

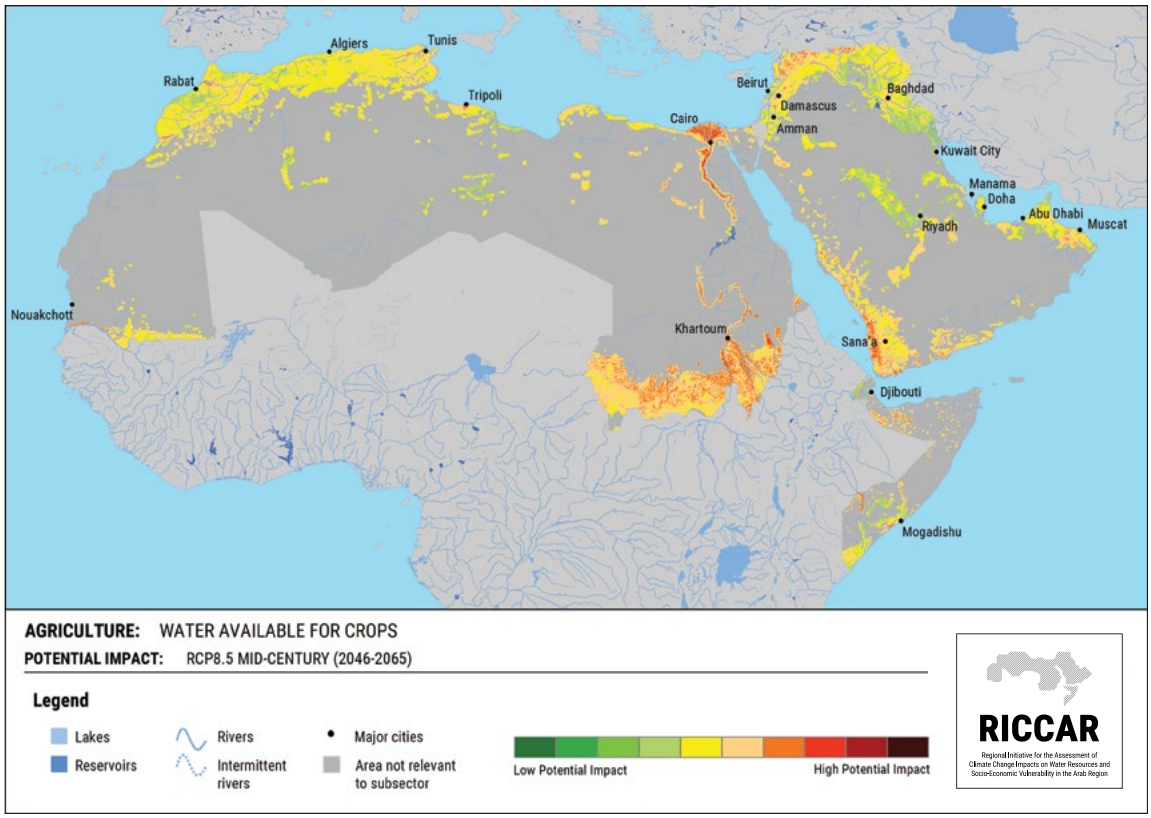
ويفترض أن الحساسية لا تتغير عن الفترة المرجعية بسبب عدم توفر البيانات. غير أنه يمكن أن تتغير إلى حد بعيد مع الوقت إذا تغيرت قيمة مؤشر أو أكثر من مؤشر تغيراً هاماً. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي انخساف الأرض الناجم عن سحب كميات هائلة من المياه الجوفية بسبب توسع المناطق الحضرية في دلتا الأنهار إلى تسرب المياه المالحة وبالتالي اشتداد التنافس على موارد المياه العذبة المتاحة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي البرامترات التي لم تُبحث في ريكار بسبب نقص البيانات مثل ملوحة التربة وتدهور نوعية المياه إلى زيادة الحساسية. في غياب تدابير التكيف، من المتوقع أن يزيد الأثر المحتمل في إطار كل من السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 من منتصف إلى نهاية القرن. وفي إطار جميع السيناريوهات، يمكن لغالبية المنطقة توقع أثر محتمل معتدل، بما يشمل 90 في المائة (RCP 8.5) إلى 94 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن (الشكلان 155 و156)، و79 في المائة (RCP 8.5) إلى 89 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة مع نهاية القرن (الشكلان 157 و158). والمناطق ذات الأثر المحتمل المرتفع ستشمل 4 في المائة (RCP 4.5) إلى 10 في المائة (RCP 8.5) من منطقة الدراسة في منتصف القرن، و من 9 في المائة (RCP 4.5) إلى 21 في المائة (RCP 8.5) مع نهاية القرن. وتنحو المناطق ذات الأثر المحتمل المرتفع إلى أن تكون نفس تلك المتوقع أن تكون عالية التعرض.

وبالنسبة للاتجاهات التي ستسود الفترة من منتصف القرن إلى نهايته، فإن المناطق التي تُظهر بشكل عام أثر محتمل متزايد في إطار السيناريو RCP 4.5 هي غربي منطقة الساحل والجزء الأسفل من وادي نهر النيل. والأراضي الزراعية التي تُظهر انخفاض في الأثر المحتمل في إطار السيناريو RCP 4.5 هي حوض دجلة والفرات ووديان نهري جوبا وشبيلي. وبالنسبة للسيناريو RCP 8.5، تُظهر منطقة الساحل الأفريقي أثر محتمل يتناقص، بالإضافة إلى حوض دجلة والفرات. وتُظهر المناطق الزراعية في وسط الصحراء الكبرى أثر محتمل يزداد في إطار السيناريو RCP 8.5.

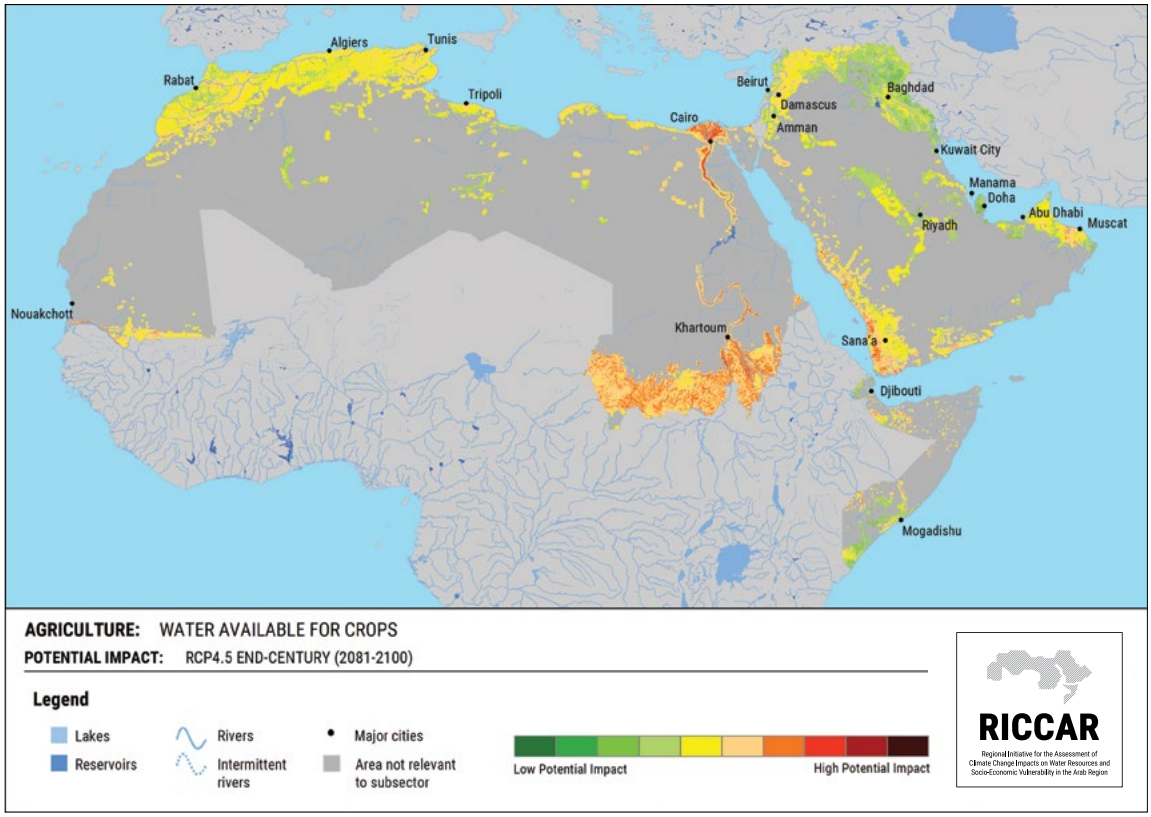
الشكل 155: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



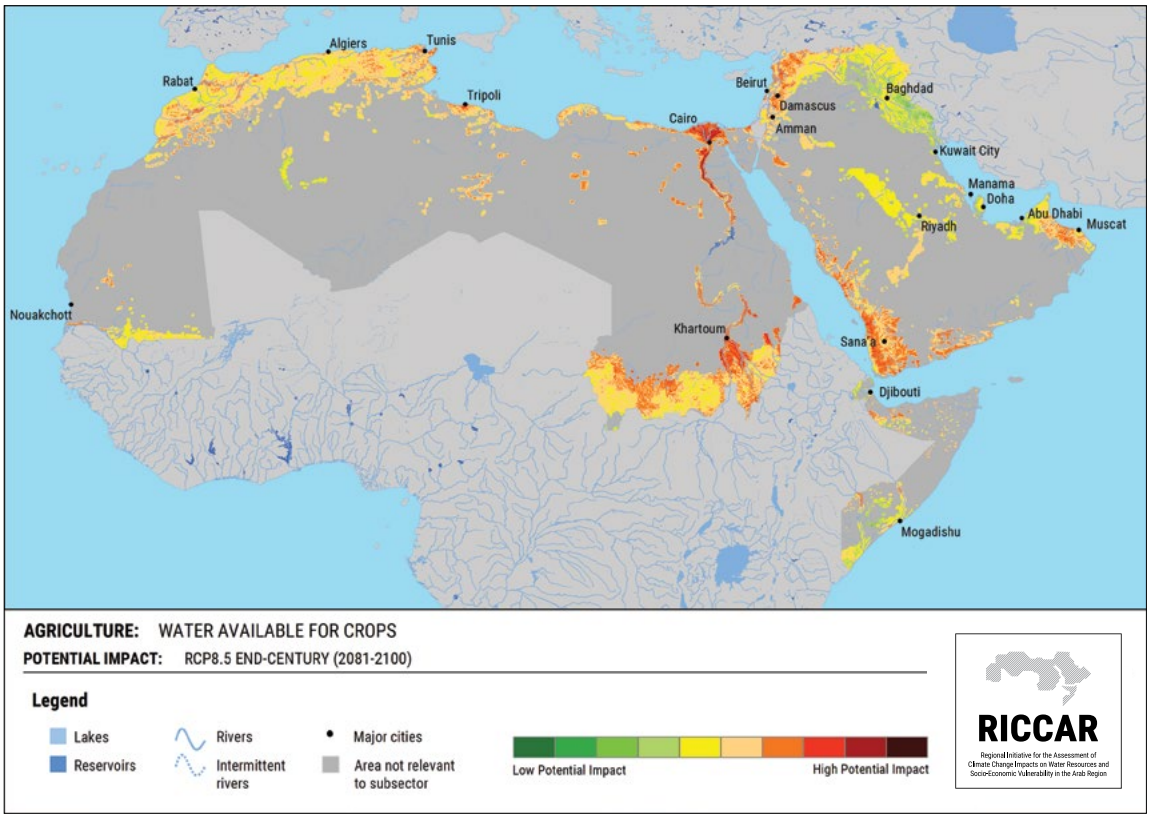
الشكل 156: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 157: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 158: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



11.1.2.2 قابلية التأثر

من المتوقع أن تعاني الأراضي الزراعية في جميع أنحاء المنطقة العربية من قابلية تأثر معتدلة إلى مرتفعة في المستقبل. وفي منتصف القرن، من المُسقط لنسبة 50 في المائة (RCP 4.5) إلى 67 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة أن تعني من قابلية تأثر مرتفعة، و57 في المائة (RCP 4.5) إلى 84 في المائة (RCP 8.5) من قابلية تأثر مرتفعة مع نهاية القرن (الجدول 25). ويعرض الجدول 26 الطلب على المياه لمزروعات مختارة في المنطقة العربية. والأراضي الزراعية التي من المُسقط أن تعاني من قابلية تأثر أقل نسبياً هي ساحل البحر الأبيض المتوسط في المغرب العربي، وجنوبي العرق الشرقي الكبير، وأجزاء من المشرق، وحوض نهري دجلة والفرات، ووسط شرقي الصحراء العربية (الأشكال من 159 إلى 162). وتُظهر قابلية التأثر ارتباطاً متيناً مع القدرة على التكيف ومعتدلاً مع الحساسية. وارتباطها مع التعرض ضعيف نسبياً. وبالتالي، سيكون لتحسين القدرة على التكيف أكبر الأثر في الحد من قابلية التأثر.

ويمكن أن تشمل تدابير التحسين هذه تحسين البنية التحتية المائية وكفاءة الري، واستخدام الموارد المائية غير التقليدية مثل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. ومن الأمثلة على قصص النجاح في هذا الصدد هو مشروع الجزيرة.

الجدول 25: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية

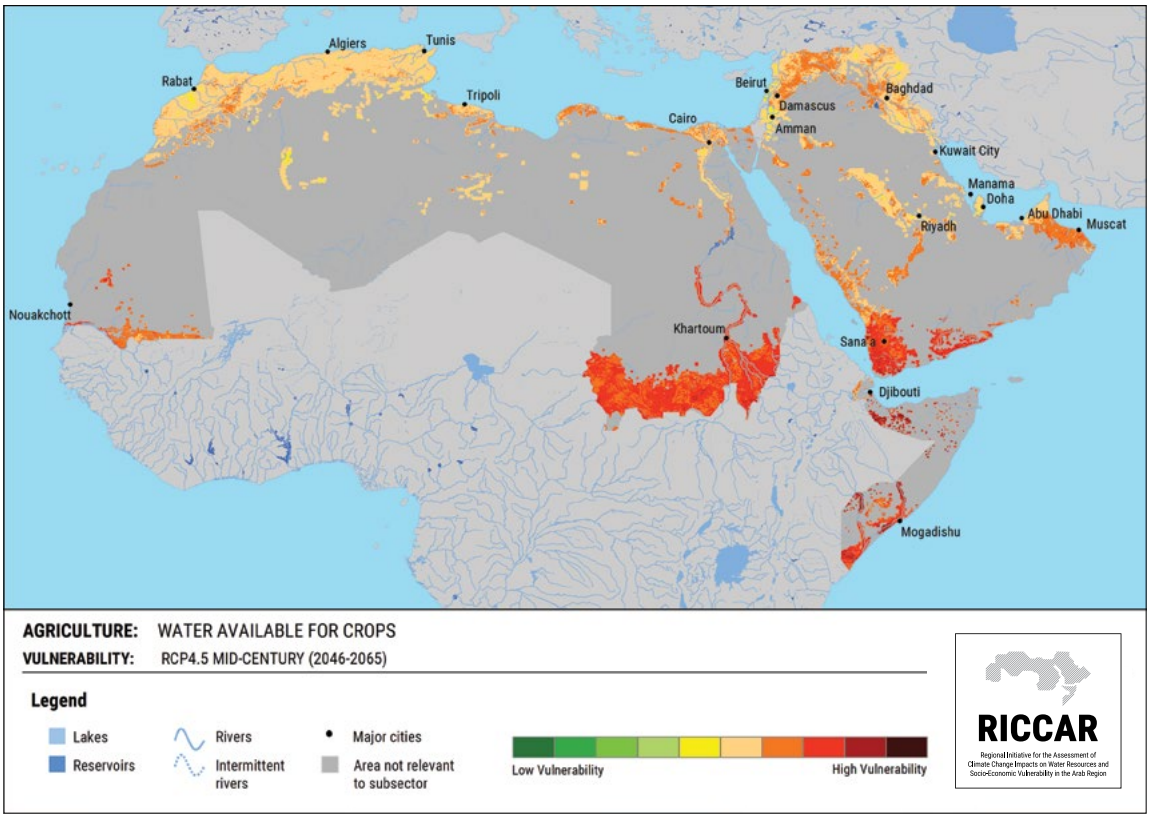
السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	50%	50%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	33%	67%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	43%	57%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	16%	84%

الجدول 26: الطلب على المياه لمزروعات معينة في المنطقة العربية

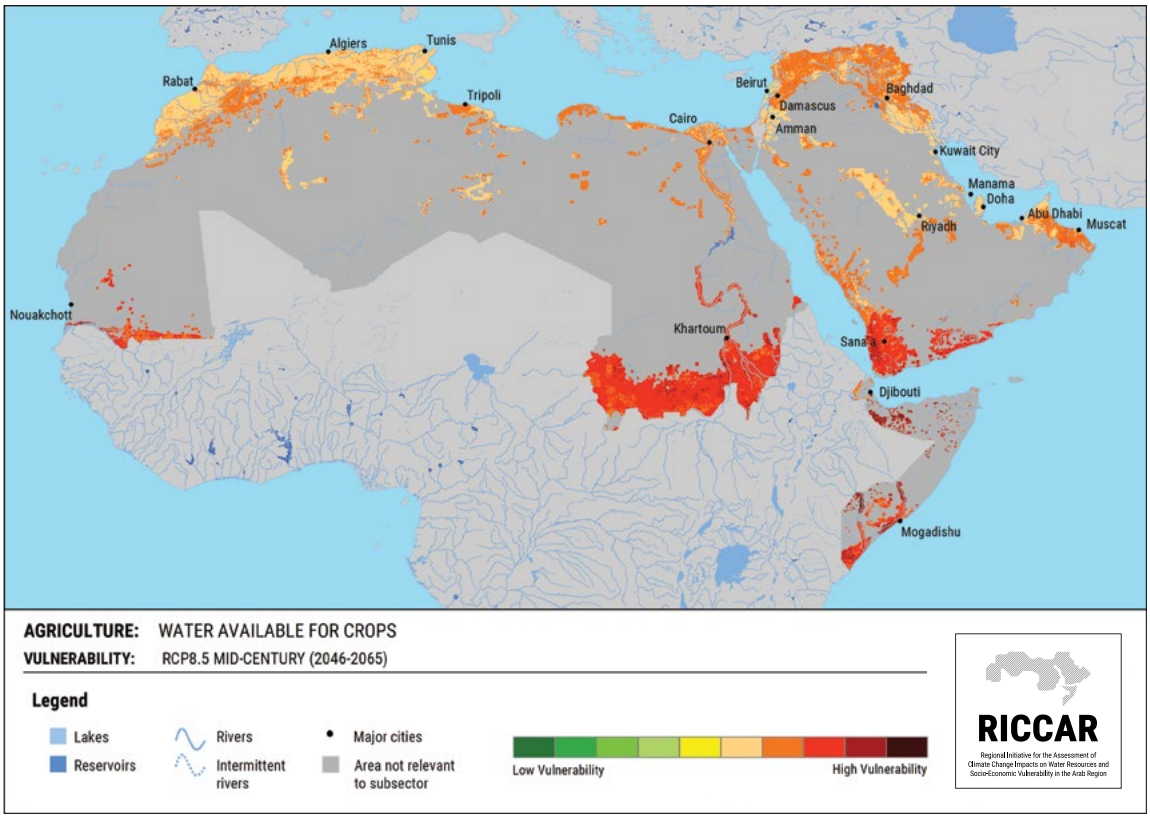
المزروعات	الطلب على المياه الافتراضية (م^3 /للطن)
موز	200–2,300
دَخن	2,000–18,000
نخيل	1,200–14,000
بطاطا	100–1,800
سرغم	800–23,000
بندورى	100–600

المصدر: Hoekstra and Hung, 2002.

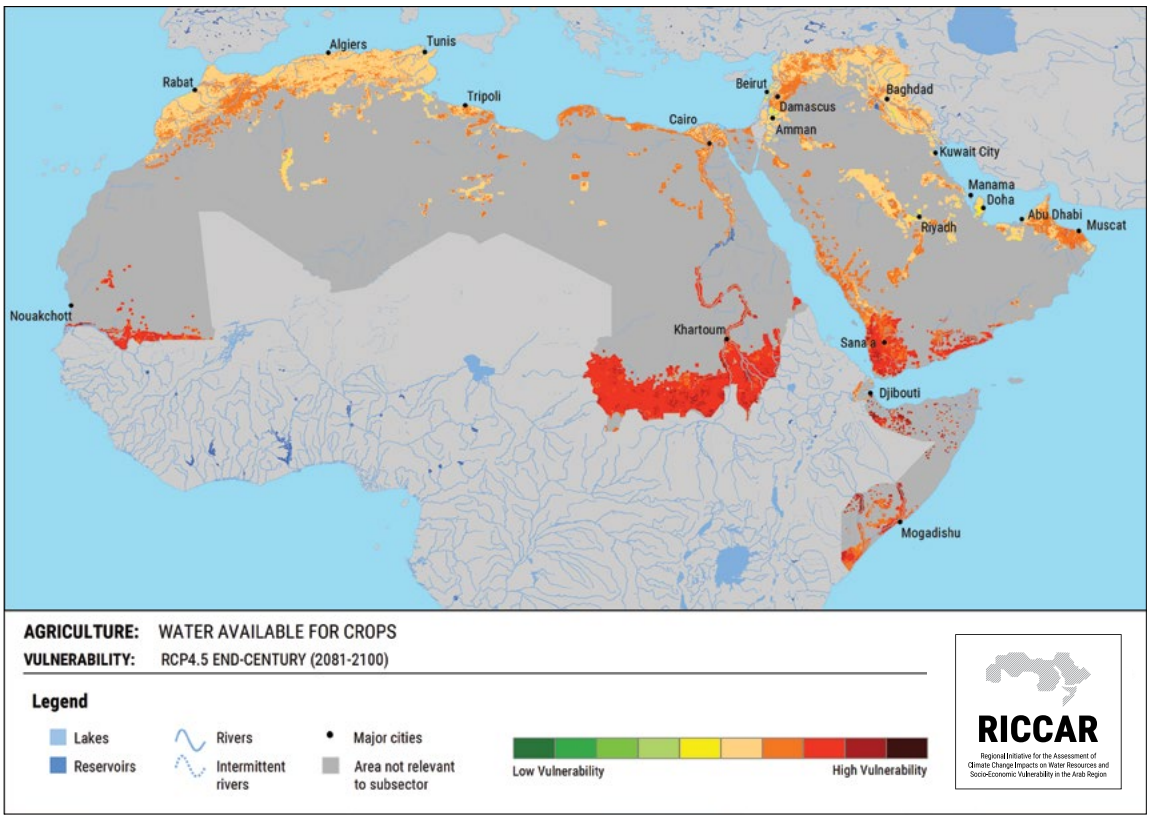
الشكل 159: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



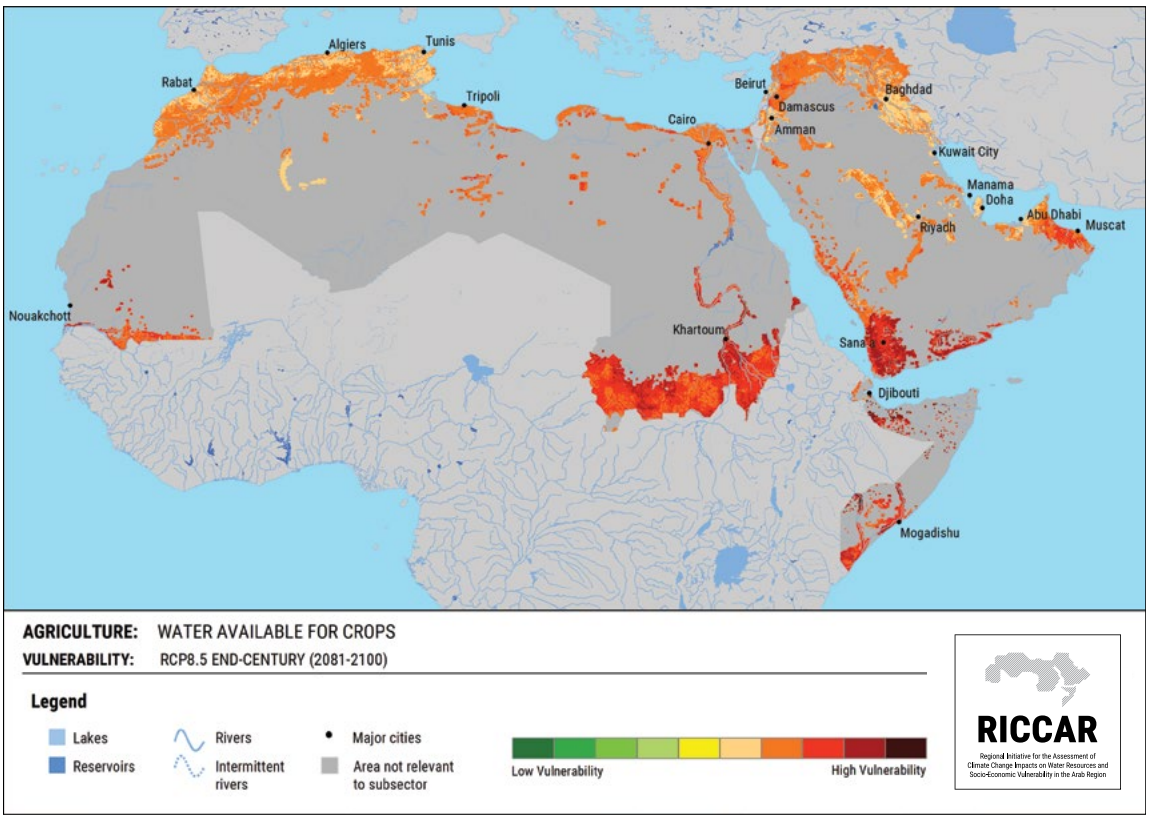
الشكل 160: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 161: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 162: المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



11.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

إن المناطق الشديدة التأثر هي المناطق الأكثر أهمية والمرتفعة القابلية للتأثر، حيث يتم تخصيص الموارد للتخفيف من عبء ندرة المياه. ونسبة تصل إلى 6 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة تمثل مناطق الشديدة التأثر لأراضي زراعية. وهي تشمل أراضي زراعية في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى والقرن الأفريقي وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية. ومن بين ما يُزرع في هذه الأراضي الذرة الرفيعة (السرغم) وقصب السكر والدخن والسمسم والبطاطا والمانغو، والعديد منها يحتاج إلى كميات كبيرة من المياه. والأراضي الزراعية في هذه المناطق بعلية إلى حد بعيد وبالتالي من المُسقط أن تشهد انخفاضاً وتقلباً في معدل التساقطات. ومن المُسقط أن تزداد الأمطار في القرن الأفريقي، مما يعني أن ستستفيد المزروعات، لكن لديه في الوقت نفسه أقل قدرة على التكيف.

ويتم ري بعض مناطق أراضي زراعية شديدة التأثر وستكون هي الأكثر استفادة من تحسينات البنية التحتية.

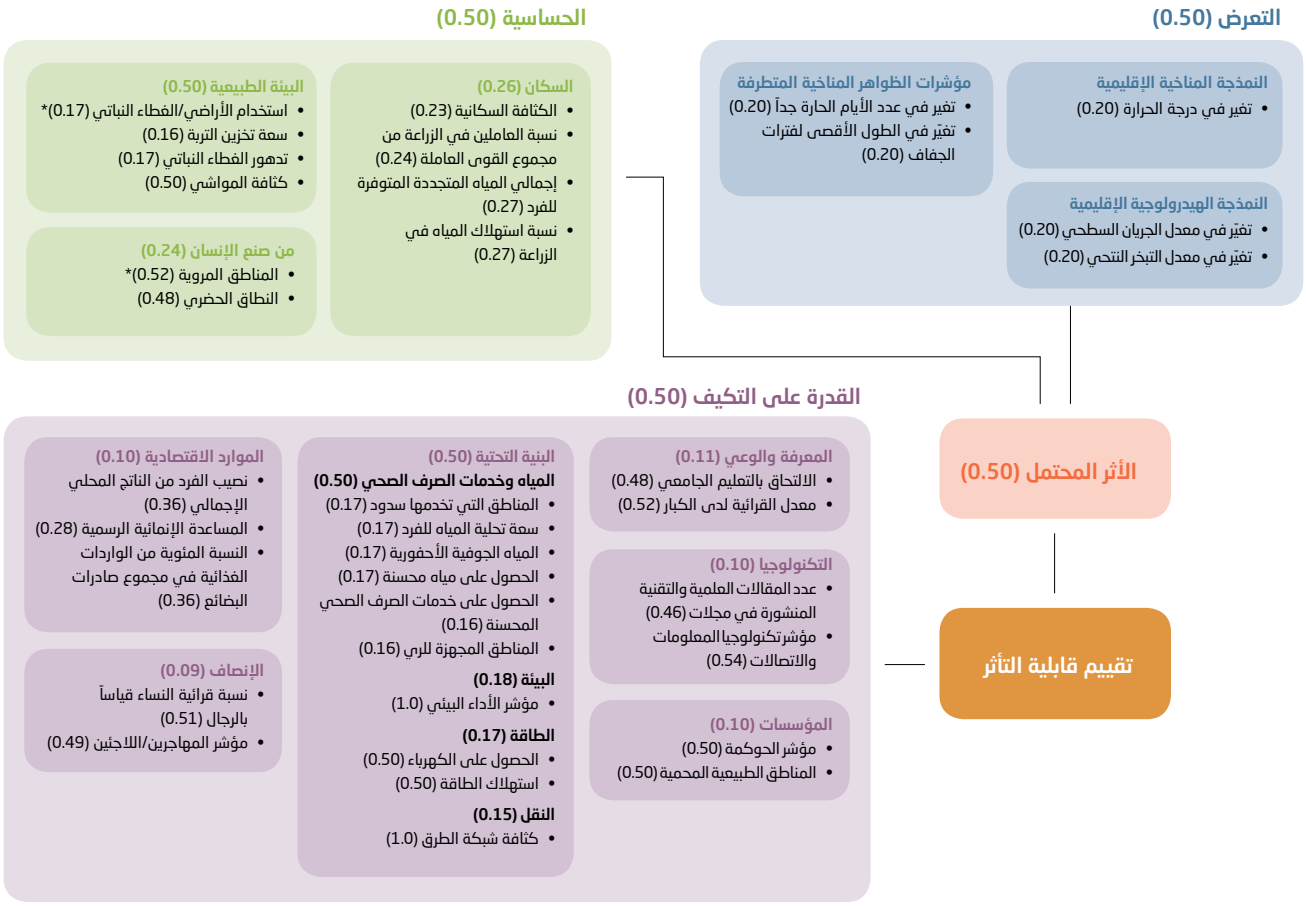


وادي الأسد، العراق، 2013. المصدر: صادق عليوي سليمان.

11.2 المياه المتوفرة لإرواء المواشي

تُعرض مختلف المؤشرات المستخدمة في إطار كل عنصر لهذا القطاع الفرعي وترجيحاتها في سلسلة الأثر (الشكل 163).

الشكل 163: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمياه المتوفرة لإرواء المواشي



* تصنيف محدد للقطاع الفرعي

11.2.1 الفترة المرجعية

11.2.1.1 الأثر المحتمل

يُظهر الأثر المحتمل نتيجة جمع التعرض والحساسية. وفي المنطقة العربية، أشارت التقديرات الأخيرة أن عدد رؤوس المواشي (2013) يبلغ 136 مليون رأس غنم و66 مليون رأس ماعز و23 مليون بقرة و6 ملايين جمل[4]. وطلب المواشي على المياه شديد عند مراعاة كمية المياه الافتراضية المتوفرة لها لكل أنواع الاستخدام التي تشمل الشرب والعناية والعلف (الجدول 27). ويعتمد هذا الطلب على المياه على عوامل جوية عديدة. فمن الناحية الهيدرولوجية، يساهم الجريان السطحي في الطلب المباشر على المياه، ومعدلات التبخر النتحي تتحكم بإنتاج العلف وإمكانيات الرعي. ويمكن لدرجات الحرارة المرتفعة وفترات الجفاف أن تسبب لدى المواشي إجهاداً حرارياً، مما يؤدي إلى اشتداد طلبها على المياه ونفوقها في المراعي.

لهذه الأسباب، اختيرت الحرارة، وجريان المياه، والتبخر النتحي وعدد الأيام الحارة جداً (SU40)، والطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD) كمؤشرات التعرض. والمنطقة المشمولة بالدراسة منقسمة بالتساوي إلى حد ما بين تعرض منخفض وتعرض معتدل وتعرض عالٍ (26 في المائة و42 في المائة و31 في المائة على التوالي) للفترة المرجعية. والمناطق المرتفعة التعرض هي جنوبي حوض تندوف، ونهر النيل الأبيض ونهر النيل الأزرق بالقرب من الخرطوم، ومناطق الماشية في وسط وشرقي الصحراء العربية من القرب من ساحل الخليج، وحوض نهري دجلة والفرات.

ويمكن لعدة عوامل أن تسبب الإجهاد لدى المواشي وطلبها على المياه، من بينها تنافس القطاعات على المياه وتدهور المراعي.

وتنعكس هذه العوامل في المؤشرات المختارة للحساسية. وغالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (66 في المائة) تشير إلى حساسية منخفضة. غير أن ثلث المنطقة تقريباً يُظهر حساسية معتدلة مع مناطق معزولة ذات حساسية مرتفعة.

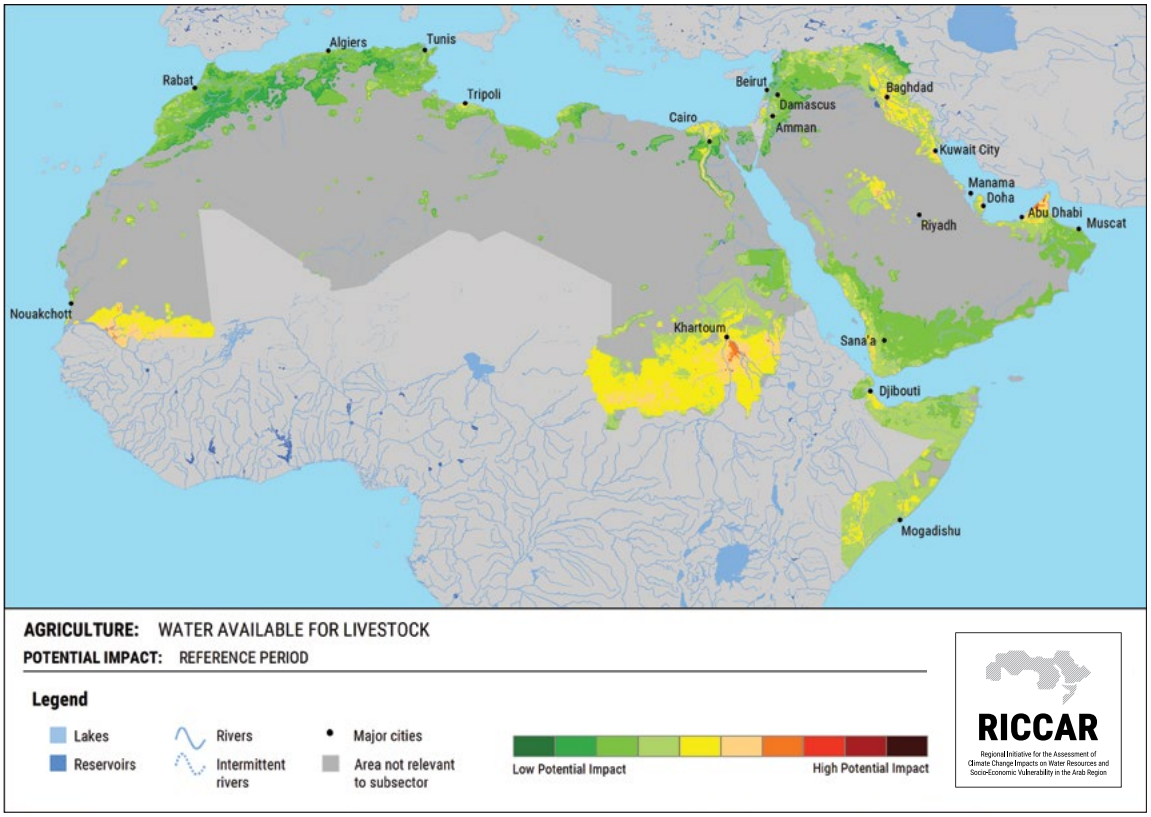
وتشير الحساسية إلى أنها الأكثر ترابطاً بالكثافة السكانية، بسبب التنافس على الموارد المائية، تليها المناطق الزراعية البعلية والنطاق الحضري وكثافة المواشي. والمناطق المتوسطة إلى المرتفعة الحساسية تشمل الجزء الأسفل من نهر النيل والدلتا، فضلاً عن بعض المناطق المعزولة في المشرق وجبال عسير. وأظهر أكثر من نصف المنطقة المشمولة بالدراسة (59 في المائة) أثراً محتمل معتدل للفترة المرجعية. ويُظهر أقل من 1 في المائة منها أثر محتمل مرتفع والمناطق المتبقية أثر محتمل منخفض. والمناطق ذات الأثر المحتمل المعتدل إلى المرتفع تشمل وادي النيل الأزرق جنوبي الخرطوم والجزء الأسفل من الخليج قرب مضيق هرمز (الشكل 164).

الجدول 27: محتوى كمية المياه الافتراضية لمجموعة مختارة من المواشي في المنطقة العربية

الحيوان	كمية المياه الافتراضية (م^3/للطن طيلة حياة الحيوان)
الأبقار	9,400–40,100
الأبقار الحلوب	89,000–330,000
الأغنام	5,600–10,400
الماعز	2,800–9,000

المصدر: Chapagain and Hoekstra, 2003.

الشكل 164: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل

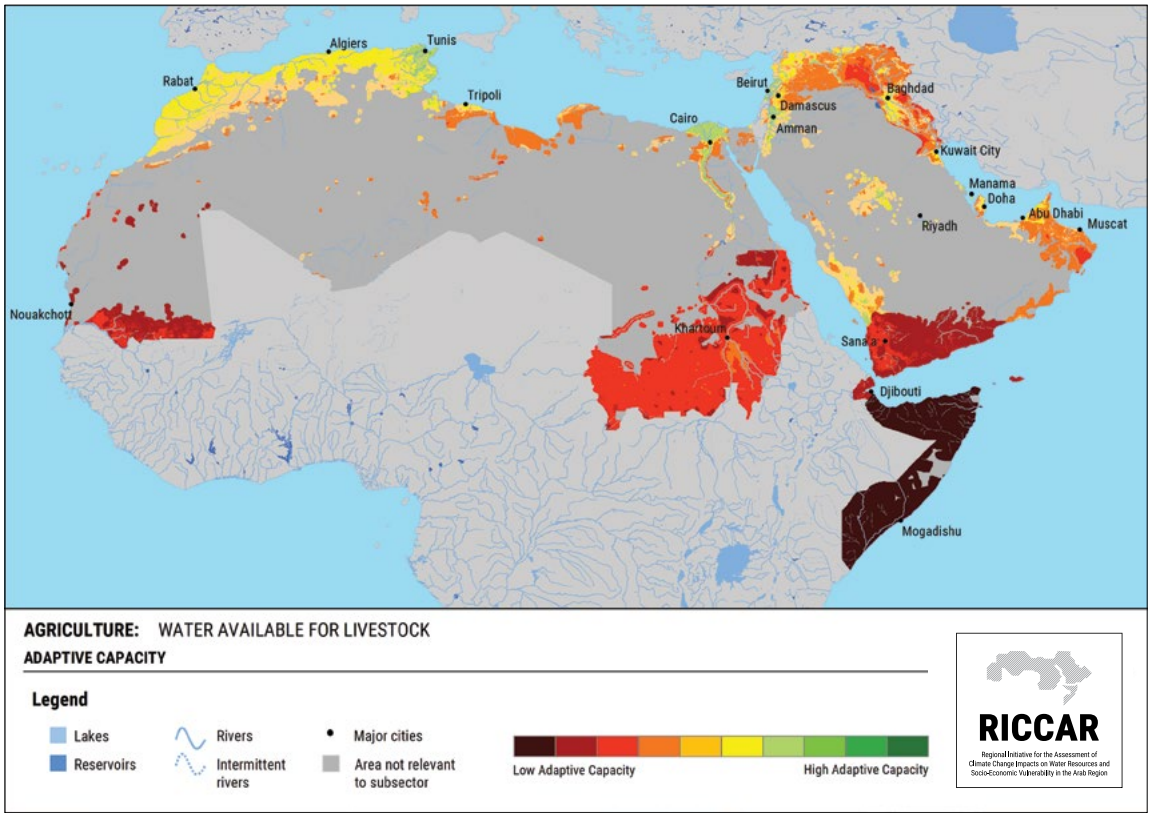


11.2.1.2 القدرة على التكيف

اعتمد مربّو المواشي في المنطقة العربية بعض تدابير التكيف التي وضعوها بأنفسهم للتخفيف من عبء شح المياه بالنسبة للمواشي وذلك استناداً إلى مقاربات حكومية شتى[5]. وهي تتجسد في الاستثمار في البنية التحتية المائية الذي أعطي أعلى ترجيح في سلسلة الأثر، عبر اللجوء إلى الآبار والصهاريج وجمع المياه. وثمة ممارسة أخرى هي التشجيع على الحد من تدهور الأراضي عن طريق رعي المواشي المتنقل مما يقلل من مستوى الرعي في الموقع نفسه.

وعلى الرغم من هذه الجهود، يُظهر الجزء الأعظم من المنطقة المشمولة بالدراسة (53 في المائة) قدرة على التكيف منخفضة في كثير من الأحيان بسبب عوامل خارجة عن سيطرة مربّي المواشي. ويجب أن تراعي آليات التعامل مع هذه الحال جوانب مختلفة. فعلى سبيل المثال، لا وجود بشكل عام سياسات متعلقة بالمواشي. والقوانين الفضفاضة التي تقوم على الاكتفاء الذاتي حدّت من التجارة وأضعفت الاستثمارات بين البلدان العربية في قطاع الزراعة وأدت إلى تقييد التنمية الاقتصادية . ونصب التركيز على زيادة المنتجات من المواشي لتلبية الطلب، مما يعني خيارات غذائية أرخص لسكان المناطق الحضرية دون إيلاء أي اعتبار لسكان المناطق الريفية. وللفروق بين الجنسين أيضاً تأثير في هذا الشأن إذ إن النساء غالباً ما لا يملكن المواشي ولكنهن يعتنين بهن. والمناطق المنخفضة القدرة على التكيف هي مناطق تربية المواشي في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية ومناطق حوض نهري دجلة والفرات. وتُظهر غالبية المنطقة المتبقية (44 في المائة) قدرة على التكيف معتدلة (الشكل 165).

الشكل 165: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - القدرة على التكيف



11.2.1.3 قابلية التأثر

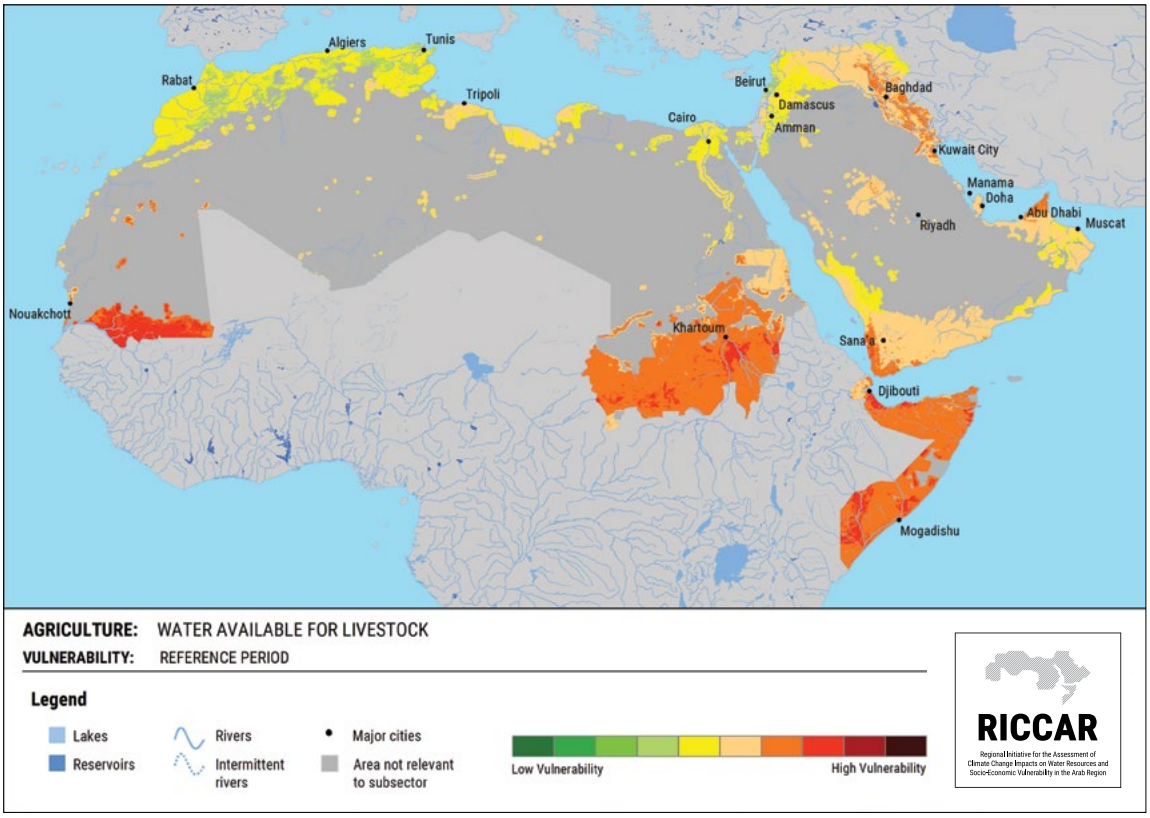
تشير الفترة المرجعية إلى قابلية تأثر مرتفعة لنسبة 43 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة وتُظهر المناطق المتبقية قابلية تأثر معتدلة. والمناطق الأعلى قابلية للتأثر هي أجزاء من غربي منطقة الساحل، ووادي نهر النيل الأزرق جنوبي الخرطوم مباشرة، والمناطق الموازية لجنوبي خليج عدن ومناطق حوض نهر جوبا (الشكل 166). والإبل هي أكثر من يتأثر بها في غربي منطقة الساحل ومنطقة نهر جوبا. وتربى الماعز والأغنام والأبقار في وادي نهر النيل الأزرق والماعز والأغنام بالقرب من خليج عدن.

وفي شرقي منطقة الساحل، بما في ذلك وادي نهر النيل الأزرق، تعاني المواشي منذ فترة طويلة من شح المياه. وتتميز المنطقة بتفاوت حاد في التساقطات بين سنة وأخرى. وأعقبت الفترات الماطرة خلال خمسينيات وستينيات القرن الماضي مرحلةٌ من الجفاف امتدت حتى الفترة المرجعية وشملت فترة الجفاف في 1984/1985 وتسببت بنفوق عدد كبير من المواشي. وما نجم عن ذلك للتكيف مع تقلبية المناخ كان انخفاض عدد الأبقار التي تقتات من المراعي لكن صاحبه ارتفاع في عدد الأبقار العديمة الحركة؛ واتساع نطاق حركة القطعان وتغير أنماط الرعي/الإطعام؛ وتنويع الدخل؛ وارتفاع عدد الإبل؛ وتحرك القطعان جنوبا باتجاه مناطق أكثر رطوبة. وفي القرن الأفريقي، الذي يشمل جنوبي خليج عدن ومنطقة نهر جوبا، يشكل قطاع "المياه المتوفرة لإرواء المواشي" أكبر مساهم في سبل العيش المحلية. وفي الصومال، تمثل المواشي ومنتجاتها حوالي 80 في المائة من إجمالي الصادرات[6]. غير أن مربّي المواشي في المنطقة واجهوا تحديات كثيرة مثل تقلب معدلات الأمطار والجفاف. ويؤدي الجفاف إلى انخفاض أسعار السلع مما يؤثر سلباً في سبل عيشهم.



مواشٍ في القضارف، السودان، 2007. المصدر: إيهاب جناد.

الشكل 166: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



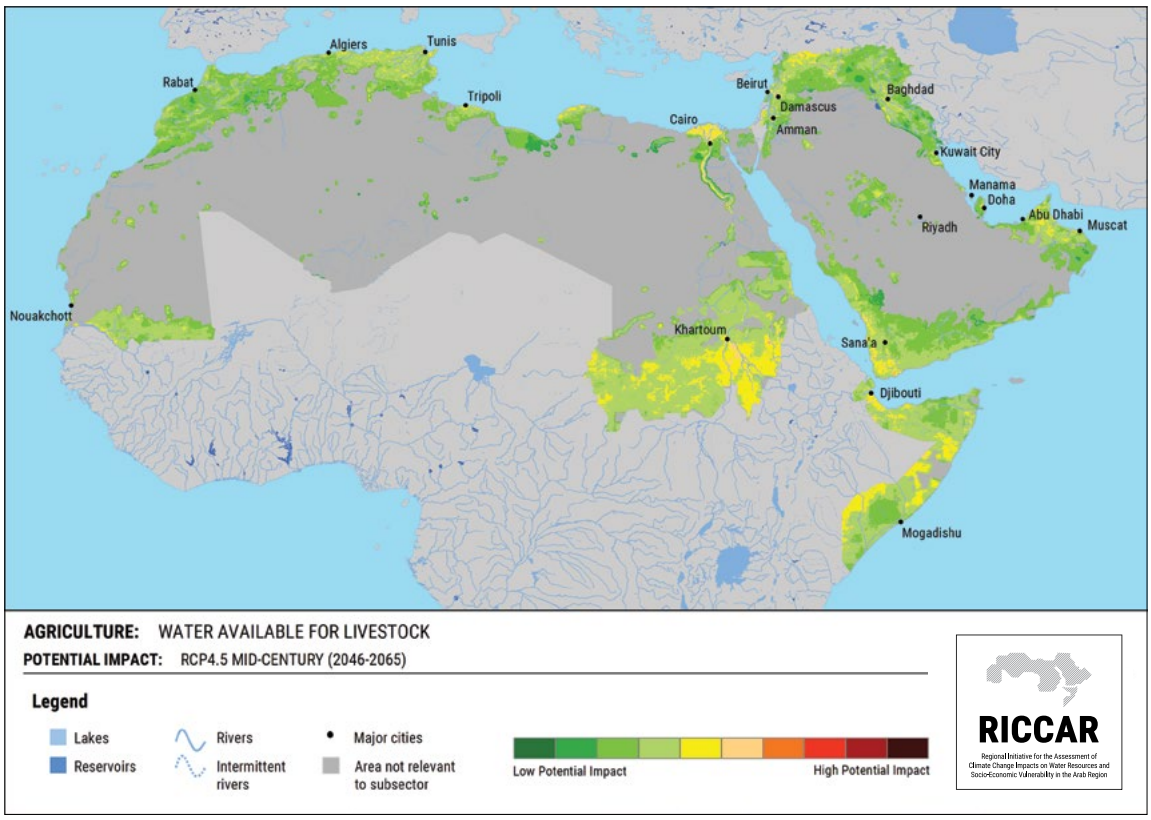
11.2.2 الفترات المستقبلية

11.2.2.1 الأثر المحتمل

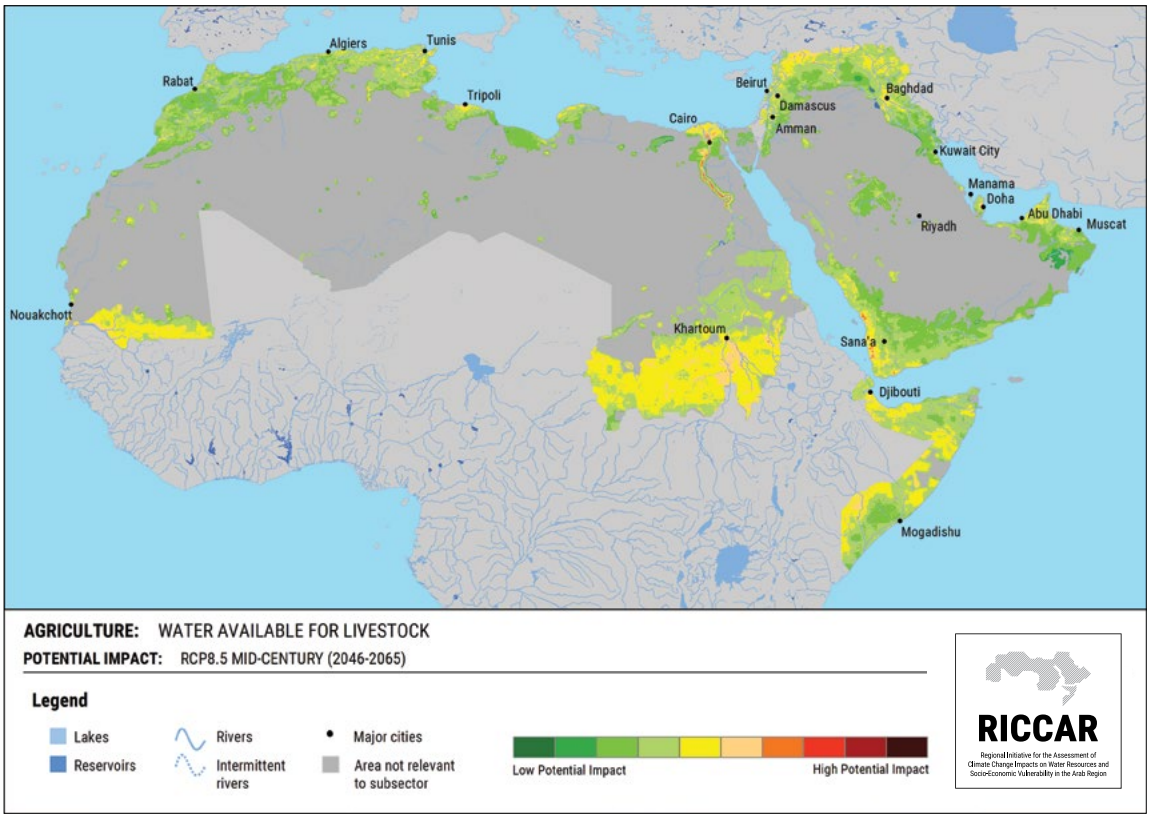
تعاني المواشي من أضرار نتيجة لتغيّر المناخ، بما في ذلك ارتفاع درجات الحرارة وتقلص الموارد المائية. وتحتاج الحيوانات المجترة إلى كمية مياه أكبر عندما يكون الطقس حاراً. ويمكن أن يفضي تغيّر المناخ أيضاً إلى تلف المراعي. وأخيراً، يمكن أن تتكاثر ناقلات الأمراض في المناخات الحارة التي تضر بصحة الحيوانات. ويكشف التغير في المتغيرات المناخية عن تعرض معتدل عموماً في المستقبل، حيث تشير إلى أنه يشمل 69 في المائة (RCP 8.5) إلى 76 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن، و53 في المائة (RCP 8.5) إلى 67 في المائة (RCP 4.5) في نهايته. ويُكشف عن تعرض مرتفع يشمل 3 في المائة (RCP 4.5) إلى 23 في المائة (RCP 8.5) من منطقة الدراسة في منتصف القرن و18 في المائة (RCP 4.5) إلى 47 في المائة (RCP 8.5) في نهايته. والمناطق المتبقية تشير إلى تعرض منخفض. والمناطق الأعلى تعرضاً هي أعالي شرقي منطقة الساحل الأفريقي ومناطق تربية المواشي في الصحراء الكبرى والمناطق الساحلية القريبة من خليج عدن. وفي المقابل، فإن المناطق التي من المُسقط أن تكون الأقل تعرضاً تشمل سهول أطلس الساحلية ومنطقة الريف وحوض نهري دجلة والفرات السفلي والجبال الخضراء في ليبيا. وإذا تم الانطلاق من فرضية الحساسية الثابتة، فإن غالبية المنطقة تشير إلى أثر محتمل معتدل في المستقبل. وتحديداً، تُظهر نسبة 58 في المائة (RCP 4.5) إلى 74 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة أثراً محتمل معتدل في منتصف القرن (الشكلان 167 و168). وترتفع النسبة إلى 66 في المائة (RCP 4.5) و89 في المائة (RCP 8.5) في نهايته (الشكلان 169 و170). وتُظهر معظم المناطق الأخرى أثراً محتمل منخفض، على الرغم من أن جزءاً ضئيلاً (1 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة) يُظهر في نهاية القرن (RCP 8.5) أثراً محتمل مرتفع. والمناطق ذات الأثر المحتمل الأعلى هي الجزء الأسفل من نهر النيل والدلتا ووادي النيل الأزرق جنوبي الخرطوم وجبال عسير. ويبين تحليل الاتجاهات أن إلى أقصى زيادة في الأثر المحتمل من منتصف القرن حتى نهاية (RCP 4.5) ستحدث في غربي منطقة الساحل والجزء الأدنى من وادي النيل. وأقصى انخفاض في الأثر المحتمل في إطار السيناريو RCP 4.5 يشمل حوض نهري دجلة والفرات وجبال الحجر في سلطنة عُمان/ الإمارات العربية المتحدة ووادي نهر شبيلي في القرن الأفريقي. وفي إطار السيناريو RCP 8.5، يُظهر حوض نهري دجلة والفرات اتجاها نحو الانخفاض في الأثر المحتمل، ويظهر الجزء الأسفل من وادي النيل اتجاها نحو الزيادة، ولكن المناطق الأخرى التي تم وصفها (غربي منطقة الساحل وجبال الحجر ووادي نهر شبيلي) تُظهر اتجاهاً معاكساً لذلك في إطار السيناريو RCP. 4.5.

ويمكن للأثر المحتمل أن يتغير إلى حد بعيد بتغير الحساسية، بحيث تطال النمو السكاني وتفاوت أعداد المواشي وطريقة توزّعها وتدهور الأراضي. ويمكن أن يتغير أيضاً الأثر المحتمل بتغير عوامل لم يتم تقييمها. وتشمل هذه العوامل الأمراض التي تصيب المواشي، مثل حمى الوادي المتصدع، التي أضرت بتجارة المواشي بين القرن الأفريقي وشبه الجزيرة العربية وازدادت سوءاً بسبب الافتقار إلى الخدمات الطبية البيطرية.

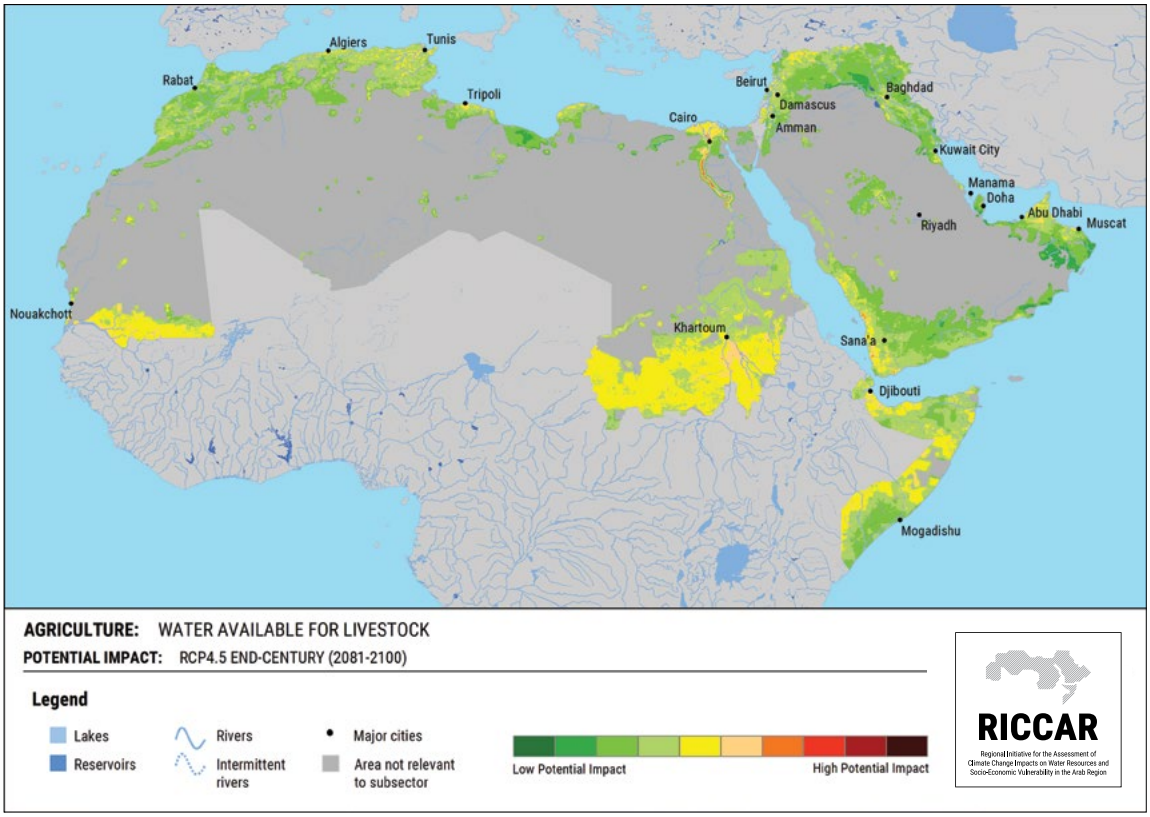
الشكل 167: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



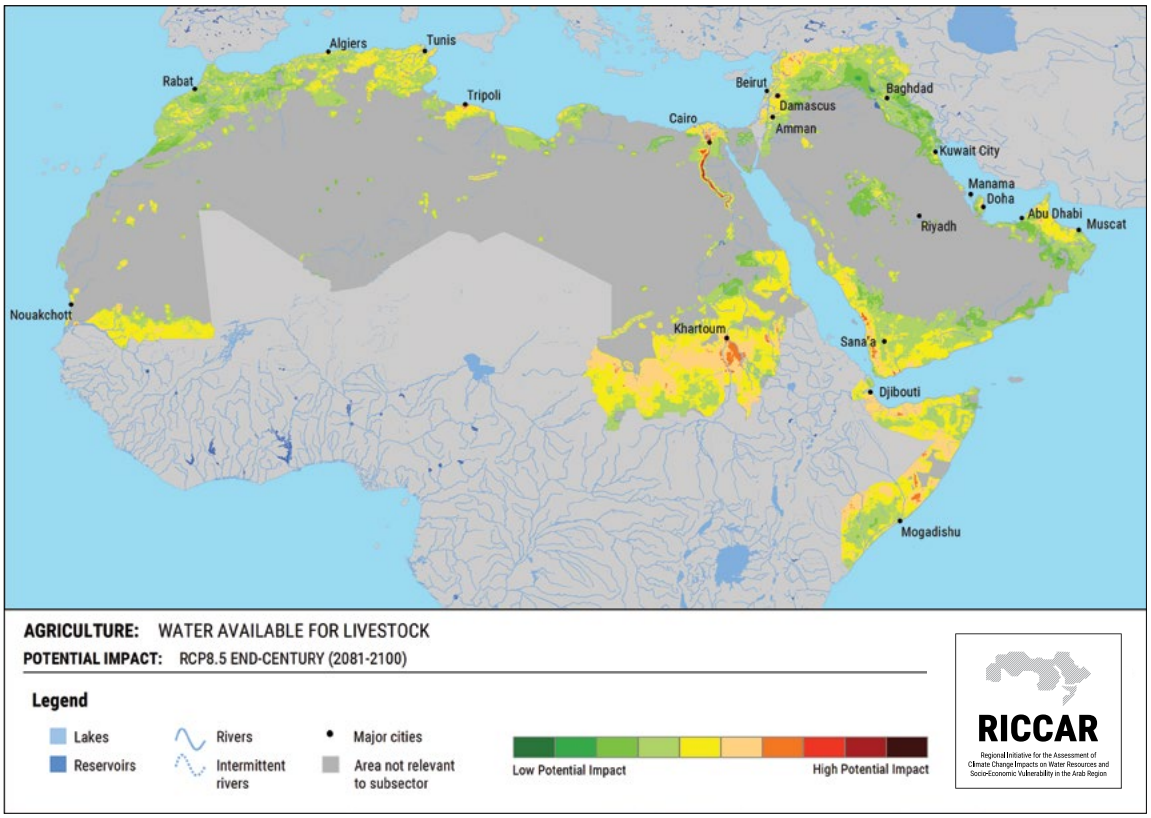
الشكل 168: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 169: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 170: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



11.2.2.2 قابلية التأثر

إن قابلية التأثر المُسقطة المتصلة بالمياه المتوفرة لإرواء المواشي هي إما معتدلة أو مرتفعة. وتُظهر نسبة 33 في المائة (RCP 4.5) إلى 45 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة قابلية تأثر مرتفعة في منتصف القرن، وتزداد هذه النسبة إلى 42 في المائة (RCP 4.5) و54 في المائة (RCP 8.5) منها في نهايته (الجدول 28).

والمناطق الأقل قابلية تأثر نسبياً تنحو لتشمل جبال وسهول الأطلس ووسط الصحراء العربية، وتُظهر كلتا المنطقتين قدرة على التكيف أعلى نسبياً وأثر محتمل أقل. والمناطق المرتفعة القابلية للتأثر تنحو لتشمل أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى والمشرق والحوض الأعلى لنهري دجلة والفرات وجبال الحجر (الأشكال 171 إلى 174).

ونتيجة للتعرض المتحرك والحساسية والقدرة على التكيف الثابتة، تميل اتجاهات قابلية التأثر الصاعدة والنازلة إلى أن تكون موازية لاتجاهات الأثر المحتمل. غير أن الفرق في إطار السيناريو RCP 4.5 بين قابلية التأثر في منتصف القرن وقابلية التأثر مع نهايته سيكون ضئيلاً نسبياً، ولكن الفرق في إطار السيناريو RCP 8.5 أشد، مما يُظهر قابلية تأثر متزايدة.

وتوجد ما تصل نسبته إلى 86 في المائة من أعداد الإبل (الجدول 29) في مناطق مرتفعة القابلية للتأثر. لكن للإبل قدرة لحسن الحظ على تحمل تغير درجة حرارة بدنها وكمية المياه التي تستهلكها تتجاوز أكثر بكثير قدرة سائر الحيوانات الأخرى؛ وحتى إذا كانت موجودة في مناطق شديدة قابلية التأثر، قد تكون تبعاتها عليها منخفضة.

وقطعان الأبقار والماعز هي أيضاً موجودة في مناطق مرتفعة قابلية التأثر (تصل إلى 77 في المائة و72 في المائة على التوالي) وتتأثر للغاية بتغير كمية المياه المتوفرة. أما الأغنام، فهي بغالبيتها موجودة في المناطق المعتدلة القابلية للتأثر (حتى 67 في المائة).

ويمكن تخفيف مستوى قابلية التأثر من خلال اعتماد تدابير لتعزيز القدرة على التكيف غالباً ما تعتمد على البحوث الزراعية التطبيقية. ويمكن أن تشتمل هذه التدابير على طرائق لرفع مستوى المعرفة والوعي. وفي وسع اعتماد نظم متكاملة لتربية المواشي والحراجة الزراعية والاستزراع المائي المساعدة على تعزيز التنويع الزراعي. وأخيراً، يمكن للبنية التحتية المائية المحسنة أن تعود بالفائدة على تربية المواشي بأعداد مكثفة.

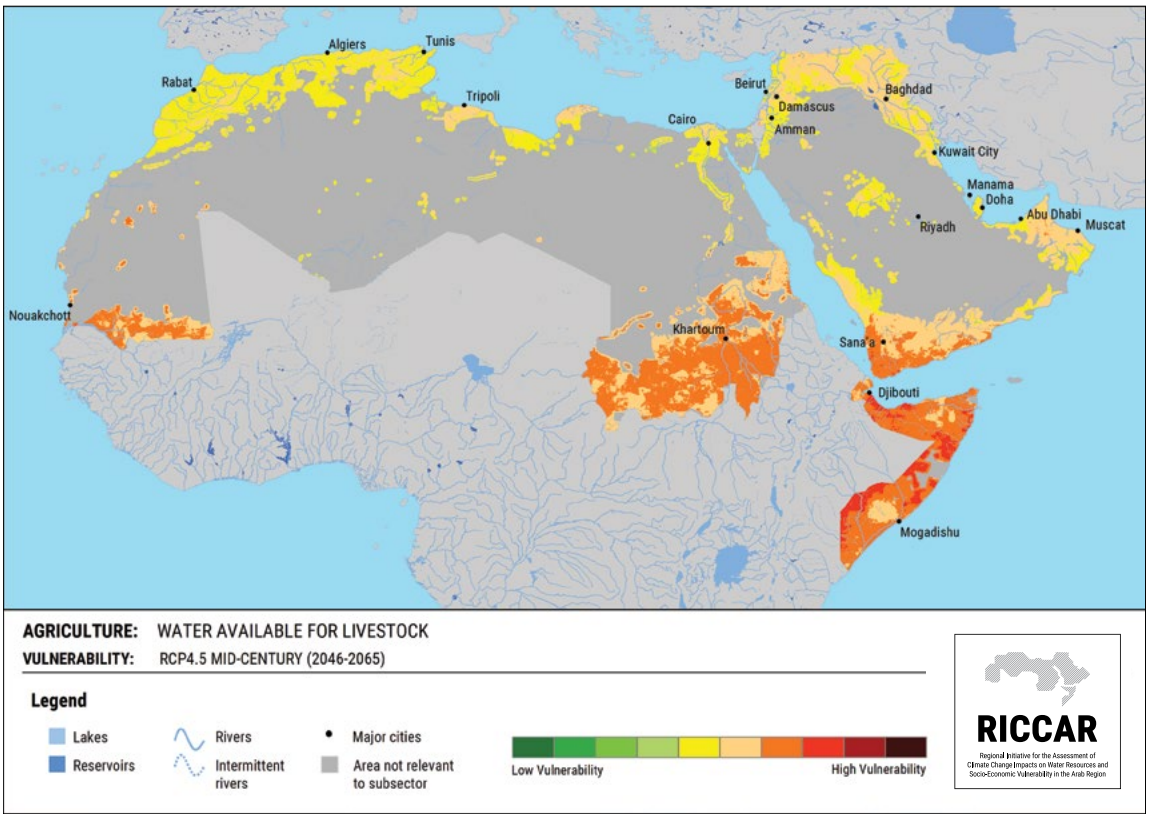
الجدول 28: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المياه المتوفرة لإرواء المواشي

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	67%	33%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	55%	45%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	58%	42%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	46%	54%

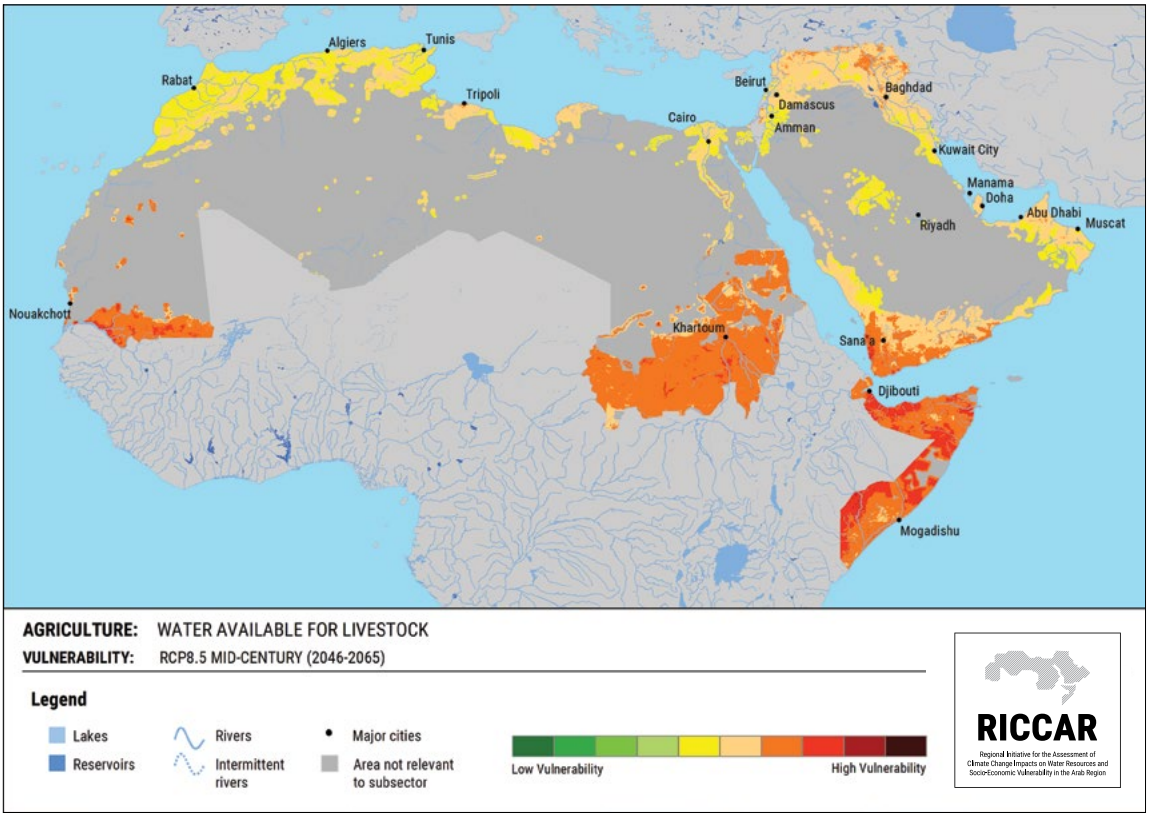
الجدول 29: النسبة المئوية لأعداد الحيوانات المجترة بحسب فئات قابلية التأثر لكل من السيناريوهات

الحيوانات المجترة	السيناريو المناخي	النسبة المئوية لأعداد الحيوانات المجترة بحسب فئات قابلية التأثر	
		معتدلة	مرتفعة
الإبل	منتصف القرن RCP 4.5	35%	65%
	منتصف القرن RCP 8.5	21%	79%
	نهاية القرن RCP 4.5	25%	75%
	نهاية القرن RCP 8.5	14%	86%
الأبقار	منتصف القرن RCP 4.5	34%	66%
	منتصف القرن RCP 8.5	27%	73%
	نهاية القرن RCP 4.5	29%	71%
	نهاية القرن RCP 8.5	23%	77%
الماعز	منتصف القرن RCP 4.5	44%	56%
	منتصف القرن RCP 8.5	37%	63%
	نهاية القرن RCP 4.5	39%	61%
	نهاية القرن RCP 8.5	28%	72%
الأغنام	منتصف القرن RCP 4.5	67%	33%
	منتصف القرن RCP 8.5	61%	39%
	نهاية القرن RCP 4.5	64%	36%
	نهاية القرن RCP 8.5	52%	48%

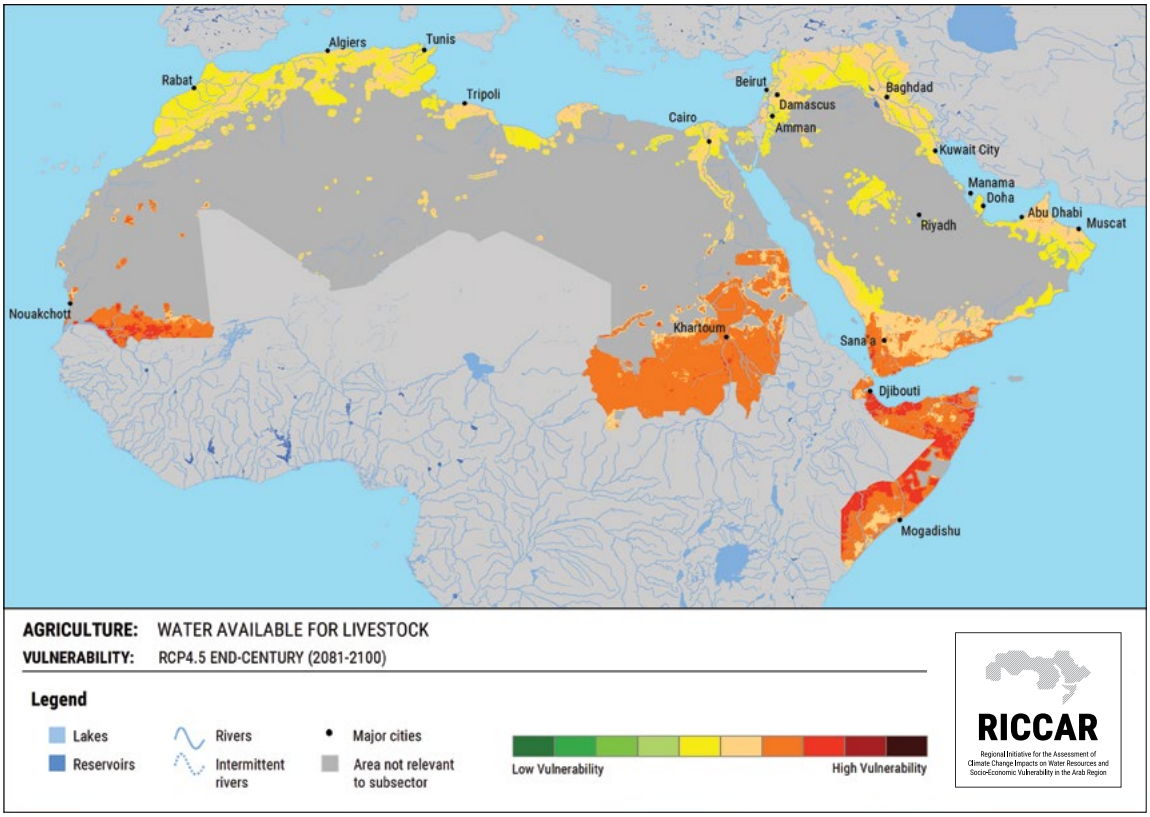
الشكل 171: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



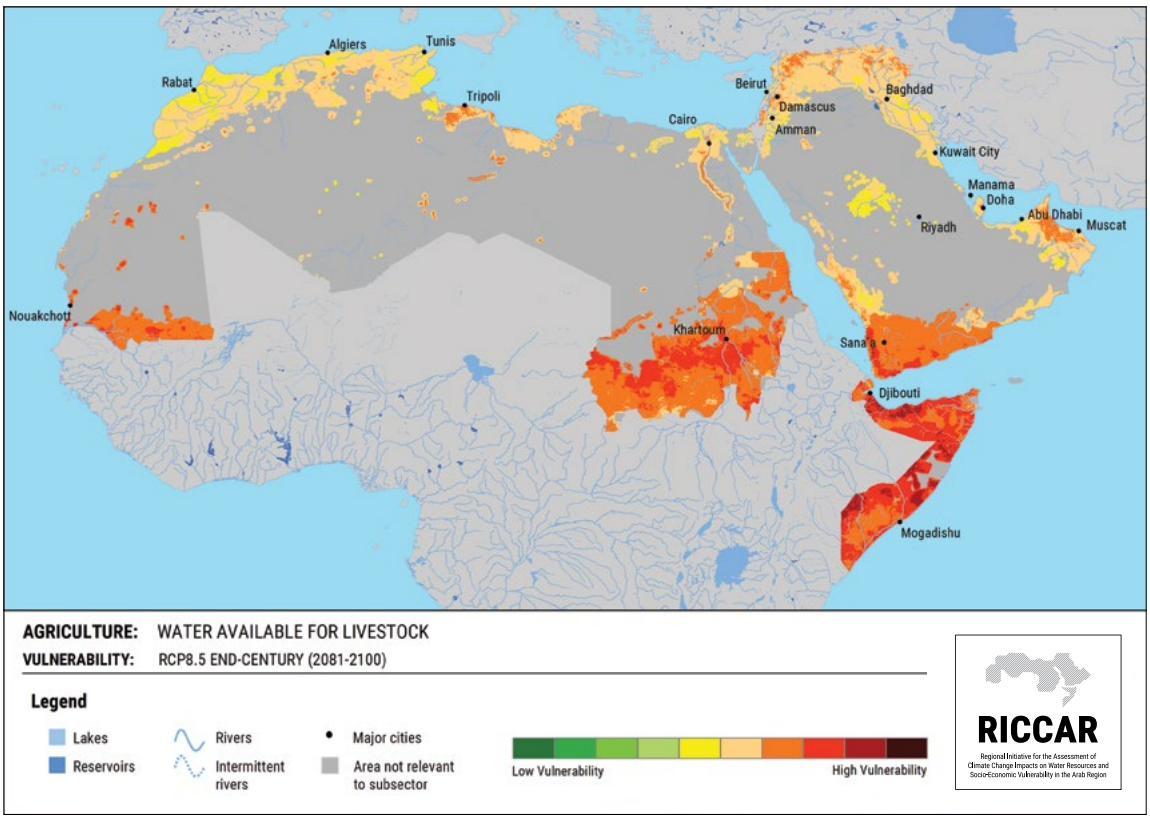
الشكل 172: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 173: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 174: المياه المتوفرة لإرواء المواشي - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



11.2.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

إن المناطق الشديدة التأثر هي مناطق تربية المواشي التي من المُسقط أن تشهد أعلى درجات قابلية التأثر من حيث توفر المياه. واعتُبرت نسبة تصل إلى 12 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة مناطق شديدة التأثر، من بينها منطقة الساحل الأفريقي وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية والقرن الأفريقي.

وهي كلها تشتمل في الوقت الحاضر على أعداد عالية من الإبل. وتميل الأبقار والأغنام إلى أن تكون محصورة في منطقة شرقي الساحل وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية، والغلبة للماعز في جميع المناطق الشديدة التأثر الموجودة خارج منطقة غربي الساحل.

ويمكن أن يكون لقابلية التأثر الحادة من حيث توفر المياه للماشية آثار ضارة. وخلال فترات الجفاف، غالباً ما يضطر المزارعون لبيع حيوانات، مما يعني، في الحالات القصوى، بيع حيوانات متوالدة تشكل ثروة الأسرة الريفية.

ونقص العلف يجبر مربّي الماشية على الانتقال إلى مراع أخرى، مما قد يؤدي إلى تفاقم تدهور الأراضي في هذه المناطق. وثمة خيار بالنسبة للقطعان العديمة الحركة هو شراء التبن أو القش من المزارع المروية أو من المفاوضين التجاريين.

11.3 قطاع الزراعة: قابلية التأثر الإجمالية

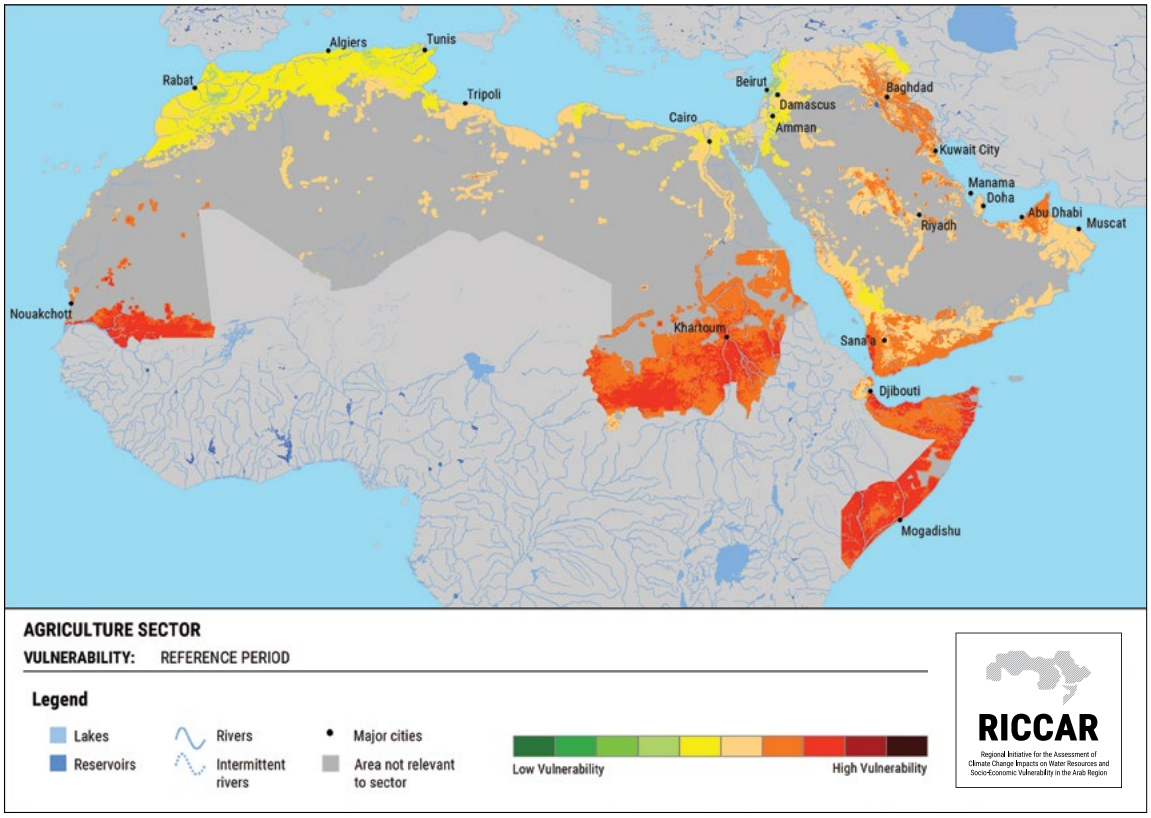
11.3.1 الفترة المرجعية

تمثل قابلية التأثر بالنسبة لقطاع الزراعة مجموع قابلية التأثر المتساوي المستمد من القطاعين الفرعيين "المياه المتوفرة لريّ المحاصيل الزراعية والمياه المتوفرة لإرواء المواشي".

بالنسبة للفترة المرجعية، تمثل المناطق المعتدلة القابلية للتأثر نسبة 51 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة والمرتفعة القابلية للتأثر نسبة 49 في المائة منها. والمناطق الزراعية الأعلى قابلية للتأثر نسبياً هي جنوبي القرن الأفريقي ومنطقة الساحل اللذان يضمان أراضي زراعية ومناطق لتربية المواشي على حد سواء (الشكل 175).

وتشير قابلية تأثر قطاع الزراعة إلى وجود ارتباط قوي بكل من القطاعين الفرعيين، ولكن هذا الارتباط أشد مع القطاع الفرعي المتعلق بالمياه المتوفرة لإرواء المواشي. وبالتالي، فإن للأخطار التي تهدد المواشي أثراً أكبر على الأخطار العامة التي تهدد الزراعة.

الشكل 175: قطاع الزراعة - قابلية التأثر- الفترة المرجعية



11.3.2 الفترات المستقبلية

11.3.2.1 قابلية التأثر

على نحو مشابه للفترة المرجعية، تتوزّع قابلية التأثّر المستقبلية بالتساوي تقريباً بين معتدلة ومرتفعة. ففي فترة منتصف القرن، تسجل نسبة 43 في المائة (RCP 4.5) إلى 49 في المائة (RCP 8.5) من إجمالي المنطقة موضوع الدراسة قابلية تأثّر مرتفعة، وسترتفع هذه القابليّة بشكل طفيف إلى 46 في المائة (RCP 4.5) وإلى 58 في المائة (RCP 8.5) من إجمالي المنطقة موضوع الدراسة مع نهاية القرن (الجدول 30). وما من مؤشرات على أن أي جزء من المنطقة موضوع الدراسة سيظهر قابلية للتأثر ضعيفة. وتشمل المناطق التي تُظهر قابلية تأثر أقل نسبياً من سواها المناطق الساحلية في بلدان المغرب، والمناطق الزراعية في منطقة العرق الغربي الكبير، والمناطق الصحراوية الوسطى لشبه الجزيرة العربية، والمناطق الواقعة شرقي البحر الميت، والحوض السفلي لنهرَي دجلة والفرات.

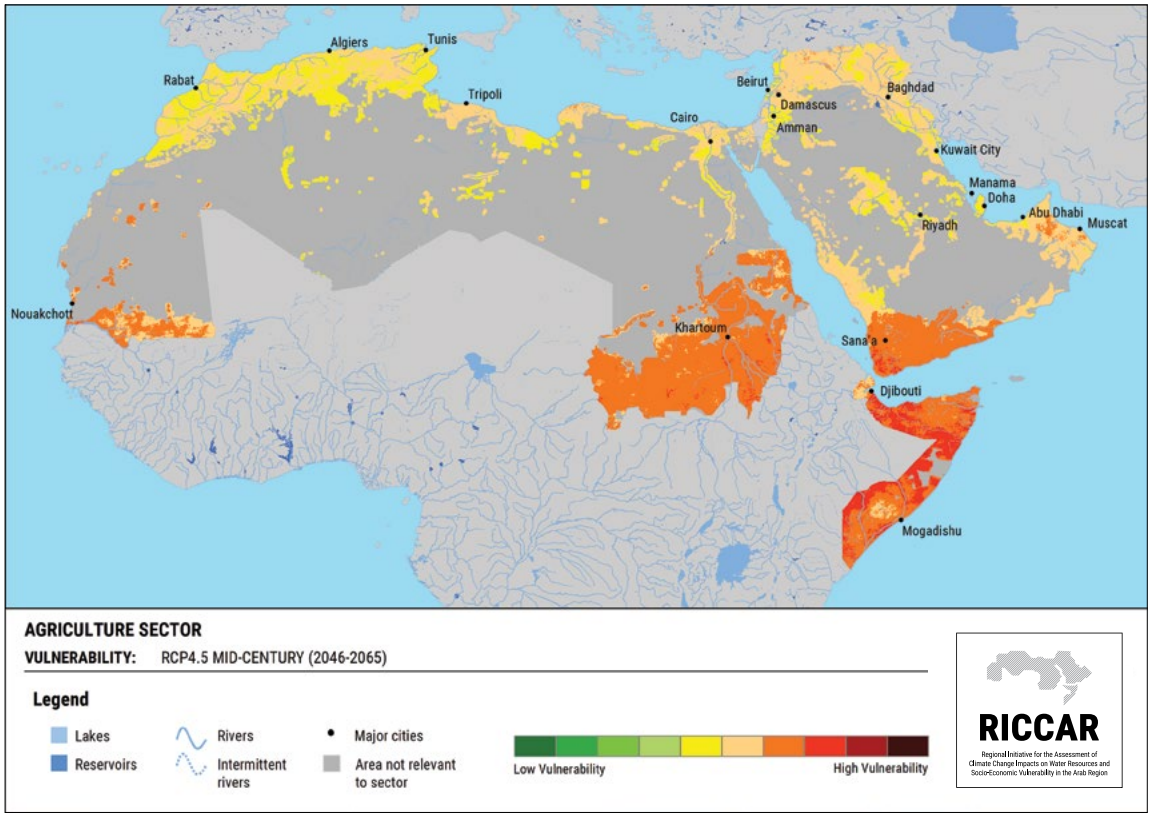
وعلى الرغم من أن اتجاهات قابلية التأثر خلال الفترة من منتصف القرن إلى نهايته تعدّ ثابتة نوعاً ما، تظهر بعض المناطق تباينات واضحة على النحو المبيّن في الأشكال من 176 إلى 179. وعلى سبيل المثال، بالنسبة للسيناريو RCP 4.5، تبدو قابلية التأثر المرتفعة أكثر وضوحاً في منطقة المغرب العربي بسبب انخفاض معدل التساقطات والجريان السطحي، وفي منطقة الساحل الغربي بسبب تزايد عدد الأيام الحارة والأيام الحارة جداً. ويشار إلى أن جبال الحجر تظهر انخفاضاً في قابلية التأثر.

كذلك تظهر بلدان المغرب قابلية تأثر مرتفعة في إطار السيناريو RCP 8.5 ولكن بدرجة أقل. ومع ذلك، لوحظ وجود اتجاه عكسي بالنسبة لكل من غربي منطقة الساحل وجبال الحجر في إطار السيناريو RCP 8.5. وأخيراً، تُظهر المناطق الزراعية في أعالي شرق منطقة الساحل، والمنطقة الوسطى في الصحراء الكبرى، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، قابلية تأثر مرتفعة بشكل عام في إطار السيناريو RCP 8.5.

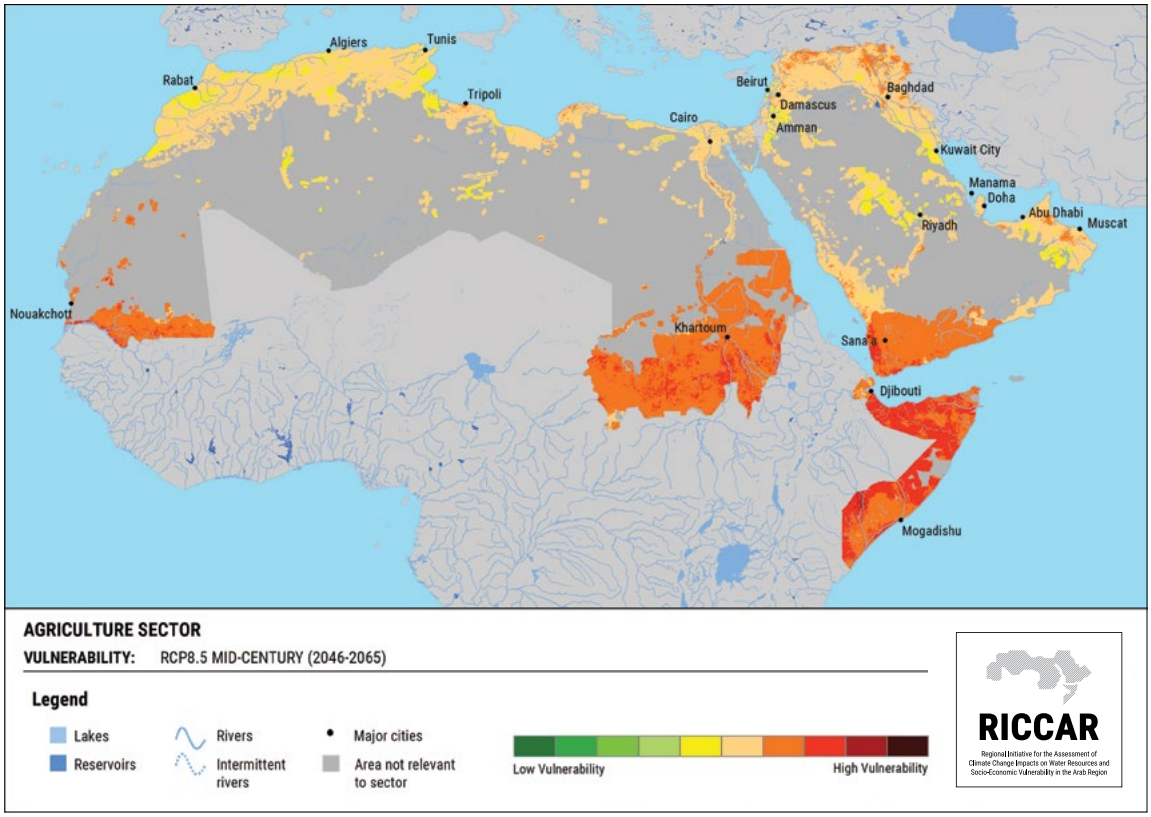
الجدول 30: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر قطاع الزراعة

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	57%	43%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	51%	49%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	54%	46%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	42%	58%

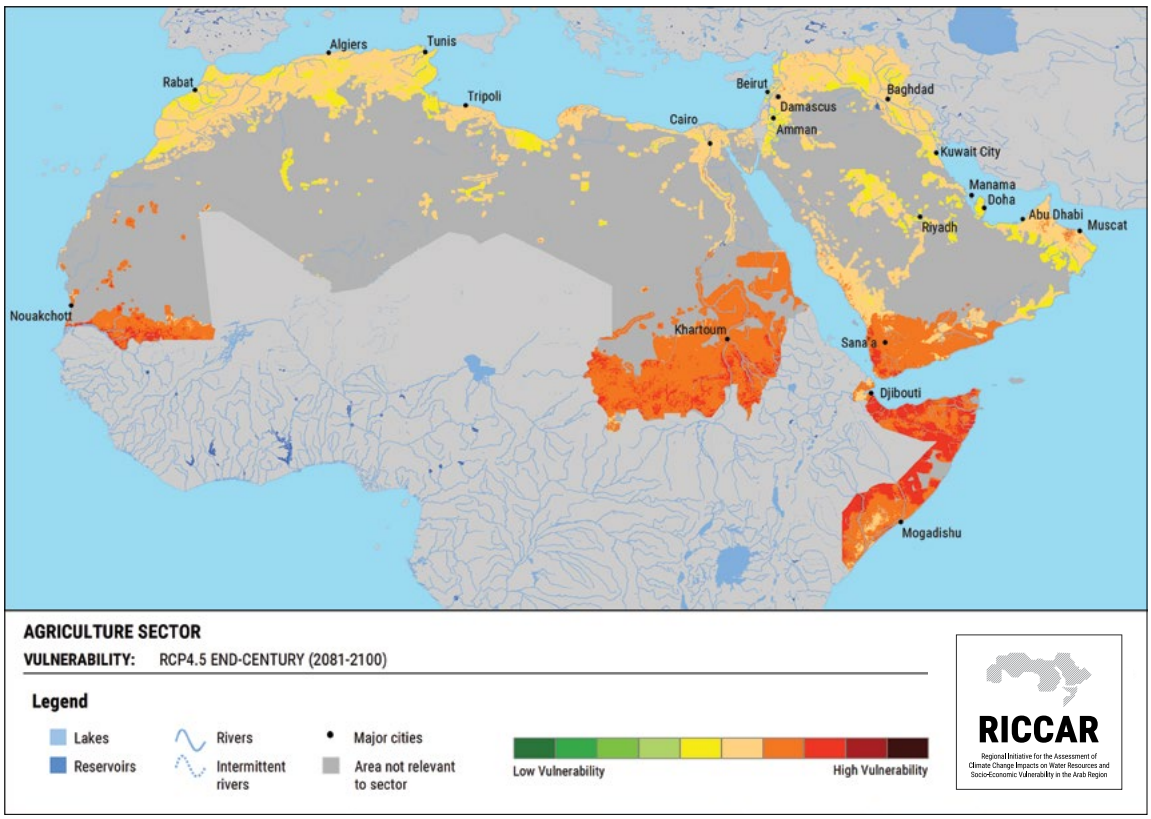
الشكل 176: قطاع الزراعة - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 4.5



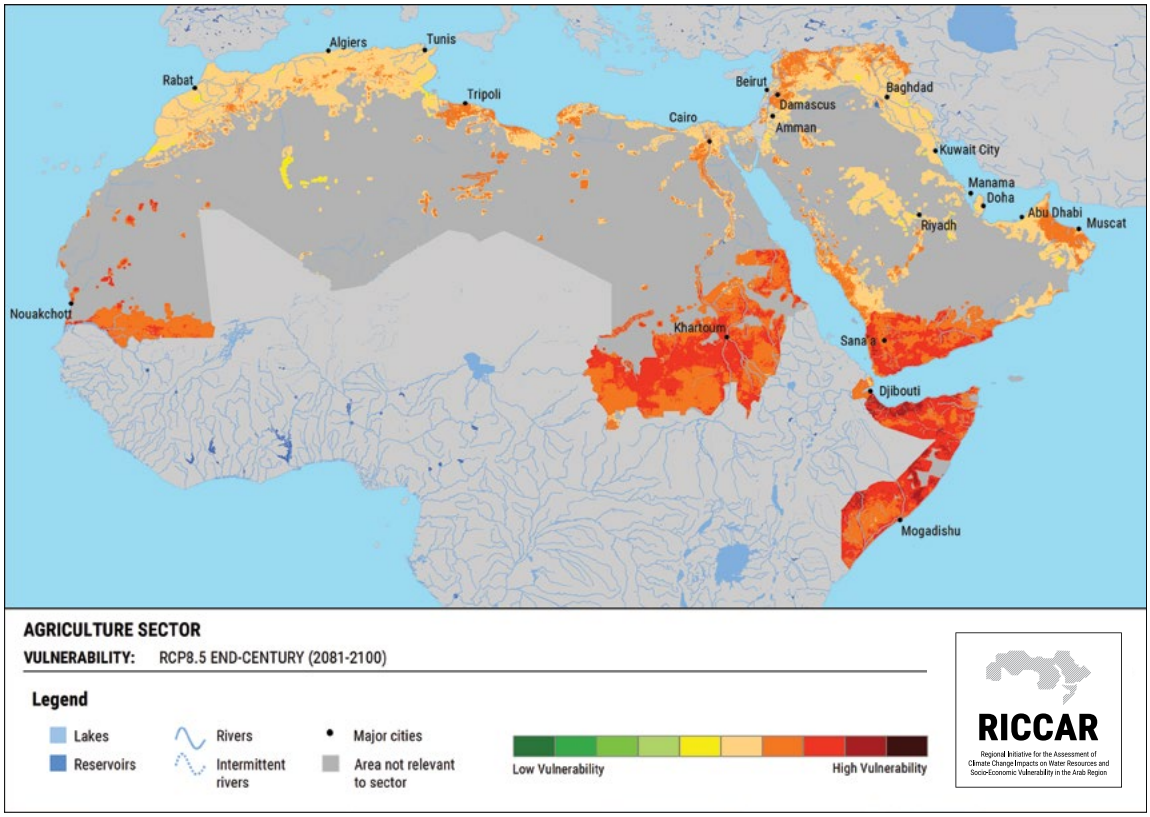
الشكل 177: قطاع الزراعة - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 8.5



الشكل 178: قطاع الزراعة - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 4.5



الشكل 179: قطاع الزراعة - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 8.5



11.3.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

تضم المناطق الشديدة التأثر المناطق الزراعية التي يُرجح أن تظهر قابلية تأثر مرتفعة نتيجة قلة المياه المتوفرة للقطاع، وهي تمثل ما يصل إلى 9 في المائة من مساحة المنطقة موضوع الدراسة. وتنتشر المناطق الشديدة التأثر في جميع أنحاء حوض تندوف، وشرقي أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية. وتشير الاحصائيات إلى أن هذه المناطق تستخدم قرابة 94 في المائة من المياه المتاحة في الزراعة[7]، ما يعني أن قابلية التأثر الشديدة للغاية على مستوى توفر المياه لأغراض الزراعة قد تؤدي إلى انهيار القطاع الزراعي، ما لم يتم اتخاذ تدابير صارمة لزيادة القدرة على التكيف من أجل استمراره.

الحواشي

1. Hoekstra and Hung, 2002.
2. Chapagain and Hoekstra, 2003.
3. FAO, 2017b.
4. المرجع نفسه.
5. فمثلاً، أنظر GEF and UNEP, 2016.
6. FAO, 2017c.
7. FAO, 2017a.

المراجع

Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y. 2003. Virtual Water Flows Between Nations in Relation to Trade in Livestock and Livestock Products. In *Value Of Water Research Report Series No.13*. Published by UNESCO IHE. Delft. Available at: https://www.utwente.nl/en/et/wem/staff/hoekstra/reports/report13.pdf.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017a. AQUASTAT Main Database 2017. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017b. FAOSTAT Database Collections. Available at: http://faostat.fao.org.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017c. Water and Fodder Availability along Livestock Trade Routes in the Horn of Africa. Adis Ababa. Available at: http://www.fao.org/3/a-i6828e.pdf.

GEF and UNEP (Global Environment Facility; United Nations Development Programme). 2016. Healthy Ecosystems for Rangeland Development (HERD): Sustainable Rangeland Management for Biodiversity Conservation and Climate Change Mitigation. Available at: https://www.thegef.org/project/healthy-ecosystems-rangeland-development-herd-sustainable-rangeland-management-biodiversity.

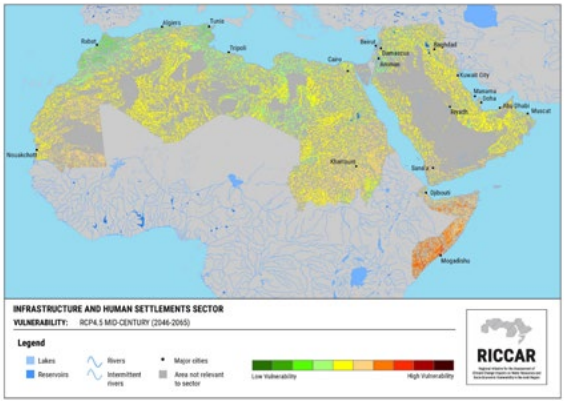
Hoekstra, A. Y. and Hung, P. Q. 2002. Virtual Water Trade. A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade. In *Value Of Water Research Report Series No.11*. Published by IHE Delft. Delft. Available at: http://waterfootprint.org/media/downloads/Report11.pdf.

قطاع البنية التحتية والمستوطنات البشرية

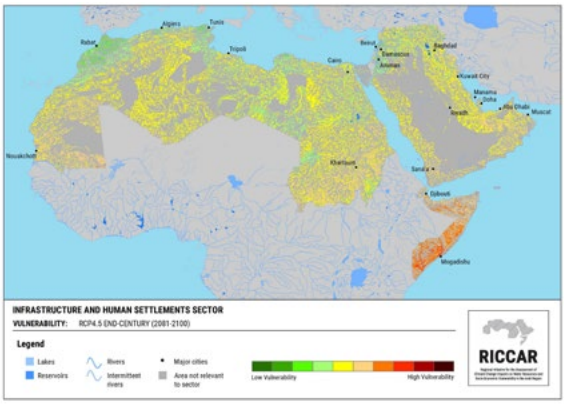
قابلية التأثر الإجمالية

RCP 4.5

2046-2065

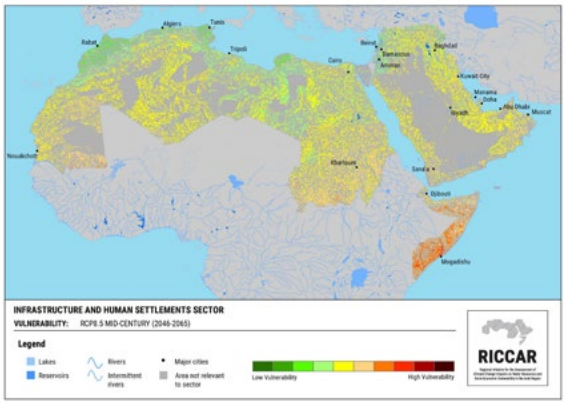


2081-2100

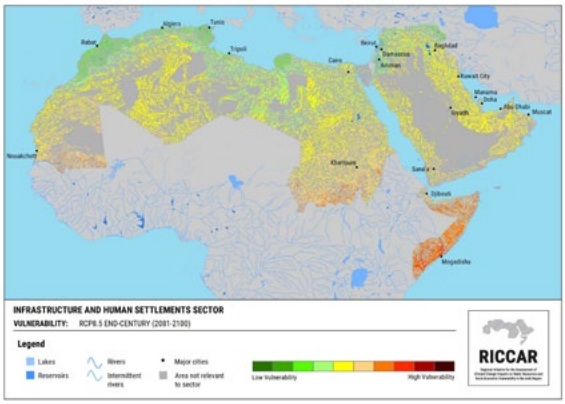


RCP 8.5

2046-2065



2081-2100



الفصل الثاني عشر

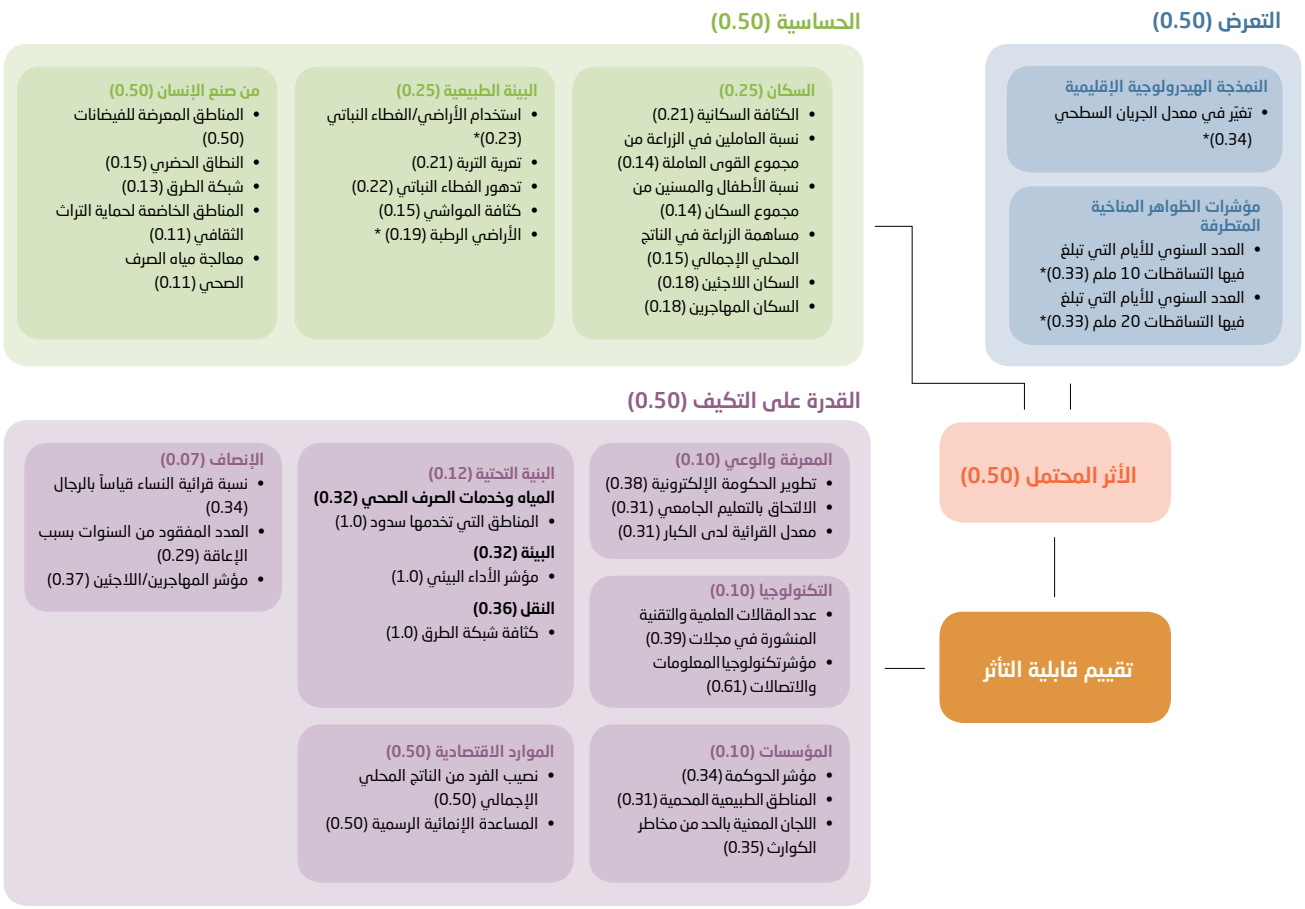
قطاع البنية التحتية والمستوطنات البشرية - قابلية التأثر

شهدت المنطقة العربية على مدى العقود الأخيرة نمواً سكانياً غير مسبوق، ويعيش أكثر من نصف السكان حالياً في المناطق الحضرية[1]. ويقع العديد من المراكز الحضرية على طول السواحل أو على ضفاف الأنهار، مثل ضفاف نهري النيل والفرات. وبالنظر إلى نطاق البيئة الحضرية وعدم إنشاء شبكات لجمع مياه الأمطار في مناطق قاحلة وشبه قاحلة، تواجه المناطق الكثيفة السكان تحدياً خاصاً هو التعامل مع عواقب الفيضانات، بما في ذلك السيول، الناجمة عن الظواهر المناخية المتطرفة. والمناطق الساحلية المنخفضة ومناطق الدلتا والأراضي المردومة التي تمتد خارج حدود السواحل الطبيعية هي أيضاً حساسة إزاء ارتفاع مستوى سطح البحر. ولذلك اختير "التغير في مناطق الفيضانات الداخلية" كأثر بارز من آثار المناخ في التقييم المتكامل الخاص بالمنطقة. وتجدر الإشارة إلى أن مخرجات النماذج المناخية الإقليمية لا تشمل ظاهرة ارتفاع مستوى سطح البحر، وبالتالي ستكون الإسقاطات المستمدة من النماذج المناخية العالمية ضرورية لتقييم الآثار المحتملة التي يخلفها ارتفاع مستوى سطح البحر على المناطق الساحلية. وعلاوة على ذلك، يلزم اللجوء إلى نماذج الارتفاعات الرقمية (DEMs) لإجراء هذا التقييم على أساس سيناريوهات تغيّر المناخ التي تعتمدها حاليا الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، ولن تتوفر نماذج DEM المطلوبة في الوقت الحاضر. وتعرض نتائج تقييم قابلية التأثر والنتائج المتعلقة بهذا القطاع فيما بعد. ونظراً لوجود قطاع فرعي واحد فقط مدرج في قطاع البنية التحتية والمستوطنات البشرية، يُفترض أن تكون خرائط تقييم قابلية التأثر متطابقة ولذلك لم تتم إضافتها على مستوى القطاع. والمنطقة المشمولة بالدراسة تقوم على مؤشر المناطق المعرضة للفيضانات، باختيار جميع المناطق التي تقل أو تكثر فيها احتمالات الفيضانات، وتشمل نسبة 32 في المائة من المنطقة العربية. ولا تعتبر المناطق التي تقل فيها للغاية احتمالات الفيضانات جزءاً من المنطقة المشمولة بالدراسة.

12.1 مناطق فيضانات داخلية

إن سلسلة الأثر التي تبين مختلف المؤشرات والترجيحات لهذا القطاع الفرعي معروضة في الشكل 180.

الشكل 180: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة لمناطق فيضانات داخلية



12.1.1 الفترة المرجعية

12.1.1.1 الأثر المحتمل

يعكس الأثر المحتمل أخطار الفيضانات الناجمة عن التعرض والحساسية. وتخضع الأراضي القاحلة وشبه القاحلة، مثل المنطقة العربية، لفيضانات في مناطقها الداخلية تهدد الحياة والممتلكات والبنية التحتية. بيد أنه يمكن أن تعود التساقطات والجريان السطحي الناجمان عن أحوال جوية أوسع نطاقاً بالفائدة، من حيث تجديد طبقات المياه الجوفية والموارد المائية الأخرى. ويشتد احتمال حدوث الفيضانات عندما يختل توازن المياه نتيجة لندرة المياه المصحوبة بجريان سطحي متطرف. كما يمكن للأمطار الغزيرة أن تهدد توازن المياه وتستتبع احتمال حدوث فيضانات. لهذه الأسباب، اختير الجريان السطحي وعدد أيام التساقطات الغزيرة (R10) والغزيرة جداً (R20) كمؤشرات للتعرض، ويتم تصنيفها بحيث أن زيادة هطول الأمطار تعني زيادة التعرض.

وتُظهر معظم المنطقة المشمولة بالدراسة (89 في المائة) تعرضاً منخفضاً في الفترة المرجعية. وتُظهر نسبة 9 في المائة فقط تعرضاً معتدلاً، بينما تُظهر المناطق المتبقية تعرضاً مرتفعاً. والمناطق الأعلى تعرضاً هي منطقة الريف وساحل المشرق وجبال زاغروس. ويشار إلى أن التعرض يستند إلى متوسط البارامترات السنوي ويمكن أن يختلف إلى حد بعيد إذا أُخذت الآثار الفصلية في الاعتبار. والفيضانات هي إلى حد بعيد انعكاس لمدة التساقطات وكثافتها. فحالة تساقطات متطرفة واحدة يمكن أن تتسبب بكارثة، حتى لو كان متوسط هطول الأمطار على مدار العام منخفضاً نسبياً.

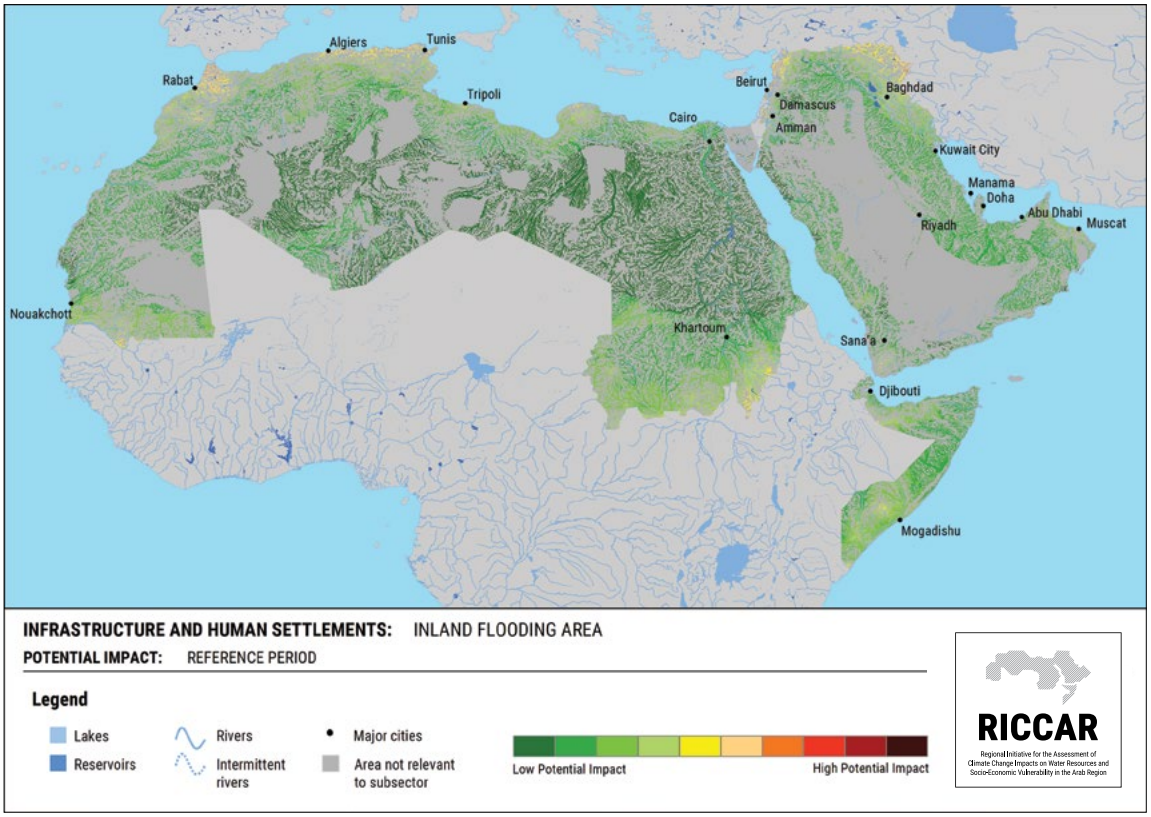
والحساسية إزاء قابلية التأثر تجاه الفيضانات في المناطق الداخلية متعددة الأوجه. وأهم مؤشر الذي تم تقييمه، بناءً على ترجيحه، هو المناطق المعرضة للفيضانات، الذي حددتها دراسة مبنية على النمذجة وحالات الفيضانات السابقة. وهناك مؤشرات أخرى مصنفة في إطار البعد الذي من صنع الإنسان هي أيضاً ذات صلة: النطاق الحضري وشبكة الطرقات ومناطق التراث الثقافي ومعالجة مياه الصرف الصحي. والمناطق الحضرية أكثر حساسية إزاء الفيضانات لأنها لا تمتص المياه وكذلك في حالات عدم كفاية شبكة تصريف مياه الأمطار. وتتأثر شبكات الطرق بمخاطر الفيضانات لأن المسالك العادية والطرقات المخصصة للإجلاء قد تكون مغمورة بالمياه أو لأن الطرقات المفتوحة قد تكون مزدحمة بفعل تحويل حركة السير. والأضرار التي تطال مواقع التراث الثقافي، مثل مواقع اليونسكو للتراث العالمي، تخلف عواقب وخيمة على السكان على الصعيدين المحلي والوطني بسبب أهميتها وقيمتها الاقتصادية والاجتماعية. وأخيراً، يمكن لمعامل معالجة مياه الصرف الصحي التي تعاني من عيوب أن تزيد من مخاطر التلوث الناجم عن الفيضانات. والفيضانات في المناطق الداخلية هي أيضاً حساسة إزاء السكان والعوامل الطبيعية. فبالرغم من قابلية تأثر السكان والبنية بشكل عام إزاء الفيضانات، فإن بعض الشرائح السكانية هشة أكثر من غيرها إزاء تبعاتها، مثل الأطفال والمسنين والمهاجرين واللاجئين الذين قد يكونون يقيمون في مساكن لا تستوفي معايير الأمان. وعلى صعيد المؤشرات المتعلقة بالطبيعة، ثمة تضاريس طبيعية وأنواع من التربة أكثر عرضة للتضرر من الفيضانات. وتسفر الفيضانات في المناطق الزراعية والمراعي عن خسائر اقتصادية، لكن الأراضي الرطبة، التي خضعت للنظر أيضاً، يمكن أن تستفيد من الفيضانات.

وتُظهر غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (89 في المائة) حساسية منخفضة إزاء مناطق الفيضانات الداخلية في الفترة المرجعية. وتُعتبر غالبية المناطق المتبقية معتدلة الحساسية وهي تشمل أبرز الوديان النهرية في كل المنطقة العربية. والمناطق المرتفعة الحساسية ضئيلة لدرجة لا تُذكر. وما حدّ من تقييم الحساسية بدقة قلة البيانات ويمكن أن تتباين بشكل حاد إذا أُخذت معايير أخرى في الاعتبار، تشمل كيفية توزُّع الثروة وتصميم المباني ونوعيتها والتركيبة السكانية للأسر وارتفاع التضاريس وانحدارها. والأثر المحتمل الناتج من ذلك للفترة المرجعية منخفض بشكل عام، إذ إنه يشمل نسبة 91 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة (الشكل 181). والمناطق التي تشهد أثراً محتمل معتدل هي معظم المنطقة المتبقية، في حين أن الأثر المحتمل المرتفع لا يذكر. والمناطق التي تشهد أثر محتمل مرتفع تشمل المناطق الساحلية القريبة من البحر الأبيض المتوسط، مثل منطقة الريف. وعانت هذه المنطقة من عدة فيضانات: أحدها في أيار/مايو 2003 أودى بحياة أكثر من 20 شخصا[2]. وثمة منطقة ساحلية أخرى يرتفع فيها الأثر المحتمل هي منطقة المشرق غربي جبل لبنان، التي شهدت 77 فيضاناً وسيلاً على الأقل أثناء الفترة المرجعية، أحدها حدث في كانون الأول/ديسمبر 1987 استلزم إجلاء السكان[3]. وأخيراً، الحوض الذي ينبع منه نهر ديالى في جبال زاغروس يشهد أثراً محتمل أعلى.



الأضرار في مدينة مسقط بعد مرور إعصار غونو، عُمان، 2007.
المصدر: Wikimedia Commons.

الشكل 181: مناطق فيضانات داخلية - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



12.1.1.2 القدرة على التكيف

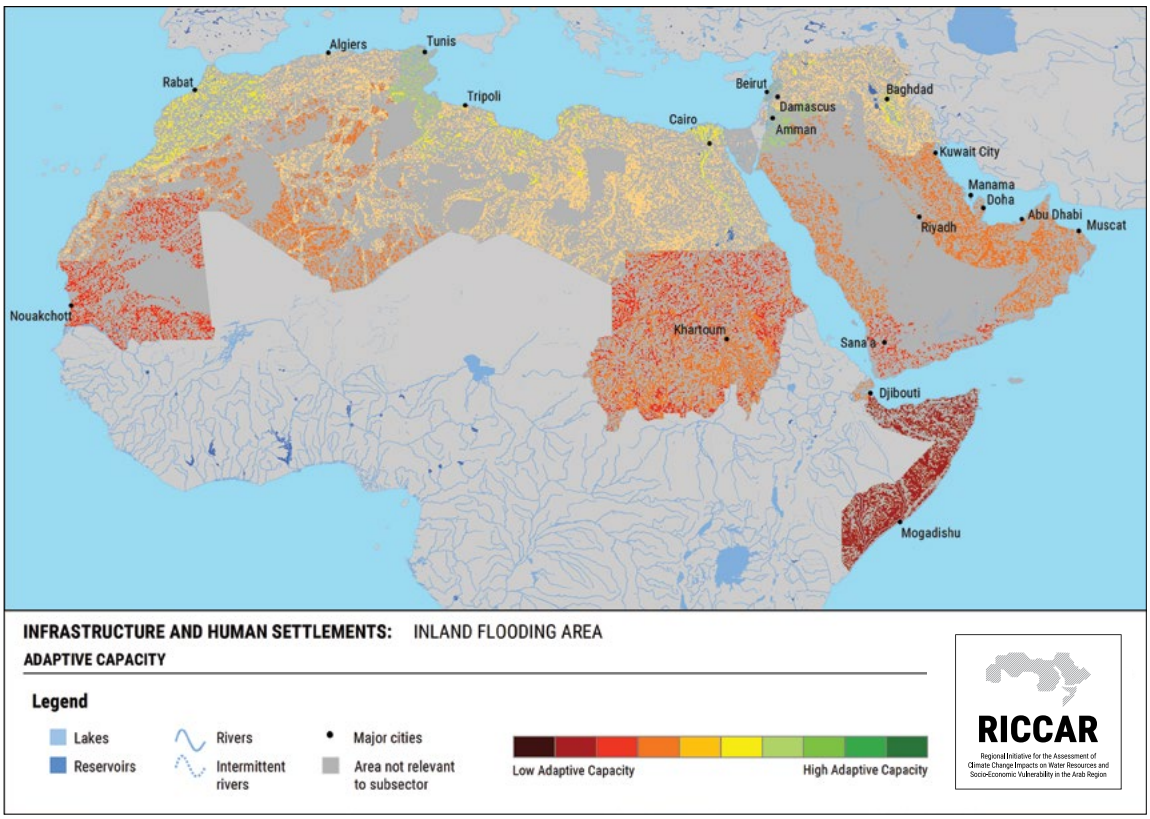
اختير ستة عشر مؤشراً مختلفاً للقدرة على التكيف، يمكن اعتبار العديد منها مؤشرات غير مباشرة للتدابير الهيكلية وغير الهيكلية الاعتيادية للتخفيف من حدة الفيضانات. وتعتبر التدابير الهيكلية، بما يشمل السدود والقنوات والسواتر وتحسين نوعية المباني، جزءاً من بعد البنية التحتية.

والتدابير غير الهيكلية، مثل التنبؤ بالأخطار وخطط الطوارئ وتخطيط استخدام الأراضي ورسم خرائط المخاطر، مدرجة في إطار المعرفة والوعي والتكنولوجيا والمؤسسات والإنصاف. وهذه التدابير، بكلا نوعيها، تعتمد على الموارد الاقتصادية؛ ولهذا البعد ومؤشراته أعلى ترجيح لهذا العنصر (الشكل 180).
وتُظهر غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (73 في المائة) إلى قدرة على التكيف معتدلة بالنسبة لمناطق الفيضانات الداخلية، بينما يُظهر ربعها (25 في المائة) قدرة على التكيف منخفضة. وتُظهر المناطق المتبقية قدرة على التكيف مرتفعة قياساً بالمنطقة. والمناطق الأقل قدرة على التكيف هي الأودية والجداول في أفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية (الشكل 182).



سد مروي، السودان، 2009. المصدر: إيهاب جناد.

الشكل 182: مناطق فيضانات داخلية - القدرة على التكيف



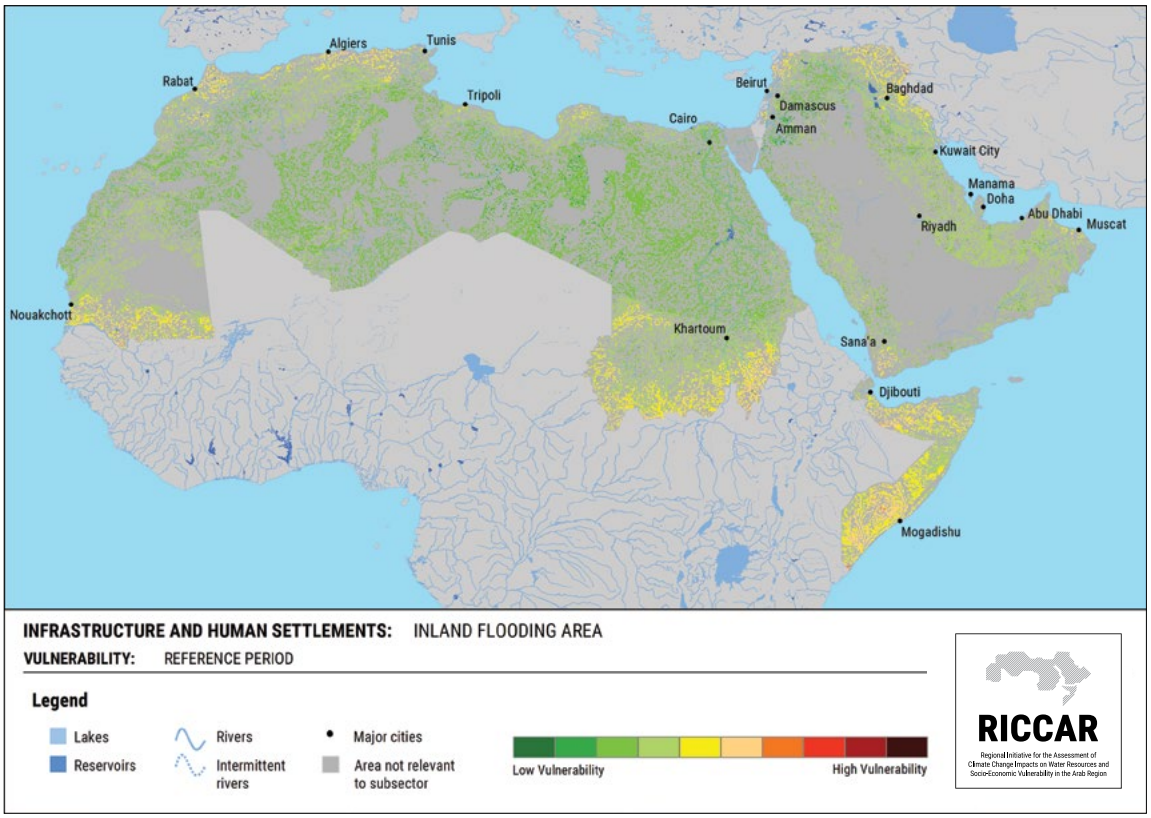


بيروت، لبنان، 2015. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

12.1.1.3 قابلية التأثر

تشير قابلية التأثر في هذا السياق إلى أخطار الفيضانات والقدرة على التعامل معها. وتُظهر قابلية التأثر في الفترة المرجعية المستوى نفسه تقريباً بين قابلية التأثر المنخفضة وقابلية التأثر المعتدلة (48 في المائة و52 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة، على التوالي). ومناطق قابلية التأثر المرتفعة تكاد لا تُذكر. والمناطق الأعلى قابلية للتأثر هي الوادي الأوسط لنهر السنغال، وحوض نهر النيل الأزرق، وسهول بحر العرب الفيضية في منطقة الساحل، والسهول الفيضية للجزء الأسفل من نهر العاصي في المشرق، والسهول التي ترفد بمياهها نهر دجلة، وموقع التصريف الساحلي على البحر الأحمر جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية، وموقع التصريف الساحلي شمالي القرن الأفريقي، وسهول نهري جوبا وشبيلي الفيضية، ومنطقة الريف، ومنطقة أطلس التل (الشكل 183).

الشكل 183: مناطق فيضانات داخلية - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



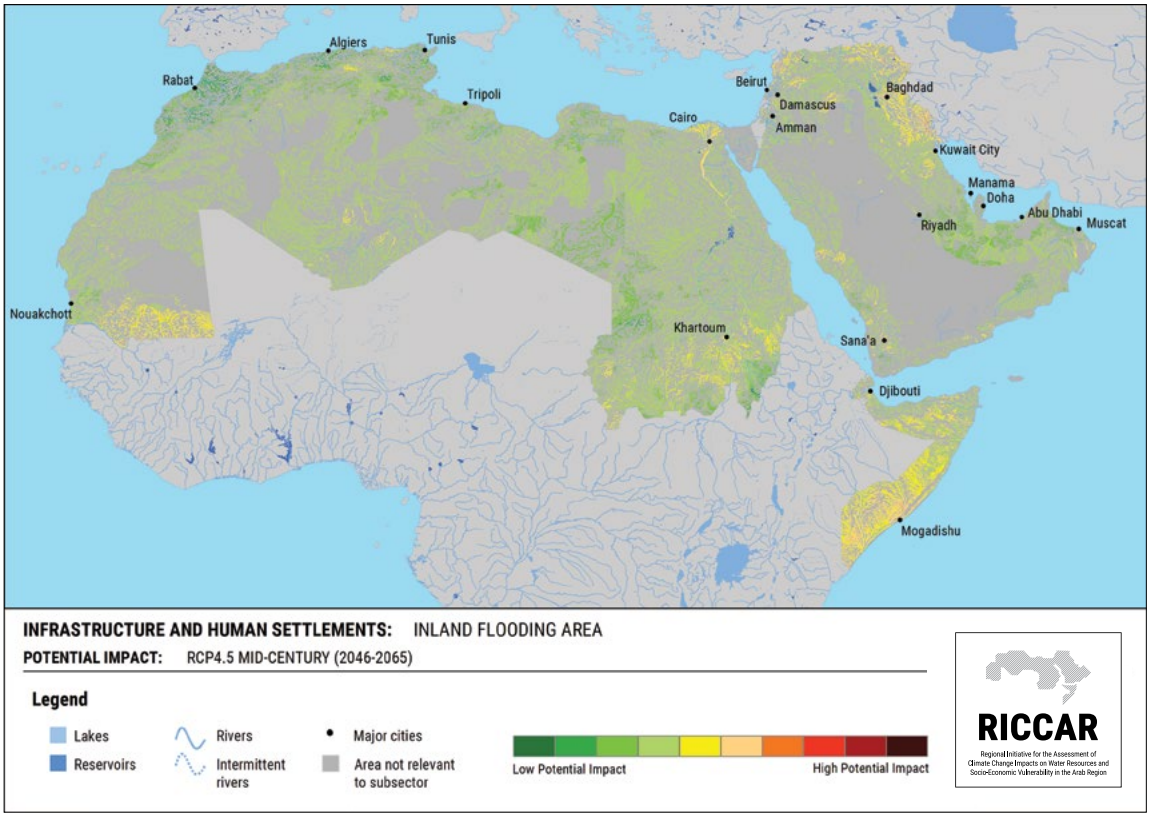
12.1.2 الفترات المستقبلية

12.1.2.1 الأثر المحتمل

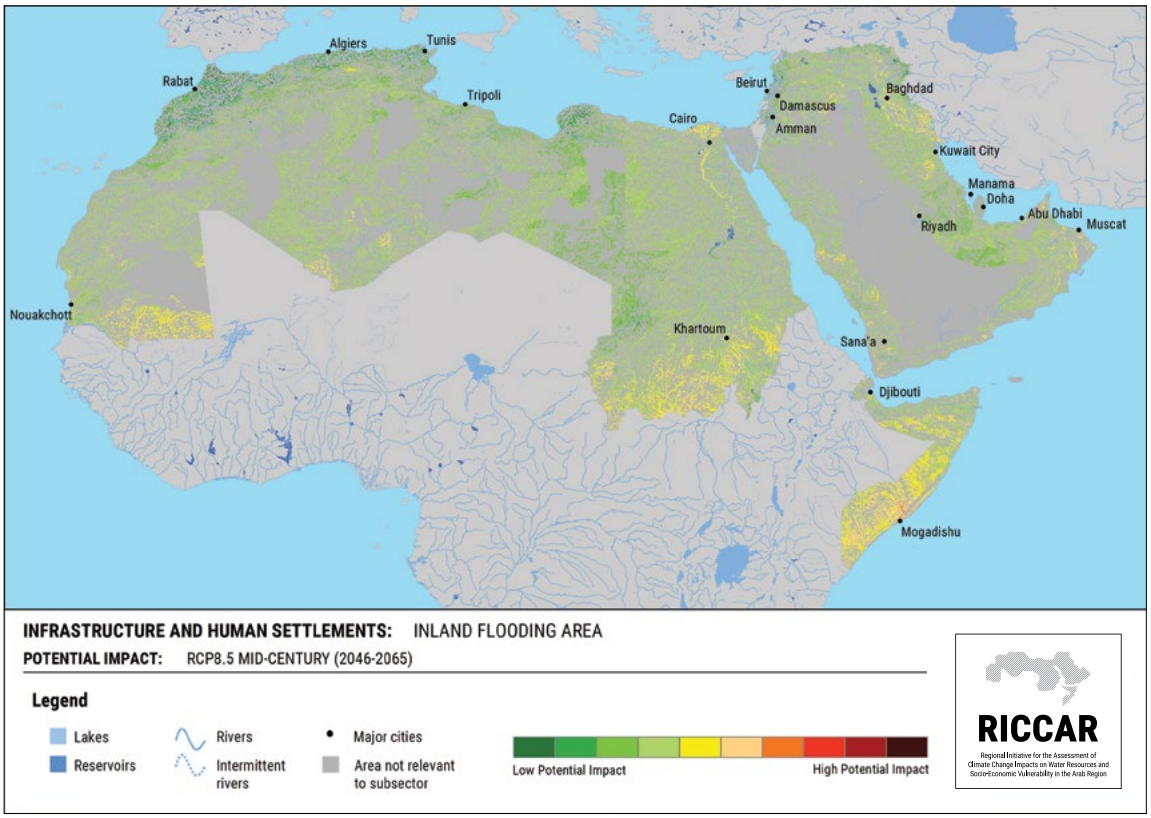
إن مخاطر الفيضانات المسقطة غير مؤكدة ولكن هناك عوامل مختلفة تشير إلى ازديادها في المنطقة العربية، على الرغم من انخفاض معدل هطول الأمطار في بعض أنحائها. والمناطق المنخفضة التعرض الذي يتوقف على التساقطات وعدد أيام التساقطات الغزيرة والغزيرة جداً، هي عموماً المناطق التي تتناقص فيها التساقطات في نسبة 5 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن (RCP 4.5 وRCP 8.5)، و4 في المائة (RCP 4.5) إلى 7 في المائة (RCP 8.5) مع نهايته. ويميل التعرض المعتدل إلى الإشارة إلى المناطق التي يكاد لا يتغير فيها معدل التساقطات عن الفترة المرجعية ويتشمل نسبة 75 في المائة (RCP 8.5) إلى 79 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن، و60 في المائة (RCP 8.5) إلى 71 في المائة (RCP 4.5) مع نهايته. وأخيراً، المناطق المرتفعة التعرض هي المناطق التي تتزايد فيها التساقطات وتمثل نسبة 16 في المائة (RCP 4.5) إلى 20 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن، و25 في المائة (RCP 4.5) إلى 34 في المائة (RCP 8.5) مع نهايته. وتختلف المناطق الأعلى تعرضاً باختلاف السيناريو المناخي ولكنها تضم دوماً السهول الفيضية لنهري جوبا وشبيلي والجزء الأسفل من حوض تندوف.

والأثر المحتمل الذي يجمع التعرض والحساسية معتدل إلى حد بعيد. وتُظهر نسبة 73 في المائة (RCP 8.5) إلى 83 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة إلى أثر محتمل معتدل بالنسبة لمنتصف القرن (الشكلان 184 و185). وكذلك الأمر، تُظهر أن 76 في المائة (RCP 8.5) و79 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة ستشهد أثراً محتمل معتدل (الشكلان 186 و187) مع نهايته. وتُظهر المناطق المتبقية أثراً محتمل منخفض. والمناطق التي تُظهر أثراً محتمل مرتفع تكاد لا تُذكر. وتلك التي تُظهر أعلى أثر محتمل هي الجزء الأوسط من وادي نهر السنغال، والسهول الفيضية لنهري جوبا وشبيلي، والسهل الفيضي لبحر العرب شرقي منطقة الساحل. وفي المقابل، فإن المناطق التي تشهد الأثر المحتمل الأقل قياساً بالمنطقة هي جبال الأطلس والسهل الساحلي وسهل الجفارة والجبال الخضراء وساحل المشرق وجبال زاغروس. ويمكن لتغير الحساسية أن يتسبب بتغيرات هامة في الأثر المحتمل المسقط. وتطال هذه التغيرات مناطق أحواض المياه، مثل ازدياد التوسع الحضري، مما يؤدي إلى اتساع المناطق العازلة التي لا تمتص المياه. ويمكن لازدياد التوسع الحضري والهجرة المساهمة في ارتفاع عدد المساكن التي لا تستوفي المعايير المطلوبة وتُبنى في السهول الفيضية. وأخيراً، ستكون لشرائح سكانية معينة مثل الأطفال والنساء والمسنين والمعوقين، عند ارتفاع عددها، احتياجات مختلفة ينبغي مراعاتها في حالات الإجلاء وتوفير المأوى وتوزيع المساعدات الغوثية وإصلاح عواقب الفيضانات.

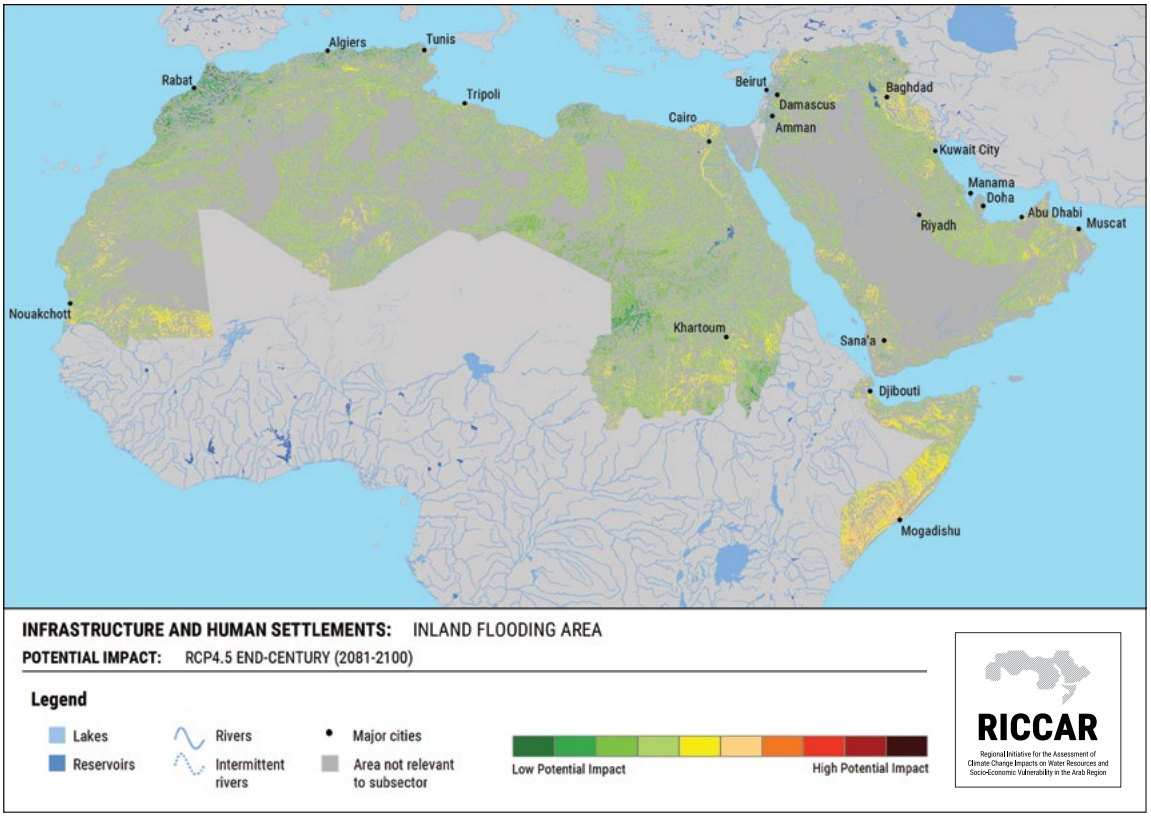
الشكل 184: مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



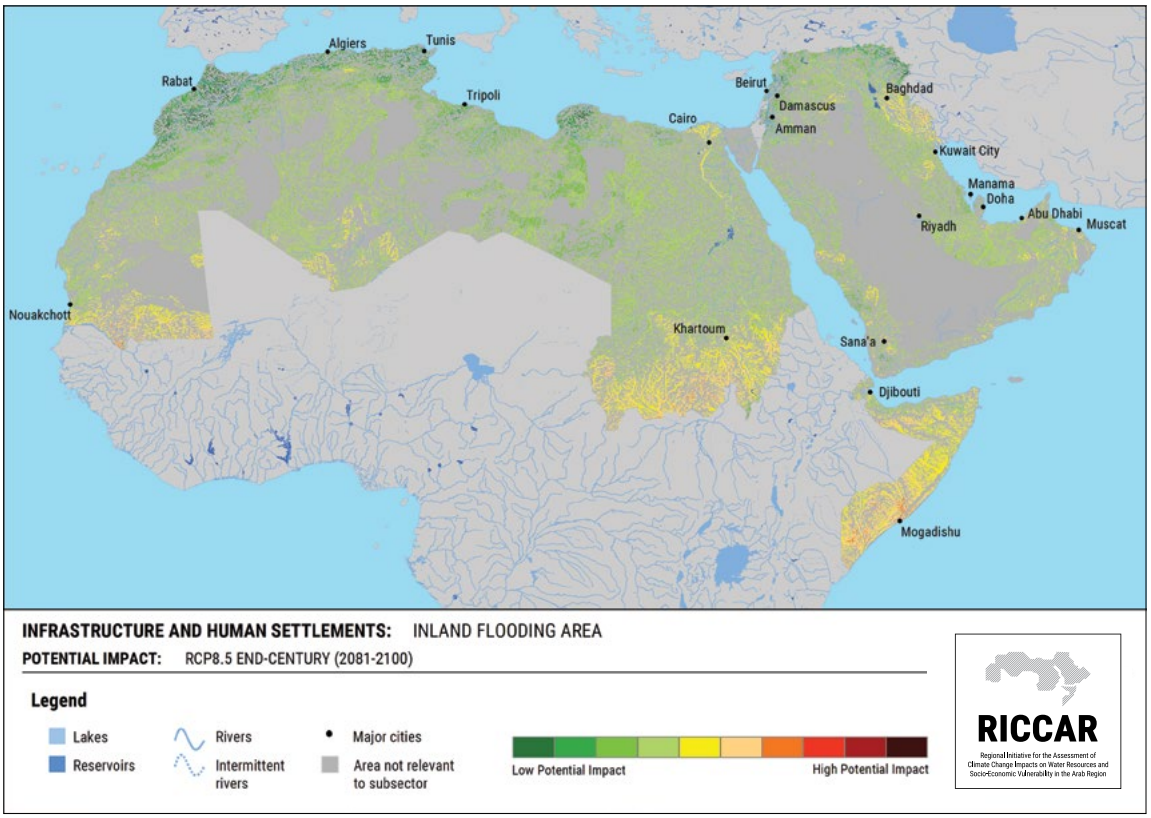
الشكل 185: مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 186: مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 187: مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



12.1.2.2 قابلية التأثر

يتوقع ارتفاع قابلية التأثّر في المنطقة ولا سيما في المناطق الحضرية، وذلك في حالٍ لم يطرأ تحسّن يذكر على الحدّ من الفقر والتخطيط استعداداً للكوارث ومعايير سلامة البناء. وعلى افتراض عدم حدوث أية تغييرات في الحساسية أو القدرة على التكيّف، تشير معظم مناطق الدراسة (حوالى 90 في المائة) على وجود قابلية تأثر معتدلة لجميع السيناريوهات (الجدول 31). وتظهر جميع المناطق المتبقية قابلية تأثر تتراوح بين ضعيفة ومرتفعة.

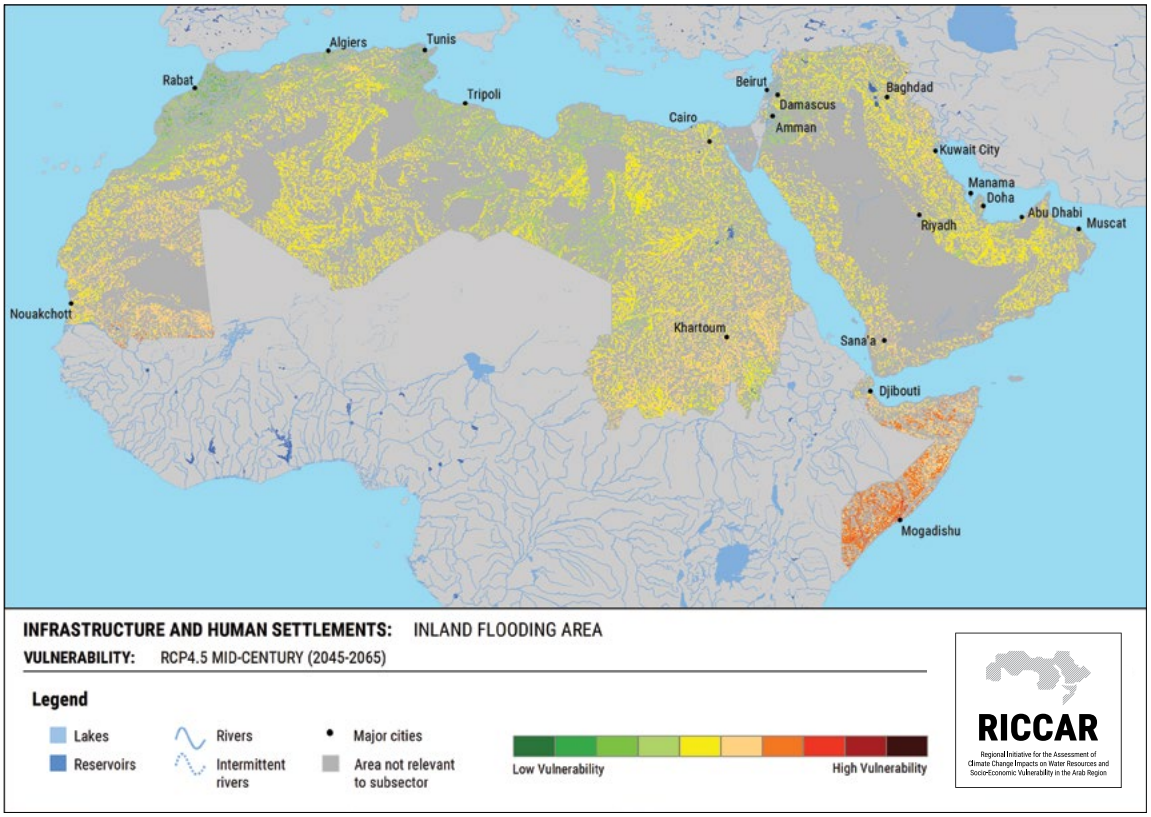
وتشير قابلية التأثر إلى معدل انحدار متزايد بشكل عام من الشمال إلى الجنوب، حيث تظهر المناطق الساحلية قابلية تأثر منخفضة نسبيًا، بينما تظهر منطقة إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى قابلية تأثر أعلى بشكل عام (الأشكال 188 إلى 191).

وتشير اتجاهات قابلية التأثر من فترة منتصف القرن إلى فترة نهايته إلى حدوث تغيّر محدود في إطار السيناريو RCP 4.5، وتغيّر ضئيل أيضاً في إطار السيناريو RCP 8.5، على الرغم من أن أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وشرقي صحراء شبه الجزيرة العربية تظهران زيادة طفيفة في قابليّة التأثّر. ويلاحظ حدوث انخفاضات طفيفة في قابلية التأثر في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط وجبال زاغروس.

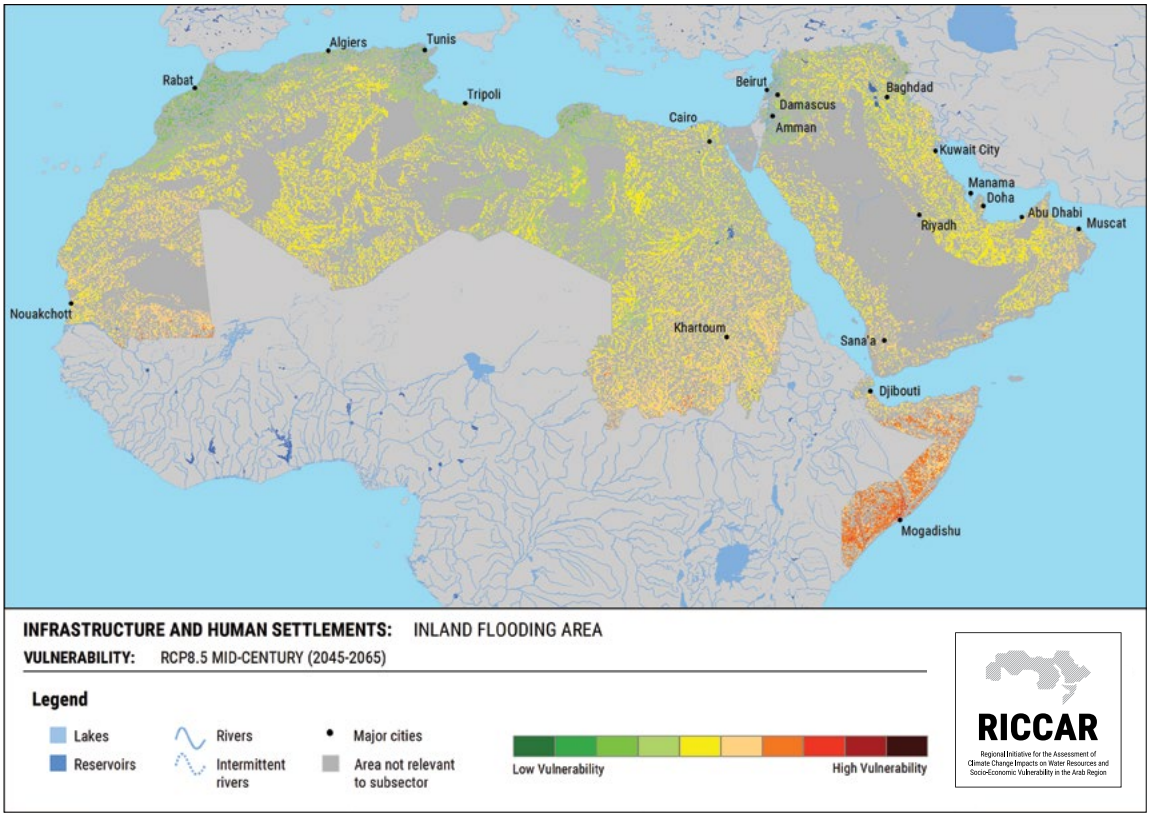
الجدول 31: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر مناطق الفيضانات داخلية

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	2%	94%	4%
منتصف القرن RCP 8.5	3%	93%	4%
نهاية القرن RCP 4.5	2%	94%	4%
نهاية القرن RCP 8.5	4%	89%	7%

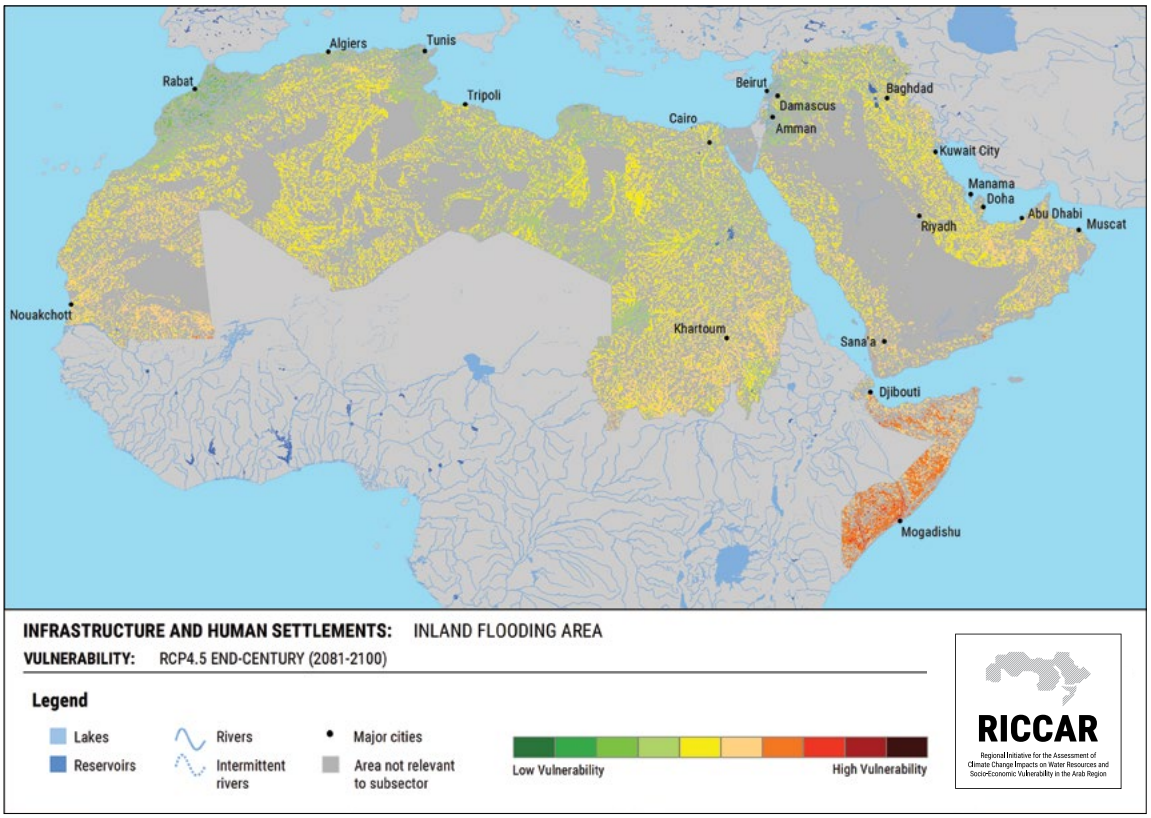
الشكل 188: مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



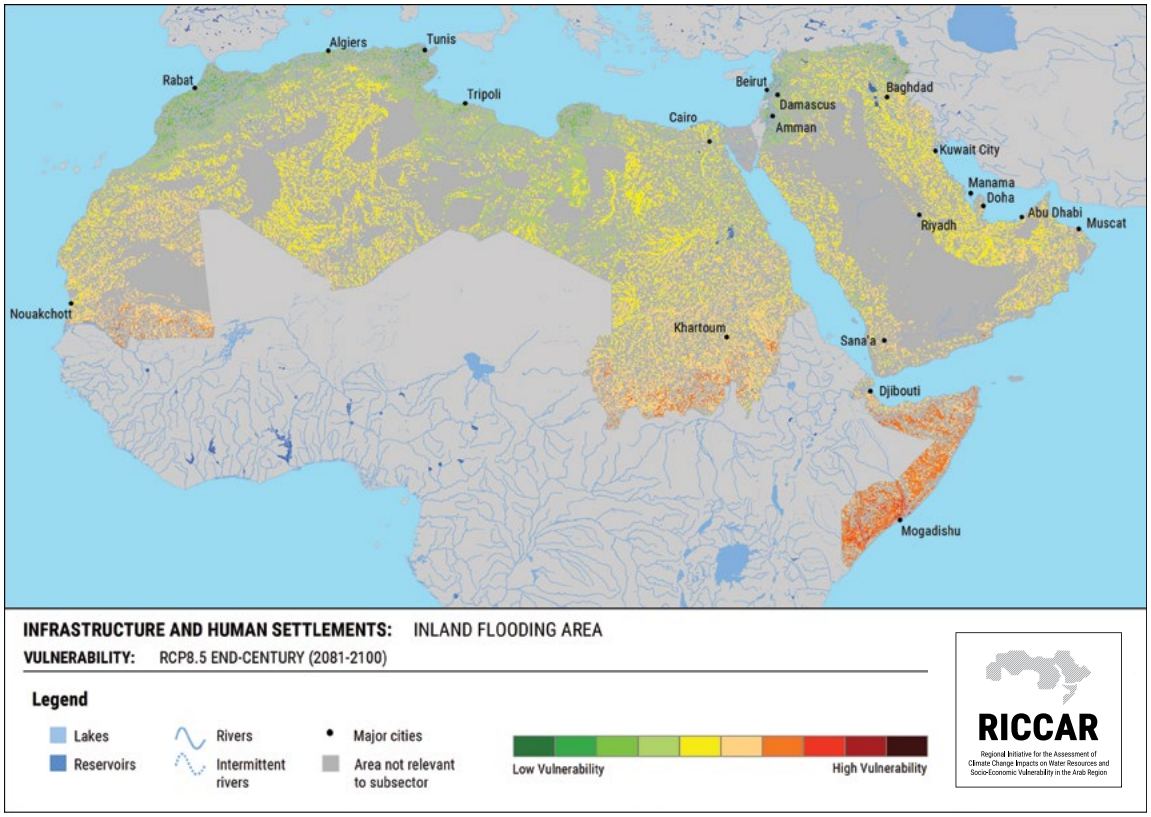
الشكل 189: مناطق فيضانات داخلية - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 190: مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 191: مناطق فيضانات داخلية - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



12.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

إن المناطق الشديدة التأثر هي المناطق التي من المسقط أن تشهد أعلى درجات قابلية التأثر وتمثل نسبة ما يصل إلى 8 في المائة من المناطق الداخلية التي تجتاحها الفيضانات والمشمولة بالدراسة. وتوجد هذه المناطق في كل من شرقي وغربي منطقة الساحل الأفريقي، والقرن الأفريقي (ولا سيما السهول الفيضية لنهرَي جوبا وشبيلي)، وكذلك في مناطق معزولة من جنوبي شبه الجزيرة العربية. وأدت الفيضانات التي ضربت مؤخراً غربي منطقة الساحل (آب/أغسطس إلى أيلول/سبتمبر 2013) إلى إلحاق أضرار جسيمة بالمحاصيل والماشية في المناطق الزراعية، وتدمير البنية التحتية، وتلويث إمدادات المياه في المناطق الحضرية بما في ذلك نواكشوط. وتُعدّ الفيضانات الداخلية شرقي منطقة الساحل الأفريقي أمراً شائعاً، ولا سيما بالقرب من نقطة التقاء نهرَي النيل الأبيض والنيل الأزرق، وهو ما دفع السكان في هذه المنطقة إلى بناء جدران دعم تهدف إلى حماية المناطق الزراعية من فيضان مياه الأنهار.

وشهدت السهول الفيضية في نهري جوبا وشبيلي أيضاً فيضانات متكررة: آخرها كان في نيسان/أبريل 2010 ونيسان/أبريل 2013 وأيار/مايو 2013. وتميل هذه الفيضانات إلى الحدوث خلال موسمين ماطرين: موسم Gu (من نيسان/أبريل إلى حزيران/يونيو) وDeyr (تشرين الأول/أكتوبر إلى تشرين الثاني/نوفمبر).

ومن ضمن الخطوات اللازم اتخاذها للحد من قابلية التأثر اعتماد نظام إدارة معلومات للحدّ من مخاطر الفيضانات والاستجابة لها (FRRMIS)، وهو كناية عن منصة لنشر وتوفير المعلومات تستند إلى الإنترنت ونظام المعلومات الجغرافي وتقدم دوماً آخر المعلومات المتعلقة بالفيضانات. وهو يدعو إلى تعزيز التأهب لمواجهة الفيضانات والتخطيط للطوارئ، واستحداث قاعدة بيانات جغرافية عن الأضرار التي تحدثها الفيضانات في ضفاف الأنهار وعن مناطق الفيضانات المحتملة[4].



الأقصر، مصر، 2016. المصدر: دنيا شوشاني.

الحواشي

1. UN-HABITAT, 2016.
2. DesInventar, 2016.
3. المرجع نفسه.
4. SWALIM, 2017.

المراجع

DesInventar. 2016. Disaster Information Management System. Published by United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Available at: http://www.desinventar.net/index_www.html.

SWALIM (Somalia Water and Land Information Management). 2017. Somalia Water and Land Information Management Website. Published by Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at: http://www.faoswalim.org/.

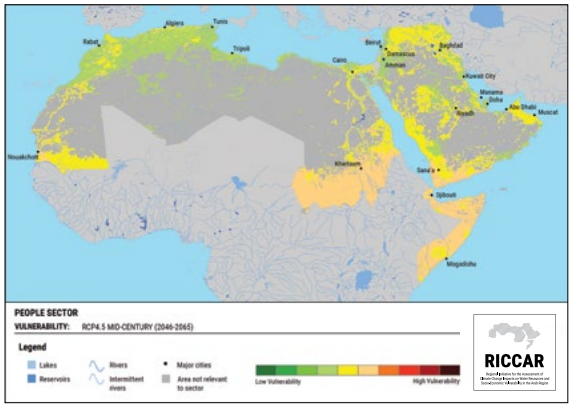
UN-HABITAT. 2016. State of the World's Cities Report: Urbanization and Development, Emerging Futures. Available at: http://wcr.unhabitat.org/main-report/.

قطاع الانسان

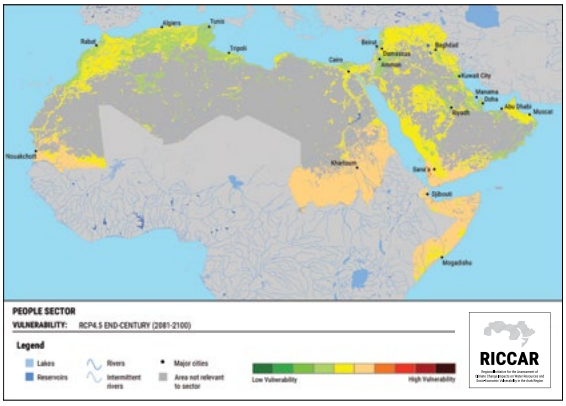
قابلية التأثر الإجمالية

RCP 4.5

2046-2065

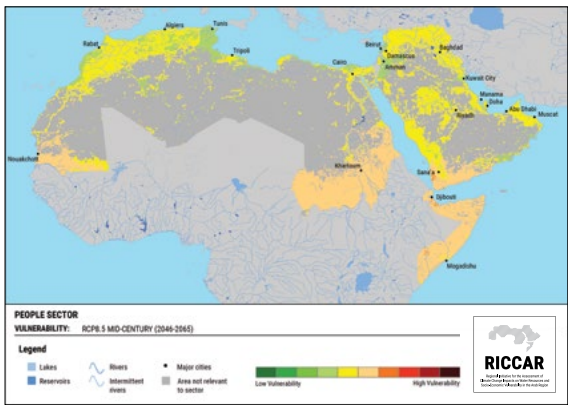


2081-2100

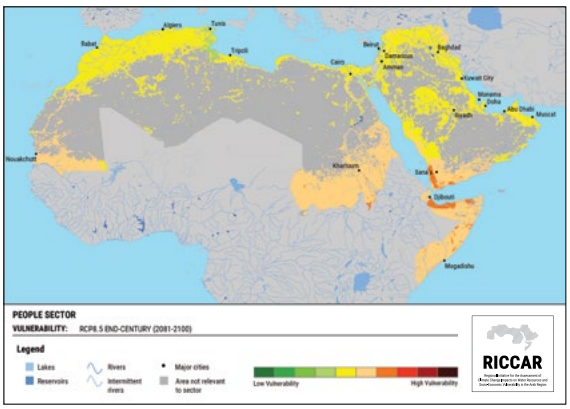


RCP 8.5

2046-2065



2081-2100



الفصل الثالث عشر

قطاع الإنسان- قابلية التأثر

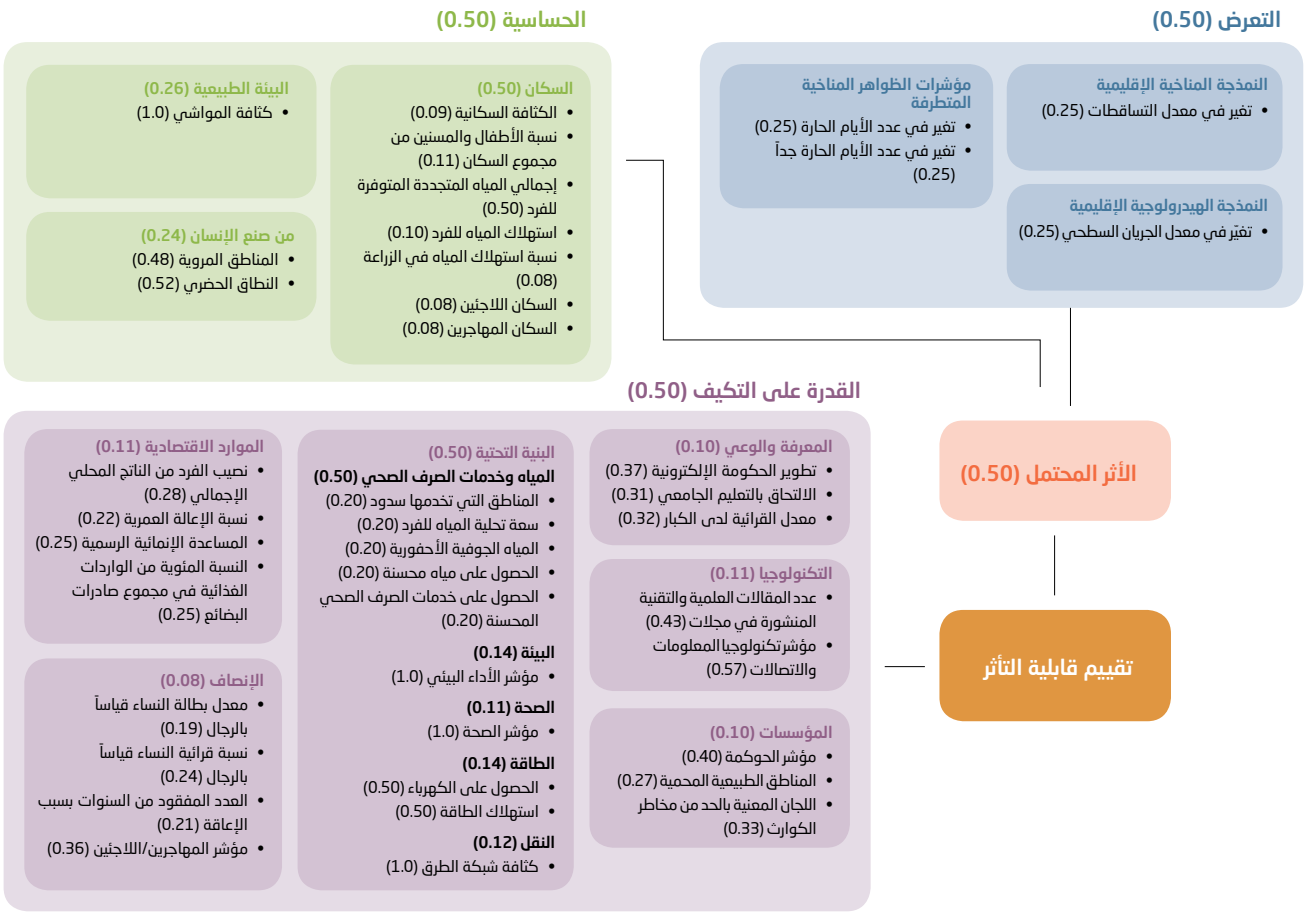
إن المياه، التي تشكل أصلاً مورداً نادراً في المنطقة العربية، قد تنقص أكثر في الجودة والكمية، مما سيزيد الضغط على توفر مياه الشرب للسكان. وتبعات تغيّر المناخ على الإنتاج الزراعي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة أصلاً ستقلص فرص العمل في قطاع الزراعة وتدفع أعداداً إضافية من السكان إلى الهجرة إلى المراكز الحضرية: وهذا بدوره قد يتسبب باضطرابات اجتماعية ويلقي مزيداً من الضغط على المناطق السكنية التي تعاني من الاكتظاظ. ونسبة حوالى 20 في المائة من القوة العاملة الحالية في المنطقة العربية تعمل في قطاع الزراعة[1]. وعلاوة على ذلك، فإن لارتفاع درجات الحرارة، لا سيما في أشهر الصيف، تبعات خطيرة على الصحة العامة، وخصوصاً على الصغار والمسنين والعاملين في قطاعات اقتصادية تتطلب العمل في العراء، مثل الزراعة والأمن والبناء. لهذه الأسباب، اختار أعضاء الفريق العامل المعني بتقييم قابلية التأثر (VA-WG) تضمين في التقييم ثلاثة آثار بارزة يخلفها تغيّر المناخ على الإنسان هي: (أ) التغير في المياه المتوفرة للشرب؛ و (ب) التغير في الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري؛ و(ج) التغير في معدل العمالة في القطاع الزراعي. وتُعرض نتائج تقييم قابلية التأثر في هذا القطاع والقطاعات الفرعية المرتبطة به في الأجزاء التالية.

وتستند المنطقة المشمولة بالدراسة بالنسبة للقطاعات الفرعية الثلاثة، فضلاً عن القطاع نفسه، إلى المناطق المأهولة بالسكان. ويحدد ذلك مؤشر الكثافة السكانية ويشمل مناطق لا يقل عدد المقيمين من سكانها عن شخصين لكل كلم^2، وبالتالي، تمثل المنطقة المشمولة بالدراسة نسبة 44 في المائة من المنطقة العربية بأكملها.

13.1 المياه المتوفرة للشرب

إن سلسلة الأثر التي تبين المؤشرات المستخدمة لكل عنصر وترجيحاتها لهذا القطاع الفرعي معروضة في الشكل 192.

الشكل 192: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للمياه المتوفرة للشرب



13.1.1 الفترة المرجعية

13.1.1.1 الأثر المحتمل

يعكس الأثر المحتمل مجموع نتائج التعرض والحساسية. ويستند التعرض إلى أربعة مؤشرات هيدرولوجية (التساقطات والجريان السطحي) ومؤشرات الحرارة المتطرفة لتشمل عدد الأيام الحارة (SU35) وعدد الأيام الحارة جداً (SU40). ومع ازدياد عدد الأيام الحارة، يتوقع أن يرتفع استهلاك مياه الشرب. ومستوى التعرض في الفترة المرجعية مقسم بالتساوي تقريباً بين منخفض ومعتدل ومرتفع: يمثل التعرض المعتدل نسبة 37 في المائة والمرتفع 33 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. والمناطق التي تشهد تعرضاً مرتفعاً تقع بشكل عام في الصحراء الكبرى والصحراء العربية، بينما تقع المناطق التي تشهد تعرضاً منخفضاً بعظمها على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط وجبال زاغروس. والمناطق التي تشهد تعرضاً معتدلاً تقع بين المنطقتين.

والتعرض لا يأخذ الرطوبة في الاعتبار لأن البيانات التي صُحح انحيازها لهذا البارامتر لم توضع في إطار ريكار. بيد أن الرطوبة يمكن أن تكون عاملاً مهماً بالنسبة للاحتياجات من مياه الشرب، لأنها يمكن أن تؤثر في مؤشر الحرارة أو درجة الحرارة التي يشعر بها الإنسان، على النحو المعروض في الفصل السابع. ويتوقع أن تكون للرطوبة ومؤشر الحرارة الناتج منها دور في مناطق ساحلية مثل الخليج، إذ إن هذه المناطق تخضع لزيادة ممكنة في التعرض، فضلاً عن الزيادة التي يستتبعها على الأثر المحتمل والتعرض.

واختيرت مؤشرات الحساسية مع التركيز الشديد على البعد السكاني، لا سيما كمية المياه المتجددة المتوفرة لكل فرد. وحُددت مؤشرات الأبعاد الأخرى على أساس مستخدمي المياه المتنافسين عليها. بالإضافة إلى ذلك، من المنتظر أن تحفز المناطق الحضرية " أثر جزر الاحترار الحضرية " (تسبب ارتفاع درجات الحرارة في أماكن محلية محصورة) وتسلط الضوء على المراكز المكتظة بالسكان. ومعظم المنطقة المشمولة بالدراسة (87 في المائة) تُظهر حساسية منخفضة قياساً بالمنطقة ويمكن اعتبارها في المناطق المتبقية معتدلة.

وللحساسية ارتباط ضئيل مع مؤشرات البعد الذي من صنع الإنسان والكثافة السكانية وكمية المياه المتجددة المتوفرة. والمناطق الأعلى حساسية هي الجزء الأسفل من وادي نهر النيل والدلتا وجبال عسير وشمالي ساحل خليج عدن ومنطقة مضيق هرمز الساحلية. ويمكن القول إن الحساسية منخفضة بشكل مصطنع لأنها محدودة بالمؤشرات المتاحة. والمياه ليست محدودة بمدى توفر الموارد فحسب، بل يجب أن تراعي مياه الشرب العوامل البيئية والنوعية. وغالبية المنطقة تعاني من تدهور الموارد المائية.

والأثر المحتمل الناتج من ذلك في الفترة المرجعية (الشكل 193) يُظهر توزعها بين أثر محتمل منخفض وأثر محتمل معتدل (51 في المائة و49 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة، على التوالي). والمناطق التي تشهد الأثر المحتمل الأعلى هي الجزء الأسفل من نهر النيل ووسط الصحراء العربية وشرقي ساحل البحر الأحمر. وفي المقابل، فإن المناطق التي تشهد أثر محتمل منخفض قياساً بالمنطقة هي جبال الأطلس والسهول الساحلية المجاورة لها، وساحل المشرق، وجبال زاغروس وأجزاء من شمالي القرن الأفريقي.

13.1.1.2 القدرة على التكيف

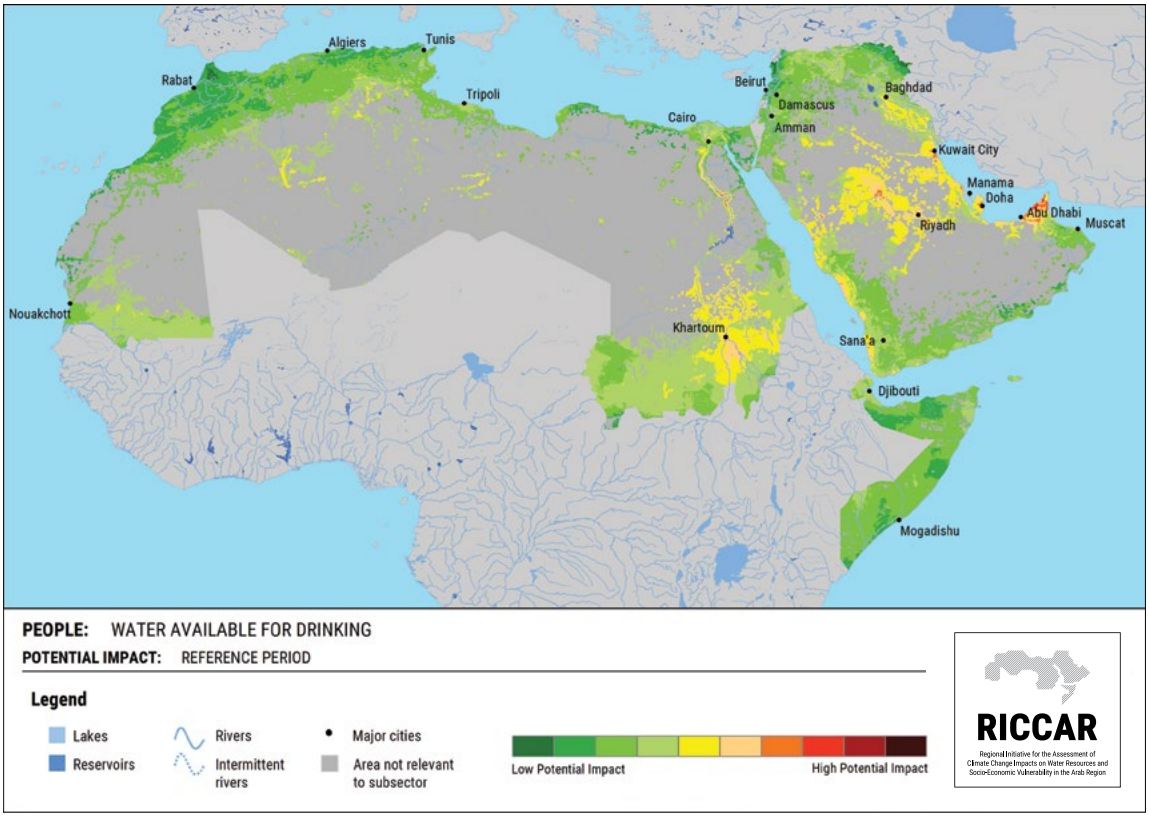
اختيرت مؤشرات القدرة على التكيف مع التركيز على البنية التحتية لإمدادات المياه والصرف الصحي. وهي تشمل معامل تحلية المياه والسدود والمياه الجوفية الأحفورية وتصليح التسرب ومنعه. وتتطلب آليات التكيف استثمارات رأسمالية وإصلاحات مؤسسية وبناء للقدرات. بالإضافة إلى ذلك وفيما يتعلق بالحساسية، ينبغي مراعاة الحقوق في المياه والمبادئ الأخلاقية.

والمنطقة العربية مقسمة بالتساوي بين مناطق ذات قدرة على التكيف منخفضة وأخرى ذات قدرة على التكيف معتدلة (48 في المائة و52 في المائة على التوالي). والمناطق الأقل قدرة على التكيف هي القرن الإفريقي وغربي منطقة الساحل وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية (الشكل 194).

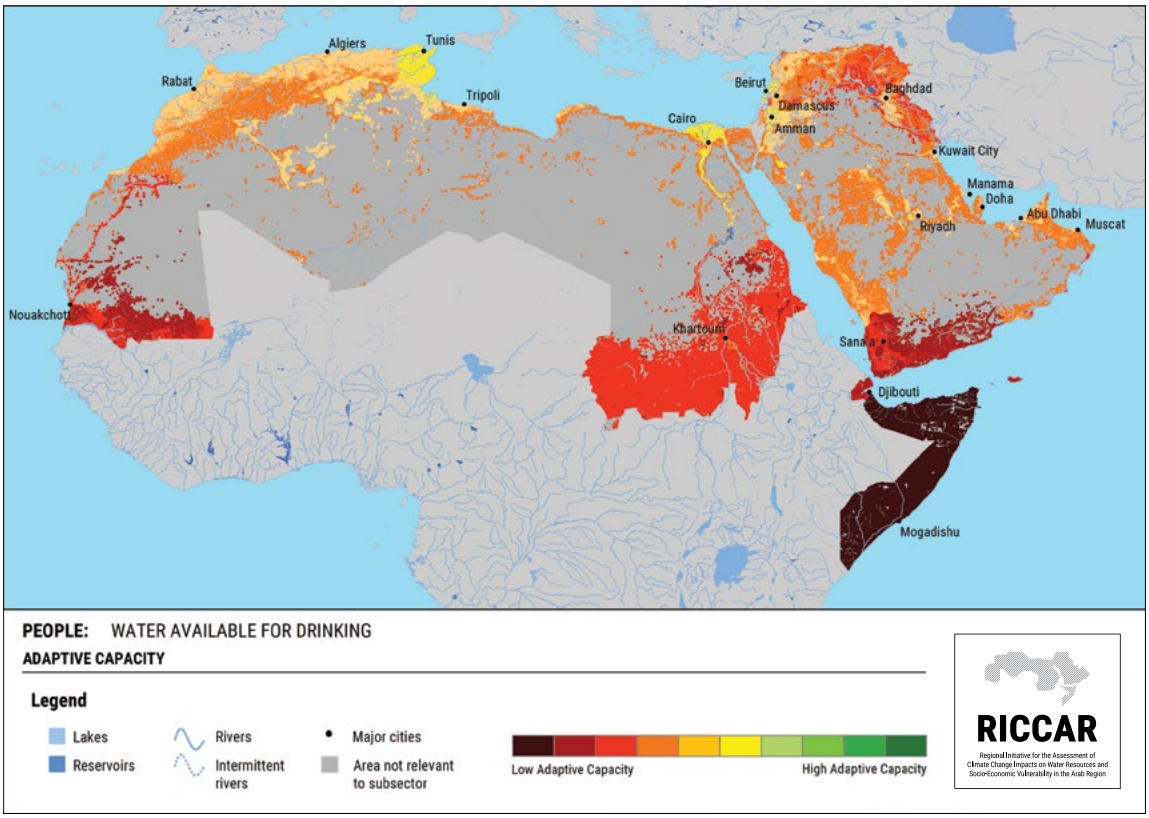


شبّان ينقلون المياه، جوهر، الصومال، 2013. المصدر: UN Photo/Tobin Jones.

الشكل 193: المياه المتوفرة للشرب - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



الشكل 194: المياه المتوفرة للشرب - القدرة على التكيف



13.1.1.3 قابلية التأثر

بسبب الأثر المحتمل المنخفض نسبياً والقدرة على التكيف المنخفضة في معظم أنحاء المنطقة، فإن قابلية التأثر الناتجة منهما في الفترة المرجعية معتدلة للغاية، إذ إنها تشمل نسبة 98 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة (الشكل 195). والمناطق المتبقية مقسومة بين مناطق منخفضة القابلية للتأثر وأخرى مرتفعة القابلية للتأثر.

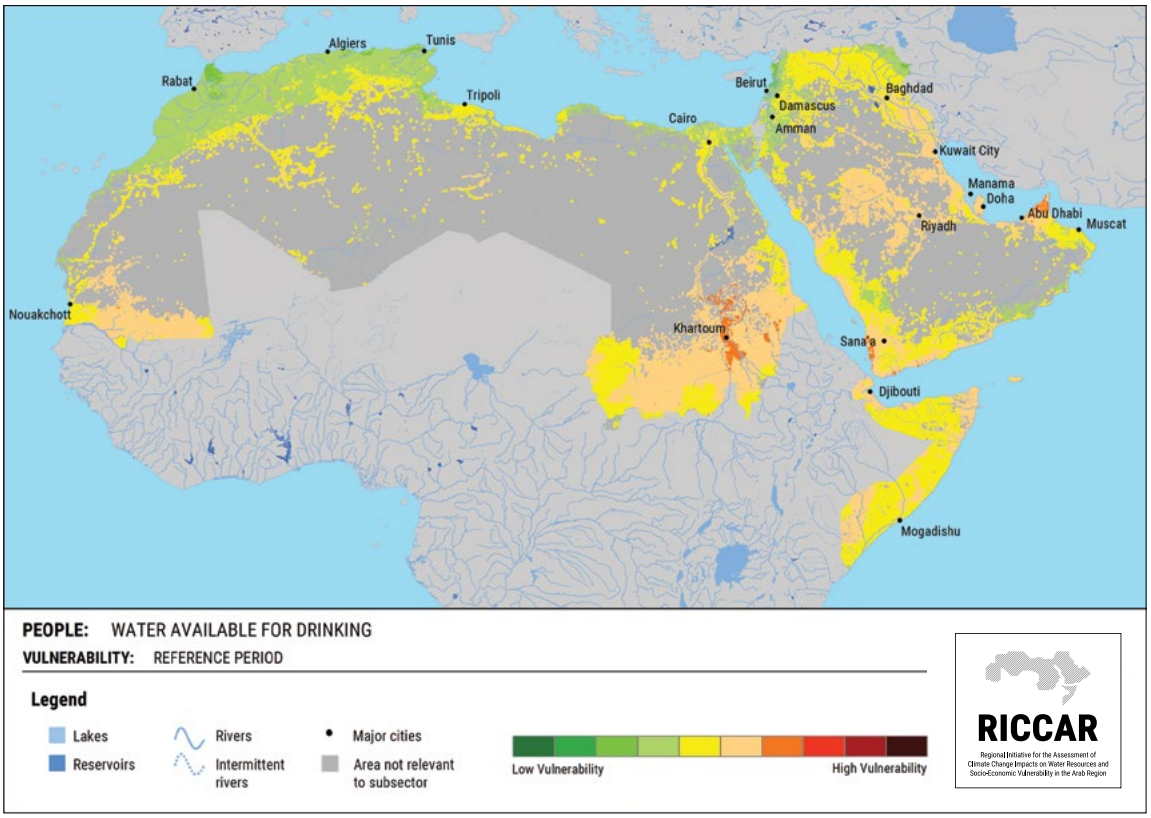
والمناطق الأعلى قابلية للتأثر هي الجزء الأعلى من منطقة النيل بالقرب من ملتقى نهر النيل الأزرق والنيل الأبيض، وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية ومنطقة جبل يبر بالقرب من مضيق هرمز. وقابلية التأثر تعكس في المقام الأول التعرض بالنسبة لهذا القطاع الفرعي على نحو ما يدل عليه الارتباط الشديد بينهما. إلى جانب ذلك، فإن المناطق المرتفعة التعرض تميل إلى أن تلتقي مع المناطق المرتفعة القابلية للتأثر. والارتباط مع القدرة على التكيف ضعيف ومع الحساسية ضعيف للغاية.

ولذلك لن يكون لتغير الحساسية وقع يُذكر على قابلية التأثر، مع أن سيكون له أثر ضعيف على الأثر المحتمل.



نساء يجمعن المياه من بئر، قرية كومة قرضايات ، السودان، 2012. المصدر: UN Photo/Albert González Farran.

الشكل 195: المياه المتوفرة للشرب - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



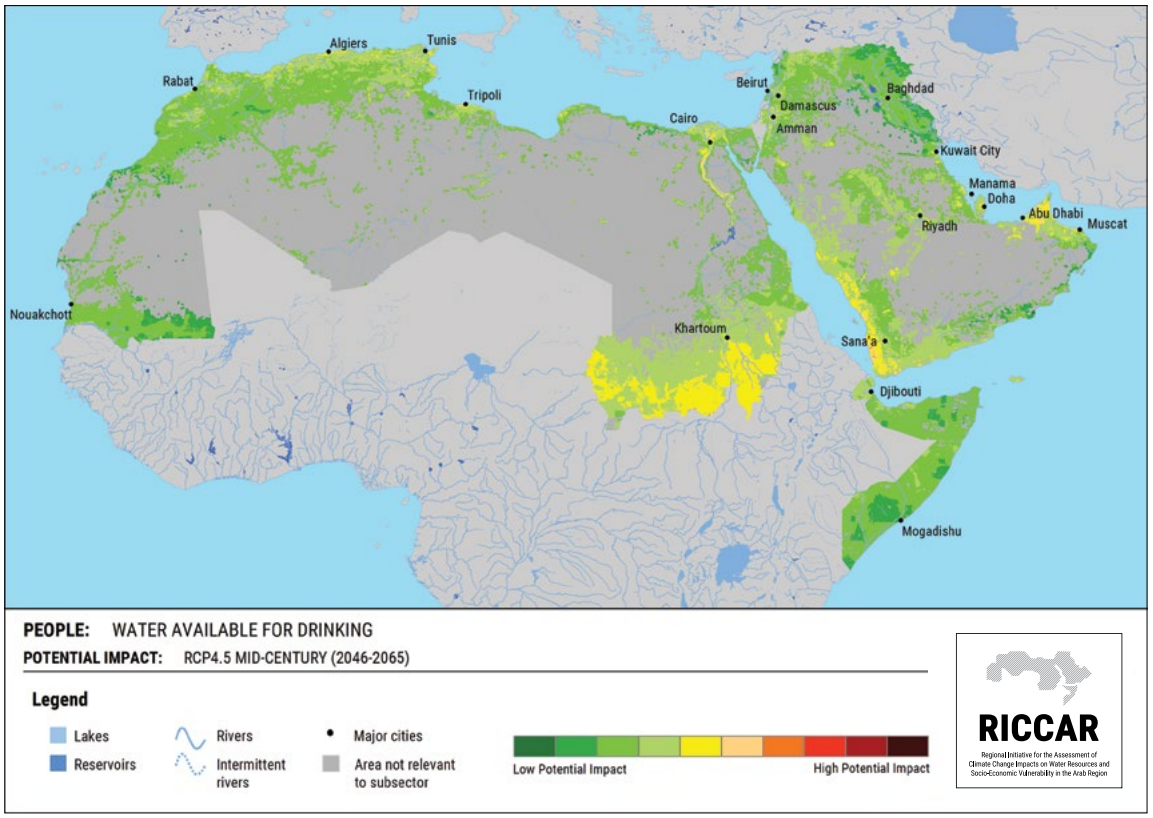
13.1.2 الفترات المستقبلية

13.1.2.1 الأثر المحتمل

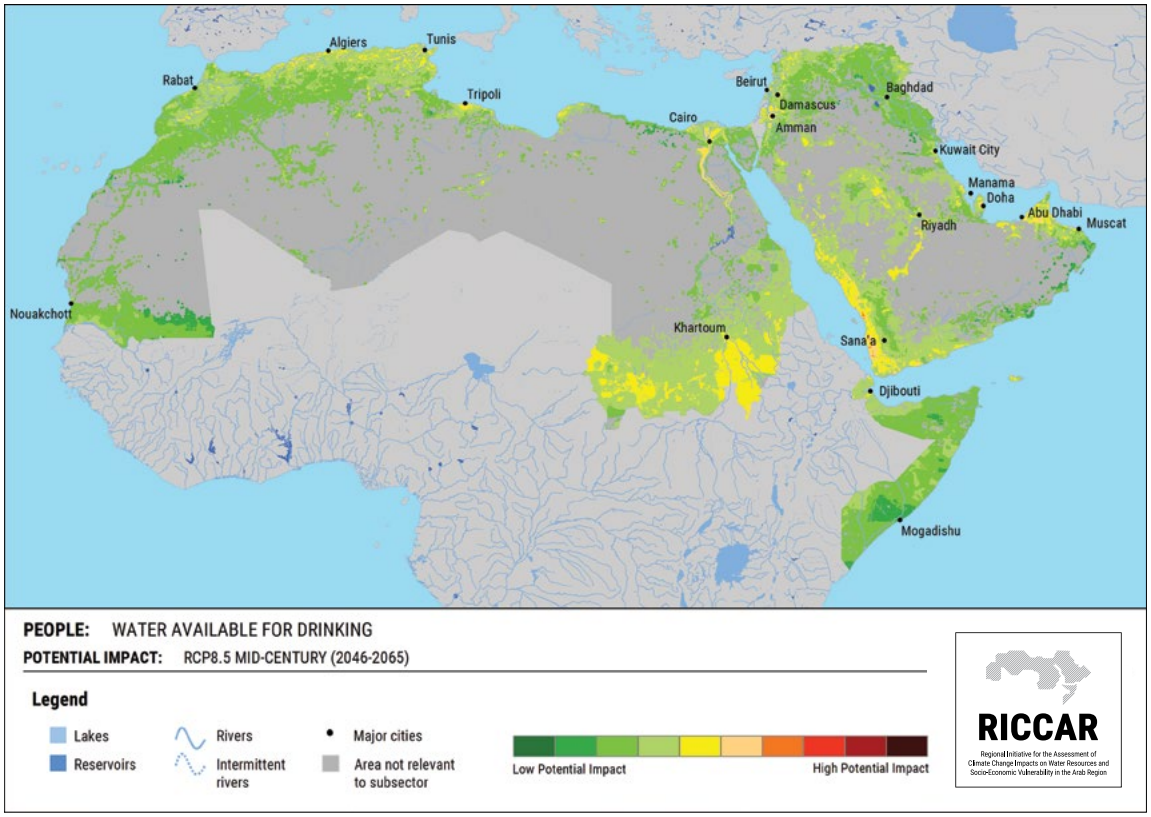
من المُسقط إلى حد بعيد أن يكون مستوى التعرض معتدلاً، حيث يمثل نسبة 72 في المائة (RCP 4.5) إلى 77 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن و52 في المائة (RCP 8.5) إلى 72 في المائة (RCP 4.5) في نهايته. ويظهر التعرض المرتفع في نسبة 14 في المائة (RCP 4.5) إلى 18 في المائة (RCP 8.5) من منطقة الدراسة في منتصف القرن و18 في المائة (RCP 4.5) إلى 43 في المائة (RCP 8.5) في نهايته. وبالتالي، فإن مستوى التعرض في إطار السيناريو RCP 4.5 ما زال على حاله تقريباً، ولكن التغير أعلى في إطار السيناريو RCP 8.5. فلذلك تنحصر المناطق المرتفعة التعرض، بشكل عام، في شرقي منطقة الساحل الأفريقي في إطار معظم السيناريوهات المستقبلية، ولكنها تمتد لتبلغ عدة مناطق ساحلية في إطار السيناريو RCP 8.5 في نهاية القرن، بينما يُظهر شرقي منطقة الساحل، في إطار السيناريو نفسه، مستوى تعرض أقل بكثير بسبب ارتفاع معدل التساقطات والجريان السطحي. وإذا تم الانطلاق من فرضية الحساسية الثابتة، فالأثر المحتمل ينقسم عموماً بين منخفض ومعتدل.

وبالنسبة لمنتصف القرن (الشكلان 196 و197)، ظهر أثر محتمل معتدل في نسبة 41 في المائة (RCP 4.5) إلى 54 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة، لكنها تزيد لتشمل نسبة 47 في المائة (RCP 4.5) إلى 72 في المائة (RCP 8.5) في نهايته (الشكلان 198 و199). وتُظهر مناطق أخرى أثراً محتمل منخفض. والمناطق التي تشهد أثراً محتمل عالي هي جبال عسير والجزء الأسفل من نهر النيل ومنطقة جبل يبر. ويمكن لتغير الحساسية، بما في مراعاة بعض البارامترات مثل نوعية المياه، أن يؤدي إلى تغيير الأثر المحتمل.

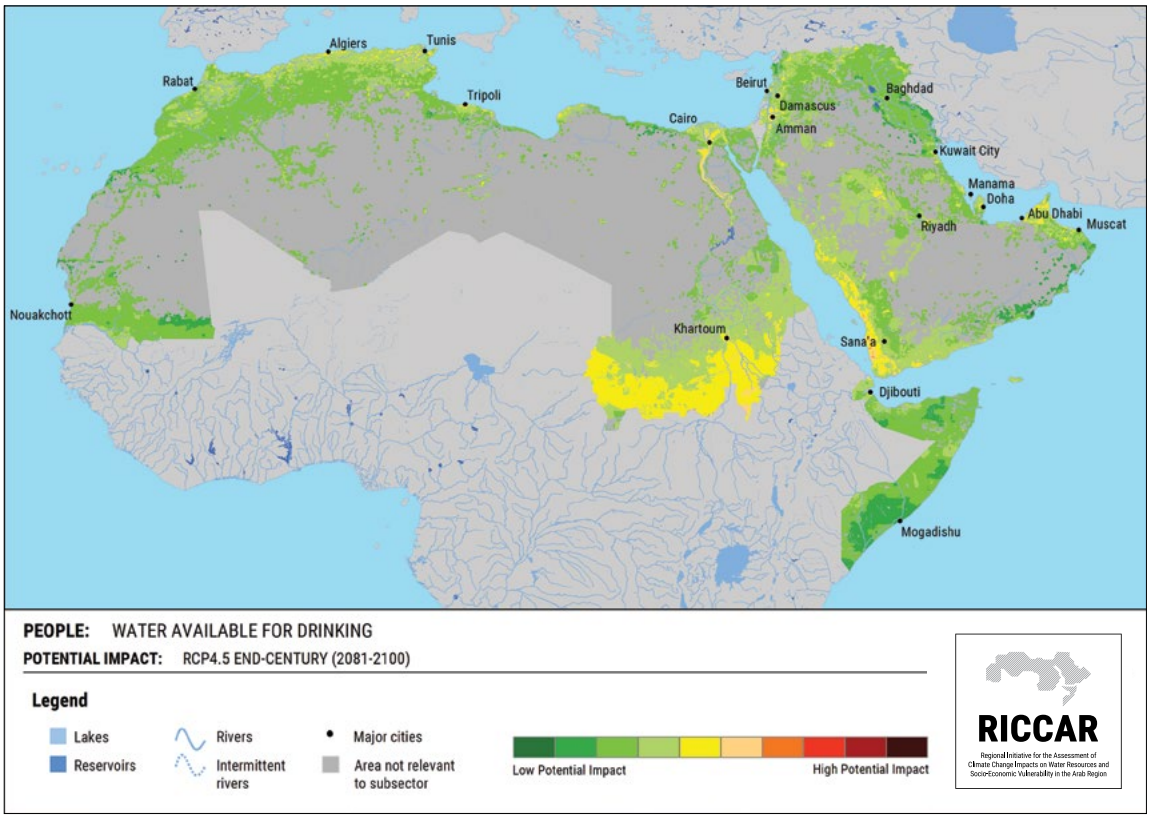
الشكل 196: المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



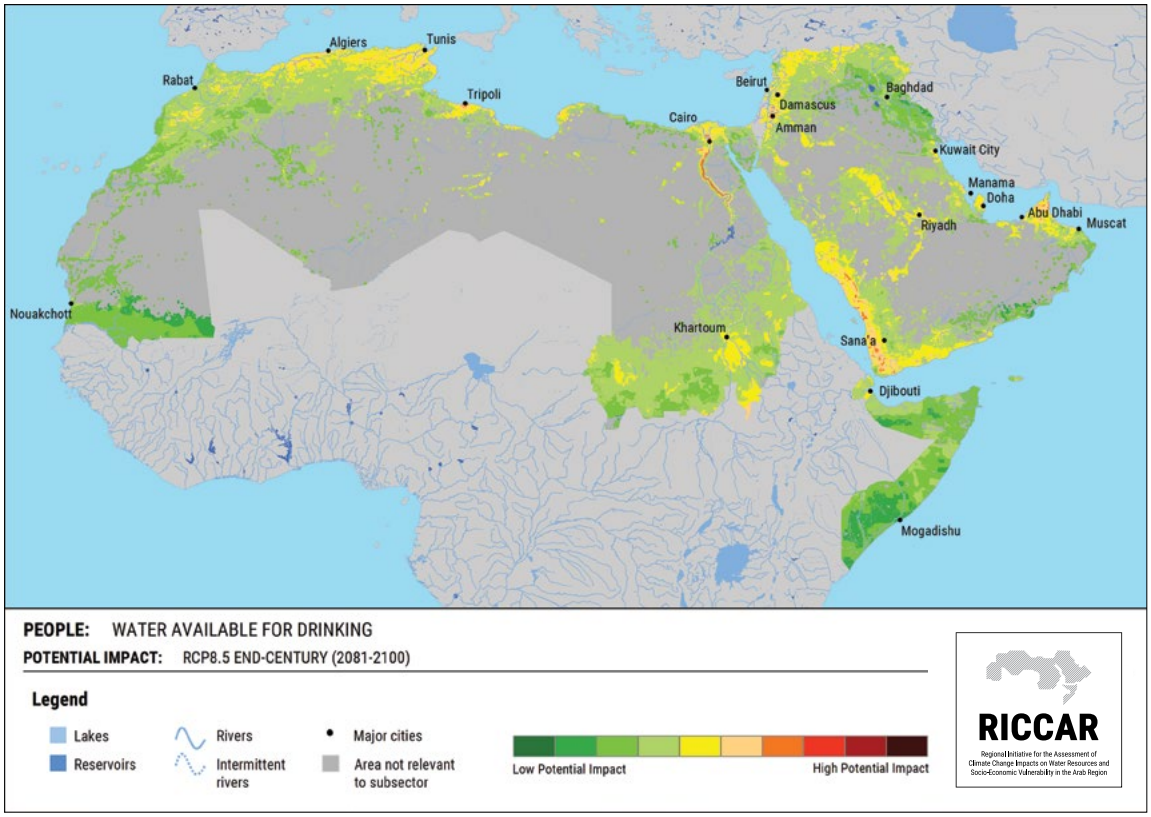
الشكل 197: المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 198: المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 199: المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



13.1.2.2 قابلية التأثر

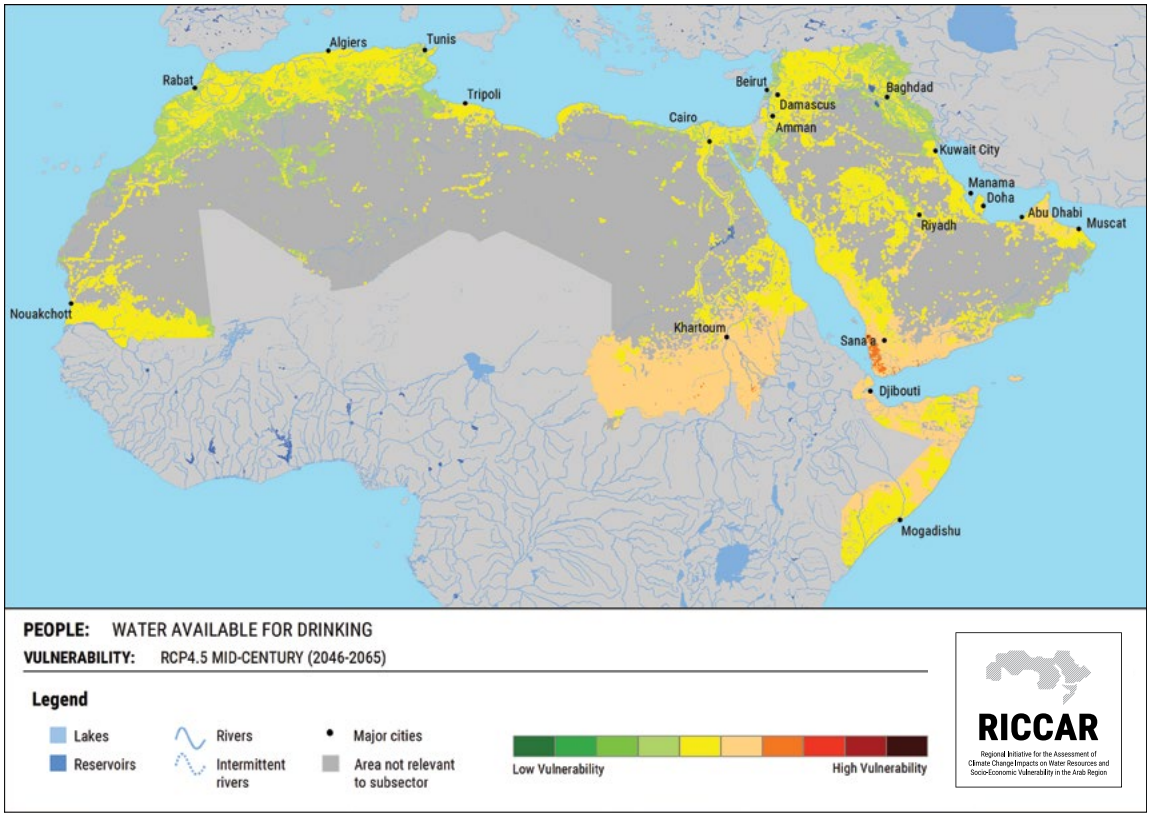
تعاني المنطقة المشمولة بالدراسة كلها تقريباً (أكثر من نسبة 98 في المائة) قابلية تأثر معتدلة إزاء مياه الشرب في منتصف القرن ومع نهايته في إطار كلا السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5، ويرجع ذلك أولاً إلى التعرض (الجدول 32). والمناطق التي تشهد أقل مستوى من قابلية التأثر النسبية هي الجزء الأسفل من حوض نهري دجلة والفرات، وخليج عدن شمالي وسط الساحل، ومناطق معينة في المغرب العربي، والجزء الأسفل من حوض تندوف في غربي منطقة الساحل (الأشكال من 200 إلى 203).

وتُظهر اتجاهات قابلية التأثر فروقاً طفيفة فقط من منتصف القرن إلى نهايته، ولا سيما في إطار السيناريو RCP 4.5. وفي إطار هذا السيناريو، تميل المناطق التي تتزايد فيها قابلية التأثر إلى أن تكون موجودة في جبال زاغروس والمنطقة الساحلية الوسطى الغربية للبحر الأحمر. وفي المقابل، تقع المناطق التي تتناقص فيها قابلية التأثر في منطقة جبال عُمان ومناطق معينة في القرن الأفريقي ومنطقة غربي العرق الكبير الشرقي. وفي إطار السيناريو RCP 8.5، التغير أكثر بروزاً، فالمناطق التي تشهد قابلية تأثر متزايدة هي منطقة البحر الأحمر، وشمالي المغرب العربي، والمشرق، وجبال زاغروس. وتقع المناطق المتناقصة القابلية للتأثر في منطقة الساحل والقرن الأفريقي.

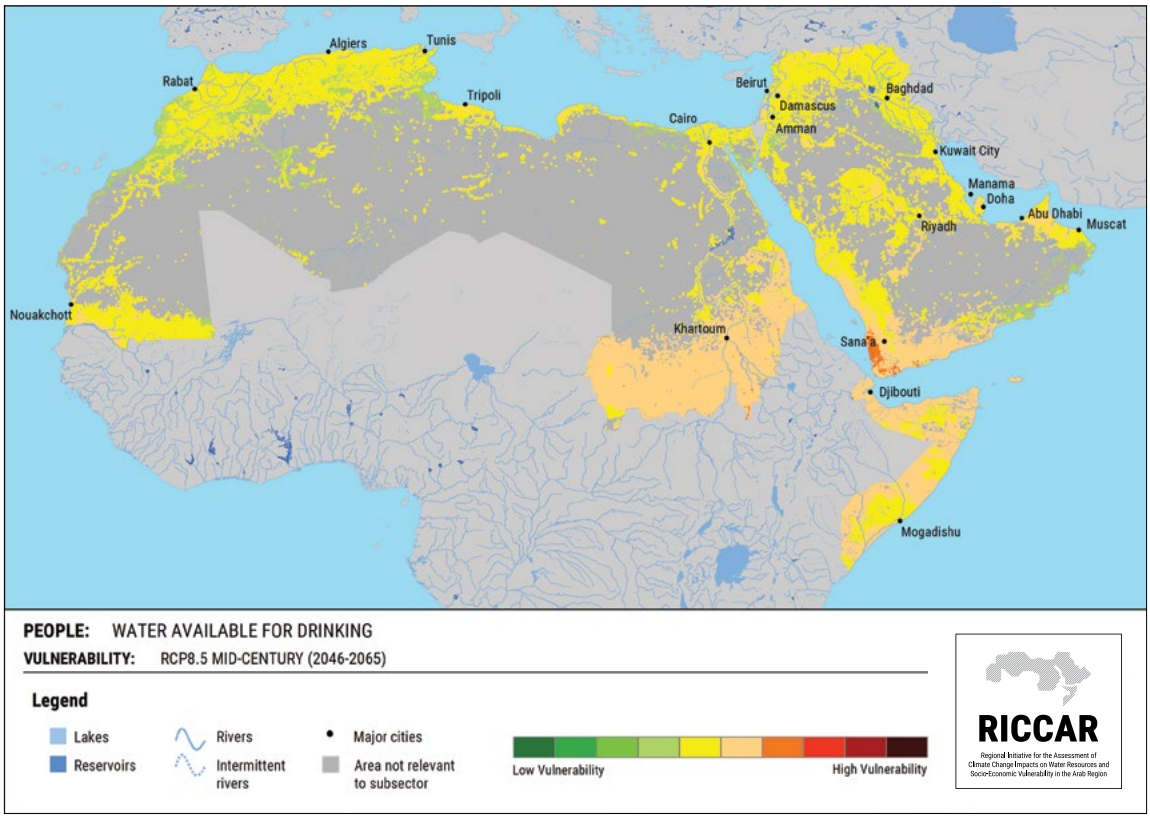
الجدول 32: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر المياه المتوفرة للشرب

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	100%	0%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	99%	1%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	99%	1%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	98%	2%

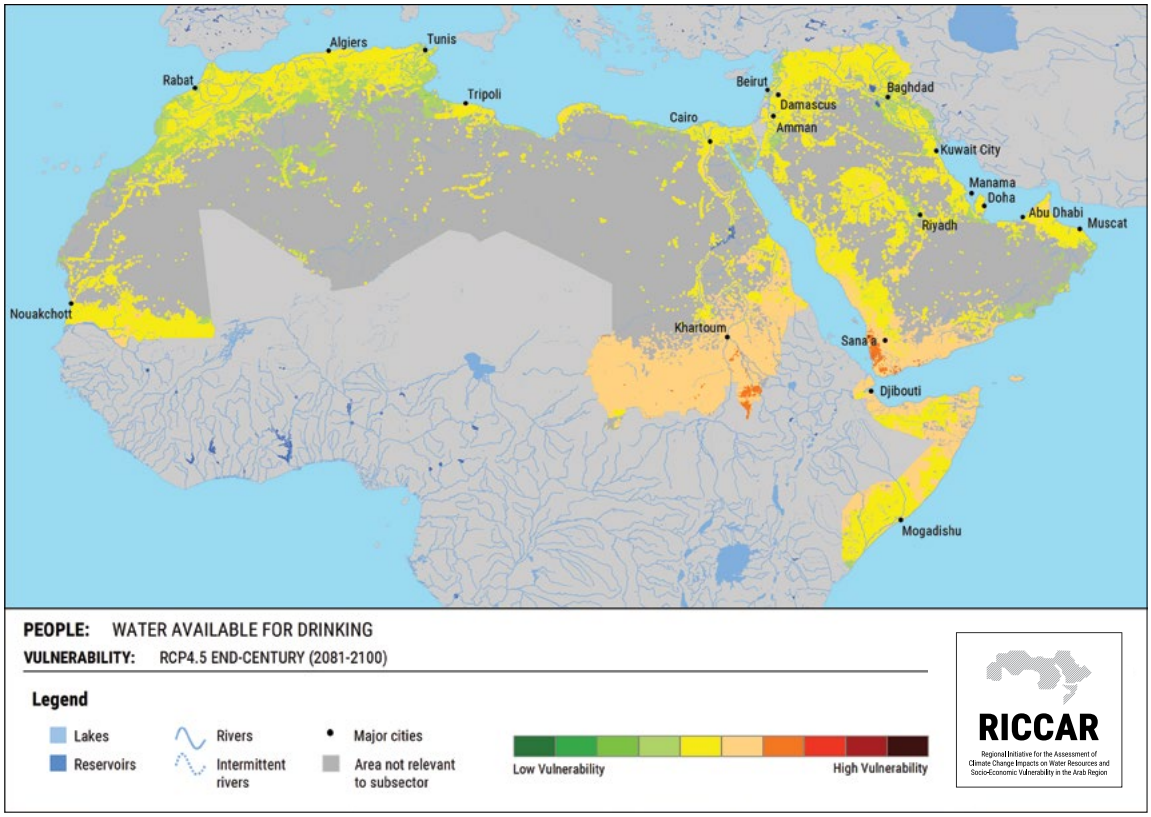
الشكل 200: المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



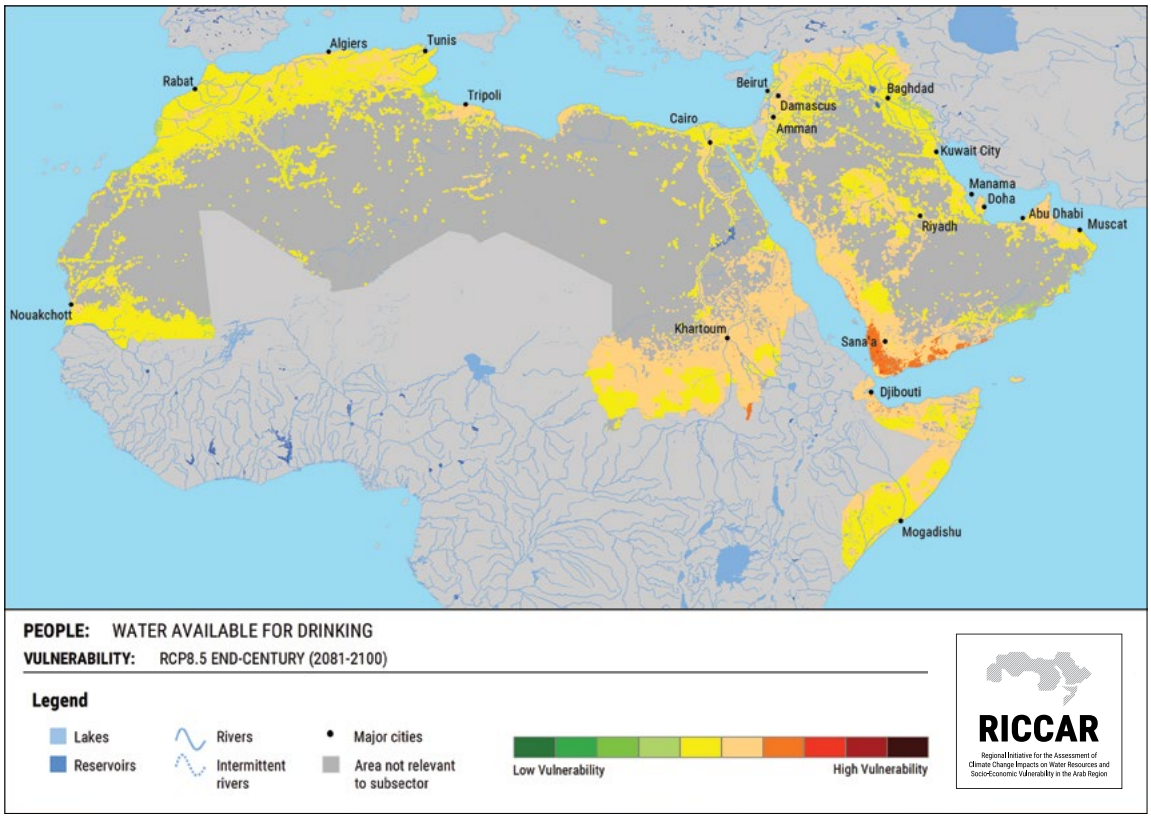
الشكل 201: المياه المتوفرة للشرب - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 202: المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 203: المياه المتوفرة للشرب - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



13.1.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

إن المناطق الشديدة التأثر لهذا القطاع الفرعي تُظهر أعلى مستوى من قابلية التأثر وتمثل نسبة حوالى 1 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. وتشمل المناطق الشديدة التأثر جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية بالقرب من سواحل البحر الأحمر وخليج عدن، وشمالي ساحل القرن الإفريقي، ومناطق حوض نهر النيل الأبيض – النيل الأزرق في شرقي منطقة الساحل. ومعظم هذه المناطق هي مناطق ريفية ولا تتجاوز نسبة السكان فيها الذين يحصلون على مصادر مياه محسنة 16 في المائة[2]. ومصادر المياه هذه لا تأخذ في الاعتبار نوعية المياه، لذا يُحتمل أن يكون معدل الحاصلين على مياه الشرب أقل بكثير. وفي الآونة الأخيرة، تفشت الكوليرا في منطقة جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية بسبب الافتقار إلى مياه الشرب النظيفة وأودت بحياة عدة أشخاص.

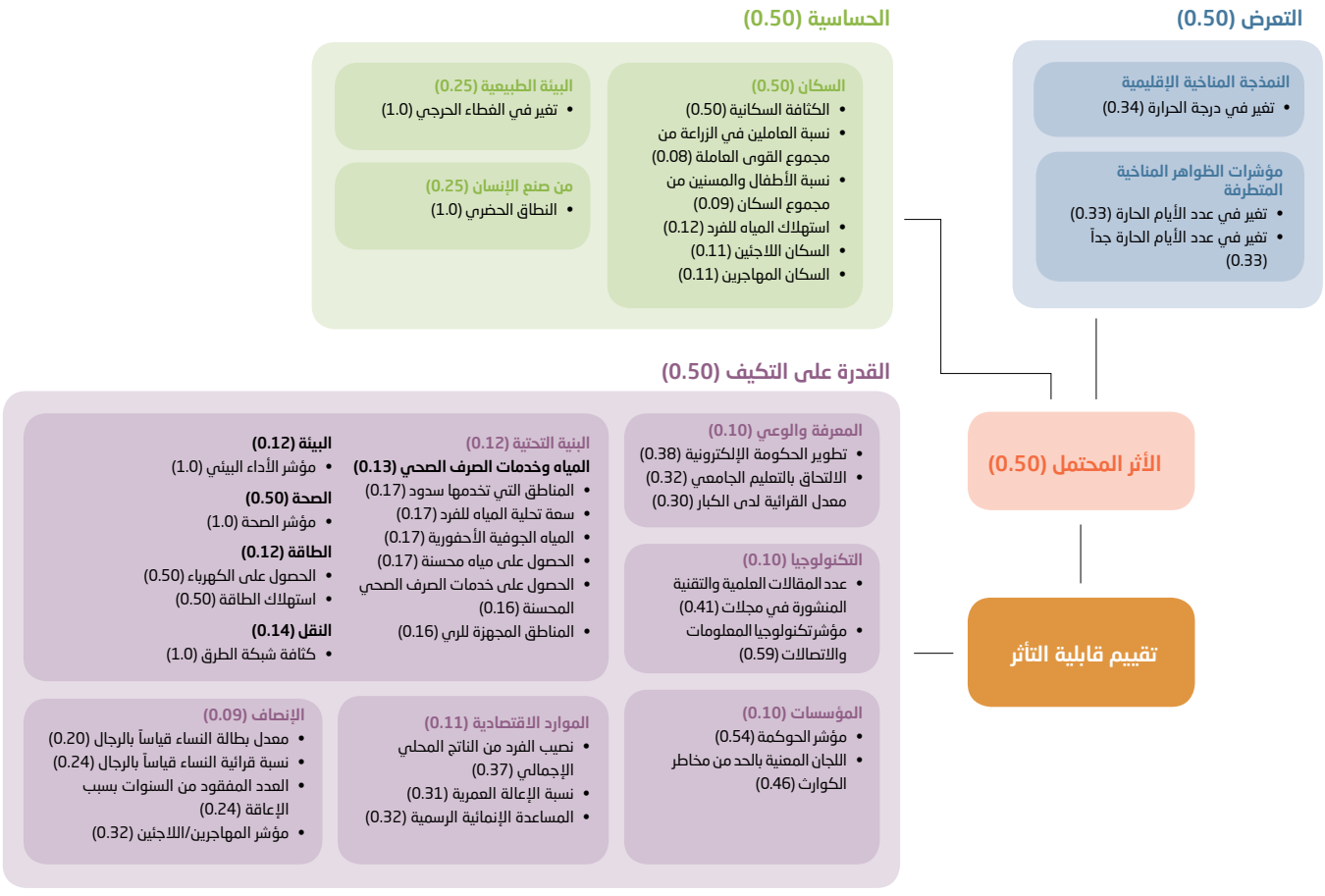
وفي القرن الأفريقي، تتفاقم مشكلة عدم توفر المياه بفعل نقص خدمات الصرف الصحي (حوالى نسبة 10 في المائة فقط من السكان يحصلون عليها)[3] والجفاف الأخير ومشاكل أخرى. ومع أن من المتوقع أن يرتفع معدل هطول الأمطار والجريان السطحي في معظم القرن الأفريقي، إلا أنه سيظل إلى حد بعيد مثل مستواه في الفترة المرجعية على طول شمالي الساحل. وهذا الأمر، يصاحبه ارتفاع عدد الأيام الحارة والأيام الحارة للغاية، من المحتمل أن يزيد من مخاطر الجفاف في المنطقة. ويلجأ السكان المحليون إلى جمع مياه الأمطار في خزانات معروفة باسم "berkads"، لتأمين إمدادات إضافية من المياه، ولكن لا جدوى لهذه الخزانات في حالات الجفاف لفترات طويلة.

ومناطق حوض نهر النيل الأبيض – النيل الأزرق، على الرغم من قربها من أنهار كبيرة، من المُسقط أيضاً ألا تؤمن كل المياه اللازمة للشرب. فمعظم الموارد المائية (حوالى 96 في المائة من كمية المياه المتجددة المتوفرة)[4] مخصصة للاحتياجات الزراعية. ولأن هذه المنطقة بمعظمها زراعية، فإن مصادر مياه الشرب عرضة للتلوث من الأسمدة والمبيدات. والمنطقة حاليا كثيفة السكان إلى حد ما، ولكن يتوقع أن يزداد عددهم في المستقبل، مما يزيد من الضغط على الموارد المائية.

13.2 الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري

يبين الشكل 204 سلسلة الأثر بالنسبة لهذا القطاع الفرعي عارضاً مجموعة المؤشرات التي أُخذت في الحسبان لهذا التحليل والترجيحات التي أُعطيت لها.

الشكل 204: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة للأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري



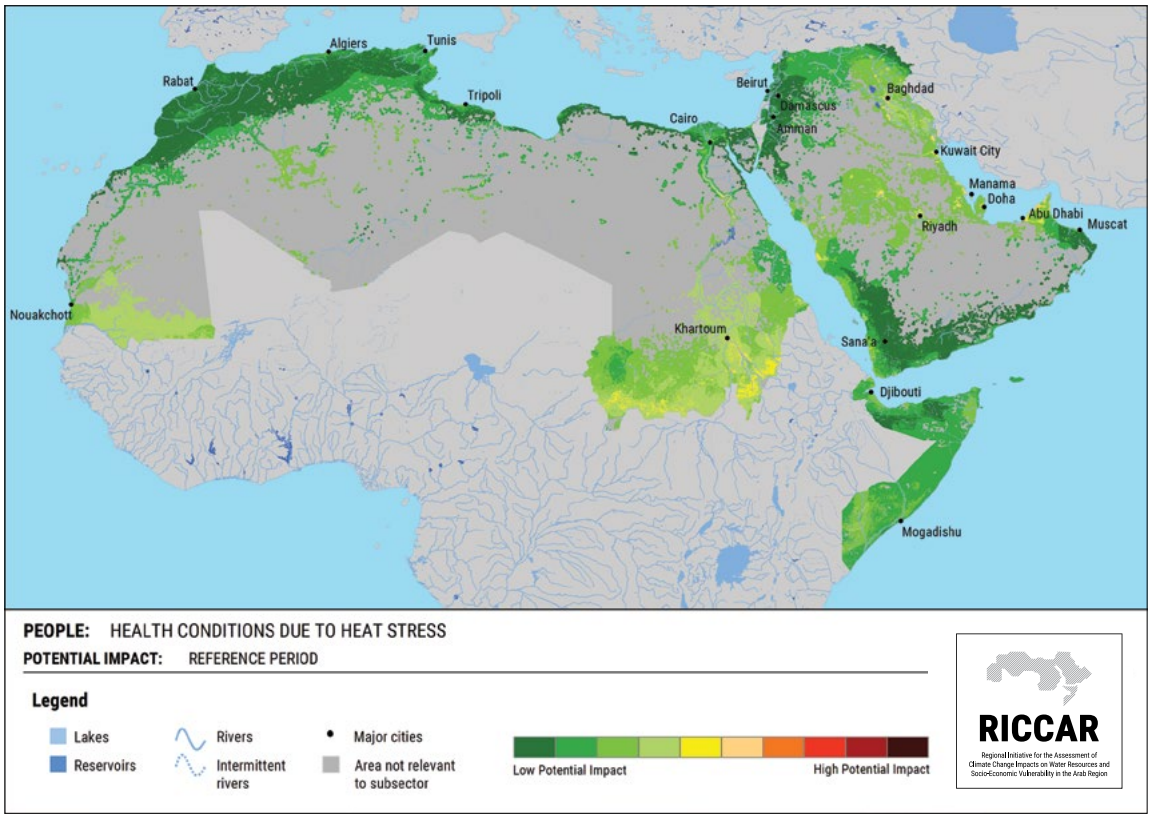
13.2.1 الفترة المرجعية

13.2.1.1 الأثر المحتمل

يعكس الأثر المحتمل التعرض والحساسية مجتمعّين. ويمكن لدرجات الحرارة المرتفعة فوق المعتاد أن تسبب أمراضاً ناجمة عن الإجهاد الحراري، مثل الطفح الجلدي والتشنجات العضلية والإرهاق والجلطات. وهذه الجلطات يمكن أن تحدث عندما تتجاوز حرارة الجسم 39 درجة مئوية، فيمكن أن تؤدي إلى توقف أعضاء جسم الإنسان عن العمل أو إلى الوفاة. وكل المنطقة المشمولة بالدراسة تقريباً (98 في المائة) يمر عليها يوم واحد على الأقل في السنة تتجاوز فيه الحرارة 40 درجة مئوية، في حين أن نسبة 20 في المائة منها تعيش أثناء ما لا يقل عن 100 يوم في السنة تتجاوز الحرارة فيها 40 درجة مئوية. والإجهاد الحراري وارتباطه بعوامل الحرارة شكل أساساً لاختيار درجة الحرارة والعدد السنوي للأيام الحارة (SU35) والعدد السنوي للأيام الحارة جداً (SU40) كمؤشرات للتعرض. والمناطق الأعلى تعرضاً هي الصحراء الكبرى، بينما تميل المناطق المنخفضة التعرض إلى أن تقع على السواحل وفي الجبال. وتجدر الإشارة إلى أن التعرض يستند إلى المعدلات السنوية، وبالتالي لا تؤخذ في الاعتبار على أساس الفصول؛ ومن المتوقع أن يكون التعرض أعلى بكثير خلال أشهر الصيف. وتركز مؤشرات الحساسية المختارة على السكان، ولا سيما المجموعات الأكثر تأثراً بالإجهاد الحراري، أي المسنين والأطفال والمجموعات المهمشة. والأشخاص العاملون في العراء هم أيضاً شديدو التأثر به. وهناك مؤشرات أخرى للحساسية تأخذ في الاعتبار تغير الغطاء الحرجي لما له من إيجابيات من حيث توفير الظل والبرودة وفي ضوء النطاق الحضري الذي يدفع الحرارة إلى المناطق الداخلية. وتُظهر غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة (98 في المائة) إلى حساسية منخفضة. والمناطق المتبقية تشير إلى حساسية معتدلة وتنحصر في مواقع معزولة بالقرب من المناطق الحضرية.

ويسلك الأثر المحتمل الناتج من ذلك (الشكل 205) اتجاهات مثيلة لاتجاهات التعرض بسبب تجانس الحساسية. وتُظهر نسبة 82 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة أثراً محتمل منخفض والمناطق المتبقية أثراً محتمل معتدل. والمناطق التي تشهد الأثر المحتمل الأعلى قياساً بالمنطقة تقع في الجزء الأعلى من وادي النيل، ومناطق معزولة من الصحراء العربية ووادي نهر ديالى في العراق. والأثر المحتمل الفعلي هو أعلى في بعض المناطق بسبب عوامل التعرض مثل الرطوبة التي يمكن أن تزيد من درجة الحرارة التي يشعر بها الإنسان. وبارامترات الحساسية، مثل انتشار الأمراض القلبية الوعائية ومواصفات المساكن وتوفر المكيفات هي أيضاً لم تؤخذ في الاعتبار بسبب نقص البيانات.

الشكل 205: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



13.2.1.2 القدرة على التكيف

تتأثر القدرة على التكيف، أولاً، بالركيزة المتعلقة بالصحة والمشمولة ببعد البنية التحتية والتي تتألف فقط من مؤشر الصحة. وهذا المؤشر مركب من ثلاثة معايير: نسبة النفقات على شؤون الصحة لكل فرد، والنفقات الحكومية العامة على شؤون الصحة، وعدد الأسرّة في المستشفيات. والاستفادة من المؤسسات الطبية المحسنة تتيح علاج أمراض معينة سريعاً مثل الاضطرابات المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة. والقدرة على التكيف معتدلة إلى حد بعيد، إذ تشمل نسبة 75 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. وتظهر قدرة على التكيف منخفضة في نسبة 21 في المائة منها، لا سيما في القرن الأفريقي. وتُظهر المناطق المتبقية قدرة على التكيف مرتفعة (الشكل 206).

13.2.1.3 قابلية التأثر

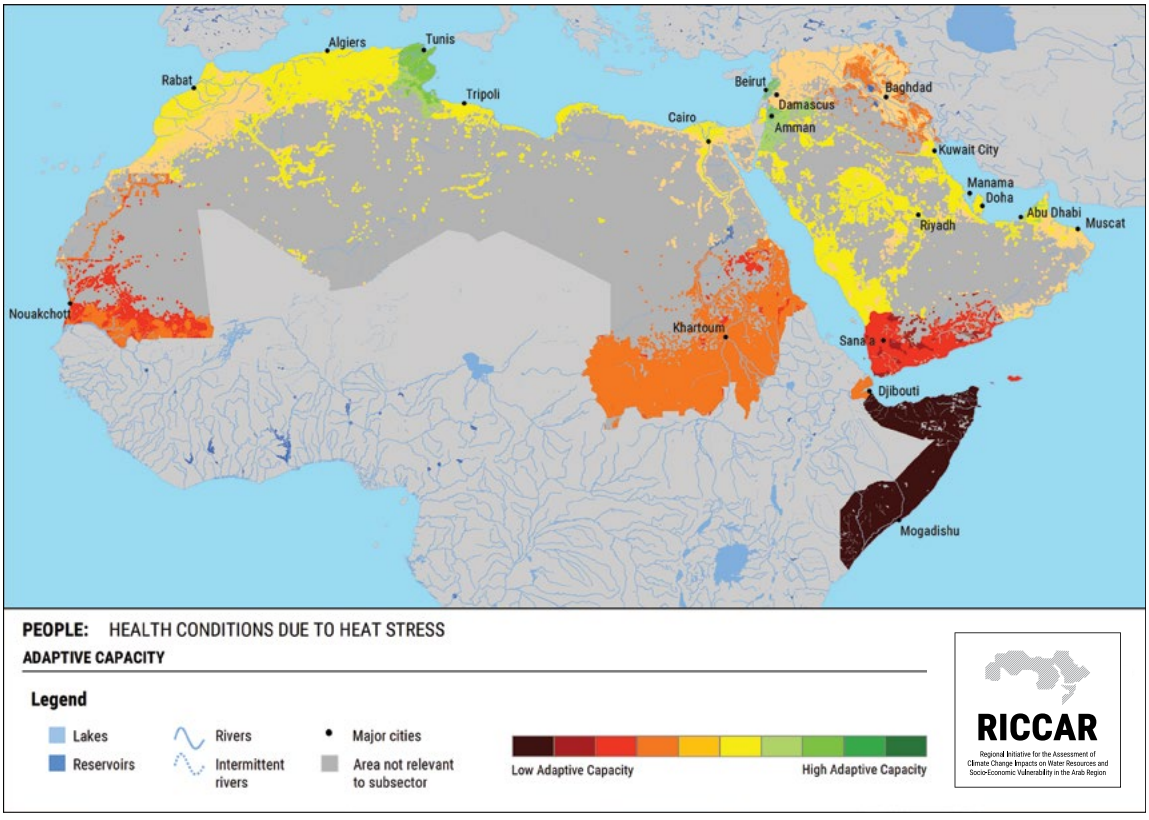
إن قابلية التأثر إزاء الإجهاد الحراري في الفترة المرجعية معتدلة إلى حد بعيد، إذ تشمل نسبة 64 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. والمناطق المتبقية تُظهر قابلية تأثر منخفضة.

والمناطق التي تعاني من قابلية تأثر مرتفعة نسبياً هي منطقة الساحل الأفريقي، وأجزاء على طول شمالي الساحل في القرن الأفريقي، ووادي نهر جوبا في جنوبي القرن الأفريقي، ومناطق معزولة في حوض نهري دجلة والفرات. وفي المقابل، المناطق التي تُظهر قابلية تأثر منخفضة هي جبال الأطلس والمشرق (الشكل 207).

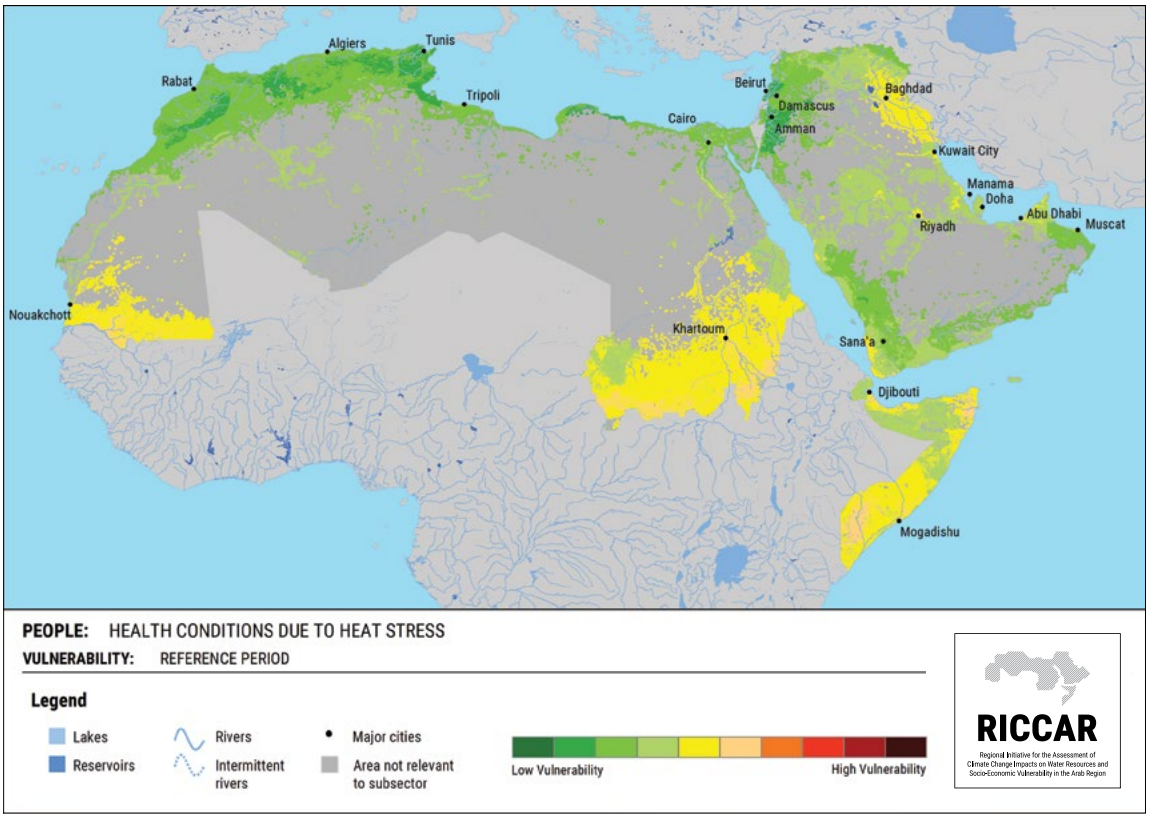
وعلى النحو المتوقع، فإن لقابلية التأثر إزاء الإجهاد الحراري ارتباطاً قوياً مع التعرض. والمناطق التي تُظهر قابلية تأثر عالية لديها سنوياً ما معدله 254 يوماً حاراً (SU35) و115 يوماً حاراً جداً (SU40).

ومن ناحية أخرى، فإن لدى المناطق التي تُظهر قابلية تأثر منخفضة ما معدله سنوياً 49 يوماً حاراً و6 أيام حارة جداً؛ وبما أن احتمال الإصابة بالجلطة يحدث عندما تبلغ الحرارة 39 درجة مئوية أو أكثر، فحتى المناطق التي تشهد قابلية تأثر منخفضة تثير المخاوف. فسُجل ما لا يقل عن 52 موجة حرارة خلال الفترة المرجعية في المشرق[5] في منطقة ذات قابلية تأثر منخفضة نسبياً.

الشكل 206: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - القدرة على التكيف



الشكل 207: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



13.2.2 الفترات المستقبلية

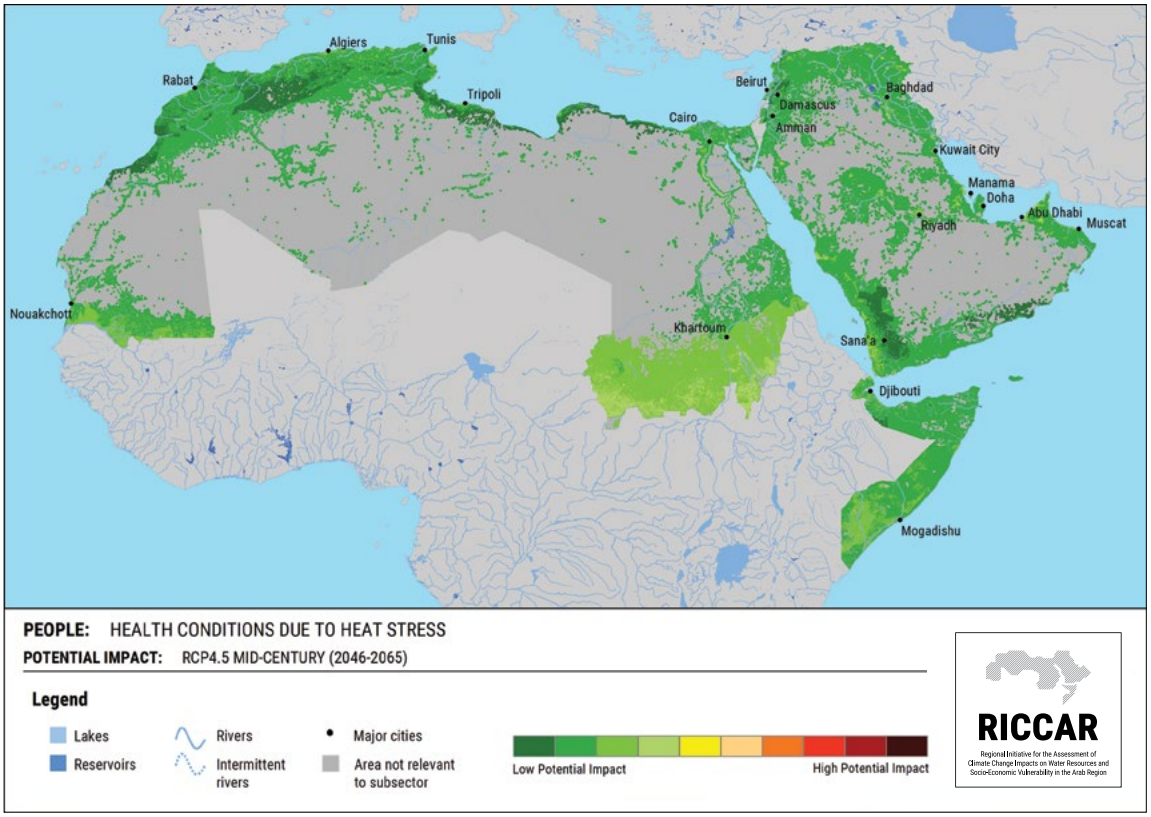
13.2.2.1 الأثر المحتمل

على غرار الفترة المرجعية، تميل المناطق التي تُظهر قابلية تأثر مُسقطة أعلى إلى أن تكون موجودة في الصحراء، في حين أن المناطق التي تُظهر تعرضاً منخفضاً هي عموماً على السواحل أو في الجبال. غير أن المناطق التي تُظهر تعرضاً منخفضاً ومعتدلاً و مرتفعاً فتميل إلى أن تكون واسعة النطاق في جميع أنحاء المنطقة المشمولة بالدراسة. وفي منتصف القرن (الشكلان 208 و209)، تتراوح المناطق التي تُظهر تعرضاً معتدلاً بين نسبة 39 في المائة (RCP 4.5) إلى 51 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة، بينما تتراوح المناطق التي تُظهر تعرضاً عالياً بين 0 في المائة (RCP 4.5) إلى 22 في المائة (RCP 8.5) منها. وفي نهاية القرن، يزداد التعرض لدرجة أنه يشمل نسبة 23 في المائة (RCP 8.5) إلى 46 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة مع تعرضاً معتدلاً، ونسبة 15 في المائة (RCP 4.5) إلى 75 في المائة (RCP 8.5) منها تُظهر تعرضاً عالياً (الشكلان 210 و211). وتُظهر المناطق المتبقية تعرضاً منخفضاً. ولم تؤخذ الرطوبة في الاعتبار: يمكن أن تؤثر في مؤشر الحرارة وتزيد من التعرض في المناطق الساحلية مثل الخليج. وبفعل الحساسية المنخفضة، يُكشف عن أثر محتمل منخفض في معظم المنطقة المشمولة بالدراسة وذلك في إطار كل السيناريوهات، فتتراوح نسبة ما تشمله منها بين 89 في المائة (RCP 8.5) إلى 97 في المائة (RCP 4.5) في منتصف القرن وبين 63 في المائة (RCP 8.5) و90 في المائة (RCP 4.5) في نهايته. وتُظهر المناطق المتبقية أثراً محتملاً معتدلاً. ومثل الفترة المرجعية، للأثر المحتمل المستقبلي ارتباط وثيق بالتعرض بسبب تجانس الحساسية.

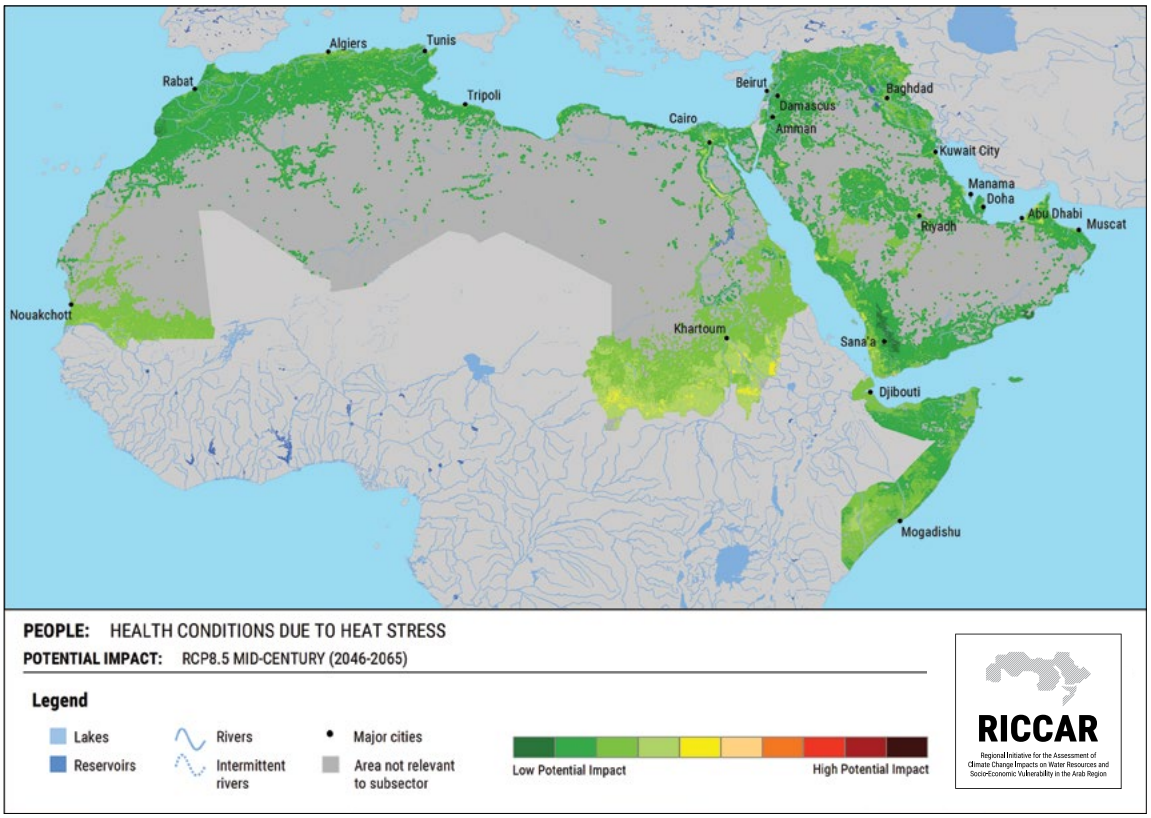
واتضح من الأبحاث أن من المتوقع أن تشهد المدن الكبرى، حيث تتجاوز الحرارة في أشد الأشهر حرارة نسبة 30 درجة مئوية، زيادة بنسبة 3 في المائة في معدل الوفيات لكل زيادة في درجة مئوية منها[6]. بناء على هذا الافتراض، يمكن أن تسجَّل في عداد أكثر من 330 مليون نسمة في المنطقة العربية (92 في المائة من الإجمالي في 2014)[7] زيادة 9 في المائة على الأقل في معدل الوفيات وفي عداد أكثر من 111 مليون نسمة (31 في المائة من الإجمالي في 2012) زيادة بنسبة 12 في المائة على الأقل فيه في إطار RCP 8.5 مع نهاية القرن.

ويمكن أن يختلف الأثر المحتمل باختلاف الحساسية. فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن ارتفاع معدل النمو السكاني سيؤدي في المقابل إلى زيادة في حالات الإجهاد الحراري. ويسجَّل النمو السكاني أيضاً أحياناً كثيرة في المناطق التي يشتد فيها احتمال تأثرها بظاهرة "جزر الاحترار الحضرية". من ناحية أخرى، قد تتحوّل المناطق التي تشتد فيها الحرارة إلى حد بعيد إلى مناطق غير صالحة للسكن وتدفع السكان إلى الهجرة.

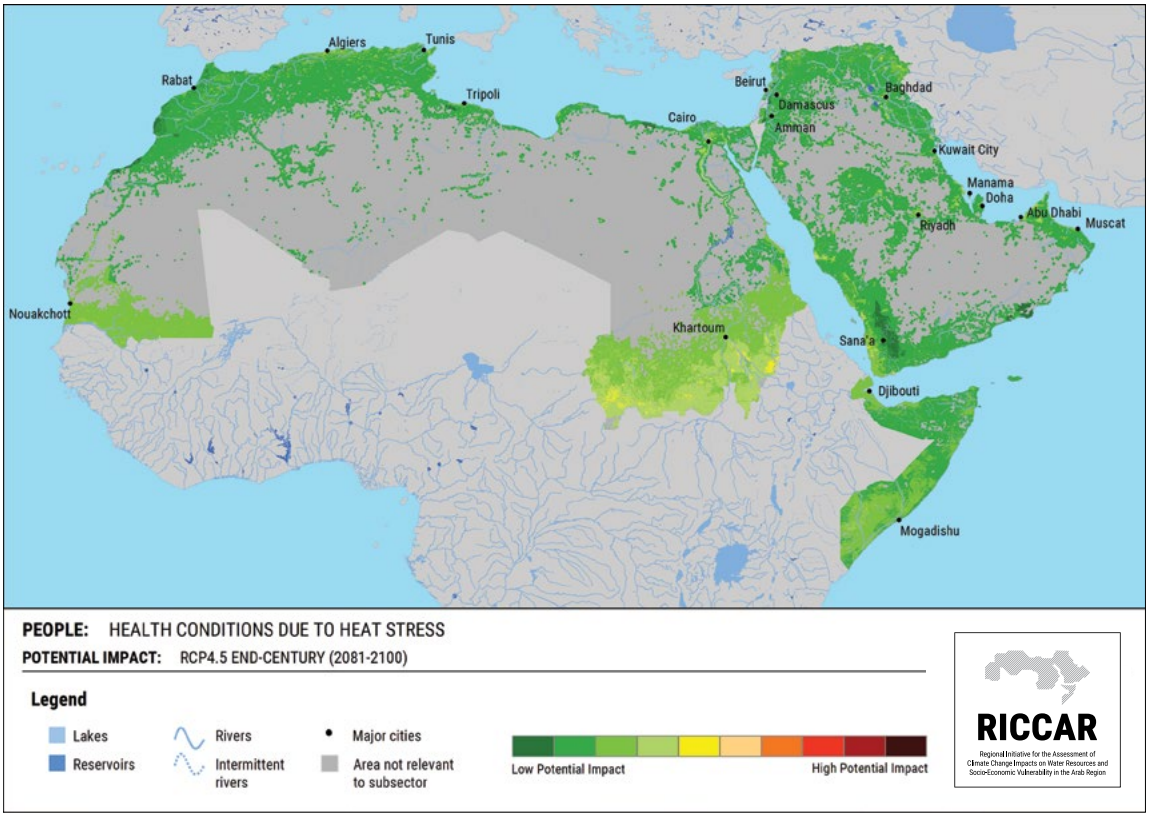
الشكل 208: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



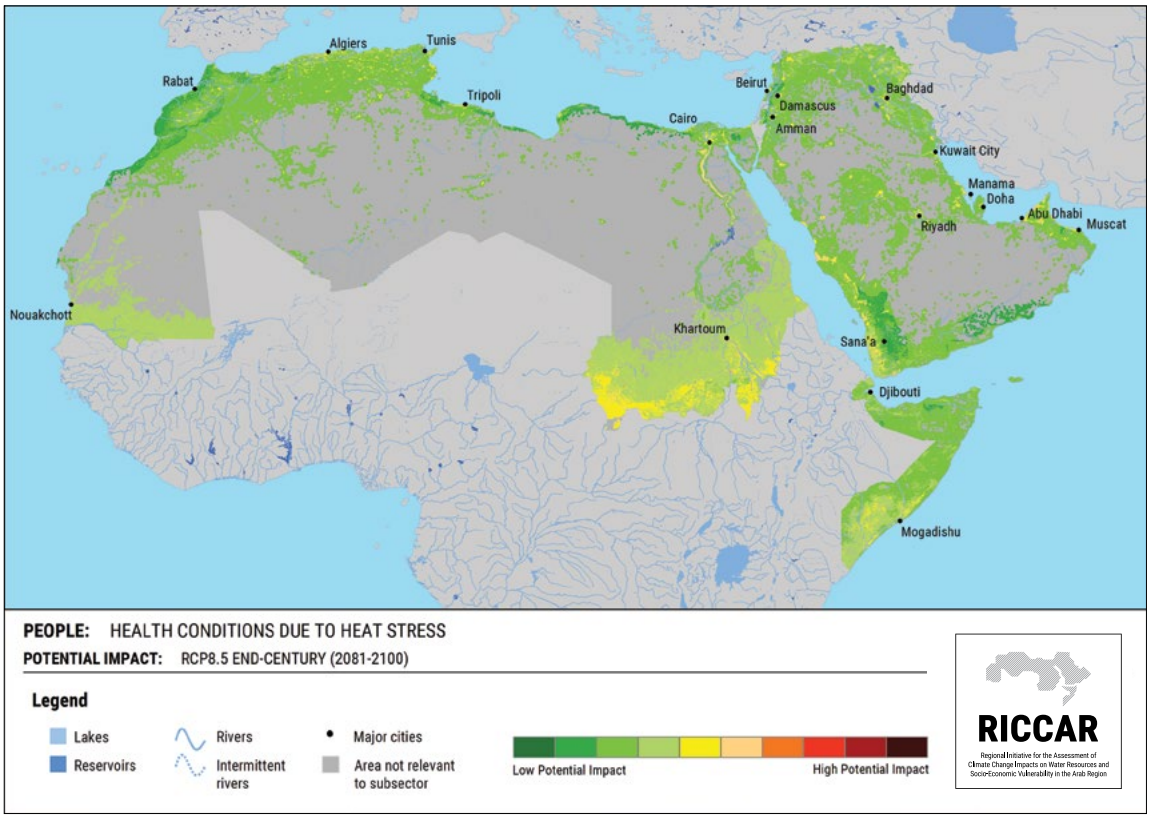
الشكل 209: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 210: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 211: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



13.2.2.2 قابلية التأثر

من المتوقع أن تشمل قابلية التأثر إزاء الإجهاد الحراري في منتصف القرن أكثر من نصف المنطقة المشمولة بالدراسة، فتتراوح نسبتها بين 55 في المائة (RCP 4.5) إلى 70 في المائة (RCP 8.5) منها. وفي نهاية القرن، تتسع لتشمل نسبة 63 في المائة (RCP 4.5) إلى 95 في المائة (RCP 8.5) منها. وتُظهر معظم المناطق المتبقية قابلية تأثر منخفضة تشمل بين 30 في المائة (RCP 8.5) و45 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن و4 في المائة (RCP 8.5) إلى 37 في المائة (RCP 4.5) في نهايته (الجدول 33). وتظهر اتجاهات قابلية التأثر تدرجاً من المنخفض إلى المعتدل من الشمال إلى الجنوب، مع مناطق ذات درجة عالية من قابلية التأثر في المشرق والمنطقة ما بين النهرين (الأشكال 212 إلى 215). وبما أن المشاكل الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري تنبع إلى حد بعيد من التعرض، تم تقييم تغير مؤشرات التعرض من خلال تصنيف قابلية التأثر إلى فئات (الجدول 34). وتُظهر المناطق العالية القابلية للتأثر زيادة أعلى في قيم المؤشرات من المنطقة العربية ككل. ويعود ذلك إلى أن المناطق المنخفضة القابلية للتأثر حتى هي شهدت فترات أثار فيها ارتفاع الحرارة مشاعر القلق، والزيادات في هذه الفترات تمثل مشكلة بالنسبة لصحة الإنسان.

وتبين الاتجاهات إما قابلية تأثر تكاد تكون ثابتة أو قابلية تأثر متزايدة من منتصف القرن حتى نهايته. وفي إطار السيناريو RCP 4.5، تميل المناطق المتزايدة القابلية للتأثر إلى أن تكون في الصحراء الكبرى وجبال الأطلس ووسط المشرق. بيد أن هذه المناطق تُظهر قابلية تأثر تكاد تكون ثابتة في إطار السيناريو RCP 8.5، ولكن معظم ما تبقى من المنطقة المشمولة بالدراسة يُظهر قابلية تأثر متزايدة.

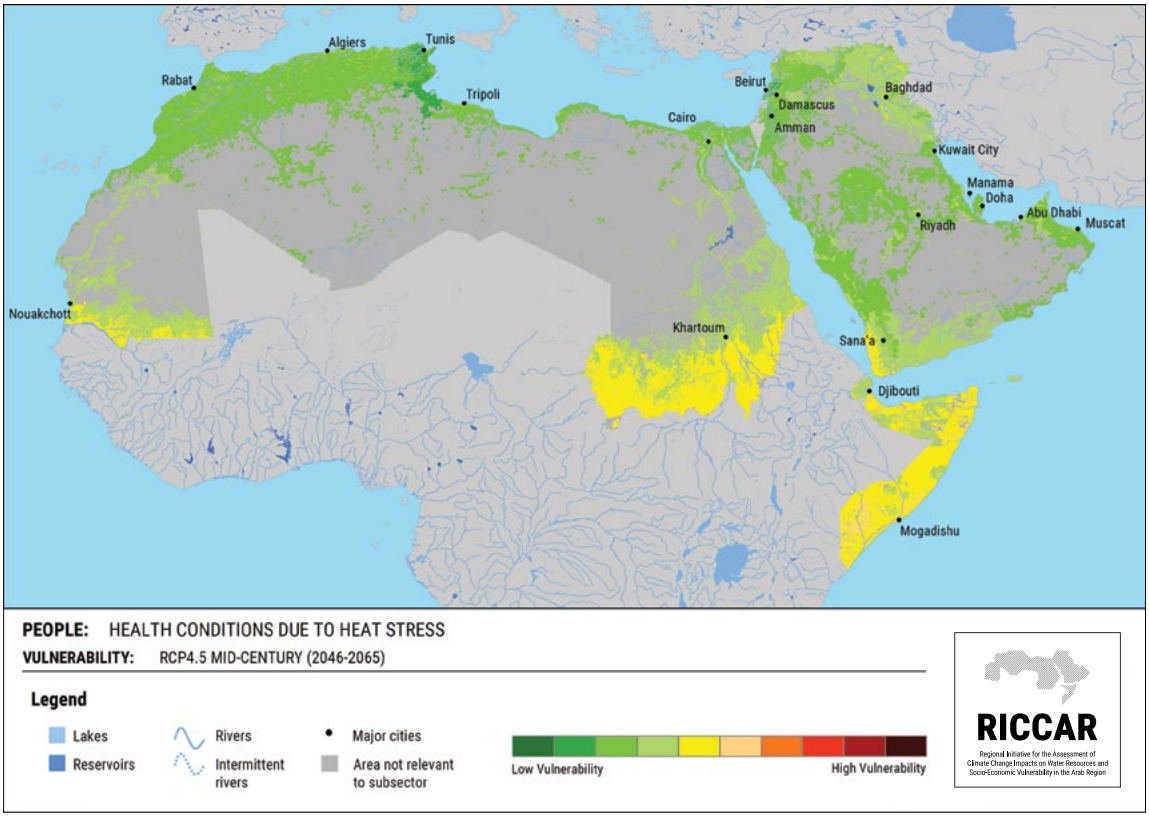
الجدول 33: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	45%	55%	0%
منتصف القرن RCP 8.5	30%	70%	0%
نهاية القرن RCP 4.5	37%	63%	0%
نهاية القرن RCP 8.5	4%	95%	1%

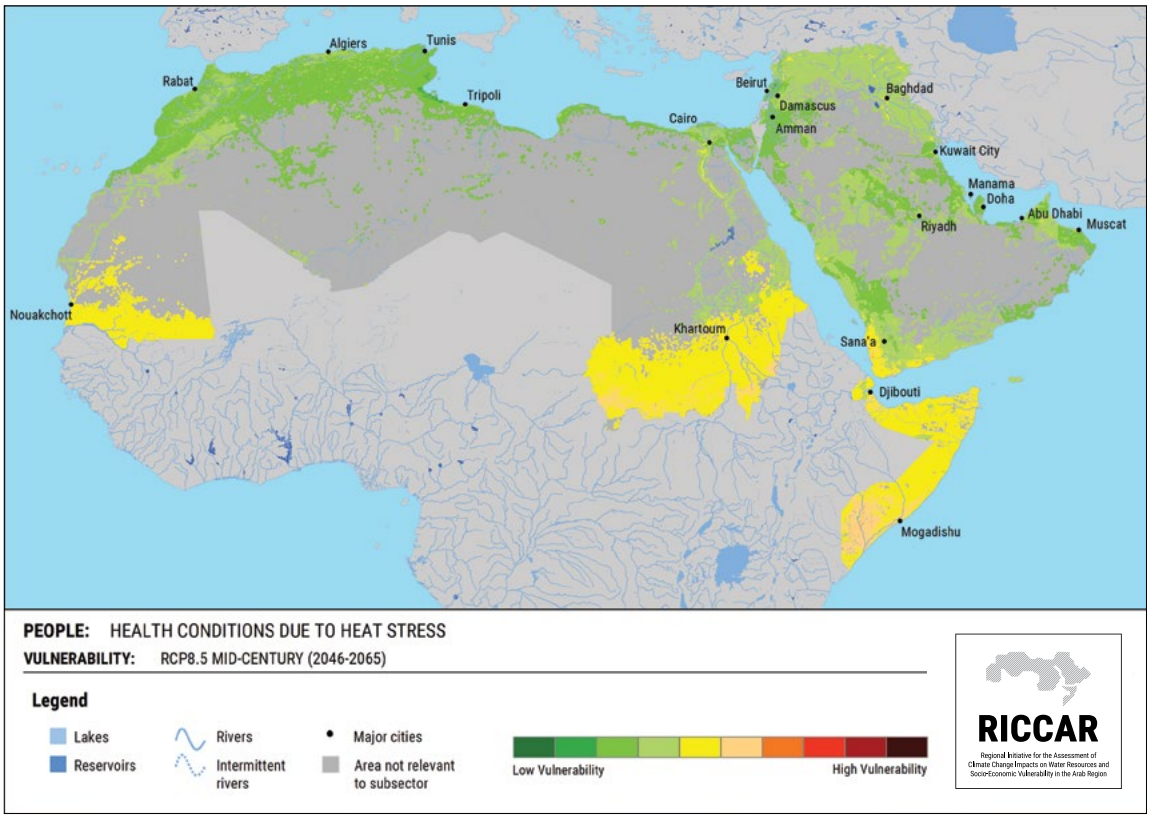
الجدول 34: متوسط البارامترات المناخية بحسب فئات قابلية التأثر

مؤشر التعرض	الوحدات	السيناريو المناخي	متوسط قيمة المؤشر بحسب فئات قابلية التأثر للقطاع الفرعي		متوسط قيمة المؤشر للمنطقة العربية
			منخفضة	معتدلة	
تغير في درجة الحرارة (مقارنة بالفترة المرجعية)	درجة مئوية	منتصف القرن RCP 4.5	+1.4	+1.5	+1.5
		منتصف القرن RCP 8.5	+2.1	+2.1	+2.1
		نهاية القرن RCP 4.5	+1.8	+1.9	+1.9
		نهاية القرن RCP 8.5	+3.5	+4.0	+4.0
تغير في عدد الأيام الحارة (SU35) (مقارنة بالفترة المرجعية)	أيام/ بالسنة	منتصف القرن RCP 4.5	+22	+46	+30
		منتصف القرن RCP 8.5	+30	+55	+41
		نهاية القرن RCP 4.5	+27	+54	+38
		نهاية القرن RCP 8.5	+54	+84	+74
تغير في عدد الأيام الحارة جداً (SU40) (مقارنة بالفترة المرجعية)	أيام/بالسنة	منتصف القرن RCP 4.5	+15	+38	+28
		منتصف القرن RCP 8.5	+16	+48	+39
		نهاية القرن RCP 4.5	+18	+46	+36
		نهاية القرن RCP 8.5	+26	+77	+76

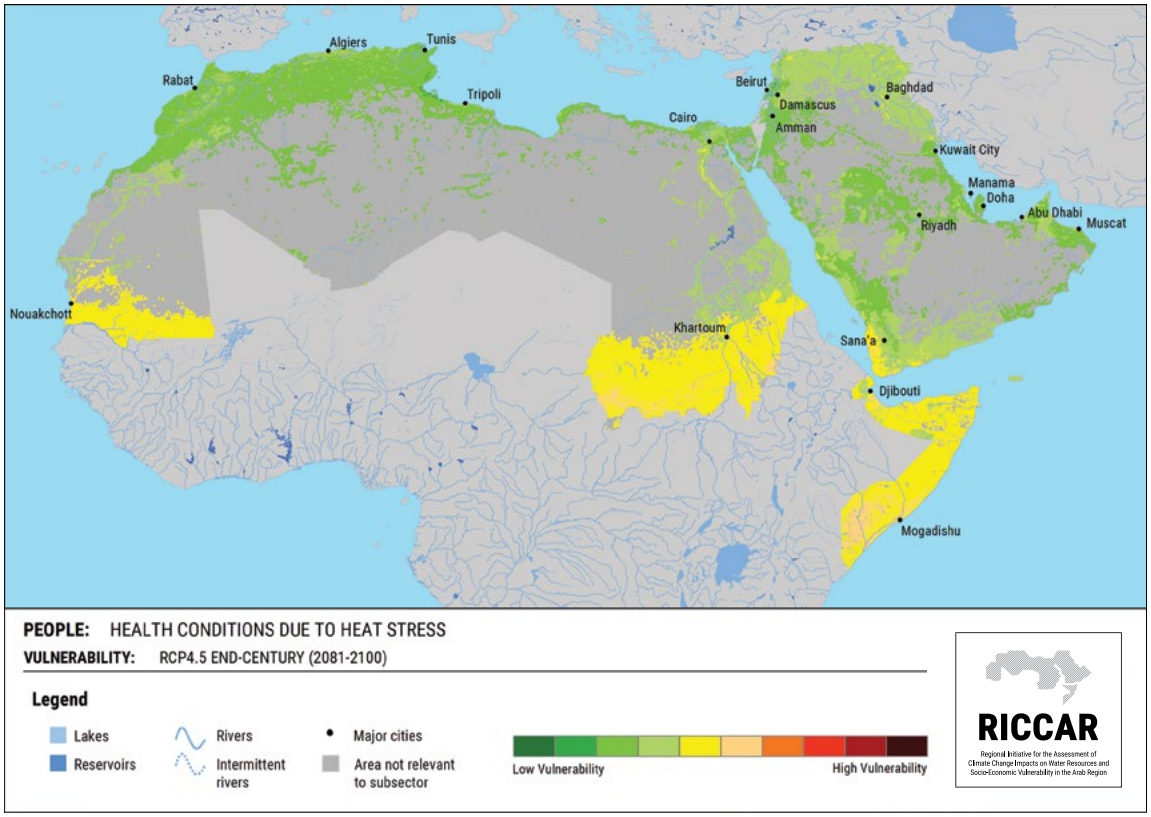
الشكل 212: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



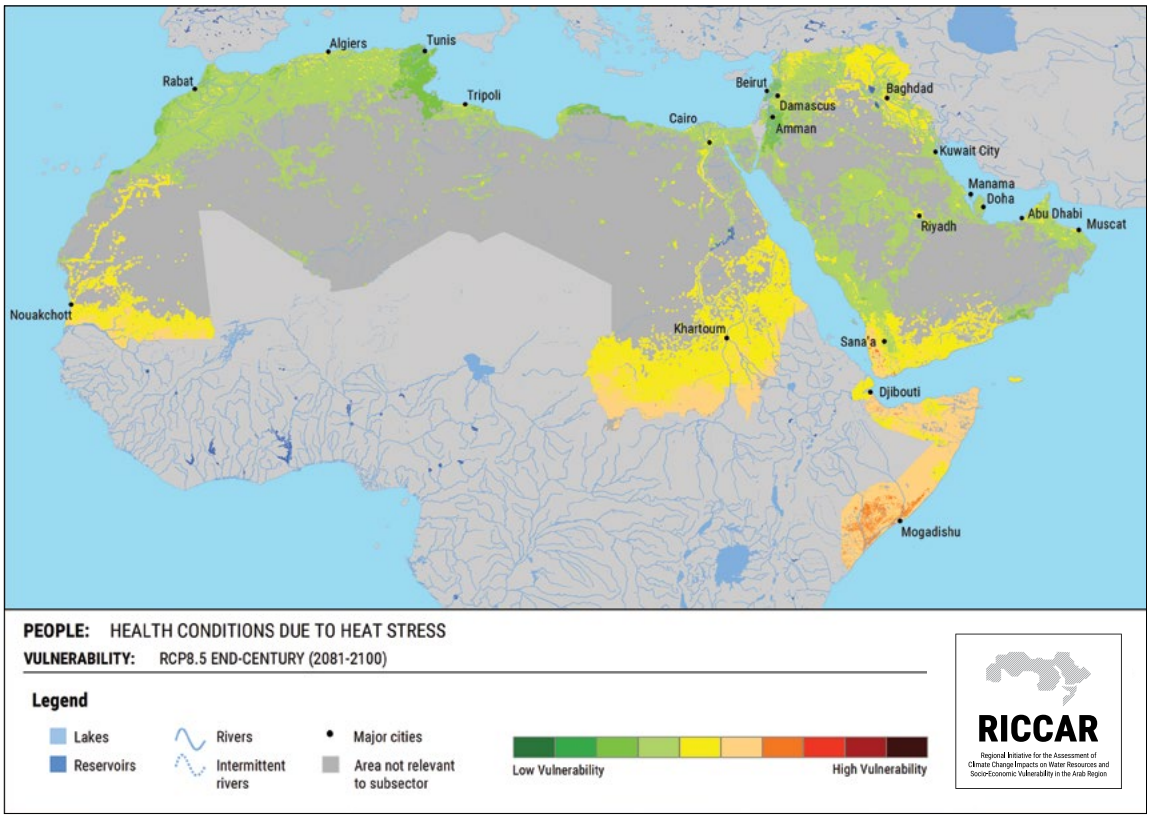
الشكل 213: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 214: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 215: الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



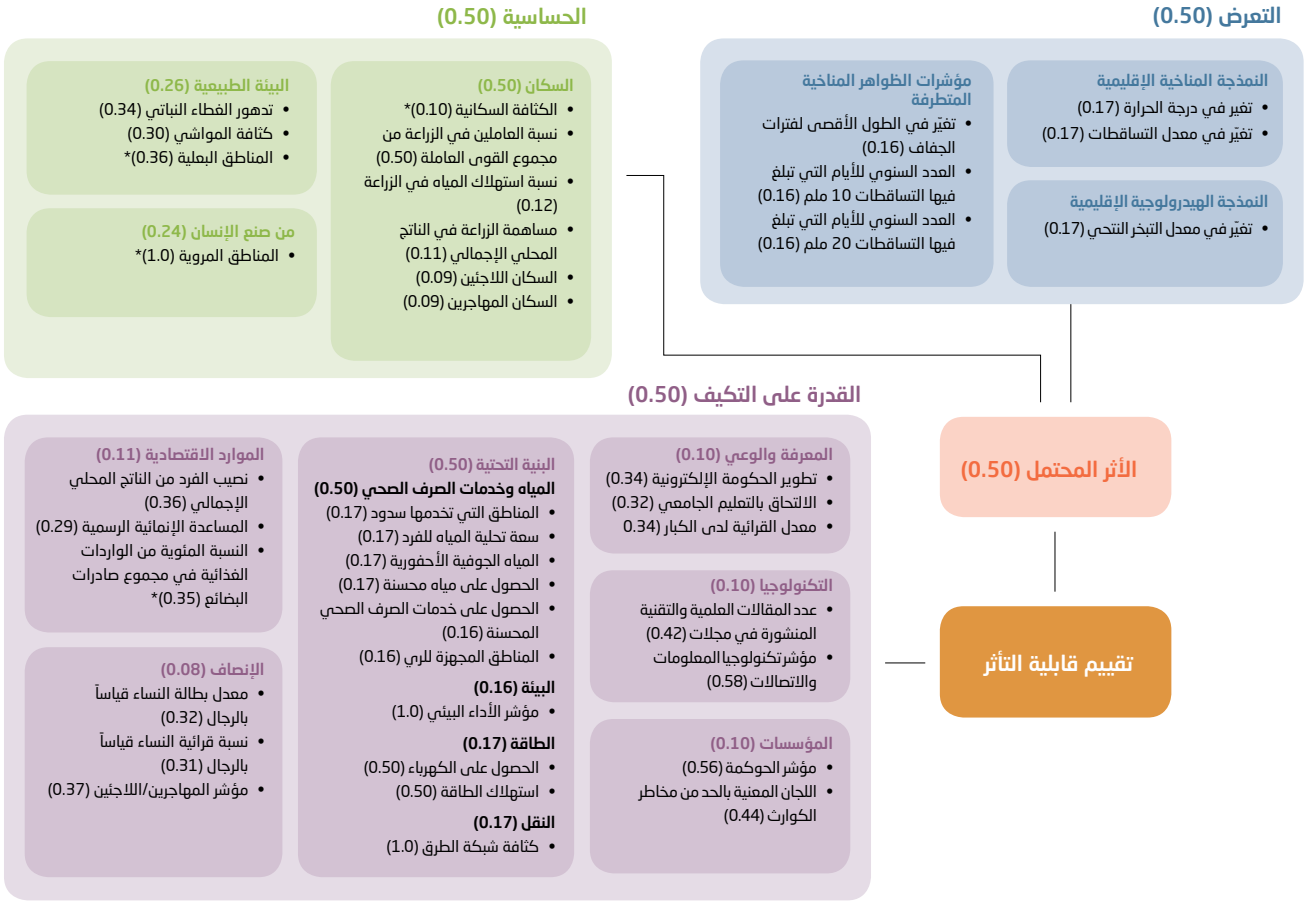
13.2.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

اعتُبرت المناطق الأعلى قابلية للتأثر مناطق شديدة التأثر وهي تشمل حفنة من المناطق لا تتجاوز نسبة 6 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة. والمناطق الشديدة التأثر هي المناطق التي لا تعتمد ما يكفي من التدابير لامتلاك القدرة على التكيف وتتغير فيها درجات الحرارة. وتقع المناطق الشديدة التأثر في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، لا سيما في جنوبي القرن الأفريقي وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية. ومع أن هذه المناطق صغيرة على النطاق الإقليمي، من المُسقط أن يؤثر الإجهاد الحراري فيها في عدد أكبر بكثير من السكان مع نهاية القرن، مقارنة مع فترة منتصف القرن، إذ يتوقع أن يصل عدد الأيام الحارة جداً إلى 98 يوماً سنوياً.

13.3 معدل العمالة في القطاع الزراعي

إن سلسلة الأثر التي تبين المؤشرات المستخدمة لكل عنصر وترجيحاتها لهذا القطاع الفرعي معروضة في الشكل 216.

الشكل 216: سلسلة الأثر والترجيحات بالنسبة لمعدل العمالة في القطاع الزراعي



* تصنيف محدد للقطاع الفرعي

13.3.1 الفترة المرجعية

13.3.1.1 الأثر المحتمل

يعكس الأثر المحتمل المجموع المتساوي للتعرض والحساسية. واختيار مؤشرات التعرض لهذا القطاع الفرعي ليس بالضرورة بسهولة تلك الخاصة بسائر القطاعات الفرعية التي تم تقييمها. غير أن الزراعة تعتمد بشدة على بارامترات الأحوال الجوية؛ ولذلك يعتمد المزارعون ومربّو المواشي هم أيضاً على الأحوال الجوية الملائمة.

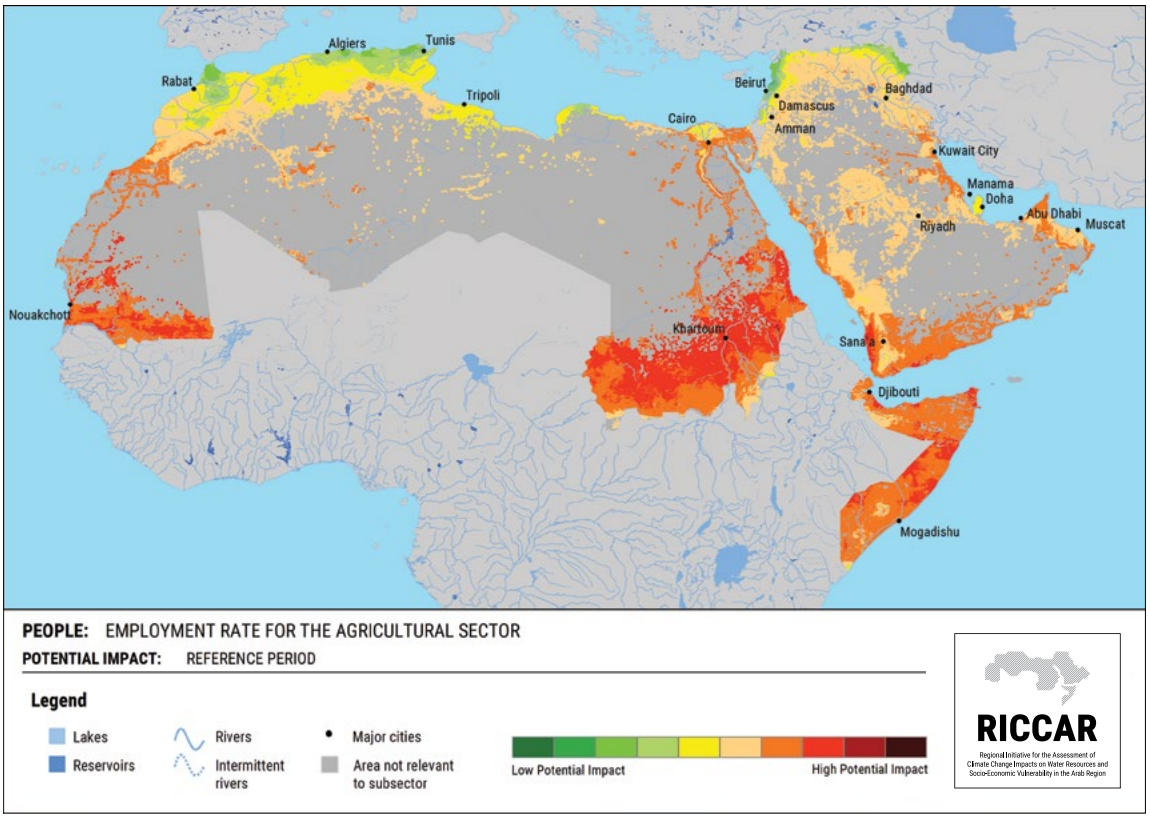
زد على ذلك أن مؤشرات التساقطات بما فيها تلك التي تتصل بالجفاف اختيرت، لأن تبعات تغيّر المناخ تميل إلى أن تكون أشد وقعاً على العاملين في الأراضي الزراعية البعلية. ويُظهر نسبة نصف المنطقة المشمولة بالدراسة تقريباً (42 في المائة) تعرضاً مرتفعاً، ونسبة المناطق هذه تقع بمعظمها في الصحراء الكبرى. ويتغير التعرض المرتفع إلى تعرض معتدل (51 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة) ويبلغ المناطق المنخفضة التعرض الكائنة في منطقة الريف، وشرقي منطقة أطلس التل، وساحل المشرق وجبال زاغروس.

وتستند مؤشرات الحساسية إلى حد بعيد إلى السكان، مع التركيز على سكان الريف الذين يعملون على الغالب في الزراعة. وأُخذت أيضاً في الاعتبار المؤشرات المتعلقة بالزراعة. والحساسية الناتجة من ذلك مرتفعة عموماً. وتشمل الحساسية المرتفعة نسبة 64 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة تقع في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وغربي المغرب العربي وجنوبي شبه الجزيرة العربية.

تُظهر المناطق المتبقية حساسية معتدلة. والحساسية لهذا القطاع الفرعي تتجاوز عموماً حساسية القطاعات الفرعية الأخرى بسبب إعادة تصنيف مؤشرات الأراضي الزراعية البعلية (المروية بالأمطار) والأراضي الزراعية المروية بالمياه، حيث إن المناطق الأقل ارتفاعاً أكثر حساسية بسبب محدودية فرص العمل الزراعية في هذه المناطق.

والأثر المحتمل الناتج من ذلك للفترة المرجعية (الشكل 217) ينقسم بالتساوي تقريباً بين متوسط (48 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة) ومرتفع (51 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة). والمناطق التي تُظهر أعلى أثر محتمل هي أفريقيا جنوب الصحراء (باستثناء منطقة الساحل الأفريقي)، ووسط القرن الأفريقي والمناطق الساحلية لجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية.

الشكل 217: معدل العمالة في القطاع الزراعي - الفترة المرجعية - الأثر المحتمل



13.3.1.2 القدرة على التكيف

تتأثر القدرة على التكيف أشد ما تتأثر ببعد البنية التحتية، وتحديداً المؤشرات التي تشمل ركيزة المياه. ومع أن البنية التحتية للمياه تساعد إذا كانت متطورة في تسهيل إمكانات الري، فإن الأبعاد الخمسة الأخرى هي أيضاً مهمة. وعلى الرغم من أن المؤشرات الواردة فيها لا ترتبط مباشرة بالعمالة في قطاع الزراعة، إلا أنه يمكن اعتبارها بمثابة مؤشرات غير مباشرة للبعد الذي تمثله.

ويمكن أن توفر المعرفة والوعي معلومات عن أساليب أكثر تقدماً باستخدام التكنولوجيا الحالية. وفي وسع المؤسسات الحكومية المساعدة على تسهيل مشاركة صغار المزارعين في عمليات صنع القرار والموارد الاقتصادية. وأخيراً، تؤدي النساء دوراً أكبر في قطاع الزراعة فهن يمثلن نحو 30 في المائة من القوة العاملة فيه في المنطقة العربية[8].

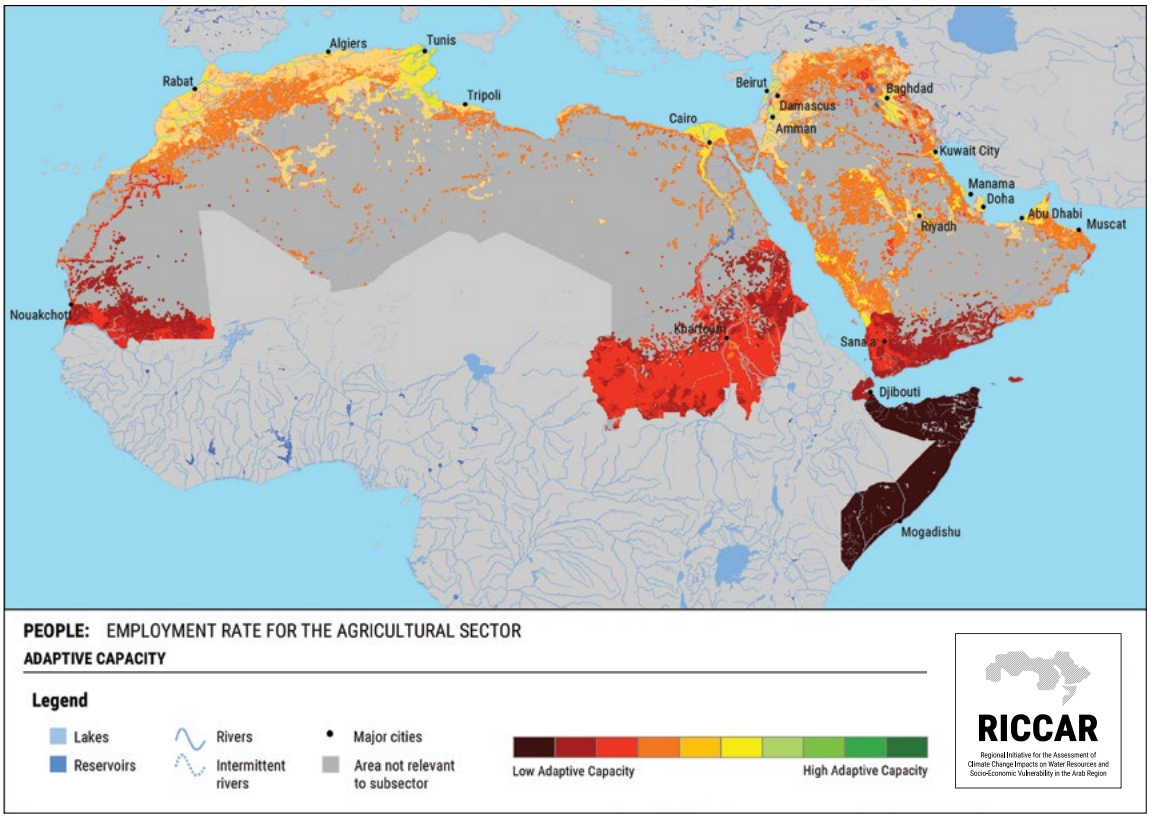
تنقسم المنطقة المشمولة بالدراسة بين مناطق ذات قدرة على التكيف منخفضة وأخرى معتدلة (45 في المائة و54 في المائة على التوالي)، والمناطق المتبقية تُظهر قدرة على التكيف مرتفعة (الشكل 218). والمناطق التي تُظهر أقل درجة من القدرة على التكيف هي القرن الأفريقي وأجزاء من الصحراء الكبرى ومنطقة وادي حضرموت.

وفي المقابل، تشمل المناطق التي تُظهر قدرة على التكيف مرتفعة نسبياً شرقي جبال الأطلس ومنطقة أطلس التل وسهل الجفارة ومناطق صغيرة بالقرب من نهري الأردن والليطاني.



عاملات زراعيات في دبل، لبنان، 2006. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

الشكل 218: معدل العمالة في القطاع الزراعي - القدرة على التكيف



13.3.1.3 قابلية التأثر

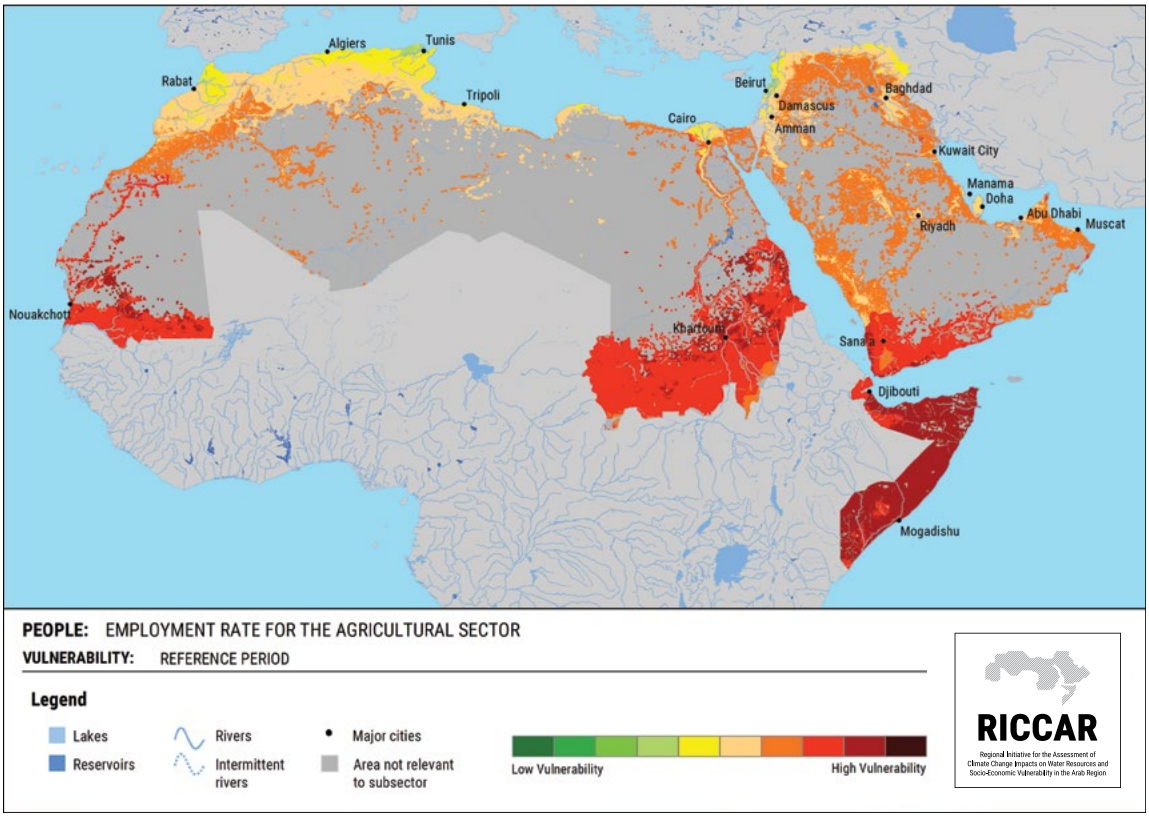
إن قابليـة التأثـر فـي الفتـرة المرجعيـة مرتفعة إذ تشـكل نسـبة 75 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة (الشكل 219). والمناطق المتبقيـة تُظهـر قابليـة تأثـر معتدلـة. وتشـمل المناطـق التـي تظهـر قابليـة تأثـر مرتفعـة القـرن الأفريقـي وأفريقيـا جنـوب الصحـراء الكبرى وجنوبي شبه الجزيـرة العربيـة. ومربّـو المواشـي هم الأقل حظاً من حيـث فـرص العمـل لأن قابليـة التأثـر علـى أعلاهـا (7.4) فـي مناطـق تربيـة المواشـي. وعلـى العكـس مـن ذلـك، فإن قابليـة التأثـر هـي علـى أقلهـا (5.7) فـي المناطـق المرويـة. وقابليـة التأثـر معتدلـة فـي المناطـق البعليـة (6.5) والمناطـق الريفيـة (6.6)، علـى الرغـم مـن أن قابليـة التأثـر تميـل إلـى الانخفـاض مـع ازديـاد عـدد سـكان الريـف.



قطيع أبقار في ولاية البراكنة، موريتانيا، 2010. المصدر: إيهاب جناد.

والعمـل فـي قطـاع الزراعـة، الـذي كان سـابقاً أبـرز قطـاع مـن حيـث عـدد العامليـن فيـه فـي المنطقـة العربيـة، بـدأ يتراجـع منـذ سـبعينيات القـرن الماضـي. والمنطقـة الوحيـدة التـي تمثـل فيهـا الزراعـة أكثـر مـن 50 فـي المائـة مـن سـوق العمـل هـي القـرن الإفريقـي[9]. والثـروة النفطيـة وفـرص العمـل التـي فتحتهـا فـي قطاعـات الصناعـة والبنـاء والخدمـات سـاهمت جزئيـاً فـي تقلصهـا. وأسـفر ذلـك عـن الهجـرة مـن الريـف إلـى المدينـة، فانتقلـت أولويـات الحكومـات مـن المناطـق الريفيـة والزراعـة باتجـاه التحديـات فـي المناطـق الحضريـة، ممـا سـاهم فـي تقلصهـا أكثـر[10].

الشكل 219: معدل العمالة في القطاع الزراعي - الفترة المرجعية - قابلية التأثر



13.3.2 الفترات المستقبلية

13.3.2.1 الأثر المحتمل

إن التعرض معتدل بمعظمه في إطار معظم السيناريوهات، حيث يشمل نسبة 92 في المائة (RCP 4.5) إلى 94 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن. ومع نهاية القرن، يبقى التعرض على حاله إلى حد بعيد في إطار السيناريو RCP 4.5، ولكن في إطار RCP 8.5، تتقلص نسبة المناطق المعتدلة التعرض إلى 66 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة وترتفع المناطق المرتفعة التعرض إلى 30 في المائة منها. ومن المتوقع أن تشهد مناطق أخرى تعرضاً منخفضاً. وتتوزع المناطق المعتدلة إلى المرتفعة التعرض على جميع أنحاء المنطقة المشمولة بالدراسة حسب السيناريو المناخي، ولكنها دوما في منطقة الريف، وغربي حوض تندوف، والساحل الغربي لشمال أفريقيا، والجزء الأعلى من حوض النيل والساحل الجنوبي لشبه الجزيرة العربية.

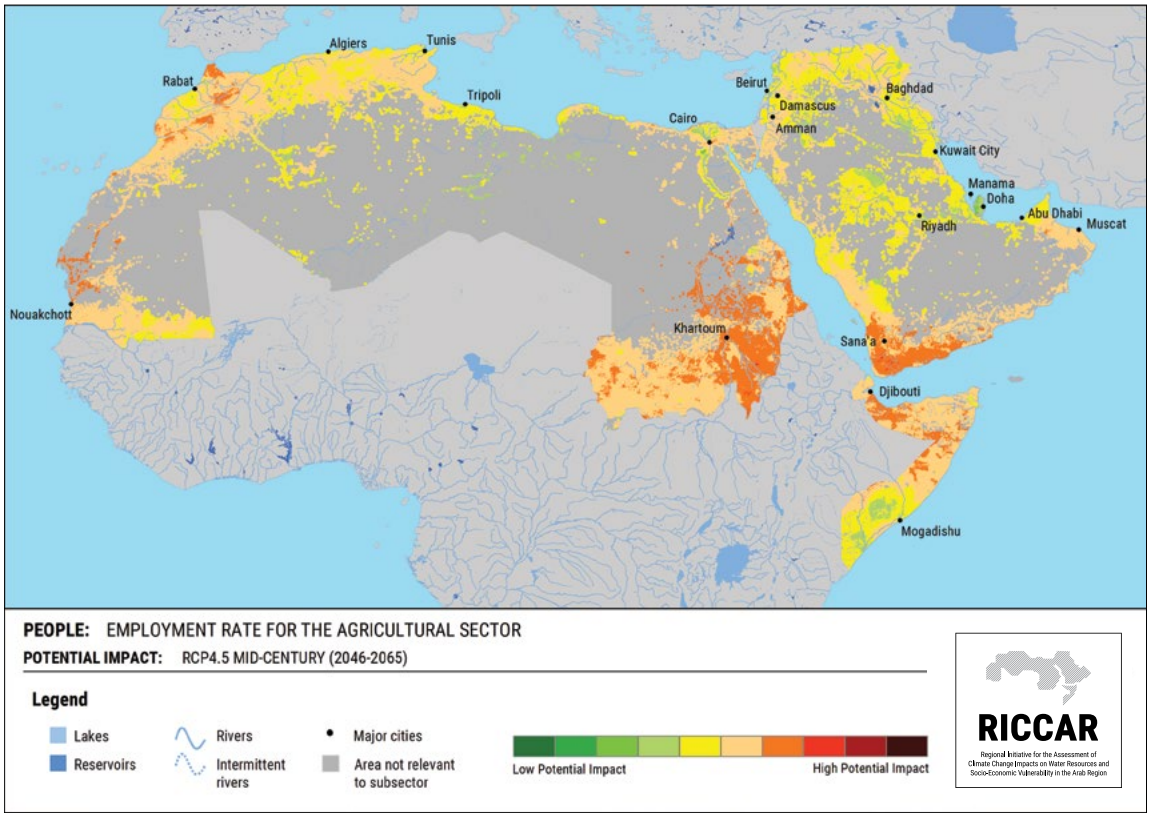
وكذلك الأمر، فإن الأثر المحتمل المُسقط معتدل عموماً، إذا تم الانطلاق من فرضية الحساسية الثابتة. ويتضمن الأثر المحتمل المعتدل نسبة 70 في المائة (RCP 8.5) إلى 86 في المائة (RCP 4.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة في منتصف القرن (الشكلان 220 و221)، وتتناقص إلى 54 في المائة (RCP 8.5) و71 في المائة (RCP 4.5) مع نهايته (الشكلان 222 و223). والمناطق المتبقية تُظهر أثر محتمل مرتفع. والمناطق التي تُظهر أثر محتمل مرتفع تقع بالقرب من المحيط الأطلسي، والجزء الأعلى من حوض النيل، وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية، وشمالي القرن الأفريقي.

ويمكن أن يتغير الأثر المحتمل بسبب اختلاف التركيبة السكانية والمناطق الزراعية ومناطق المراعي. وعلى الرغم من أن الاتجاهات السكانية تتنبأ بمعدل نمو في أعداد الشباب العرب، سُجل في عدادهم تدني الاهتمام بالعمل في قطاع الزراعة. ويمكن أن تؤثر تغير طرائق استخدام الأراضي أيضاً في القدرة على العمل فيه وفرص الحصول على العمل فيه.

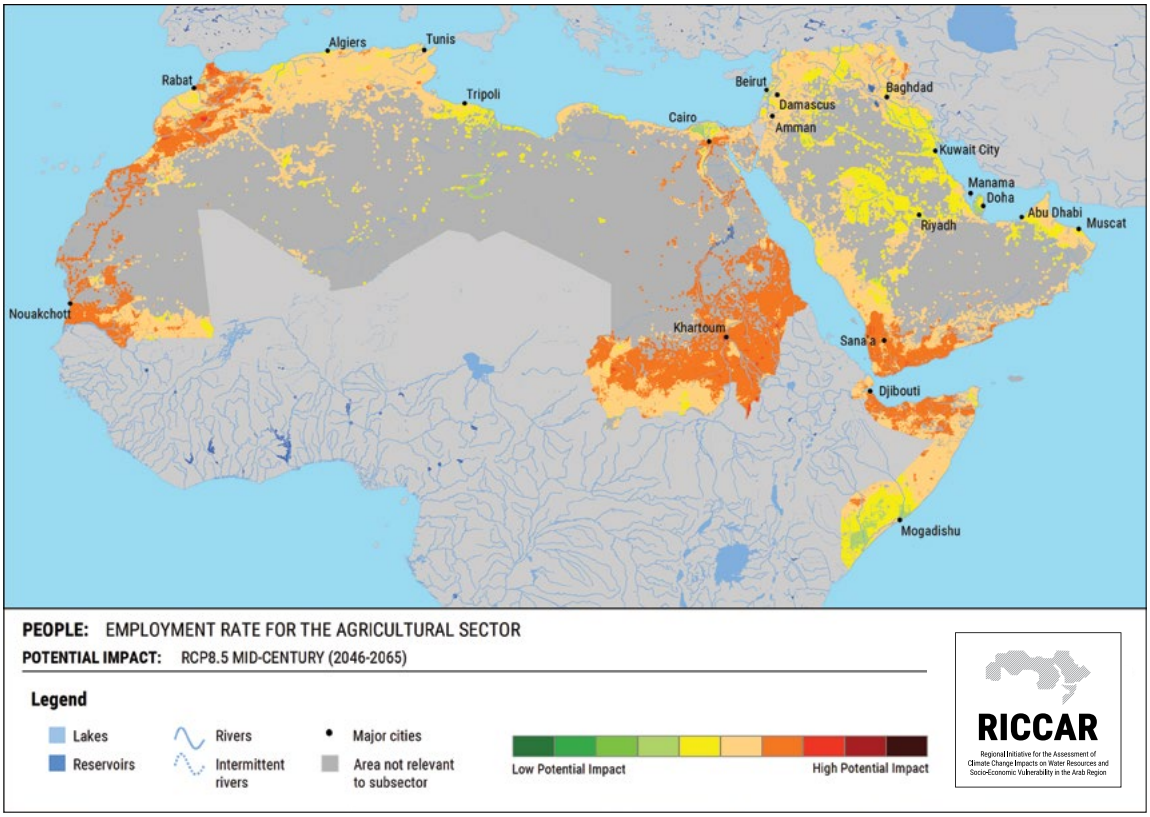


رجل يرعى قطيع ماعز في تونس، 2005. المصدر: Priit Kallas.

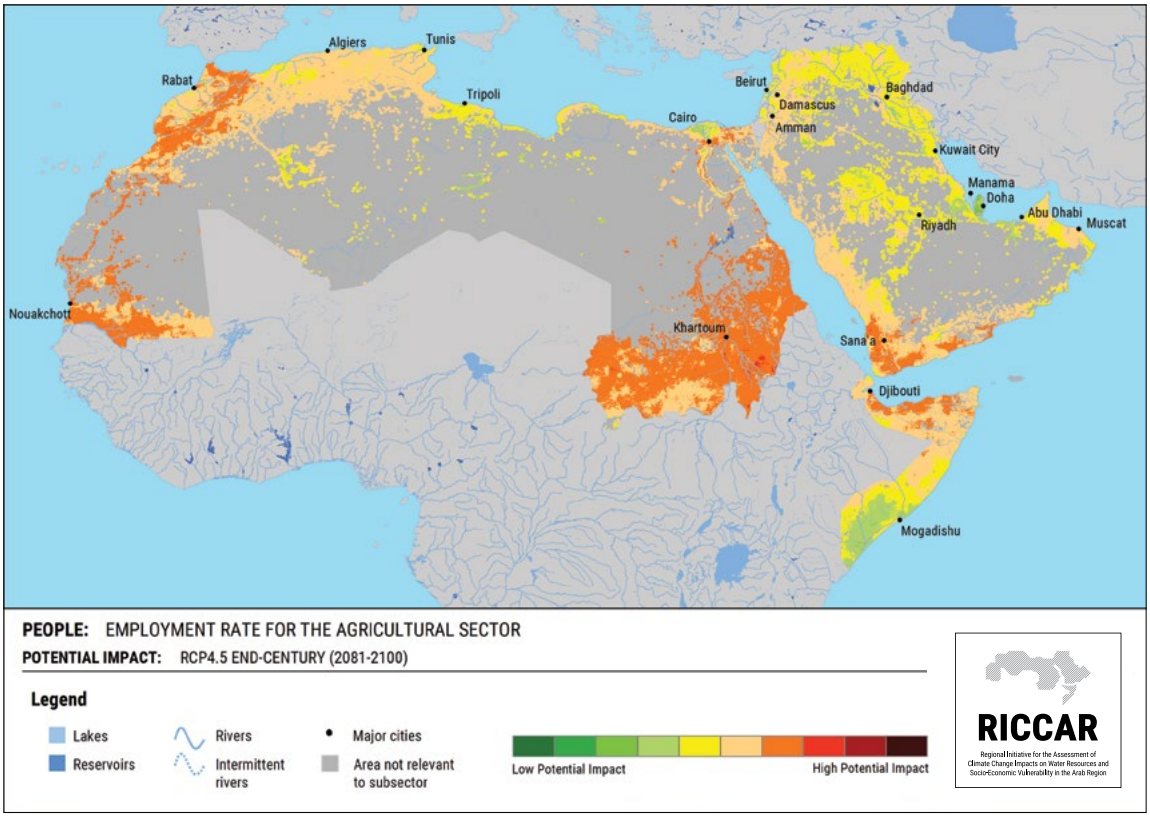
الشكل 220: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 4.5 - الأثر المحتمل



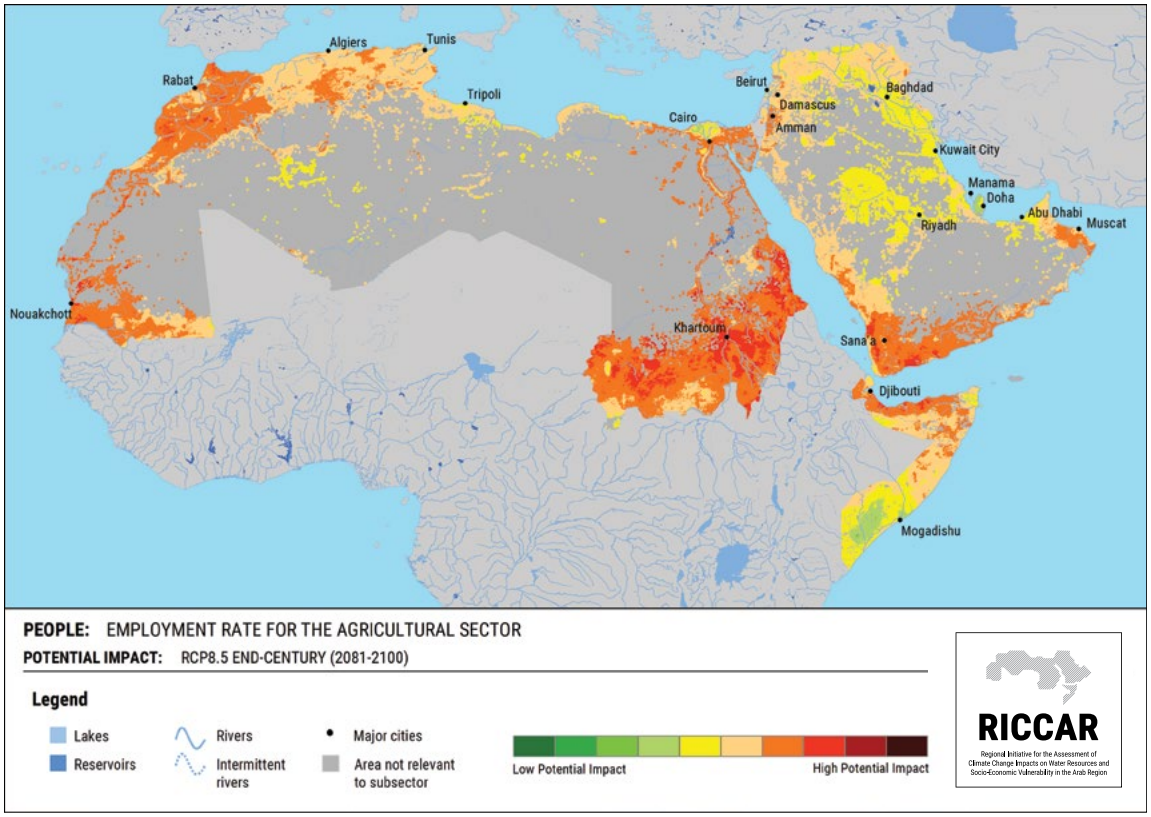
الشكل 221: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 8.5 - الأثر المحتمل



الشكل 222: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 4.5- الأثر المحتمل



الشكل 223: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 8.5- الأثر المحتمل



13.3.2.2 قابلية التأثر

يتوقع أن تتسم غالبية المنطقة المشمولة بالدراسة بقابلية تأثر عالية، مما يجعل العمل في قطاع الزراعة صعباً (الأشكال 224 إلى 227). وفي منتصف القرن، تشمل قابلية التأثر المرتفعة نسبة 61 في المائة (RCP 4.5) و72 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة، في حين أنه يتوقع ارتفاع هذه النسبة في نهاية القرن إلى 65 في المائة (RCP 4.5) و77 في المائة (RCP 8.5) من المنطقة المشمولة بالدراسة (الجدول 35). وتُظهر المناطق المتبقية قابلية تأثر معتدلة.

وتشير المقارنة بين مؤشرات الحساسية المختارة وقابلية التأثر المُسقطة إلى وجود كثافة من المواشي تتخطى المعدل في المناطق التي من المُسقط أن تكون مرتفعة القابلية للتأثر، في حين أن ثمة مساحة زراعية أقل من المعدل تقع في المنطقة نفسها (الجدول 36). وبالتالي، فإن مربّي المواشي أكثر قابلية تأثر من المزارعين، على افتراض أن قيَم هذه المؤشرات تبقى على حالها تقريباً.

ويبين تحليل الاتجاهات وجود اتجاهات مماثلة من منتصف القرن حتى نهايته لكلا السيناريوهين. وتظهر قابلية تأثر متزايدة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وشمالي المغرب العربي ووسط شرقي البحر الأحمر. وعلى العكس من ذلك، تتبدى اتجاهات نحو الانخفاض في القرن الأفريقي وحوض نهري دجلة والفرات وجبال عُمان.

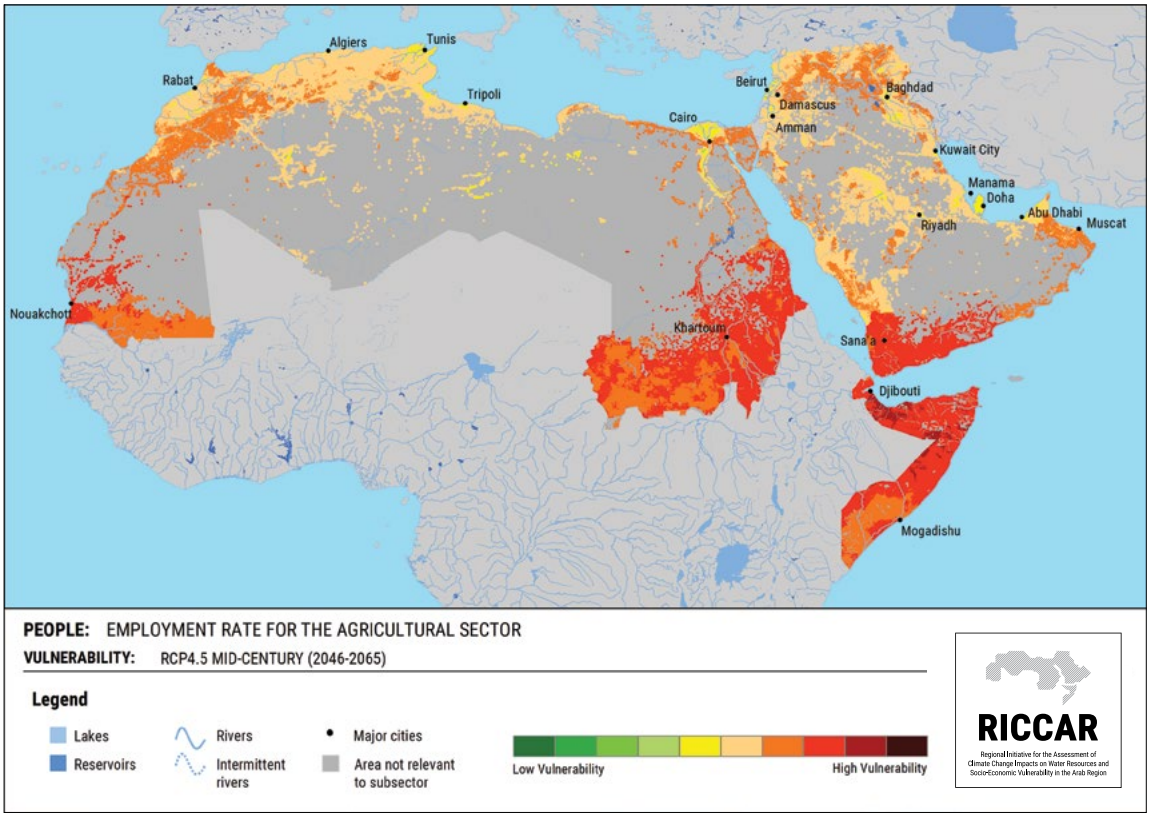
الجدول 35: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر معدل العمالة في القطاع الزراعي

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	39%	61%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	28%	72%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	35%	65%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	23%	77%

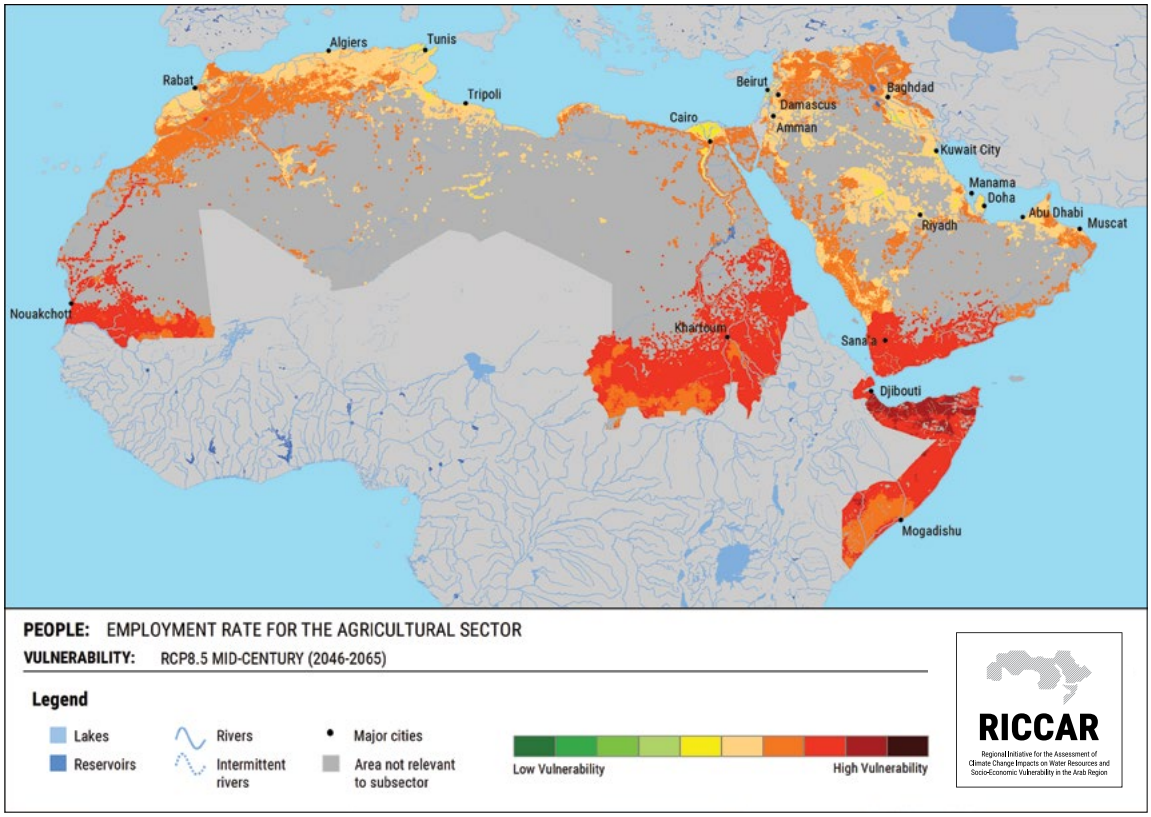
الجدول 36: متوسط مؤشرات الحساسية المختارة لمعدل العمالة في القطاع الزراعي

مؤشر الحساسية	الوحدات	السيناريو المناخي	متوسط قيمة المؤشر بحسب فئات قابلية التأثر للقطاع الفرعي		المتوسط لجميع المناطق الزراعية
			منخفضة	معتدلة	
النسبة المئوية للمناطق الزراعية البعلية	نسبة مئوية	منتصف القرن RCP 4.5	14.5	5.4	10.2
		منتصف القرن RCP 8.5	17.3	5.7	
		نهاية القرن RCP 4.5	15.9	5.3	
		نهاية القرن RCP 8.5	17.8	6.3	
النسبة المئوية للمناطق الزراعية المروية	نسبة مئوية	منتصف القرن RCP 4.5	5.4	0.6	2.7
		منتصف القرن RCP 8.5	7.1	0.6	
		نهاية القرن RCP 4.5	6.0	0.6	
		نهاية القرن RCP 8.5	8.4	0.6	
متوسط كثافة المواشي	رأس/كلم^2	منتصف القرن RCP 4.5	17	35	33
		منتصف القرن RCP 8.5	18	32	
		نهاية القرن RCP 4.5	18	34	
		نهاية القرن RCP 8.5	18	31	

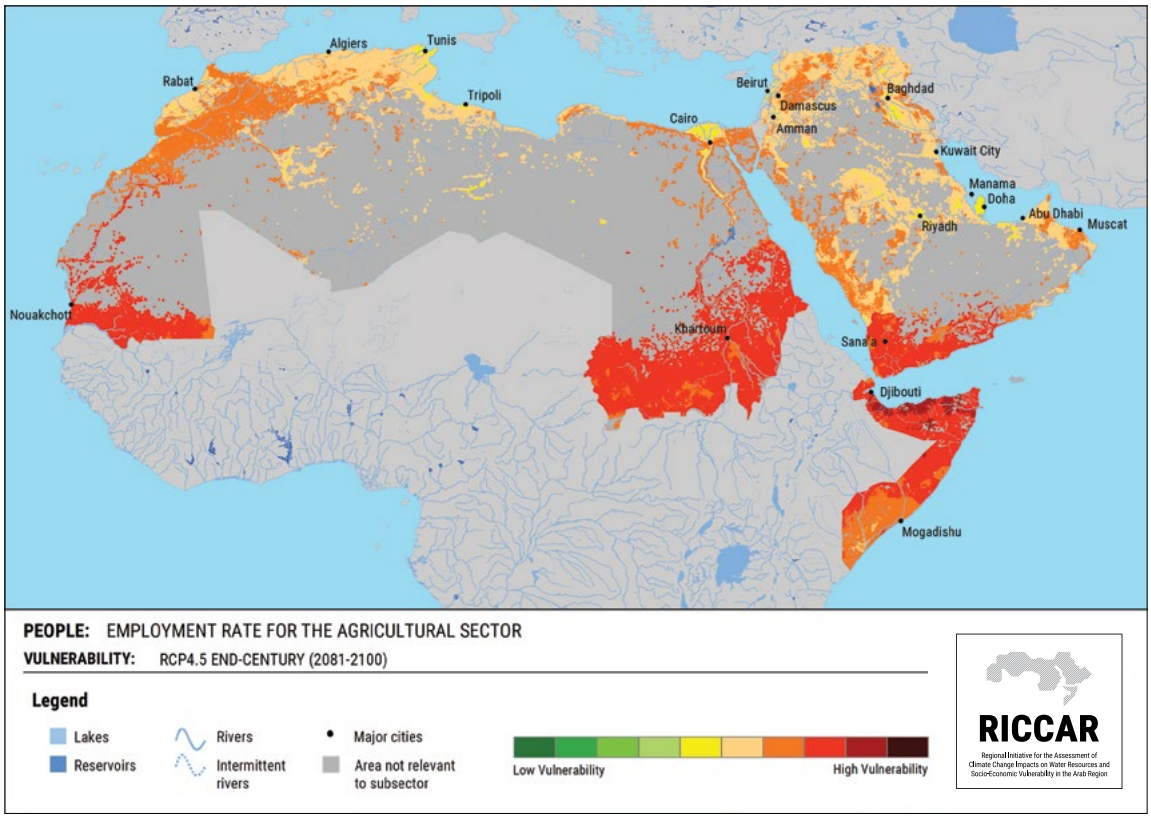
الشكل 224: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



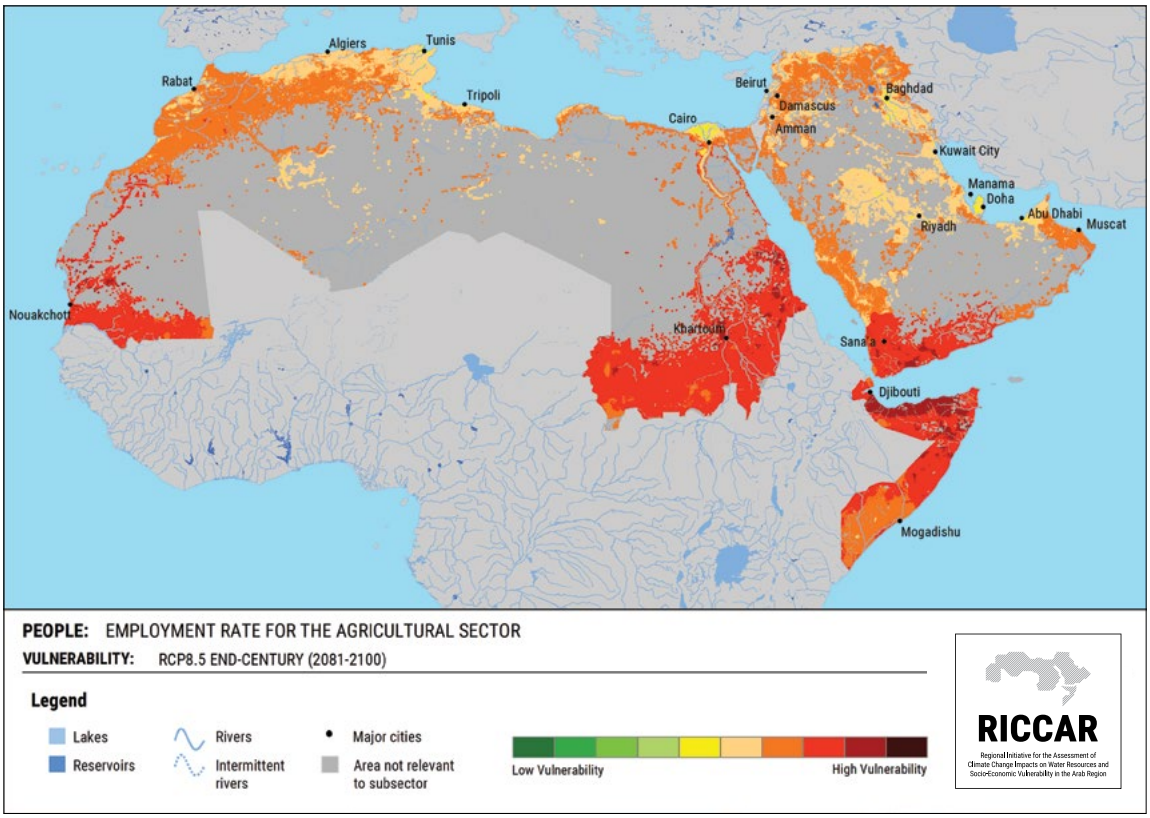
الشكل 225: معدل العمالة في القطاع الزراعي - منتصف القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



الشكل 226: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 4.5 - قابلية التأثر



الشكل 227: معدل العمالة في القطاع الزراعي - نهاية القرن RCP 8.5 - قابلية التأثر



13.3.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

إن المناطق الشديدة التأثر هي المناطق الأعلى قابلية للتأثر لقطاع فرعي راهن ما. والمناطق الشديدة التأثر التي تم تبيانها بالنسبة للقطاع الفرعي" معدل العمالة في القطاع الزراعي " هي الأوسع من بين جميع القطاعات الفرعية التي تمت دراستها، إذ تشمل نسبة 28 في المائة من المنطقة المشمولة بالدراسة وما يصل إلى 12 في المائة من المنطقة العربية بأسرها.

وتشمل هذه المناطق حوض تيندوف، وأجزاء من حوض تاوديني، والجزء الأسفل من شرقي الصحراء الكبرى، وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية، وشمالي القرن الأفريقي. وتعتمد معظم سبل العيش في هذه المناطق الشديدة التأثر على الزراعة، وكثيراً ما تمثل أكثر من 50 في المائة من القوة العاملة.

وقابلية التأثر المرتفعة يمكن أن تؤثر سلباً بالدخل في المناطق الريفية، فضلاً عن إضعاف الأمن الغذائي في المنطقة ككل.



رعاة بدو، جيبوتي، 2012. المصدر: EU/ECHO/Martin Karimi.

13.4 قطاع الإنسان: قابلية التأثر الإجمالية

13.4.1 الفترة المرجعية

ثمة ثلاثة قطاعات فرعية تساهم في النتيجة المجمعة المتعلقة بقطاع الانسان، وأشدها ارتباطاً بقابلية تأثر القطاع الفرعي " الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري ".

وتُظهر كل المنطقة المشمولة بالدراسة تقريباً (98 في المائة) قابلية تأثر معتدلة في الفترة المرجعية، والمناطق المتبقية منقسمة بين قابلية تأثر منخفضة وقابلية تأثر مرتفعة (الشكل 228).

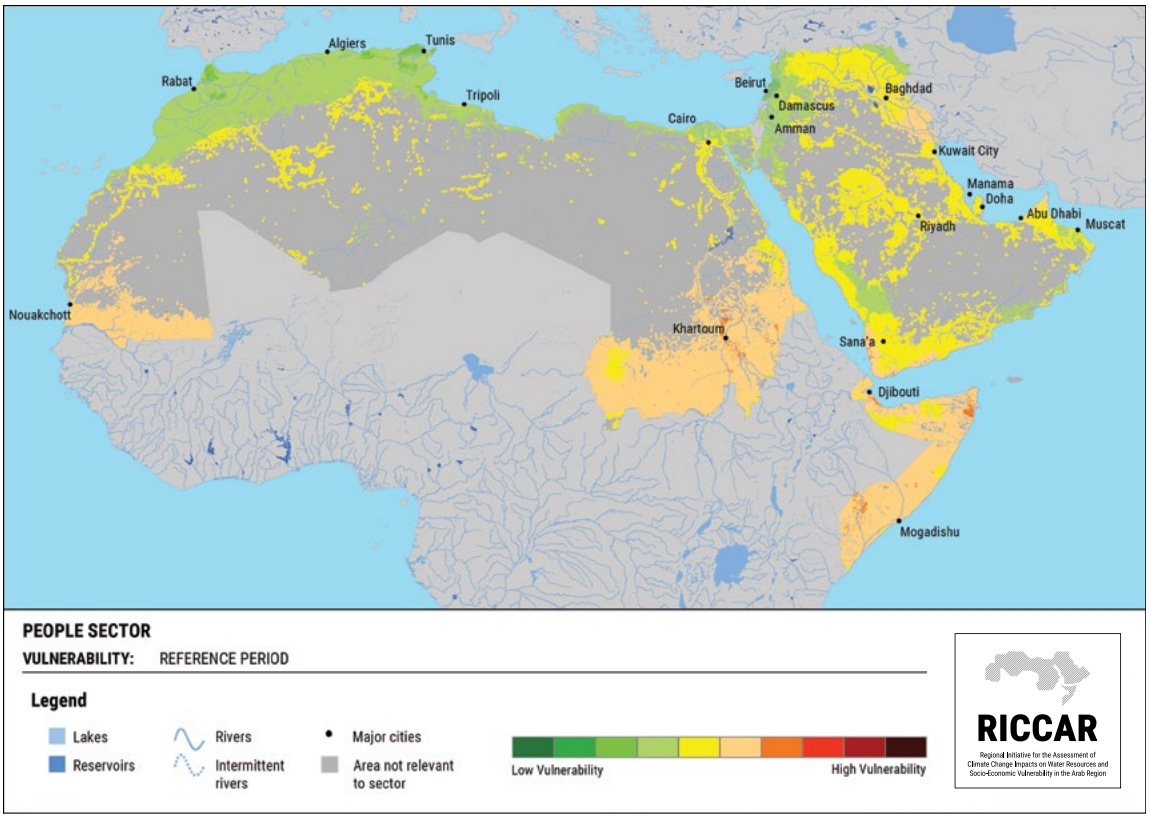
والمناطق الأعلى قابلية للتأثر هي الجزء الأعلى من وادي النيل والجزء الأسفل من حوض النيل الأزرق بالقرب من الخرطوم؛ والساحل الشمالي الغربي، ووادي Jaceyl والجزء الأعلى من نهر جوبا في القرن الأفريقي؛ والمناطق الساحلية في جنوبي غربي شبه الجزيرة العربية. وعلى العكس من ذلك، فإن المناطق الأقل قابلية للتأثر هي منطقة الريف وشرقي منطقة أطلس التل ووسط منطقة المشرق الساحلية.

13.4.2 الفترات المستقبلية

13.4.2.1 قابلية التأثر

تُعرض النتائج المتعلقة بقابلية تأثر قطاع الانسان في الشكلين 229 و230 لمنتصف القرن، والشكلين 231 و232 لنهايته. على نحو مشابه للفترة المرجعية، من المسقط أن يظهر قطاع الانسان قابلية تأثر معتدلة إلى حد بعيد، وذلك يشمل المنطقة بأكملها لجميع السيناريوهات باستثناء السيناريو RCP 8.5 لفترة نهاية القرن (الجدول 37)، إذ يظهر هذا السيناريو قابلية تأثر معتدلة بالنسبة إلى 98 في المائة من إجمالي منطقة الدراسة وقابلية تأثر مرتفعة للمناطق المتبقية. وتسجّل قابلية التأثر بشكل عام معدّل انحدار يتراوح بين أدنى وأعلى من الشمال إلى الجنوب. وتقع المناطق الأقل قابلية للتأثر على الإطلاق شرقي منطقة سلسلة جبال الأطلس التلي وبلاد الشام. ويكشف تحليل الاتجاهات من منتصف القرن إلى نهايته بشكل عام عن قابلية تأثر تتراوح بين ساكنة ومرتفعة لكلا السيناريوهين. وبالنسبة للسيناريو RCP 4.5، تضم المناطق ذات قابلية التأثر المرتفعة الصحراء الكبرى وجبال الأطلس. ومع ذلك، تُظهر منطقة جنوبي القرن الأفريقي قابلية تأثر تتراوح بين ساكنة ومنخفضة. وبالنسبة إلى السيناريو RCP 8.5، تسجل مناطق ساحلية عديدة قابلية تأثر مرتفعة، ومنها السهول الساحلية لجبال الأطلس، وجنوبي البحر الأحمر، والساحل الجنوبي لخليج عدن.

الشكل 228: قطاع الإنسان - قابلية التأثر- الفترة المرجعية



الجدول 37: النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة بحسب فئات قابلية تأثر قطاع الإنسان

السيناريو	قابلية التأثر (النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة)		
	منخفضة	معتدلة	مرتفعة
منتصف القرن RCP 4.5	0%	100%	0%
منتصف القرن RCP 8.5	0%	100%	0%
نهاية القرن RCP 4.5	0%	100%	0%
نهاية القرن RCP 8.5	0%	98%	2%

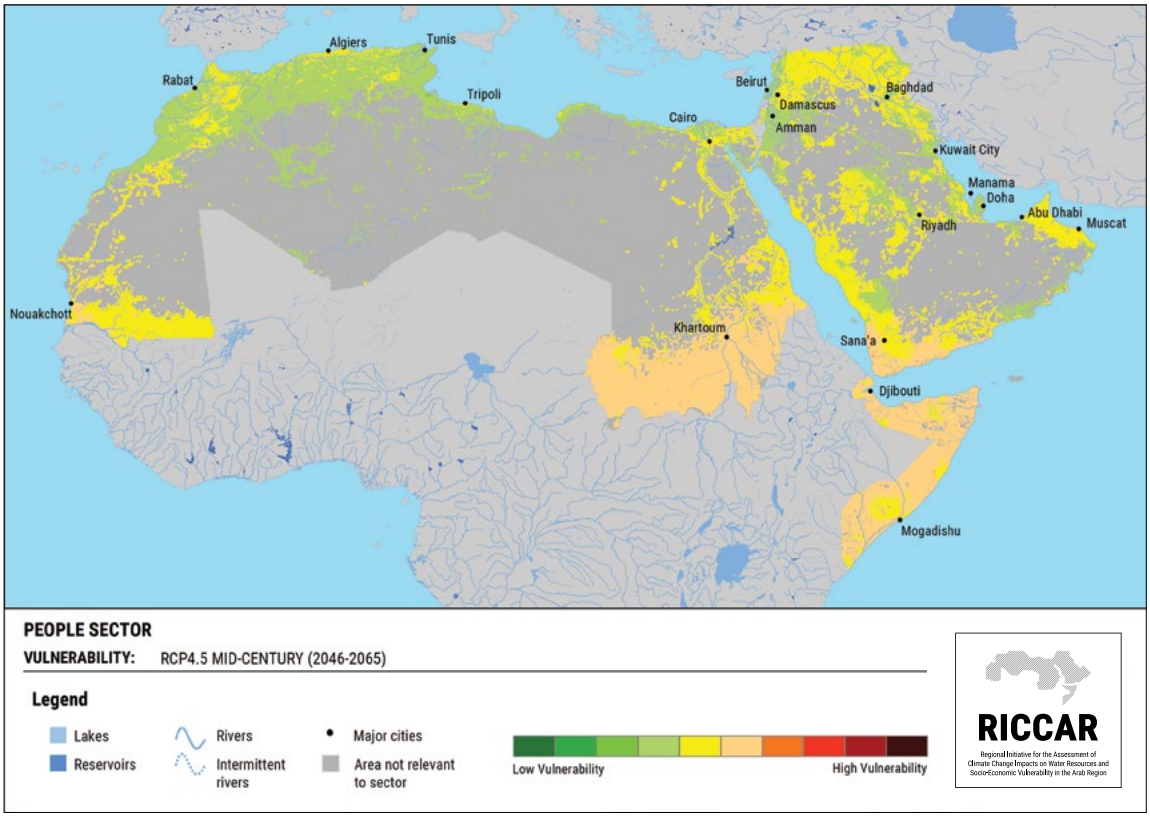
13.4.3 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

تشتمل المناطق الشديدة التأثر على المناطق الأكثر قابلية للتأثر في قطاع الانسان وتشكّل ما يصل إلى 3 في المائة من إجمالي المنطقة موضوع الدراسة. وتتضمّن المناطق الشديدة التأثر مواقع في جنوب الصحراء الكبرى ومنطقة الساحل الأفريقي، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، والقرن الأفريقي، وتمتدّ تأثيراتها إلى نحو 28 مليون شخص (استناداً إلى تقديرات العام 2014).

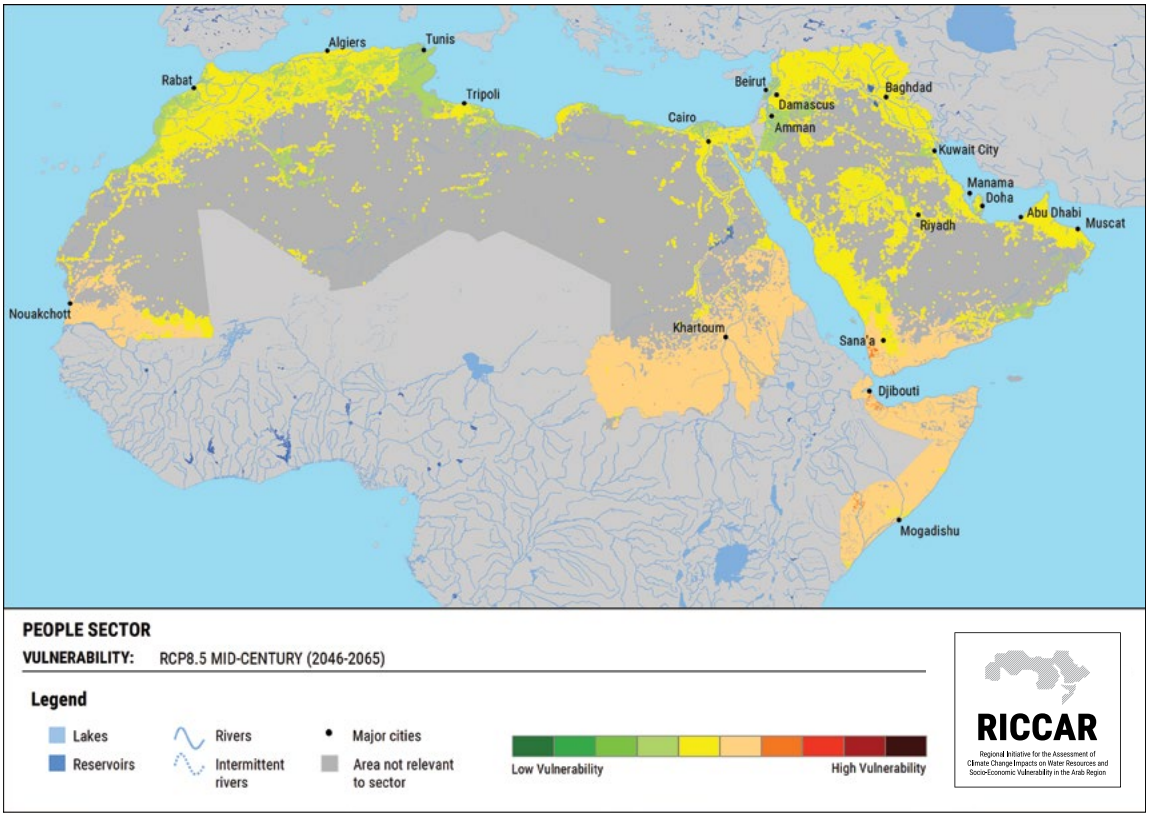


بئر في صنعاء، اليمن، 2014. المصدر: Julien Harneis.

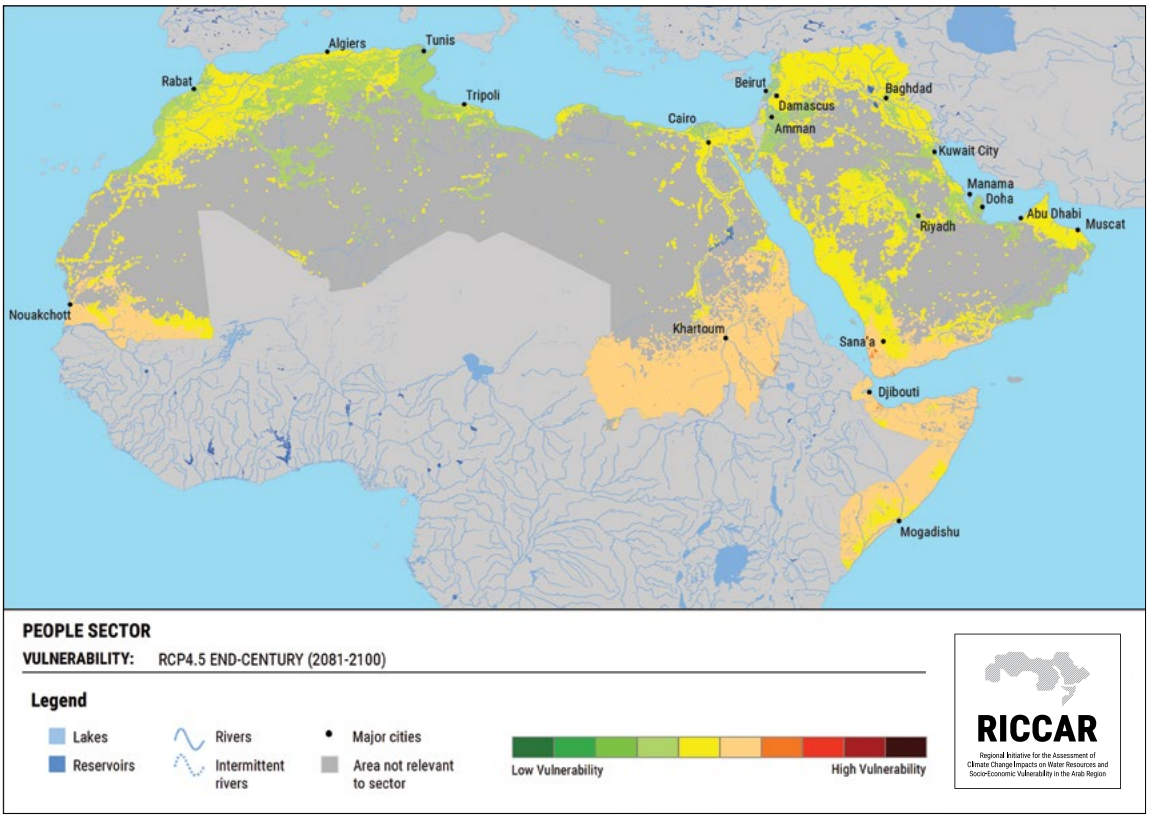
الشكل 229: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 4.5



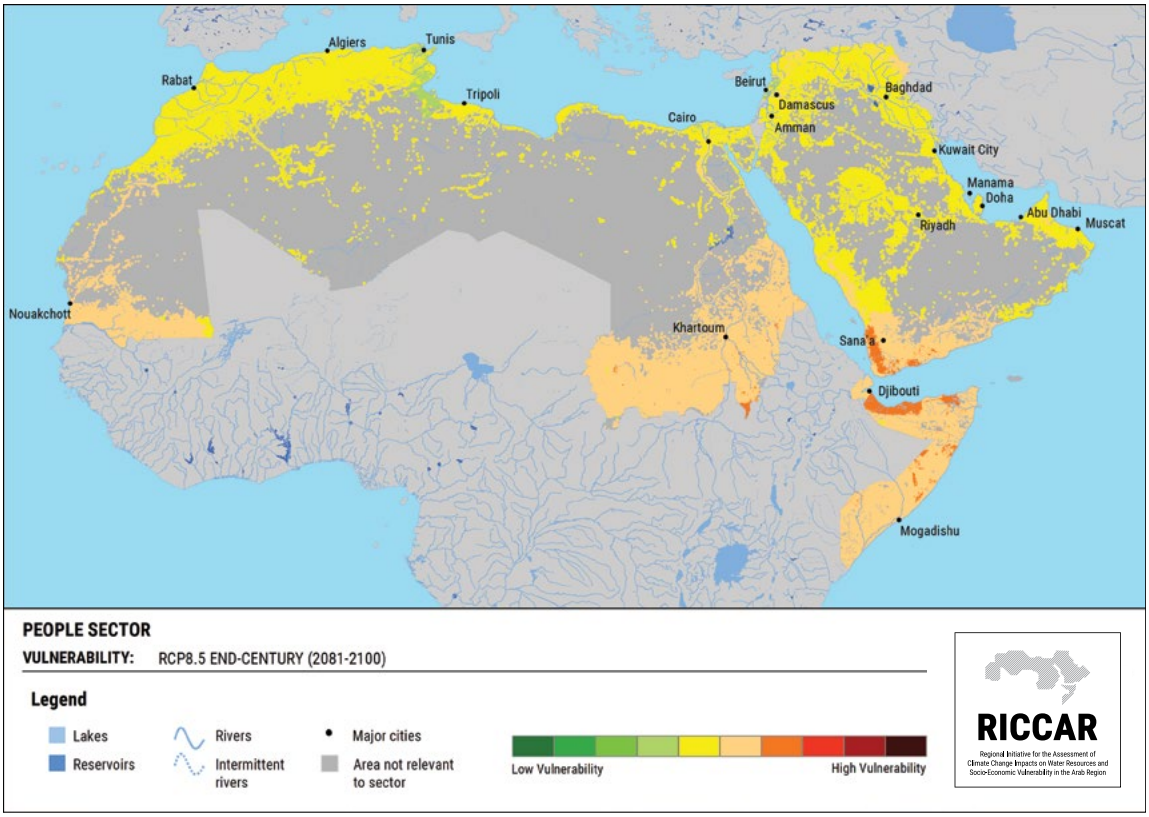
الشكل 230: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - منتصف القرن RCP 8.5



الشكل 231: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 4.5



الشكل 232: قطاع الإنسان - قابلية التأثر - نهاية القرن RCP 8.5





عمال زراعيون في دبل، لبنان، 2006. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

الحواشي

1. ILO, 2017; AOAD, 2012.
2. WHO and UNICEF, 2016.
3. المرجع نفسه.
4. FAO, 2017.
5. DesInventar, 2016.
6. McCarthy et al., 2010.
7. UN-DESA, 2017.
8. ILO, 2017.
9. AOAD, 2012.
10. Shaban et al., 1994.

المراجع

AOAD (Arab Organization for Agricultural Development). 2012. Arab Agriculture Statistics Yearbook VOL. No. 33. Available at: http://www.aoad.org/database_en.htm.

DesInventar. 2016. Disaster Information Management System. Published by United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Available at: http://www.desinventar.net/index_www.html.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. AQUASTAT Main Database 2017. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

ILO (International Labour Organization). 2017. Key Indicators of the Labour Market 2017 (KILM). Available at: http://www.ilo.org/ilostat.

McCarthy, M. P., Best, M. J. and Betts, R. A. 2010. Climate Change in Cities due to Global Warming and Urban Effects. *Geophysical Research Letters*, 37(9).

Shaban, R. A., Assaad, R. and Al-Qudsi, S. 1994. Employment Experience in the Middle East and North Africa. In *Cairo Economic Research Forum*.

UN-DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2017. World Population Prospects. Published by United Nations Statistics Division. Available at: https://esa.un.org/unpd/wpp/.

WHO and UNICEF (World Health Organization; United Nations Children's Fund). 2016. Data and Estimates. In *WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation*. Available at: https://www.wssinfo.org/data-estimates/.

الفصل الرابع عشر

التقييم المتكامل لقابلية التأثر- ملخص

14.1 لمحة عامة عن اتجاهات قابلية التأثر

يختلف مستوى قابلية التأثر باختلاف القطاعات والقطاعات الفرعية رهنا بالمؤشرات المختارة لها. غير أن ثمة اتجاهات مشتركة بين عناصرها (التعرض والحساسية والقدرة على التكيف) ظهرت على الصعيد الإقليمي. إلى جانب ذلك، فإن مستوى قابلية التأثر ثابت عموماً في مناطق معينة في إطار سيناريو مناخي معين، بصرف النظر عن القطاع أو القطاع الفرعي.

ويختلف التعرض أيضاً مكانياً وزمانياً باختلاف القطاعات الفرعية ولكنه أشد ارتباطاً بالتساقطات منه بتغير درجات الحرارة. ويستند التعرض إلى مجموعة مختارة من المؤشرات المختلفة التي يمكن تصنيفها بشكل عام في فئتين، وهما فئة البارامترات القائمة على التساقطات وفئة البارامترات القائمة على الحرارة.

وبحسب المؤشرات القائمة على معدل التساقطات، والتي تشمل الجريان السطحي والتبخر النتحي، يتوقع ارتفاع معدل التساقطات في بعض المناطق، مقابل انخفاضه في مناطق أخرى. وتشير المناطق التي تشهد انخفاضاً في معدل التساقطات إلى مستوى أعلى من التعرض في معظم القطاعات الفرعية (ما خلا حالة القطاع الفرعي " مناطق فيضانات داخلية"). وعلى العكس من ذلك، تشير المناطق التي يرتفع فيها معدل التساقطات إلى أنها ستشهد مستوى تعرض أكثر انخفاضاً؛ في حين تشير المناطق التي تحافظ فيها التساقطات على معدّلها الثابت إلى مستوى تعرض معتدل. ولكن، من المسقط أن ترتفع درجات الحرارة في جميع أنحاء المنطقة العربية، ويُسجِّل السيناريو RCP 8.5 وفي نهاية القرن الزيادات الأكثر ارتفاعاً مقارنة بالسيناريوهات الأخرى. وبالتالي، يكون التعرض القائم على درجات الحرارة منخفضاً بشكل عام، باستثناء الحالة المتعلقة بفترة نهاية القرن في إطار السيناريو RCP 8.5. ولأن التساقطات تشير إلى تقلبات أعلى مكانياً وزمانياً على حد سواء، تميل هذه المؤشرات إلى السيطرة على التعرض الناتج منها. وهذه الحصيلة منطقية، لأن معظم القطاعات الفرعية تستند إلى توفر المياه عامة أو توفرها تحديدا للمستخدم.

وكثيراً ما ترتبط الحساسية بالكثافة السكانية، فتنحصر بشكل عام المناطق الأعلى حساسية في المناطق الساحلية الحضرية والجزء الأدنى من وادي نهر النيل. والحساسية تجسد مؤشرات مختارة من البعد السكاني والبعد الطبيعي والبعد الذي من صنع الإنسان. ومُنح أكثر من نصف القطاعات الفرعية البعد السكاني ترجيحاً يتجاوز البعدين الآخرين. وانطلاقاً من البعد السكاني، تبين الكثافة السكانية هي فقط أن ثمة بيانات دون وطنية لها. وبالنسبة للقطاعات الفرعية الأخرى، فعلى الرغم من التركيز على البعد الطبيعي أو البعد الذي من صنع الإنسان، غالبا ما ترتبط مؤشرات هذين البعدين إلى حد ما بالكثافة السكانية.

من بين المكوّنات الثلاثة للتقييم المتكامل لقابلية التأثّر، يُرجّح أن تكون القدرة على التكيف الأكثر تأثيراً في قابلية التأثر، ما يوحي بأن قدرة الانسان على التأثير في المستقبل أقوى مقارنة بقدرة تغير المناخ وعوامل الإجهاد البيئية. ويرجع ذلك جزئياً إلى أن الترجيح الفعلي للقدرة على التكيف يتجاوز الترجيح الفعلي للتعرض أو الحساسية على غرار المبين في مختلف سلاسل الأثر. ومع ذلك، غالباً ما تشير القدرة على التكيف إلى ترابط أقوى مع قابلية التأثر منها مع الأثر المحتمل (مجموع نتيجة التعرض والحساسية)، على الرغم من ترجيحهما بالتساوي. وسبب ذلك جزئياً هو أن المناطق ذات القدرة المنخفضة على التكيف غالباً ما تقع في مناطق عالية التعرض، مثل منطقة الساحل وخليج عدن. وقابلية التأثر المتوقعة متوسطة إلى مرتفعة (الجدول 38) وتُظهر تدرجاً نحو الارتفاع بشكل عام من الشمال إلى الجنوب (باستثناء القطاع الفرعي "الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري"، بسبب انخفاض التعرض الناجم عن المؤشرات التي تستند فقط إلى الحرارة). وبشكل أكثر تحديداً، فإن الأنحاء القريبة من ساحل البحر الأبيض المتوسط داخل القطاع الشمالي من المنطقة العربية تشير غالباً إلى انخفاض مستوى قابلية التأثر بينما يتوقع أن تشهد أنحاء الجزء الجنوبي الثالث من المنطقة مستوى أعلى من قابلية التأثر. والمناطق الأعلى قابلية للتأثر تعني المناطق الشديدة التأثر وتُعرض أبرز جوانبها بالتفصيل في الجزء التالي. وأخيراً، يُظهر الثلث الأوسط الأفقي من المنطقة العربية قابلية تأثرمعتدلة.



امرأة تنقل المياه، دارفور، السودان، 1994. المصدر: Stephan Schneiderbauer..

الجدول 38: ملخص نتائج تقييم قابلية التأثر

القطاع والقطاع الفرعي	السيناريو		النسبة المئوية من إجمالي منطقة موضوع الدراسة التي تظهر قابلية تأثر			النسبة المئوية من المنطقة العربية موضوع الدراسة	منطقة موضوع الدراسة المحددة
			مرتفعة	معتدلة	منخفضة		
المياه توفر المياه	**منتصف القرن**	RCP 4.5	43%	57%	0%	49%	• مناطق الغابات • مناطق الأراضي الرطبة • المناطق الزراعية البعلية • المناطق الزراعية المروية • مناطق تربية المواشي (أكثر من 10 رؤوس/ كلم²) • الكثافة السكانية (أكثر من نسمتين/كلم²)
		RCP 8.5	52%	48%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	48%	52%	0%		
		RCP 8.5	57%	43%	0%		
التنوع البيولوجي والنظم الايكولوجية	**منتصف القرن**	RCP 4.5	1%	98%	1%	7%	• مناطق الغابات • مناطق الأراضي الرطبة
		RCP 8.5	1%	99%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	0%	99%	1%		
		RCP 8.5	2%	98%	0%		
مناطق مكسوة بالغابات	**منتصف القرن**	RCP 4.5	41%	59%	0%	5%	• مناطق الغابات
		RCP 8.5	58%	42%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	50%	50%	0%		
		RCP 8.5	64%	36%	0%		
مناطق تغطيها الأراضي الرطبة	**منتصف القرن**	RCP 4.5	1%	94%	5%	2%	• مناطق الأراضي الرطبة
		RCP 8.5	2%	97%	1%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	1%	93%	6%		
		RCP 8.5	2%	97%	1%		
الزراعة	**منتصف القرن**	RCP 4.5	43%	57%	0%	37%	• المناطق الزراعية البعلية • المناطق الزراعية المروية • مناطق تربية المواشي (أكثر من 10 رؤوس/كلم²)
		RCP 8.5	49%	51%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	46%	54%	0%		
		RCP 8.5	58%	42%	0%		
المياه المتوفرة لري المحاصيل الزراعية	**منتصف القرن**	RCP 4.5	50%	50%	0%	22%	• المناطق الزراعية البعلية • المناطق الزراعية المروية
		RCP 8.5	67%	33%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	57%	43%	0%		
		RCP 8.5	84%	16%	0%		
المياه المتوفرة لإرواء المواشي	**منتصف القرن**	RCP 4.5	33%	67%	0%	33%	• مناطق تربية المواشي (أكثر من 10 رؤوس/كلم²)
		RCP 8.5	45%	55%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	42%	58%	0%		
		RCP 8.5	54%	46%	0%		
البنية التحتية والمستوطنات البشرية مناطق فيضانات داخلية	**منتصف القرن**	RCP 4.5	4%	94%	2%	32%	• إمكانية تعرض ضعيفة أو قوية للفيضانات
		RCP 8.5	4%	93%	3%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	4%	94%	2%		
		RCP 8.5	7%	89%	4%		
الانسان	**منتصف القرن**	RCP 4.5	0%	100%	0%	44%	• الكثافة السكانية (أكثر من نسمتين/ كلم²)
		RCP 8.5	0%	100%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	0%	100%	0%		
		RCP 8.5	2%	98%	0%		
المياه المتوفرة للشرب	**منتصف القرن**	RCP 4.5	0%	100%	0%	44%	• الكثافة السكانية (أكثر من نسمتين/ كلم²)
		RCP 8.5	1%	99%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	1%	99%	0%		
		RCP 8.5	2%	98%	0%		
الأحوال الصحية الناجمة عن الإجهاد الحراري	**منتصف القرن**	RCP 4.5	0%	55%	45%	44%	• الكثافة السكانية (أكثر من نسمتين/ كلم²)
		RCP 8.5	0%	70%	30%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	0%	63%	37%		
		RCP 8.5	1%	95%	4%		
معدّل العمالة في القطاع الزراعي	**منتصف القرن**	RCP 4.5	61%	39%	0%	44%	• الكثافة السكانية (أكثر من نسمتين/ كلم²)
		RCP 8.5	72%	28%	0%		
	نهاية القرن	RCP 4.5	65%	35%	0%		
		RCP 8.5	77%	2%	0%		

وتظهر قابلية تأثر أقل نسبياً قرب ساحل البحر الأبيض المتوسط، وتحديداً غربي المغرب العربي والمشرق، على الرغم من انخفاض التساقطات وجريان المياه السطحي. وهذا الانخفاض الكبير نسبياً تصاحبه زيادات طفيفة نسبياً في درجة الحرارة. والتعرض الناتج من ذلك في هذه المنطقة متغير فيتراوح بين منخفض ومرتفع، بناء على السيناريو المناخي والمؤشرات المختارة لقطاع فرعي ما. والحساسية في هذه المنطقة دون الإقليمية منخفضة بوجه عام، باستثناء المراكز السكانية القريبة من الساحل. ويقابل الأثر المحتمل الناتج من ذلك قدرةٌ على التكيف عالية إلى حد ما.

وعلى الرغم من وجود اتجاهات مهمة نحو الاحترار، من المُسقط أن تكون قابلية التأثر في وسط ساحل البحر الأبيض المتوسط وفي الجبال الخضراء معتدلة. ومستوى التعرض ضمن هذه المنطقة دون الإقليمية متنوع؛ والتغير في درجات الحرارة والتساقطات ضئيل، في حين أن مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة مثل عدد الأيام الحارة (SU35) تكشف عن زيادة كبيرة. ومستوى الحساسية أيضاً متنوع للغاية، ولكنها غالباً ما تكون مرتفعة بالقرب من ساحل البحر الأبيض المتوسط مباشرة. وأخيراً، تشير القدرة على التكيف إلى أنها ستكون معتدلة وتؤثر أشد ما تؤثر في قابلية التأثر الناتجة منها. ويُظهر الجزء الأسفل من حوض نهر النيل قابلية تأثر منخفضة بسبب تنوع الأثر المحتمل تصاحبها قدرةٌ على التكيف مرتفعة. وتُظهر هذه المنطقة أوضاعاً بيئية واقتصادية واجتماعية غير مستقرة، بما في ذلك الكثافة السكانية الشديدة للغاية تفضي إلى حساسية عالية. وتغير التساقطات ودرجات الحرارة هو عموماً ضئيل والتعرض الناتج منه يكون متغيراً، رهناً بالمؤشرات المختارة والسيناريو المناخي. وعلى غرار أماكن أخرى قريبة من ساحل البحر الأبيض المتوسط، يوازن الأثر المحتمل الناتج القدرة على التكيف، التي تكون مرتفعة في هذه الحال قياساً ببقية المنطقة.

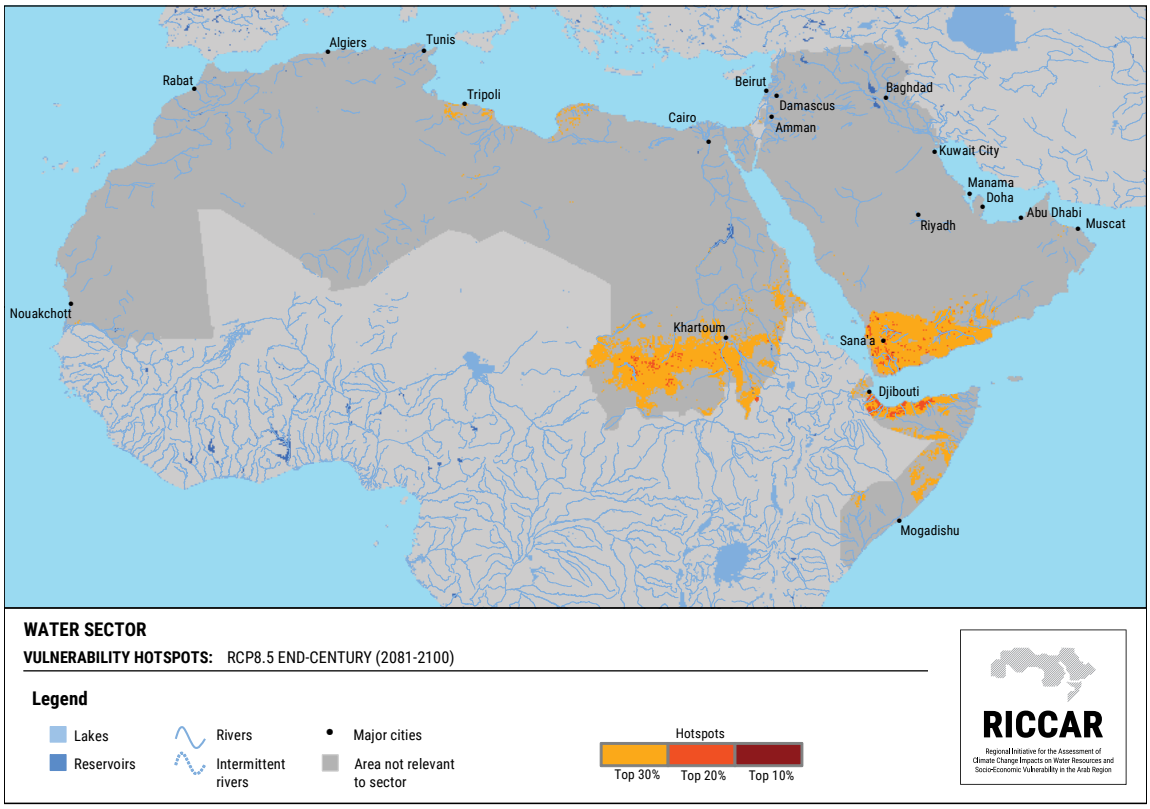
ومنطقة حوض نهري الفرات ودجلة دون الإقليمية تُظهر هي أيضاً قابلية تأثر معتدلة، على الرغم من الضغوط الديمغرافية، وإنشاء البنية التحتية المائية وغيرها من التحديات. والتعرض في هذه المنطقة متنوع، على الرغم من أن التساقطات تتناقص بشكل عام في الحوض العلوي بالقرب من جبال زاغروس ويزداد قليلاً في الحوض السفلي. والحساسية منخفضة عموماً، حتى مع ازدياد الكثافة السكانية بالقرب من بغداد واتجاه صاعد نحو تدهور الغطاء النباتي. والقدرة على التكيف متنوعة ومعتدلة إلى حد بعيد، ولكنها أعلى نسبياً بالقرب من بغداد مقارنة بأماكن أخرى في المنطقة دون الإقليمية. والمنطقة دون الإقليمية الرئيسية الأخيرة التي تُظهر قابلية تأثر معتدلة بشكل عام هي منطقة الخليج، مع أنها ما زالت من بين أكثر الأماكن حرارة في المنطقة العربية. ومن المُسقط أن يكون مستوى التعرض في الخليج منخفضاً إلى معتدل بسبب الزيادة الضئيلة في درجات الحرارة، التي يصاحبها معدل تساقطات يبقى على حاله. بالإضافة إلى ذلك، فإن مؤشرات الحساسية منخفضة إلى معتدلة في حين أن القدرة على التكيف معتدلة إلى حد بعيد. وأخيراً، مع أنه من المُسقط لبعض المناطق أن تنخفض قابلية التأثر فيها، فإن هذه النتائج تتصل بالمنطقة العربية دون سواها ويجوز أن يكون مستواها أعلى بكثير إذا قورنت بمستواها عالمياً. فعلى سبيل المثال، من المُسقط في كل أنحاء المنطقة ازدياد درجات الحرارة، ويتوقع في نسبة 94 في المائة على الأقل منها ارتفاع عدد الأيام الحارة جداً (SU40). ويرجح أن يتسبب هذا التغيير بحالات من الإجهاد الحراري وبمخاطر أخرى ناجمة عن الحرارة. وكذلك الأمر، فإن انخفاض التساقطات والجريان السطحي يثير مخاوف مشروعة بالنسبة للمنطقة التي تعاني أصلاً من ندرة المياه. ويزداد تغيّر المناخ هذا سوءاً بسبب الضغوطات الطبيعية والمادية الشديدة لا يمكن مواجهتها بسبب القدرة المحدودة على التكيف.

14.2 المناطق الشديدة التأثر (hotspots)

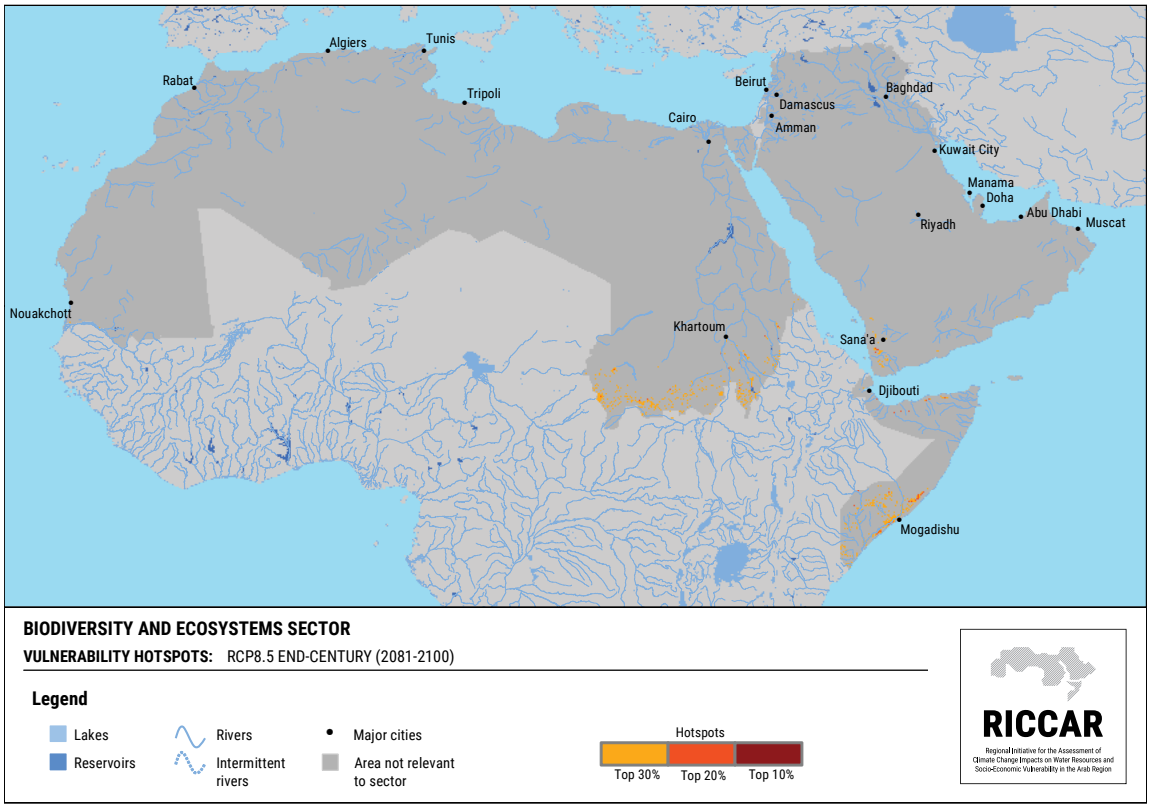
إن المناطق الشديدة التأثر هي المناطق التي من المُسقط أن تشهد أعلى مستوى من قابلية التأثر. وبالنسبة لريكار، تم تعريفها على أنها المناطق التي تحتوي على نسبة 10 في المائة الأعلى من مجموع قيم قابلية التأثر، بالإضافة إلى المناطق التي تتسم أعلى 20 و30 في المائة من هذا المجموع كمناطق احتياطية. وعلى الرغم من تحديد معالمها بالنسبة لجميع القطاعات والقطاعات الفرعية ولجميع سيناريوهات المناخ المُسقطة، تبيّن أنه لا يمكن في الغالب تمييز المناطق الشديدة التأثر بوضوح عند عرضها في خريطة إقليمية. ولذلك، استُثنيت إلى حد بعيد من هذا التقرير، ولكنها ستكون متاحة على المركز الإقليمي للمعرفة (Regional Knowledge Hub). ومع ذلك، أمكن تمييز المناطق الشديدة التأثر على مستوى القطاع في إطار السيناريو RCP 8.5 مع نهاية القرن في نطاق إقليمي، وتم تضمينها بالتالي في هذا التقرير(الأشكال 233 إلى 237). علاوة على ذلك، تمثل هذه الخرائط السيناريو الأسوأ.

والمناطق الشديدة التأثر كثيرة عموماً في منطقة الساحل الأفريقي الممتدة شمالاً نحو الصحراء الكبرى وجنوبي غربي شبه الجزيرة العربية والقرن الأفريقي. وكل هذه المناطق تتشابه من حيث القدرة المنخفضة على التكيف مقارنة ببقية المنطقة العربية. وفي حالات عديدة، يصاحب انخفاض هذه القدرة على التكيف تعرضٌ عال بسبب الارتفاع الأعلى نسبياً في درجات الحرارة وانخفاض التساقطات. غير أن من المُسقط أن تشهد التساقطات، في معظم القرن الأفريقي (باستثناء الأماكن المجاورة لساحل خليج عدن)، زيادة مع ارتفاع معتدل في درجات الحرارة. لكن التعرض المُسقط المنخفض نسبياً الناتج من ذلك ليس كافياً ليتوازن مع القدرة المنخفضة على التكيف في هذه الحال. والهدف من تبيان المناطق الشديدة التأثر هو جذب الانتباه إلى مواقع محددة ويمكن أن تكون أدوات فعالة لتوفير المعلومات عن المخاطر ولصنع القرار. والمناطق المبينة يمكن أن تثير ردود فعل اجتماعية على تغيّر المناخ مثل الهجرة. ويتعين أيضاً دراسة الخطوات الكفيلة بتعزيز القدرة على التكيف: يمكن، على سبيل المثال، أن تجنح هيئات الإعانة والجهات المانحة إلى إعطاء الأولوية لتقديم الموارد المالية إلى المناطق الشديدة التأثر. وخرائط المناطق الشديدة التأثر ترمي وقبل أي شيء آخر إلى تسهيل النقاشات بشأنها.

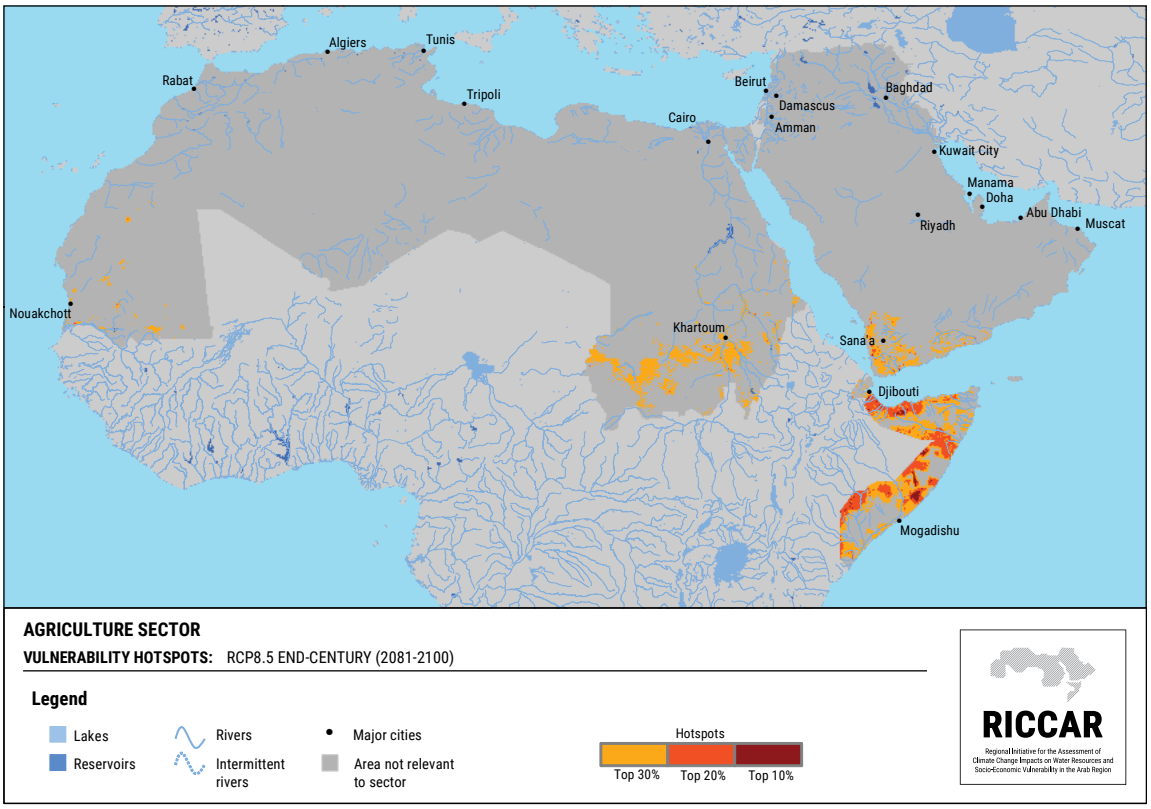
الشكل 233: قطاع المياه - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5



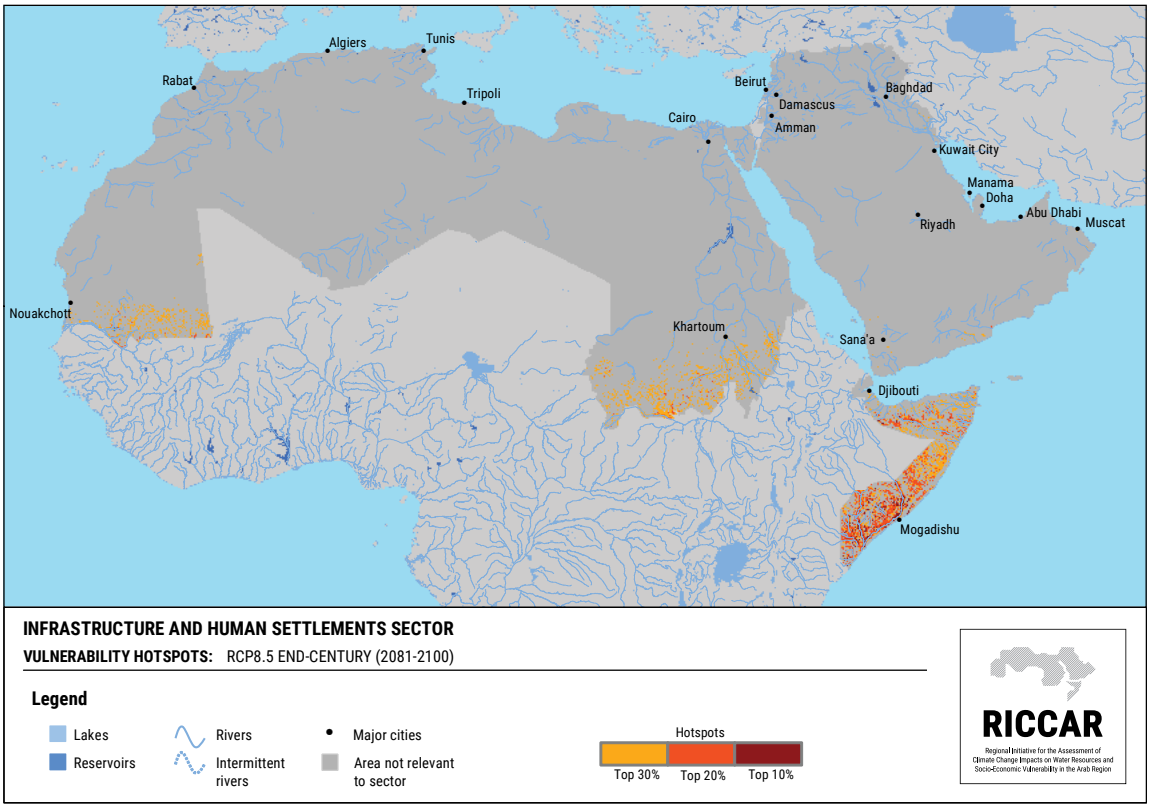
الشكل 234: قطاع التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5



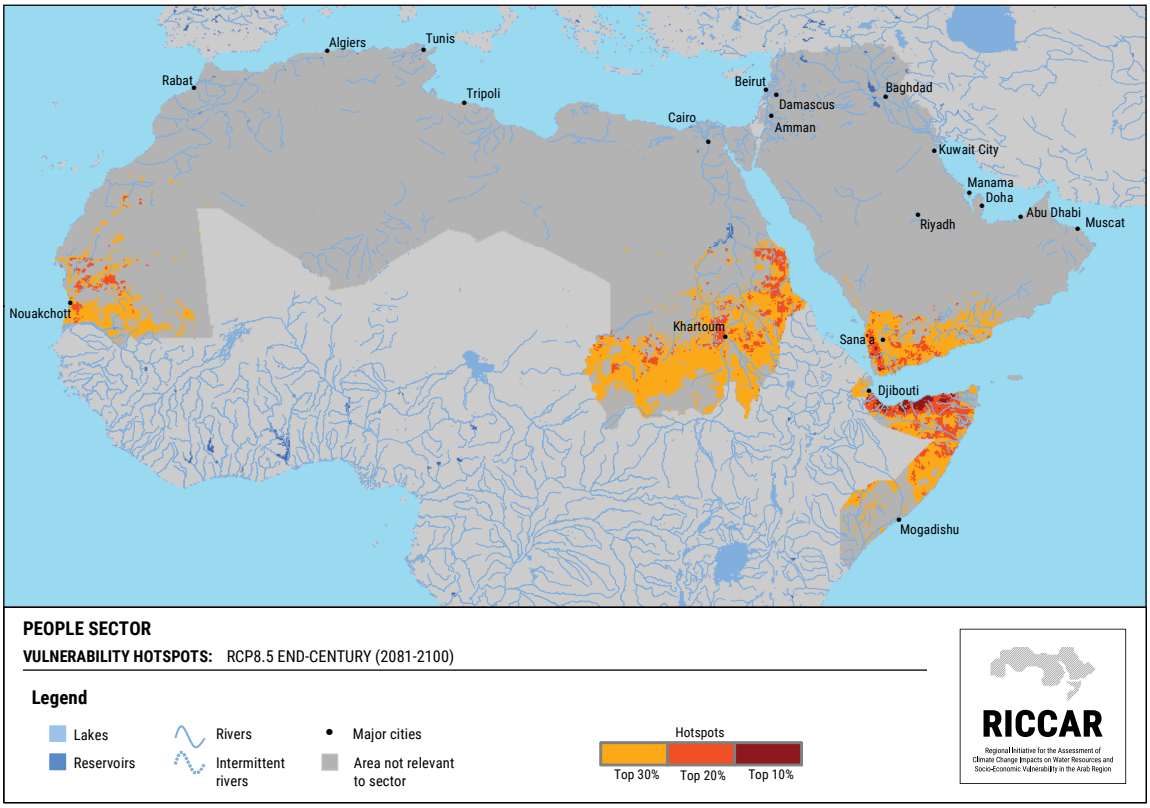
الشكل 235: قطاع الزراعة - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5



الشكل 236: قطاع البنية التحتية والمستوطنات البشرية - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5



الشكل 237: قطاع الإنسان - المناطق الشديدة التأثر- نهاية القرن RCP 8.5



الإطار 8: تطبيق التقييم المتكامل لقابلية التأثر على الصعيد القطري

الغرض من ريكار هو توفير قاعدة معرفية يُستند إليها تقييم ومعالجة تبعات تغيّر المناخ على موارد المياه العذبة على الصعيدين الإقليمي والوطني. وقد بدأ الاسترشاد بالمخرجات لتنفيذ عدة مشاريع وعمليات في هذا الصدد، على سبيل المثال في لبنان.

ويتضمن التقرير الوطني الثالث للبنان، الذي قدمته وزارة البيئة اللبنانية في شهر تشرين الثاني/ نوفمبر 2016 كجزء من إطار الإبلاغ الوطني بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، نتائج مبادرة ريكار. وقد ادرجت في هذا التقرير النتائج المتعلقة بالتغييرات المسقطة حدوثها في المستقبل في درجات الحرارة ومعدل التساقطات في لبنان، إضافة إلى بعض المؤشرات المناخية المتطرفة المختارة، كجزء من الفصل المتعلق بقابلية تأثر لبنان بتغير المناخ في هذا التقرير.

كذلك يعمل المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، بالتعاون مع الحكومة اللبنانية، لإجراء تقييم متكامل لقابلية تأثر القطاع الزراعي على المستوى القطري، بدعم من مشروع التكيّف مع تغيّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (أكوام). وتهدف النتائج إلى إثراء العمل في مجال تغير المناخ، كما أنها تدعم الآليات الاستشارية التي ترمي إلى صياغة السياسات والمواقف والمشاريع المستقبلية.



الخلاصة

الخلاصة

يبين هذا التقرير العربي حول تقييم تغيّر المناخ أن المنطقة العربية ستشهد ارتفاع بدرجات الحرارة وستعاني من آثار تغير المناخ على موارد المياه العذبة فيها طيلة القرن الحالي، وإلى أنّ هذه التغيرات ستكون لها تداعيات على قابلية التأثر الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في الدول العربية، وإن كان ذلك بدرجات متفاوتة. وتلخص الاستنتاجات الخمسة عشر التالية بعض النتائج الرئيسية الواردة في التقرير.

النتائج والخلاصات الرئيسية

.1

درجة الحرارة في المنطقة العربية تتزايد ومن المتوقع أن تستمر في الازدياد حتى نهاية القرن.

يُظهر معدّل متوسط التغير في درجات الحرارة للسيناريو RCP 4.5 زيادة مسقطة تتراوح بين 1.2 و1.9 درجة مئوية في منتصف القرن، وبين 1.5 و2.3 درجة مئوية مع نهايته. وبالنسبة للسيناريو RCP 8.5، ترتفع هذه الزيادة لتتراوح بين1.7 و2.6 درجة مئوية في منتصف القرن و بين 3.2 و4.8 درجة مئوية مع نهايته. ومع نهاية القرن، يمكن أن تشهد بعض أنحاء المنطقة العربية ارتفاعاً في درجات الحرارة يصل إلى 5 درجات مئوية مقارنة بالفترة المرجعية (1985-2005) .

ومن المسقط أن تشهد المناطق غير الساحلية أعلى الزيادات في متوسط درجات الحرارة في المنطقة العربية، بما في ذلك المغرب العربي، وأعالي وادي نهر النيل، والمناطق الوسطى والغربية لشبه الجزيرة العربية. وستشهد بلدان المغرب ارتفاعاتٍ في معدل درجات الحرارة في منتصف القرن قدرها 1.4 و 2.5 درجة مئوية في ظل السيناريوهَين RCP 4.5 و RCP 8.5 على التوالي، وارتفاعات في معدل درجات الحرارة في نهاية القرن تبلغ 1.8 و 4.1 درجة مئوية في ظل السيناريوهَين RCP 4.5 و RCP 8.5 على التوالي. وفي الوقت نفسه، من المسقط أن تشهد أعالي وادي نهر النيل ارتفاعات في متوسط درجات الحرارة تبلغ 1.5 و 2.0 درجة مئوية في منتصف القرن في ظل السيناريوهَين RCP 4.5 و RCP 8.5 على التوالي، وارتفاعاً قدره 1.8 إلى 3.6 درجة مئوية مع نهاية القرن. وستشهد الأنحاء الداخلية الغربية من المنطقة المحيطة بحوض تندوف أعلى زيادة في درجات الحرارة بحلول نهاية القرن.

.2

تنحو اتجاهات التساقطات إلى حد كبير نحو الانخفاض في المنطقة العربية حتى نهاية القرن، على الرغم من أن بعض المناطق المحدودة يتوقع أن تشهد زيادة في كثافة التساقطات وكميتها.

ستشهد اتجاهات التساقطات انخفاضاً في معظم أنحاء المنطقة العربية قرابة منتصف القرن، مع تراجع قدره 90 ملم في معدّل التساقطات السنوية في جبال الأطلس في إطار السيناريو RCP 8.5. ومع نهاية القرن، يُظهر كلا السيناريوهين انخفاض بمعدل التساقطات السنوية يتراوح بين 90 و120 ملم في السنة في المناطق الساحلية. ومن المسقط حدوث ذلك على الغالب في جبال الأطلس وفي أعالي أحواض نهري دجلة والفرات.

ومع ذلك، تظهر بعض المناطق الأخرى اتجاهات متصاعدة في معدّل التساقطات، بما فيها المنطقة الجنوبية الشرقية لشبه الجزيرة العربية وبعض أنحاء منطقة الساحل الأفريقي، الأمر الذي يمكن تفسيره بشكل أفضل عبر دراسة مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة ونتائج النطاقات الفرعية.

وعلى سبيل المثال، تشير النتائج المتعلّقة بوادي الضيقة في عُمان إلى ارتفاع في شدّة التساقطات وأيام التساقطات الغزيرة، جنباً إلى جنب مع ارتفاع عدد أيام الجفاف المتتالية لفترات مستقبلية في إطار كلا سيناريوهَي المناخ. كذلك يتبع الجريان السطحي والتبخر النتحي بشكل عام في جميع أنحاء المنطقة نفس اتجاهات التساقطات، مع الإشارة إلى أن عملية التبخر النتحي محكومة بعوامل ندرة المياه في بعض المناطق.

.3

توفّر مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة والإسقاطات الموسمية رؤى قيمة عن آثار تغير المناخ، لا سيّما حين يتم إجراء التحليل على نطاقات أضيق.

بشكل عام، لا يمكن الاعتماد على المتوسط السنويّ لدرجات الحرارة والتساقطات بشكل كافٍ لتقييم أثر تغيّر المناخ على المنطقة العربية، ولذا فإنّ الاستعانة بمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة وذروتها الموسمية يمكن أن توفّر رؤية أكثر وضوحاً بشأن تداعيات الحرارة والتساقطات في مختلف المناطق دون الاقليمية. ويمكن أن يساعد ذلك أيضاً في تعزيز الفهم والعمل من أجل الحد من مخاطر الكوارث على نطاقات أضيق من التحليل.

وتظهر الاسقاطات أن عدد الأيام الحارة جداً التي تربو فيها درجات الحرارة على 40 درجة مئوية، سيرتفع بشكل ملحوظ في جميع أنحاء المنطقة العربية حتى نهاية القرن الحالي. كذلك، سيزداد عدد أيام الجفاف المتتالية لكن بشكل أكثر اعتدالاً، أما العدد السنوي للأيام التي يزيد فيها معدّل التساقطات على 20 ملم فستكون محدودة، نظراً لاحتساب المتوسّطات في جميع أنحاء المنطقة. وعليه، يمكن لإجراء التحليل على نطاقات أضيق تقديم رؤية أكثر عمقاً للاتجاهات المتعلقة بالظواهر المناخية المتطرفة في مناطق محددة.

.4

يمكن أن يستفيد تحليل آثار تغيّر المناخ على الموارد المائية المشتركة من التقييمات على الصعيد الإقليمي وعلى مستوى الأحواض.

ستؤدي آثار تغير المناخ وقابلية التأثّر تجاهه إلى زيادة تعقيد إدارة الموارد المائية المشتركة. ويمكن للنماذج الهيدرولوجية الإقليمية أن تقدّم اتجاهات عامّة لإثراء الفهم الإقليمي لآثار تغيّر المناخ في سياق عابر للحدود، استنادًا إلى نطاقات أصغر تغطي أجزاء من الأحواض المدرجة في نطاق إقليمي.

وفي حين يمكن للنماذج الإقليمية أن توفر تحليلاً سنوياً وموسمياً قد يُثري التعاون الإقليمي، يُعدّ التحليل على مستوى الأحواض ضروريًا للسماح بتمثيل أكبر لديناميات الأحواض المائية وتطبيق نماذج خاصة بالأحواض تركز على القضايا التي تهم البلدان المشاطئة. ويمكن بالتالي متابعة التقييمات التكميلية عند دراسة آثار تغير المناخ على الموارد المائية المشتركة في المنطقة، تبعًا لشكل وحجم التحليل المطلوب.

.5

تساعد دراسات الحالة بحسب القطاع إلى تعزيز فهم تبعات تغيّر المناخ.

يمكن أن تساعد نتائج واستنتاجات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية وتقييم قابلية التأثر في إثراء تحليلات إضافية على مستوى القطاع، كما ثبُت من دراسات الحالة حول القطاع الزراعي وصحة الإنسان.

وتكشف دراسات الحالة هذه أن دراسة أثر تغيّر المناخ لا ينبغي أن تقتصر على متوسط التغيرات في اتجاهات المناخ، بل أن تتناول أيضاً تبعات الظواهر المناخية القصوى والدنيا والظواهر المناخية المتطرفة، فضلاً عن التغيرات عبر المواسم.

وتظهر النتائج المتعلّقة بالقطاع الزراعي بوضوح كيفيّة مساهمة التغيرات في درجات الحرارة والتساقطات والتبخر النتحي في ندرة المياه وتأثيرها على القطاعات الخضراء في المنطقة العربية. وتشير الاستنتاجات المتعلقة بدراسات الحالة الصحية إلى أن الزيادات في درجات الحرارة في المناطق الشمالية تخلق تحديات صحية جديدة للمنطقة العربية، بما فيها الاحترار، والرطوبة، وبعض أمراض المناطق المدارية المهملة.

.6

قابلية التأثّر المتوقّعة تتراوح إلى حدّ بعيد بين معتدلة ومرتفعة، وتتزايد تدريجياً بشكل عام من الشمال إلى الجنوب في جميع أنحاء المنطقة العربية.

تظهر جميع أنحاء المنطقة العربية ومختلف القطاعات والقطاعات الفرعية فيها قابلية للتأثّر بتغيرالمناخ تتراوح بين معتدلة ومرتفعة، وتزداد هذه عمومًا بمرور الزمن في إطار كلا سيناريوهَي الانبعاثات.

وغالبا ما تسجّل قابلية التأثر أدنى مستوياتها في منطقة المغرب العربي، وبلاد الشام، وإلى حد ما في جبال زاغروس الواقعة في أعالي حوض نهري دجلة والفرات.

وعلى نحو معاكس، يُظهر الثلث الجنوبي من المنطقة العربية، الذي يضم منطقة الساحل الأفريقي، وجنوبي الصحراء الكبرى، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، والقرن الأفريقي، أعلى مستوى مسقط من قابلية التأثر في المنطقة. وتشير المناطق الواقعة بين المنطقتين الرئيسيتين الآنفتي الذكر إلى قابلية تأثر معتدلة.

.7

من الهامّ دراسة كلا مكوّني الأثر المحتمل عند إجراء تقييمات قابلية التأثر.

يستند التعرض إلى مجموعة مختارة من المؤشرات المختلفة التي يمكن تصنيفها بشكل عام في فئتين، وهما فئة البارامترات القائمة على التساقطات وفئة البارامترات القائمة على الحرارة.

تشير نتائج تقييم قابلية التأثر إلى وجود ترابط بين قابلية التأثر والتغير في معدل التساقطات أقوى من الترابط بين قابلية التأثر والتغير في درجات الحرارة. وهذا التقييم منطقي، نظرًا إلى اعتماد العديد من القطاعات الفرعية على توفر المياه.

ترتبط الحساسية بالكثافة السكانية، ما يجعل المناطق التي تتميّز بمستويات أعلى من الحساسية محصورة بشكل عام في المناطق الساحلية الحضرية والمنطقة السفلى لوادي نهر النيل؛ أما المناطق المتبقية، والتي تشمل غالبية المنطقة العربية، فَتُسجل حساسية منخفضة. ويلاحظ أنّه، وفي أكثر من نصف القطاعات الفرعية التي شملتها الدراسة، تم التركيز في الترجيح على البعد السكاني أكثر من البعدين الآخرين للحساسية. وعدا عن مؤشر الكثافة السكانية، تستند المؤشرات ضمن هذا البعد إلى البيانات الوطنية، وبالتالي، فإن هذا البعد يتميّز بتفاوتات مكانية طفيفة على المستويات دون الوطنية. وعلى الرغم من عدم التشديد على الجانب السكاني في إطار القطاعات الفرعية الأخرى، فهي تُبرز بعض المؤشرات المرتبطة بالكثافة السكانية، مثل كثافة المواشي والمناطق المعرضة للفيضانات، والتي تتأثر بالتنمية الريفية والتوسّع الحضري على التوالي.

.8

من بين المكوّنات الثلاثة للتقييم المتكامل لقابلية التأثّر، يُرجّح أن تكون القدرة على التكيف الأكثر تأثيراً في قابلية التأثر، ما يوحي بأن قدرة الانسان على التأثير في المستقبل أقوى مقارنة بقدرة تغير المناخ وعوامل الإجهاد البيئية.

في حين تم ترجيح مساهمات الأثر المحتمل (النتيجة المجمعة للتعرض والحساسية) والقدرة على التكيف بشكل متساوٍ في التقييم، غالباً ما تظهر القدرة على التكيف ترابطاً أقوى بقابلية التأثر. ويعود ذلك بشكل جزئي إلى أن الحساسية منخفضة عموماً في جميع أنحاء المنطقة العربية وتحديداً في المناطق المأهولة بأعداد أقل من السكان، والتي تشكل أكثر من ثلاثة أرباع مساحة المنطقة العربية، ما يؤدي بدوره إلى تقليص الأثر المحتمل المترتب عن الجمع بين الحساسية والتعرض.

وتكشف النتائج أيضاً أنه من المسقط أن تشهد مناطق واسعة من بعض البلدان الأقل نمواً في المنطقة العربية زيادات في التساقطات وأن يكون متوسط الزيادات في درجات الحرارة معتدلاً مقارنة بأنحاء أخرى من المنطقة على مدار القرن الحالي، ولكن هذه الاتجاهات غير كافية لتعويض مستوياتها المنخفضة من القدرة على التكيف. ولذلك، فالانخفاض المسقط في التعرض لتغيرالمناخ غير كاف لمقاومة تأثير الانخفاض في القدرة على التكيّف.

.9

بشكل عام، تتواجد المناطق الأكثر قابلية للتأثر، وتعرف أيضاً بالمناطق الشديدة التأثر، في القرن الأفريقي ومنطقة الساحل والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية، وذلك بصرف النظر عن القطاع والقطاع الفرعي وعن سيناريو المناخ الذي تتم دراسته.

لقد حُدّدت المناطق الشديدة التأثر (hotspots) على أنها المناطق التي تحتوي على نسبة 10 في المائة الأعلى من مجموع قيم قابلية التأثر، تصاحبها المناطق التي تتسم أعلى 20 و30 في المائة من هذا المجموع كمناطق احتياطية.

وتُظهر جميع المناطق الشديدة التأثر قدرة منخفضة على التكيّف، رغم تسجيلها مستويات متباينة من التعرض لتغير المناخ. وتكثر المناطق الشديدة التأثر عموماً في المنطقة الممتدة من منطقة الساحل الأفريقي شمالاً باتجاه الصحراء الكبرى، والمنطقة الجنوبية الغربية لشبه الجزيرة العربية على طول البحر الأحمر، والقرن الأفريقي. وعلى سبيل المثال، تشهد غالبية مناطق القرن الأفريقي تعرضاً يتراوح بين منخفض ومعتدل، بسبب زيادة التساقطات والارتفاعات الطفيفة في درجات الحرارة. وبالإضافة إلى ذلك، تكون الحساسية في هذه المنطقة منخفضة بشكل عام، وبالتالي يتراوح الأثر المحتمل بين منخفض ومعتدل إلى حد كبير. ومع ذلك، لا يكفي هذا الأثر المحتمل البسيط لمقاومة تأثير القدرة المنخفضة على التكيف في تلك المنطقة المحددة.



أشجار النخيل في مراكش، المغرب، 2016. المصدر: كارول شوشاني شرفان.

.10

رغم انخفاض معدل التساقطات، تتضمّن المناطق الأقل قابلية للتأثر على مستوى المنطقة العربية غربي البحر الأبيض المتوسط، والمنطقة الساحلية لبلدان المغرب، والمنطقة الساحلية لبلاد الشام، وذلك بسبب المستويات المرتفعة للقدرة على التكيف في هذه المناطق تحديداً مقارنة بأنحاء أخرى من المنطقة العربية.

تؤدي الانخفاضات الكبيرة نسبياً في التساقطات والجريان السطحي، جنباً إلى جنب مع الزيادات الطفيفة في درجات الحرارة، إلى تعرّض متباين يتراوح بين منخفض ومرتفع، استناداً إلى القطاع أو القطاع الفرعي والسيناريو الذي تتم دراسته.

وتتميّز الحساسية بأنها منخفضة عموماً في معظم المناطق باستثناء المناطق المكتظة بالسكان التي تقع بمحاذاة الساحل وتشهد مستويات حساسية أكثر ارتفاعاً، مثل الكثير من المناطق الساحلية لبلاد الشام وبعض المناطق المختارة في المغرب العربي. أما القدرة على التكيف، فَتتميّز بأنها معتدلة عموماً، ما يعوّض عن تأثيرات الأثر المحتمل الأكثر ارتفاعاً في بعض المناطق. وتتراوح قابلية التأثر في المحصّلة بين منخفضة ومعتدلة.

.11

رغم أن المنطقة الوسطى من ساحل البحر الأبيض المتوسط ومنطقة الجبال الخضراء معرضتان لاحترار شديد للغاية، تظهر هاتان المنطقتان قابلية تأثر معتدلة بسبب قدرتهما الأعلى نسبياً على التكيّف، مقارنة مع أجزاء أخرى من المنطقة العربية.

يسجّل التعرض نسباً متباينة على امتداد الخط الساحلي للبحر الأبيض المتوسط، نظراً للزيادات الطفيفة في درجات الحرارة وثبات معدل التساقطات على حاله أو انخفاضه قليلا. ومن ناحية أخرى، يُتوقع أن تشهد المؤشرات، بما فيها عدد الأيام التي تربو الحرارة فيها على 35 درجة مئوية، ارتفاعاً ملحوظاً. كذلك تتميّز الحساسية بنسب متباينة، ولكنها تسجل أعلى مستوياتها غالباً في المناطق المحاذية للخط الساحلي التي تشهد معدلات للكثافة السكانية أكثر ارتفاعاً.

وأخيرا، تتميّز القدرة على التكيف في هذه المنطقة بأنها معتدلة بشكل عام. وتتماشى هذه النتائج مع تلك التي تم التوصل إليها بالنسبة إلى أنحاء أخرى من المنطقة العربية، والتي تخضع فيها جوانب قابلية التأثر إلى حد بعيد لتأثير قدرة المناطق المختلفة على التكيف استجابة لتغيرات المناخ.

.12

على الرغم من الظروف البيئية والاقتصادية والاجتماعية الحرجة التي تعاني منها المنطقة السفلى لحوض نهر النيل، من المسقط أن تظهر هذه المنطقة قابلية تأثر معتدلة بسبب القدرة المرتفعة على التكيف مقارنة بأنحاء أخرى من المنطقة.

تسجّل المنطقة السفلى لحوض نهر النيل الواقعة بمحاذاة البحر الأبيض المتوسط كثافة سكانية هي الأعلى في المنطقة العربية، ومن المسقط بالتالي أن تشهد حساسية مرتفعة. ويتميّز التعرض في هذه المنطقة بأنه متباين، إذ ترتبط معدلاته بسيناريو المناخ المستخدم في الدراسة والمؤشرات المختارة لكل قطاع فرعي. وتكون القدرة على التكيف مرتفعة في بعض مناطق الحوض، ما يشكل عامل تعويض عن الارتفاع في الأثر المحتمل.

.13

على الرغم من أن منطقة نهري دجلة والفرات تواجه تحديات بسبب تأثيرات الضغوط الديموغرافية، وطور البنية التحتية الهيدرولوجية، وتدهور نوعية المياه، تتميز قابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في تلك المنطقة بتغير المناخ بأنها معتدلة مقارنة بأنحاء أخرى من المنطقة العربية.

يسجّل التعرض لتغير المناخ في منطقة نهرَي دجلة والفرات تبايناً مقارنة بأنحاء أخرى من المنطقة العربية. وينخفض معدّل التساقطات عموماً في أعالي الحوض، في حين أنه يرتفع في المنطقة السفلى منه. غير أن هذه المعدلات تخضع للتّغير تبعاً للفترة الزمنية والسيناريو المناخي المعتمدين في الدراسة. وتشهد درجات الحرارة زيادات طفيفة، بينما تتميّز الحساسية بأنها منخفضة بشكل عام وذلك رغم الكثافة السكانية المرتفعة في المناطق المحاذية لبغداد، والاتجاه المرتفع نحو تدهور الغطاء النباتي في هذه المنطقة عموماً. وتشهد القدرة على التكيف في هذه المنطقة تبايناً وتتّسم بأنها معتدلة بشكل عام. وتشير النتيجة الإجمالية الصافية إلى قابلية تأثر معتدلة بشكل عام.

.14

على الرغم من أنها لا تزال من المناطق الأكثر سخونة في المنطقة العربية، وأنها تسجّل ارتفاعاً في درجات الحرارة، من المسقط أن تشهد منطقة الخليج العربي عموماً قابلية تأثّر معتدلة بتغير المناخ.

على غرار المنطقة العربية بأسرها، تشهد المنطقة الوسطى والشرقية لشبه الجزيرة العربية درجات حرارة أكثر ارتفاعاً. ويتراوح التعرّض في هذه المنطقة بين منخفض ومعتدل، نظرًا لأن الزيادات المسقطة في درجات الحرارة تكون معتدلة مقارنةً بمنطقتي الساحل الأفريقي والصحراء الكبرى. وبموازاة ذلك، من المسقط أن يحافظ معدل التساقطات في هذه المنطقة على استقراره النسبي مقارنة بالفترة المرجعية، وذلك باستثناء المنطقة الواقعة على امتداد خليج عُمان وسلسلة الجبال المحاذية لها.وتتراوح الحساسية الإجمالية في المنطقة الوسطى للخليج العربي بين منخفضة ومعتدلة، بينما تبقى القدرة على التكيف معتدلة. ونتيجة لذلك، تتميّز قابلية التأثر بتغير المناخ بأنها معتدلة في المناطق الوسطى والشرقية للخليج العربي مقارنة بسائر أنحاءالمنطقة العربية.

.15

يمكن الاستناد إلى التقييمات المتكاملة لقابلية التأثر حسب المنطقة لإثراء التعاون الإقليمي، كما يمكن الاستفادة من التحليلات على مستوى الأحواض وعلى المستويات القطرية والقطاعية، لتعزيز الفهم واتخاذ إجراءات جماعية بشأن تغير المناخ.

حدّد المجلس الوزاري العربي للمياه، ومجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية، والآليات الحكومية الدولية المسؤولة عن الزراعة والصحة، تغيّر المناخ بوصفه تحدّياً ينبغي مواجهته في سياق الجهود الإقليمية والوطنية المبذولة لتحقيق التنمية المستدامة. وقد استفادت الدول العربية الأعضاء من نتائج تقييم الأثر والتقييم المتكامل لقابلية التأثر الذي قامت به ريكار، لإثراء عملها بشأن تغير المناخ.

الخطوات المقبلة

سيقوم شركاء ريكار بتقديم الدعم المستمر لمساعدة الجهات المعنية الإقليمية في الاستفادة من التقييم الإقليمي ودراسات الحالة ذات الصلة، ما سيؤدي إلى إثراء المزيد من المبادرات بشأن تقييم أثر تغيير المناخ وقابلية التأثر به في المنطقة العربية، وتحديداً بالنسبة للموارد المائية. وتتضمّن هذه الجهود العمل على بناء القدرات لإجراء تحليلات إضافية وتقديم الدعم التقني للدول العربية الأعضاء والجهات المعنية الإقليمية.

ويمكن الاطّلاع على الاستنتاجات التي توصل إليها التقييم وعلى مجموعات البيانات المرتبطة بها عن طريق مركز ريكار الإقليمي للمعرفة (RICCAR Regional Knowledge Hub) الذي يشتمل على بوابة تفاعلية لتصفّح الخرائط وملفات البيانات وصحائف الوقائع.

والهدف من هذه المنصة الإلكترونية تشكيل تتمّة للنتائج التي تم عرضها في التقرير الرئيسي والمرفق التقني الخاص به، والبناء عليها، وعلى سلسلة المنشورات التي تفصل العمل الجماعي الذي يتم تنفيذه في إطار هذه المبادرة الإقليمية. كذلك، ستُبذل الجهود من أجل التشجيع على إعداد مقالات خاضعة لاستعراض الأقران، تستند إلى مدخلات ومخرجات التقييم، بحيث تشكّل مراجع قيّمة يمكن الاعتماد عليها في إعداد التقارير المقبلة التي ستصدرها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ.

وفي سياق موازٍ، سيتم تشجيع إجراء تحليلات على نطاق أضيق تستند إلى قاعدة معارف ريكار، لدعم التوصل إلى المزيد من الفهم لآثار تغير المناخ على مستوى الأحواض والبلدان والقطاعات. كذلك يمكن القيام بتقييمات أوسع نطاقاً بغية إيضاح حالة المنطقة العربية مقارنةً ببقية العالم من حيث قابلية التأثر إيذاء تغير المناخ. وقد تم البدء فعلاً بإجراء مثل هذه التحليلات التي ستدعم التوصل إلى مزيد من الفهم والعمل بشأن تغير المناخ في المنطقة العربية، استنادًا إلى النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية والتقييم المتكامل لقابلية التأثّر، وهي الأدوات التي تم تطويرها وتطبيقها في إطار مبادرة ريكار من خلال الشراكات الإقليمية والأطر التعاونية التي تدعمها هذه المبادرة.

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات



شركاء ريكار

الجهات المانحة