USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

IWMI International Water Management Institute

تطوير عملي لمؤشر الجفاف المركب المحدث (eCDI) لدعم عملية الإنذار المبكر للجفاف في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

إدارة الجفاف في ظل مناخ متغير

تظهر حالات الجفاف بطرق متنوعة.حيث أن بعضها تظهر ببطء في شكل أحداث "زاحفة" تستمر من فصل الخريف حتى فصل الربيع. ويكون للبعض الآخر "ظهور متأخر"، يحدث فقط في أواخر الشتاء أو بداية الربيع، بعد خريف وشتاء رطب أو عادي.و هناك أيضاً حالات جفاف "خاطفة" تبدأ وتنتهي في غضون أسابيع، وأحداث "متفرقة"، حيث تتناوب فترات الجفاف والرطوبة. وفي حين أن بعض حالات الجفاف يمكن أن تكون حميدة نسبيًا، يمكن أن تمتد حالات أخرى عبر مناطق شاسعة وتؤثر على ملايين الأشخاص.

بالرغم من أن حالات الجفاف تعتبر مخاطر دورية وطبيعية حدثت عبر آلاف السنين، إلا أن شدتها وقدرتها على التسبب في خسائر وأضرار واسعة النطاق تتزايد بسبب تغير المناخ. وفقاً لمكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، كان هناك ٣٣٨ كارثة ناجمة عن الجفاف بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٩ على مستوى العالم، مقارنة بـ ٢٦٣ بين سنتي ١٩٨٠ و ١٩٩٩. و يعد جفاف عام ٢٠١٠، والذي تسبب بمقتل ٢٠,٠٠٠شخص في الصومال، من بين اسواء حالات الكوارث بين عامي ٢٠٠٠ و٢٠١٩.

وجود نظام فعال لرصد الجفاف يمكن أن يساعد السلطات على إدارة المياه بشكل أفضل (الصورة: بيير ريستول / المعهد الدولي لإدارة المياه).

تم إصدار هذا المنشور من خلال دعم مكتب الدعم الفني، مكتب الشرق الأوسط، الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية، بموجب شروط المنحة رقم 7200-ME-18-IO-00001.
الآراء الواردة في هذا المنشور هي آراء المؤلفين ولا تعكس بالضرورة وجهات نظر الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية أو حكومة الولايات المتحدة

يتوقع الخبراء أن تصبح الظروف المناخية أشد جفافاً وحرارة في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (MENA) مع تقدم التغير المناخي.[1] إذا لم يتم اتخاذ إجراء وقائي، يمكن أن تنخفض محاصيل الحبوب من أنظمة الزراعة البعلية بنسبة ٣٠٪ إلى ٥٠٪ في المستقبل، مُحدثة آثاراً مدمرة على الأمن الغذائي. يهدف مشروع الجفاف لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى تزويد الأردن ولبنان والمغرب (بلدان منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا) بالأدوات اللازمة لتوقع آثار الجفاف والاستعداد لها، والتخفيف من حدتها في المستقبل.

ولقد ركز جزء رئيسي من العمل حتى الآن على تطوير نظام إنذار مبكر للجفاف قائم على الأقمار الصناعية والنماذج والذي تم بناؤه حول مؤشر الجفاف المركب المحدث (eCDI).

ويتولى المعهد الدولي لإدارة المياه (IWMI) قيادة مشروع الجفاف لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، بتمويل من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID). وقد تم تطوير مؤشر الجفاف المركب المحدث بواسطة المعهد الدولي لإدارة المياه بالتعاون مع المركز الوطني لتخفيف آثار الجفاف في جامعة نبراسكا لينكولن بالولايات المتحدة الأمريكية، والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا)، مركز غودارد لرحلات الفضاء بالولايات المتحدة الأمريكية.

تعريف وقياس الجفاف حسب تأثيره

يتميز الجفاف بشكل عام بنقص في هطول الأمطار خلال فترة محددة، مما يؤدي إلى نقص المياه. ومع ذلك، لا يوجد تعريف متوافق عليه عالميًا، حيث تؤثر السياقات الجغرافية والاجتماعية الاقتصادية المختلفة على كيفية تطور أحداث الجفاف والآثار الناتجة عنها. لذلك، يصنف الخبراء حالات الجفاف بناءً على تأثيرها. وقد تم التعرف على تطور أربعة أنواع من حالات الجفاف، وهي:

- **الجفاف المناخي** - عندما يكون هطول الأمطار أقل من المتوقع في منطقة معينة، لا سيما خلال موسم الأمطار.

- **الجفاف الزراعي** - عندما يستمر الجفاف المناخي إلى الحد الذي تستنفد فيه الرطوبة المتبقية المحبوسة في التربة، والتي تعتبر ضرورية لنمو المحاصيل ؛ وتبدأ في التأثير على النباتات.

- **الجفاف الهيدرولوجي** - عندما تمتد فترة الجفاف لأكثر من موسم ، وتنخفض مستويات المياه في الخزانات، إضافة الى إمدادات المياه العذبة والمياه الجوفية. و يمكن أن يؤدي ذلك إلى عواقب وخيمة، بما في ذلك نقص إمدادات المياه البلدية، والآثار الصحية السلبية، والحرائق التي تدمر الغابات والمراعي والماشية.

- **الجفاف الاجتماعي والاقتصادي** – وهو مزيج من الجفاف المناخي والزراعي والهيدرولوجي الذي يتم تحديده عندما يؤثر نقص الوصول إلى المياه على العرض والطلب على السلع، مثل الحبوب الغذائية والأعلاف والأسماك والطاقة الكهرومائية، ويبدأ في إحداث تأثير ضار على أرواح الاشخاص.

فهم توقيت حدوث الجفاف

تم اعتماد الاستشعار عن بعد بواسطة الاقمار الصناعية للمعايير البيئية على نطاق واسع على الصعيد العالمي. حيث تسمح تغطيتها المكانية الواسعة وفترات العودة المنتظمة بمراقبة مساحات شاسعة من الأرض بشكل متكرر. لذلك فهي تعتبر طريقة مناسبة للغاية لتقييم بداية وحجم الأنواع المختلفة من الجفاف.

تستخدم المؤشرات الطيفية، استنادا إلى الإشارات التي تكتشفها أجهزة الاستشعار للأقمار الصناعية ، لتحديد وجود وشدة الجفاف المناخي والزراعي والهيدرولوجي، من خلال النظر، بشكل رئيسي، في كيفية انحراف القيم عن القاعدة. ويتم تقييم الجفاف المناخي من خلال مؤشرات متعلقة بشذوذ هطول الأمطار ومدة فترات الجفاف، في حين تم الكشف عن الجفاف الزراعي من خلال البيانات المتعلقة بتطور الشذوذ في صحة / إجهاد الغطاء النباتي ومحتوى رطوبة التربة، و اخيرا يتم تقييم الجفاف الهيدرولوجي من خلال مؤشرات على مستويات المياه في البحيرات والخزانات والغطاء الثلجي. وفي نفس الوقت ، يحسب الجفاف الاجتماعي والاقتصادي باستخدام التغيرات في المستويات الاقتصادية (البطالة، وسبل العيش، والديون، والمياه والأمن الغذائي) والعوامل الاجتماعية (الهجرة إلى الخارج، واستراتيجيات التكيف المعاكسة).

تطوير مؤشر الجفاف المركب المحدث (eCDI) لمشروع منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للجفاف

تضمنت الخطوة الأولى نحو تطوير مؤشر الجفاف المركب المحدث جمع البيانات المناخية من الأقمار الصناعية والراصدات الأرضية ونماذج الكمبيوتر. حيث تم اختيار مصادر البيانات لمؤشرات الجفاف بناءً على توافر البيانات وجودتها، مع جدول زمني يعود إلى عقدين من الزمن. و كانت هناك حاجة إلى هذه السلسلة الزمنية الطويلة نسبيًا لالتقاط مجموعة من الظروف، ولا سيما شدة الجفاف في منطقة ما.

المؤشرات المختارة موضحة أدناه:

المؤشرالموحد لهطول الأمطار (SPI) - خلال فترة تراكمية مدتها ثلاثة أشهر. *مصدر البيانات:* مهمة الاسترداد المتكامل من الأقمار الصناعية المتعددة لقياسات الهطول العالمي (IMERG) التابعة لوكالة ناسا (بدقة ١٠ كم - كل نصف ساعة). يعتبر المؤشرالموحد لهطول الأمطار المؤشر الأكثر استخدامًا في جميع أنحاء العالم لاكتشاف وتوصيف حالات الجفاف في الأرصاد الجوية. ويمكن أن يساعد قياس المؤشر الموحد لهطول الأمطار عبر فترة زمنية قصيرة نسبيًا مدتها ثلاثة أشهر على الإشارة إلى التأثيرات الفورية، مثل انخفاض رطوبة التربة وتناقص التدفق في الممرات المائية الصغرى.

مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي (NDVI). *مصدر البيانات:* مهمة مقياس طيف التصوير المعتدل الدقة (MODIS) التابعة لوكالة ناسا (بدقة ٢٥٠ متراً - كل خمسة أيام). يستخدم مؤشر الفرق المعياري

[1]Waha, K.; Krummenauer, L.; Adams, S.; Aich, V.; Baarsch, F.; Coumou, D.; Fader, M.; Hoff, H.; Jobbins, G.; Marcus, R.; Mengel, M.; Otto, I.M.; Perrette, M.; Rocha, M.; Robinson, A.; Schleussner, C-F. 2017
أثار تغير المناخ في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA) وانعكاساتها على الفئات السكانية الضعيفة. التغير البيئي الإقليمي ١٧ (٦): ١٦٢٣–١٦٣٨.
https://doi.org/10.1007/s10113-017-1144-2

للغطاء النباتي لتقدير تغطية النباتات الخضراء الحية عبر مساحة من الأرض للإشارة إلى صحة المحاصيل. ويعمل عن طريق حساب الضوء المنعكس بواسطة النباتات. حيث تعكس الكتلة الحيوية الصحية المزيد من ضوء الأشعة القريبة من تحت الحمراء بينما يعكس الغطاء النباتي المجهد (مهم للكشف عن الجفاف) أو المتناثر مزيدًا من الضوء المرئي.

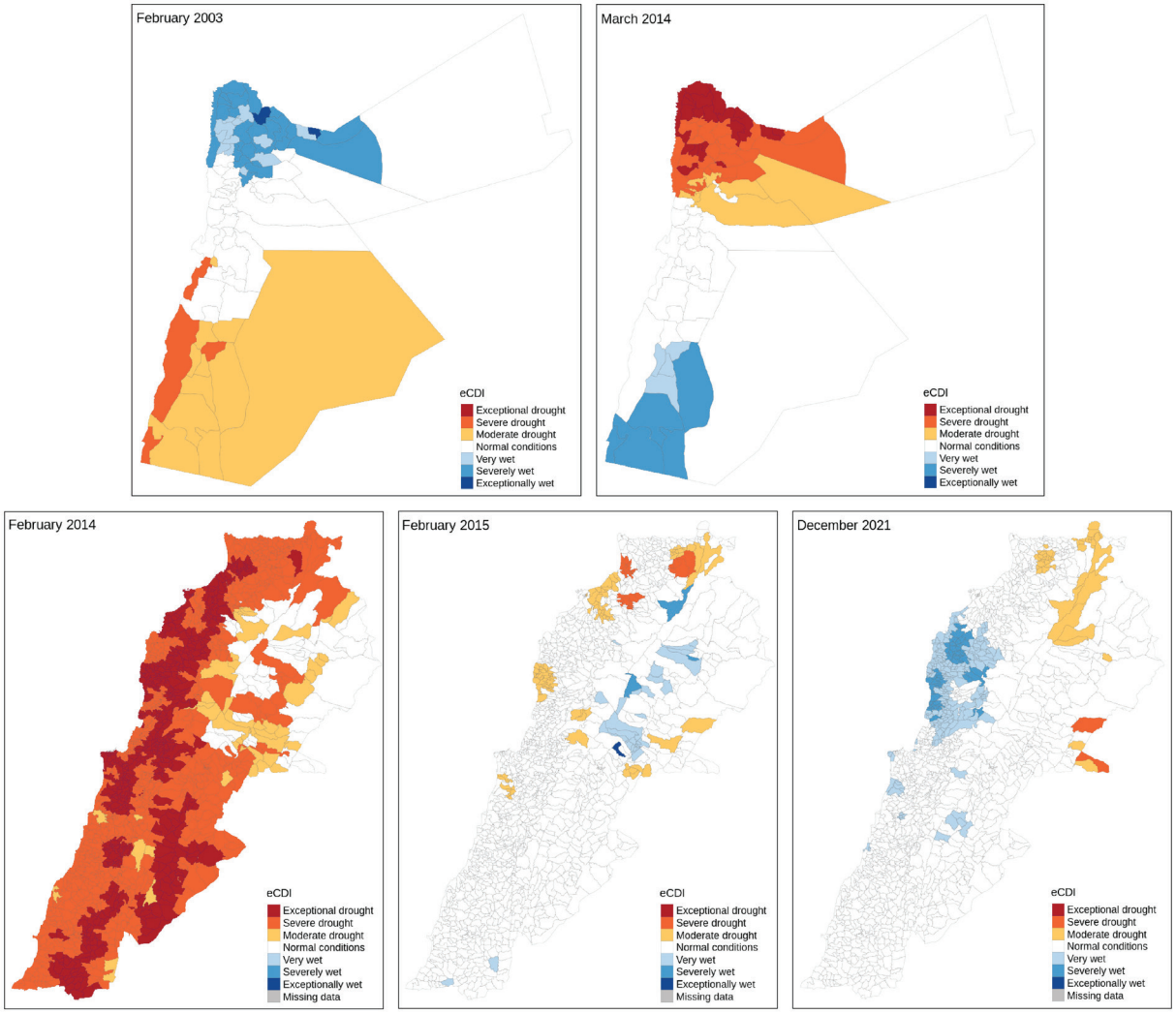
مقياس شذوذ رطوبة التربة في منطقة الجذر (SMA). *مصدر البيانات:* إطار عمل نمذجة نظام معلومات الأراضي التابع لناسا، مع نموذج ٧,٢ نوح لسطح الأرض ذو الخيارات متعددة المعايير (Noah-MP)، بما في ذلك خيارات نظام الري والغطاء النباتي الديناميكي (٥ كم ودقة اكبر - كل ساعة). ويعد مقياس شذوذ رطوبة التربة مفيدًا في مراقبة بداية موسم الأمطار، وشدة الجفاف، ومواعيد الزراعة، والإنذارات المبكرة الخاص بخسائر المحاصيل.

شذوذ اتساع درجة حرارة سطح الأرض ليلا ونهارا(LST) . *مصدر البيانات:* إطار عمل نمذجة نظام معلومات الأراضي التابع لوكالة ناسا، مع نموذج ٧,٢ نوح لسطح الأرض ذو الخيارات متعددة المعايير، بما في ذلك خيارات نظام الري والغطاء النباتي الديناميكي (٥ كم ودقة اكبر - كل ساعة). ويمكن استخدام مقياس درجة حرارة سطح الأرض كبديل للتبخر ورطوبة التربة.

ولغايات إنتاج مؤشر الجفاف المركب المحدث، تم توحيد هذه المؤشرات ووزنها على النحو التالي: SPI- ٣ أشهر (٤٠٪) ؛ NDVI (٢٠٪) ؛ SMA (٢٠٪) ؛ و LST (٢٠٪). حيث أتاحت البيانات التاريخية تقييم الظروف الحالية مقابل الأحداث التي وقعت خلال العقدين الماضيين. وتم تصنيف مؤشر الجفاف المركب المحدث الى النسب المئوية المتعلقة بتكرار حدوث حالات الجفاف المختلفة الشدة في الماضي. كما تم تصنيف الجفاف الذي يقل عن نسبة ٢٪ في مؤشر الجفاف المركب المحدث على أنه جفاف استثنائي، وصنفت الظروف التي تتراوح نسبتها بين ٢٪ - ١٠٪ على أنها حالات جفاف شديد، بينما صنف الجفاف الذي انخفض بنسبة تتراوح بين ١٠٪ و ٢٠ على أنه جفاف معتدل. وتعادل هذه احتمالية حدوث جفاف استثنائي وحاد ومتوسط كل ٥٠ سنة و ٢٠ سنة و ١٠ سنوات على التوالي.

مؤشر الجفاف المركب المحدث (eCDI) في الاستخدام العملي

عند تشغيل النظام، يتم تصنيف قيمة مؤشر الجفاف المركب المحدث لكل ٥ كيلومترات بكسل (pixel) على أنها "لا يوجد جفاف" أو "جفاف معتدل" أو "جفاف شديد" أو "جفاف استثنائي"، حسب قيمتها المئوية. ويتم إنتاج خرائط الجفاف الشهرية في غضون ثمانية أيام من الشهر الجديد، حيث تتطلب معظم هذه العملية قطعة واحدة من البرامج - بدلاً من الحاجة إلى خطوات عديدة عبر البرامج وأطر النمذجة. ومن خلال توفير وسيلة لاكتشاف الظروف الحالية التي يمكن أن تكون نذيرا بالجفاف الشديد في وقت لاحق من موسم الزراعة، تعد هذه الخرائط نظامًا مهمًا للإنذار المبكر.



خرائط أنتجها مؤشر الجفاف المركب المحدث (eCDI) وهي تظهر الجفاف والظروف الرطبة في الأردن (أعلى) ولبنان (أسفل).
المصدر: خرائط أنشأها كريم برقاوي المعهد الدولي لإدارة المياه IWMI.

يمر كل من الأردن والمغرب ولبنان بموسم ممطر تُزرع في بدايته المحاصيل البعلية. ويبدأ هذا الموسم بشكل عام بين شهري سبتمبر وديسمبر - حسب الدولة - وينتهي بين مارس ومايو. ومع ذلك، أصبح هطول الأمطار أقل قابلية للتنبؤ به بسبب تغير المناخ. يمكن فحص البيانات، المأخوذة من خرائط الجفاف عبر الأقمار الصناعية، المستخدمين من تحديد بداية الجفاف وتطوره بالنسبة إلى مرحلة نمو المحاصيل في موسم الزراعة. أولاً، إذا انخفض معدل هطول الأمطار في وقت مبكر عن المعدل الطبيعي، فسيكون ذلك واضحًا من خلال إشارة هطول أقل من المعتاد في مؤشر الجفاف المركب المحدث. ثانيًا، إذا استمر هذا الجفاف المناخي، فإن إشارة رطوبة التربة ستنخفض أيضًا إلى أقل من المتوسط. ويعد الحصول على مستوى مناسب من رطوبة التربة في مراحل الموسم الرئيسية لنمو المحاصيل أمرًا بالغ الأهمية لصحة المحاصيل وتطورها. إذا انخفض عجز رطوبة التربة إلى الحد الذي يبدأ في التأثير على الغطاء النباتي والمحاصيل، مما يتسبب في جفاف زراعي، فسيظهر ذلك من خلال مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي و التبخرالنتح الفعلي الذي يقترب من مستوى شذوذ درجة حرارة سطح الأرض في النهار / الليل في مؤشر الجفاف المركب المحدث مع تقدم الموسم. إذا استمر الجفاف إلى ما بعد الموسم الزراعي / الهيدرولوجي المعتاد، فإنه يتحول إلى جفاف هيدرولوجي، مع تأثيرات على الميزانية المائية الإجمالية لأحواض الأنهار والبلاد. وسيكون لهذه المراحل المختلفة من الجفاف تأثير على توافر الموارد المائية، وانتاجية المحاصيل، ومتطلبات مياه الري، والأمن المائي والغذائي.

في الوقت الحالي، يمكن للمستخدمين تنزيل ملفات بيانات خرائط القمر الصناعي وإجراء التحليلات الخاصة بهم للتحقق من وجود الجفاف وتطوره. ومع ذلك، يعمل فريق مشروع MENAdrought أيضًا على تطوير عتبات يمكن أن تؤدي تلقائيًا إلى استجابات. وهذا سيمكن مديري مجال المياه والزراعة وصناع السياسات من الاستعداد بشكل أفضل للجفاف. على وجه التحديد، سيكونون قادرين على تحديد وتنفيذ خطط عمل مدروسة جيدًا للجفاف، بما في ذلك تدابير التخفيف، بناءً على الأدلة العلمية. ويجري تشغيل نظام الإنذار المبكر بالجفاف داخل الوزارات ذات الصلة لتحقيق استدامة طويلة الأجل تتجاوز دورة حياة المشروع.

التدقيق في مؤشر الجفاف المركب المحدث (eCDI)

من المهم أن يكون مؤشر الجفاف المركب المحدث دقيقًا قدر الإمكان. من المعروف أن حالات الجفاف يصعب تحديدها وتوصيفها في البلدان التي تعاني بالفعل من طقس جاف. لاختبار قدرة مؤشر الجفاف المركب المحدث على اكتشاف آثار الجفاف على أنظمة الزراعة البعلية والمروية والمياه، قام مشروع MENAdrought والشركاء الوطنيون بتقييم مؤشر الجفاف المركب المحدث ككل، والمؤشرات الفردية، بطرق متعددة. و التي شملت ما يلي:

- مقارنة مخرجات مؤشر الجفاف المركب المحدث ببيانات المراقبة الأرضية المتاحة (التحقق الكمي من مكونات مؤشر الجفاف المركب المحدث، وخاصة هطول الأمطار).
- فحص العلاقة بين مخرجات مؤشر الجفاف المركب المحدث وتلك الخاصة بالمؤشرات الفردية مع الشذوذ في إنتاج الحبوب البعلية الأولية والثانوية (التحليلات بأثر رجعي لحالات الجفاف الماضية).
- التقييم النوعي لأداء مؤشر الجفاف المركب المحدث مع أصحاب المصلحة الرئيسيين (تقييم الظروف الحالية باستخدام تصورات وخبرات المدققين الإقليميين، بما في ذلك شبكة مكونة من ٣٧ إدارة إقليمية من المدققين الزراعيين التابعين لمديرية الإستراتيجية والإحصاء في وزارة الزراعة ومصايد الأسماك والتنمية الريفية والمياه والغابات، مع التركيز على ٧٩ منطقة رعي عبر المغرب).

كانت الوكالات الحكومية في بلدان المشروع مهتمة بشكل خاص بكيفية ارتباط مخرجات مؤشر الجفاف المركب المحدث بإنتاج وعوائد الحبوب البعلية، وكذلك كيفية مقارنة نتائج مؤشر الجفاف المركب المحدث بالمؤشرالموحد لهطول الأمطار وحده عند تقييم هذه الارتباطات. أظهرت التحليلات (حيثما أمكن ذلك) أن مؤشر الجفاف المركب المحدث eCDI كان أكثر ارتباطًا بإنتاج الحبوب والمحاصيل من المؤشر الموحد لهطول الأمطار وحده ، وأن معلومات هطول الأمطار المستمدة من الأقمار الصناعية تُقارن بشكل إيجابي مع بيانات المراقبة.

المشروع	MENAdrought –منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا للجفاف
الدول المشاركة	الأردن ولبنان والمغرب
الإطار الزمني	آب ٢٠١٨ – أيلول ٢٠٢٢
المانح	الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID)
الشركاء	دولياً: المعهد الدولي لإدارة المياه (IWMI) ؛ المركز الوطني للتخفيف من آثار الجفاف ؛ جامعة نبراسكا - لينكولن ؛ الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) مركز جودارد لرحلات الفضاء ؛ وجامعة جون هوبكنز. جهات الاتصال المحلية: الأردن: وزارة المياه والري ؛ لبنان: وزارة الطاقة والمياه ؛ المغرب: مديرية الاستراتيجية والإحصاء بوزارة الفلاحة والصيد البحري والتنمية الريفية والمياه والغابات بالتعاون مع وكالة حوض النهر (ABH) بسوس ماسة.
للمزيد من المعلومات	الموقع الخاص بالمشروع: https://menadrought.iwmi.org
	جهة الاتصال: Rachael McDonnell نائب المدير العام للبحث من أجل التنمية، R.Mcdonnell@cgiar.org (IWMI)

Published: May 2022