QDD.

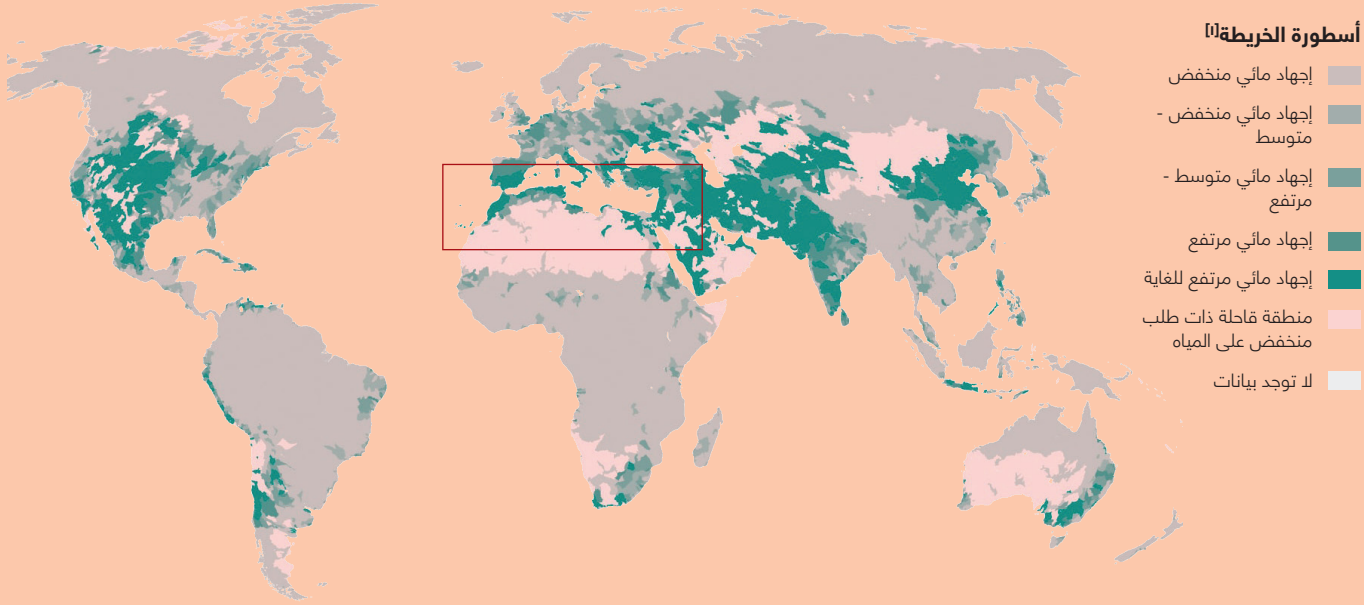
سؤال التنمية المستدامة
ملخص الدراسات والأبحاث
الوكالة الفرنسية للتنمية
نوفمبر 2024
رقم 81

إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة: حل استراتيجي لمواجهة الإجهاد المائي؟

مقدمة: في مواجهة آثار التغير المناخي ...

تعتبر منطقة البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط من أكثر المناطق تعرضًا لآثار التغير المناخي (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ 2023). تواجه هذه الدول، التي تعدّ من بين الأكثر معاناة من شح المياه، بمعدل أقل من مستوى ندرة المياه (1 000 متر مكعب للفرد سنويا) تحديات كبيرة. تشير التوقعات إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض ملحوظ في معدلات الأمطار وتزايد حدة فترات الجفاف ومن المرجح أن تؤدي هذه الظروف، إلى جانب زيادة الطلب والتنافس على الاستخدامات المختلفة ، إلى تفاقم الإجهاد المائي. ويُعرّف هذا الأخير على أنّه طلب على المياه يتجاوز العرض المتاح.، مما يشكّل تهديدا للاستقرار الاقتصادي والاجتماعي والبيئي في هذه المناطق (انظر الخريطة 1) استجابةً لهذه التحديات، يتساءل هذا المقال عن إمكانية إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة لمواجهة الإجهاد المائي في دول البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط. تحلل الدراسة عوامل نجاح هذا النهج والعقبات التي تعوقه. ورغم التحديات المرتبطة بتنفيذه، يبدو أن هناك عدة أدوات يمكن تفعيلها لتعزيز استخدام المياه المستعملة المُعالجة.

الخريطة 1. توقعات الإجهاد المائي حسب الأحواض المائية بحلول عام 2040. منطقة الدراسة داخل الإطار.



المصدر: المعهد الدولي للدراسات السياسية، معهد العلوم السياسية، ورشة الخرائط، 2018 (معهد الموارد العالمية)

[1] يقيس الإجهاد المائي المرجعي العلاقة بين إجمالي المياه المستخرجة سنويًا ومجموع الموارد المتجددة السنوية المتوفرة، مع الأخذ بعين الاعتبار الاستخدام قبل الاستهلاك البشري. وتشير القيم الأعلى إلى زيادة التنافس بين المستخدمين.

المؤلفون

محمد طه لعويمري (مكتب وكالة التنمية الفرنسية في المغرب)
تيموثي أورباك (مكتب وكالة التنمية الفرنسية في المغرب)

ÉDITIONS AFD
AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

... تقدم إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة العديد من المزايا

في ظل تزايد ندرة الموارد المائية، تبرز إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة كحل استراتيجي واعد. يتضمن ذلك، بعد اخضاع المياه العادمة لمعالجة مناسبة، إعادة استخدامها في قطاعات متنوعة كالزراعة والصناعة، وكذا في بعض الاستخدامات المنزلية بشكل محدود. يساهم هذا في تخفيف الضغط على الموارد المائية العذبة، مما يساهم في **تقليل حدة الإجهاد المائي**.

إن توجيه استخدام المياه العادمة المعالجة للقطاعات غير المنزلية يساهم في التنمية الاقتصادية، وذلك عبر ضمان توفير إمدادات مستقرة للقطاعات الأولية والثانوية. يظهر هذا بوضوح في دول مثل الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية، حيث تساهم المعدلات المرتفعة لإعادة الاستخدام في دعم الاقتصادات القوية على الرغم من الإجهاد المائي الشديد. علاوة على ذلك، تساهم إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة في تحقيق الأمن الغذائي والصحي في الدول التي تعتمد فيها الفلاحة بشكل كبير على السقي، كتونس ومصر، وذلك عن طريق ضمان جودة المحاصيل حتى خلال فترات الجفاف.

من الناحية **البيئية**، تساعد إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة في تقليل استنزاف المياه الجوفية، وبالتالي الحدّ من الضغط على الفرشات والمجاري المائية، مما يساهم في الحفاظ على التنوع البيولوجي المائي والتوازنات البيئية. على سبيل المثال، يمكن تنفيذ **برامج تطعيم الفرشات المائية** لمنع تملّحها واستنزافها. لكن ذلك يتطلب إجراء دراسات معمقة مُسبقة وإشرافًا مناسبًا للحد من التلوث الذي تخلفه النفايات الملقاة في الطبيعة وضمان جودة المياه المتسربة.

...ومع ذلك، فإن تبني هذه التقنية لا يزال متباينًا

على الصعيد العالمي، **يُعالج** فقط **52% من إجمالي 359,4 مليار متر مكعب من المياه العادمة** المنتجة سنويا. وعلى الرغم من أن استعادة المياه المستعملة تعدّ ممارسة معروفة، إلا أنها لا تمثل سوى نسبة ضئيلة من إجمالي المياه المُستهلكة، وتُستخدم بشكل رئيسي في الزراعة الحضرية.

بشكل عام، لا تزال إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة محدودة للغاية وتختلف بشكل كبير من منطقة إلى أخرى. من بين الدول التي تناولها التحليل، يظهر تباين واضح بين دول الشرق الأوسط الأكثر تقدما بشكل عام في هذا المجال ودول شمال إفريقيا من جهة أخرى.

الإطار 1. الاستخدامات الحالية للمياه العادمة المُعالجة

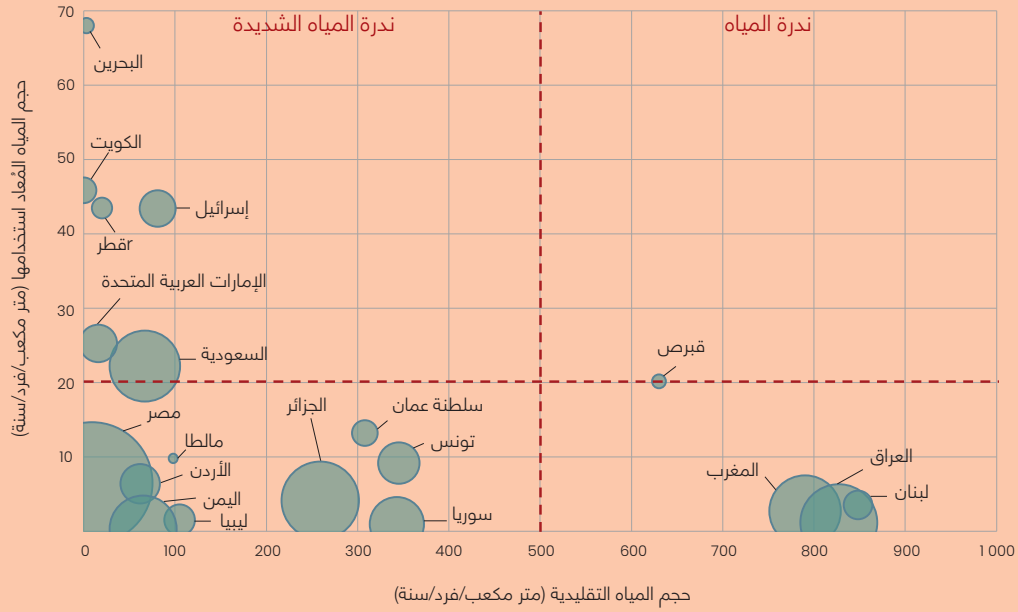
بما أن الفلاحة تستهلك كميات كبيرة من المياه التي أُعيد تدويرها، فهي تشكّل القطاع الرئيسي المستفيد من إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة (على سبيل المثال: الأردن ومصر)، على الرغم من تزايد استعمالها في القطاع الصناعي. على سبيل المثال في تونس، تُستخدم المياه المعالجة لتبريد الآلات وغسل المعدات. وفي المغرب، تستخدمها مجموعة المكتب الشريف للفوسفاط في مواقعها المنجمية، في حين يظل الاستخدام الترفيهي والسكني محدودًا ويقتصر بشكل رئيسي على سقي المساحات الخضراء الحضرية[*]. في إسرائيل، تُستخدم المياه المعالجة أيضا لتطعيم الفرشات المائية في المناطق القاحلة. وأخيرا، لا يزال الاستهلاك البشري المباشر نادرا بسبب التحديات الصحية والتنظيمية، على الرغم من ظهور مشاريع تجريبية.

يعرض الرسمان البيانيان 1 و2 بيانات أساسية (يعود تاريخها إلى سنة 2020) حول إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة ومدى ارتباطها بالإجهاد المائي. في الرسم البياني الأول، صُنّفت بلدان العينة وفقًا لمدى توفر الموارد المائية التقليدية (ندرة الموارد أو ندرتها الشديدة)، مع مقارنة هذا الوضع بالجهود المبذولة لتعزيز إعادة استخدام المياه العادمة.

ويُدرِج الرسم البياني الثاني مؤشر الإجهاد المائي الذي يعكس نسبة الطلب الإجمالي على المياه العذبة المستخدمة للأنشطة البشرية [**]. ويوضح العلاقة بين الحجم الإجمالي للمياه العذبة المستخرجة للأنشطة البشرية (الطلب) والحجم الإجمالي لموارد المياه العذبة المتجددة المتاحة (العرض). بمقارنة هذا المؤشر مع نسبة إعادة استخدام المياه الموضحة في الرسم البياني الأول يتضح الدور الأساسي الذي يمكن أن تلعبه إعادة استخدام المياه العادمة لتحقيق توازن مستدام.

يتبين من التحليل أن **دول الشرق الأوسط** التي تواجه **إجهادا مائياً مرتفعا جدا** (< 1 000 %) تعتمد بشكل أكبر على إعادة استخدام المياه العادمة. على سبيل المثال: في الكويت ، يبلغ مؤشر الإجهاد المائي 850 3% ومعدل إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة 55%، في الإمارات العربية المتحدة التي

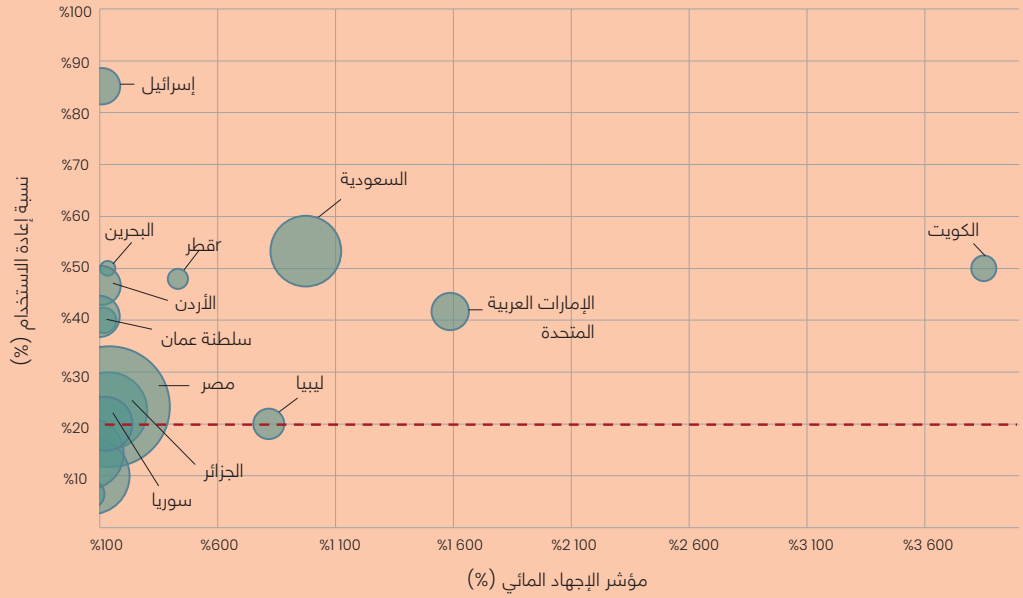
الرسم البياني 1. مقارنة بين أحجام المياه المعاد استخدامها لكل فرد سنويًا وحجم الموارد المائية التقليدية المتاحة لكل فرد سنويًا (مليون مترمكعب)[II]



[*] يمكن أن يعكس هذا أيضاً الرغبة في تخصيص المياه التقليدية لاستخدامات أخرى بشكل أولوي.

[**] يمثل قياس مستوى الإجهاد المائي في بلد أو منطقة ما مؤشراً لأهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، ويتعلق بالنقطة 4.2 للهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة.

الرسم البياني 2. مقارنة بين معدل استخدام المياه العادمة ومؤشر الإجهاد المائي
في الدول التي يزيد فيها الإجهاد المائي عن100%[ii]



المصدر: المؤلفون. (منظمة الأغذية والزراعة)

[ii] حجم الفقاعات يمثل عدد السكان.

يبلغ مؤشر الإجهاد المائي فيها حوالي 600 1% ومعدل إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة 42%. بينما تُسجّل أعلى نسبة لإعادة الاستخدام في إسرائيل (85%). على النقيض، في بعض دول **شمال إفريقيا** التي تواجه إجهادًا مائيًا مرتفعًا[***] (< 100%) فإن معدلات إعادة الاستخدام لا تزال منخفضة، : 23% في مصر و14% في المغرب.

... ويرتبط ذلك بشكل وثيق بوضع سياسات عامة طموحة...

على الرغم من أن تبني إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة يبدو مرتبطًا بمستوى الإجهاد المائي، إلا أنه يعتمد بشكل أكبر على إقرار **سياسات عامة وإطار مؤسساتي وتنظيمي وتخصيص الموارد اللازمة**، بما في ذلك **التحفيزات المالية**.

على سبيل المثال، تسعى **الكويت** إلى تعويض ندرة الموارد من خلال تسهيل الاستثمارات في إعادة استخدام المياه العادمة. في إسرائيل، تم اعتماد حوافز مالية محددة للمزارعين، بالإضافة إلى أسعار تفضيلية للمياه المعالجة. كما وضعت إطارًا تنظيميًا يدمج إعادة استخدام المياه كجزء أساسي من إدارة الموارد المائية الوطنية (مارين وآخرون. 2017). أما الإمارات العربية المتحدة، فقد طورت نموذجًا لإدارة متكاملة للموارد المائية يجمع بين إعادة استخدام المياه وتحلية المياه (نوع آخر من المياه غير التقليدية). في عام 2019، اعتمدت الإمارات العربية المتحدة سياسة للمياه المعالجة تفرض معايير جودة صارمة وتشجع شركات توزيع المياه على زيادة استخدام هذه المياه للأغراض غير الصالحة للشرب.

في المقابل، تواجه دول شمال إفريقيا تحديات في تنفيذ سياسات فعالة لإعادة الاستخدام وتنفيذ مشاريع واسعة النطاق بسبب: التجزئة المؤسساتية في إدارة الموارد المائية، نقص التنسيق بين المؤسسات وغياب التمويل المناسب. في المغرب على سبيل المثال، يؤدي غياب معايير تنظيمية واضحة لبعض الجوانب الأساسية إلى صعوبات في استخدام المياه العادمة المُعالجة خصوصاً في المجال الفلاحي (اللجنة العلمية والتقنية للمياه الفلاحية 2022)

على الرغم من أن معايير المياه المخصصة للزراعة أقل صرامة من المياه الصالحة للشرب، إلا أن وضع إطار تنظيمي واضح وصارم، يحدد معايير ملائمة وآمنة، يمكن من أن يُساهم تدريجياً في تقنين استخدام المياه العادمة المُعالجة بشكل رسمي (بدلاً من الاستخدام غير الرسمي وغير المشروع). ويجب أن يصاحب هذا الإطار التنظيمي مراقبة صارمة وتحفيزات اقتصادية (مثل الإعانات أو الإعفاءات الضريبية) لتشجيع الاستثمارات مع ضمان سلامة الممارسات. وتتطلب الحكامة الجيدة مشاركة وتنسيقًا دقيقا بين العديد من الجهات الفاعلة، على المستويين المركزي والمحلي، مع تأمين إجراءات تعاقدية واضحة و واجهات تقنية متماسكة.

... رغم أنه لا تزال هناك تحديات يجب التغلب عليها.

في سوريا وليبيا، يعيق عدم الاستقرار السياسي وآثار النزاعات تنفيذ إعادة استخدام المياه العادمة، مما يجعل تطبيق هذه التقنية أمرًا صعبًا على المدى القريب. في مناطق أخرى، تتداخل عوامل متعددة تؤدي إلى تأخير تبني هذه التقنية.

التحديات التقنية والاستثمار المالي المصاحبة

أولا، يتطلب الأمر **تحسين الكفاءة الإجمالية لمعالجة المياه** العادمة لضمان توافق جودة المياه المُعاد استخدامها مع مختلف الاستخدامات مع تقليل التكاليف التشغيلية. تعزيز المعايير البيئية يهدف إلى تخفيض استخدام المواد الكيماوية السامة في الصناعات[****] وتحسين المعالجة المسبقة للمياه العادمة عند المصدر مما يقلل من العبء الملوث الذي يصل إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي. وتعتبر هذه التغييرات في عمليات الإنتاج والاستثمارات الأولية ضرورية في البلدان التي تعاني فيها البنيات التحتية للمعالجة من نقص في السعة أو التقادم مما يحد من قدرتها على إعادة استخدام المياه العادمة. لذلك، يصبح الاستثمار في تحديث الشبكات الحالية، وإنشاء أنظمة توزيع فعّالة، وصيانة البنية التحتية أمرًا ضروريًا لضمان نقل المياه المعالجة إلى المناطق التي تحتاجها، والتي غالبًا ما تكون بعيدة عن محطات المعالجة.

[***] شمال إفريقيا يشمل المغرب، الجزائر، تونس، ليبيا، ومصر.

[****] في المناطق الصناعية، قد تحتوي المياه العادمة على ملوثات معقدة ومكلفة للغاية لمعالجتها.

ومع ذلك، فإن تكاليف إنشاء هذه الشبكات، وتحديث الأنظمة القائمة، وضمان الصيانة الدورية للبنية التحتية تعتبر استثمارات باهظة. هذا الأمر يشكل تحديًا كبيرًا، خصوصًا بالنسبة للبلدان ذات الدخل المتوسط أو المنخفض، رغم أن الفوائد الاقتصادية المتوقعة على المدى الطويل تبرر هذه الاستثمارات.

العوائق الاجتماعية والثقافية السائدة

بالإضافة إلى ما سبق، هناك عوائق ثقافية تعرقل تبني إعادة استخدام المياه العادمة. يتمثل ذلك غالبًا في التصورات السلبية المرتبطة بمعايير النظافة والسلامة الصحية للمياه. وبالتالي فإن القبول الاجتماعي لإعادة استخدام المياه المستعملة العادمة، وخاصة للاستخدامات الحساسة مثل السقي الفلاحي أو الاستهلاك البشري، لا يزال يشكّل تحدياً كبيراً. للتغلب على هذه العقبات، من الضروري إطلاق حملات ترويجية تستهدف أصحاب القرار في القطاع الزراعي، بالإضافة إلى برامج تعليمية مُدمجة في المناهج الدراسية والمبادرات المجتمعية في سبيل توعية لزيادة الوعي العام. من خلال تقديم ضمانات السلامة للمياه المعالجة، يمكن لهذه الأنشطة، التي تركز على الفوائد البيئية والاقتصادية لإعادة استخدام المياه العادمة، أن تسهم في فهم أعمق وقبول أوسع لهذه التقنية.

خاتمة

تتيح إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة إمكانية تحقيق الاستفادة القصوى من الاستخدام الدائري لكل قطرة ماء. في دول حوض البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط ذات الموارد المحدودة والمتناقصة بسبب تغير المناخ أو الضغط البشري المتزايد، تُعد إمكانات إعادة استخدام المياه العادمة المُعالجة بالغة الأهمية لتقليل الإجهاد المائي. ورغم ذلك، فإن تبني هذه التقنية لا يزال يواجه عوائق متعددة. يتطلب التغلب على هذه العوائق استثمارات مناسبة في البنية التحتية وزيادة الوعي العام لضمان قبول المجتمع لهذه الممارسات.

إعادة استخدام المياه العادمة تمثل محورًا أساسيًا في الإدارة المستدامة للموارد المائية، كما أن تبنيها يمتد إلى دول شمال البحر الأبيض المتوسط، مثل إسبانيا، التي تواجه موجات جفاف متزايدة.

المراجع

بحري وأكيسا وفرانسوا بريسود. 1996. إعادة استخدام المياه العادمة في تونس: تقييم السياسة الوطنية. علوم وتكنولوجيا المياه 33 (10-11). https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00410-6.

مارين، فيليب، شيمون تال، جوشوا يريس، كلاس رينغسكوغ. 2017. إدارة المياه في إسرائيل: الابتكارات الرئيسية والدروس المستفادة للدول التي تعاني من شح المياه. الممارسة العالمية للمياه. ورقة تقنية. واشنطن العاصمة: البنك الدولي.

اللجنة العلمية والتقنية للمياه الفلاحية. 2022. تقنين وحوكمة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الفلاحة: دراسة مقارنة لستة دول.

منظمة الأغذية والزراعة. (دون تاريخ). AQUASTAT النظام العالمي للمعلومات حول المياه والزراعة. مقتبس من https://www.fao.org/aquastat/en/.

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. 2023. تقرير تجميعي لتقرير التقييم السادس. مقتبس من https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/.

منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. 2010. آليات تمويل مبتكرة لقطاع المياه. دراسات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بشأن المياه. باريس: منشورات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. معرف الغرض الرقمي. https://doi.org/10.1787/9789264083660-en.

معهد الموارد العالمية. 2018. مقتبس من https://www.wri.org/freshwater.

الوكالة الفرنسية للتنمية (AFD)،
5 شارع رولان بارت | 75012 باريس | فرنسا
مدير النشر ريمي ريو
رئيس التحرير توماس ميلونيو
التصميم الغرافيكي ميمو، جوليجيلز، د. كازيلز
التصميم والإنتاج PUB

تصفح منشورات مجموعة «مسألة تنمية» (QDD) الأخرى: https://www.afd.fr/collection/question-de-developpement

الإيداع القانوني الربع الأول 2024
الرقم التسلسلي الدولي الموحد 2428-8926
الاعتمادات والتراخيص

رخصة المشاع الإبداعي CC-BY-NC-ND
https://creativecommons.org/licenses/bync-nd/4.0/
تمت طباعته من قبل قسم النسخ بالوكالة الفرنسية للتنمية.

التحليلات والاستنتاجات الواردة في هذه الوثيقة هي مسؤولية مؤلفيها. وهي لا تعكس بالضرورة آراء الوكالة الفرنسية للتنمية أو المؤسسات الشريكة لها.