

## إدارة الحمأة في لبنان

### الحمأة: تعريفها وتحدياتها

حمأة مياه الصرف الصحي هي المنتج الثانوي الرئيسي المترتب عن المحطة التي تعالج مياه الصرف الصحي المنقولة عبر الشبكات. أما حمأة الغائط فهي البقايا المُستخرجة من أنظمة الصرف الصحي غير الجماعية، مثل خزانات الصرف الصحي.

تُشكل إدارة الحمأة تحديات متزايدة تواجه جميع البلدان حول العالم.

ويُساهم الاستخدام الواسع النطاق لأنظمة الصرف الصحي السائل، وتحسين عمليات المعالجة والأداء، في المحافظة على البيئات التي تتلقى مياه الصرف الصحي المُعالجة. ولكنه يؤدي أيضًا إلى تزايد كميات حمأة مياه الصرف الصحي. وفي حالة الصرف الصحي الجماعي، تُمثل تكلفة معالجة الحمأة حصة كبيرة من التكلفة الإجمالية لمعالجة مياه الصرف الصحي. ولذلك، تؤدي إدارة حمأة الصرف الصحي دورًا رئيسيًا في إدارة الصرف الصحي السائل.

في حين أنه قد يُنظر إلى الحمأة على أنها مُنتج نفايات، وتُمثل إدارتها عائقًا تقنيًا وماليًا، إلا أنّ هناك حلولًا لتثمينها وتحويلها إلى فرص بيئية ومالية. وأثارت المخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بإدارة حمأة الصرف الصحي الجدل وحتى النزاعات في ما بين المواطنين/ات والسياسيين/ات والعلماء. ومع ذلك، فإنّ الحمأة غنية بالمواد المُغذية مثل النيتروجين والفسفور، وتحتوي على مواد عضوية قيّمة وذات فائدة عندما تكون التربة مستنفدة أو مُعرّضة للتآكل. كما أنّ لديها القدرة على إنتاج الطاقة من خلال عملية اشتقاق الميثان.

يُلخّص هذا التقرير طرق التثمين المُختلفة المُمكنة ويُقدّم لمحة عامة حول وضع إدارة الحمأة في لبنان.

### طرق التلخيص النهائي من الحمأة

**نشرها: إعادة الاستخدام على الأراضي الزراعية أو إعادة تأهيل التربة المتدهورة**

يُعد نشر الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي على الأراضي الزراعية المجاورة طريقة جيّدة للتثمين، شرط أن تضمن:

- ✓ التوافق مع احتياجات القطاع الزراعي: الفوائد الزراعية للمحاصيل، ومراعاة قدرات التربة على الامتصاص، والالتزام بفترات النشر المناسبة.
- ✓ غياب المخاطر الصحية: ضمان عدم إلحاقها الضرر بالإنسان والحيوان والنبات والبيئة؛ وإمكانية تتبعها من الإنتاج إلى مواقع النشر.

ويمكن أيضًا استخدام حمأة مياه الصرف الصحي لاستصلاح التربة المتدهورة، مثل الأراضي الصحراوية والأراضي الفاحلة الصناعية.

### التسميد: تعزيز النظافة الصحية قبل تثمين الزراعة

التسميد هو عملية معالجة من خلال التخمير الهوائي (وجود الأكسجين)، لإنتاج مادة سماد مستقرة غنية بالمركبات الدبالية (أي السماد) والتي يمكن استخدامها كتعديل عضوي لتحسين بنية التربة وخصوبتها.

ونظرًا لاحتوائها على نسبة عالية من المياه وانخفاض نسبة الكربون/النيتروجين فيها، لا يُمكن تحويل الحمأة إلى سماد بمفردها. وفي مرافق التسميد، يتم خلطها مع النفايات الخضراء أو النفايات الحيوية المنزلية/الصناعية.

### عملية اشتقاق الميثان: التثمين الحيوي والزراعي

ترتكز عملية اشتقاق الميثان على تهيئة ظروف مواتية للتحلل اللاهوائي (في غياب الأكسجين) بواسطة الكائنات الحية الدقيقة في مفاعل يُسمى "الهاضم"، وإنتاج "الهضم" (منتج رطب، غني بالمواد العضوية المستقرة جزئياً) والغاز الحيوي (خليط من الغاز المشبع بالمياه).

- ✓ يمكن استخدام الهضم كتعديل زراعي بعد المعالجة الإضافية عبر التثبيت وتعزيز النظافة الصحية.
- ✓ يمكن استخدام الغاز الحيوي لتوليد الكهرباء و/أو الحرارة، أو إنتاج الوقود الحيوي، أو الإمداد في شبكة الغاز الحيوي. يوفر التوليد المشترك للطاقة، الذي يتضمن الإنتاج المتزامن للكهرباء والحرارة، فعالية مثالية. وبحسب نوع التثمين، قد يتطلب الغاز الحيوي درجات متفاوتة من المعالجة عبر التنقية، بما في ذلك إزالة الكبريت.

### الحرق: التدمير من أجل تثمين الطاقة

يشير الحرق إلى الأكسدة من خلال الاحتراق، مما يؤدي إلى إنتاج بقايا معدنية خالية من المكونات العضوية والسامة، والتي يمكن إعادة استخدامها في الزراعة، ولكن غالباً ما يتم طمرها (حيث ينخفض حجمها بنسبة 90%). كما أنها تنتج الطاقة على شكل حرارة وانبعثات تحتوي على ملوثات (غازات أو جزيئات دقيقة).

على الرغم من هذه الفرص، كما هو مذكور في المقدمة، فغالباً ما يُنظر إلى الحمأة على أنها منتج ثانوي غير مرغوب فيه ناتج عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي. وحتى لو تم اعتبار الحمأة بمثابة نفايات وتم إرسالها إلى المطامر، فيجب تحفيقها من المياه للحد من الأثر البيئي الناتج عن تخزينها (كالجريان السطحي، والتسرب).

وبغض النظر عن حل التخلص/التثمين المختار، فمن الأفضل أن تبقى مطامر التخلص من النفايات حلاً احتياطياً في حال ظهور صعوبات في طريقة التخلص المُفضَّلة.

كما أنّ طمر الحمأة لا يسمح باستغلال إمكاناتها المتعلقة بالزراعة والطاقة.

### الوضع في لبنان

قبل التفكير في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المُعالجة والمنتجات الثانوية للصرف الصحي، من المهم الإشارة إلى أنّ قطاع الصرف الصحي لا يزال في مرحلة محدودة من التطور في لبنان. وتُكافح العديد من مشاريع محطات معالجة مياه الصرف الصحي من أجل التنفيذ، كما أنّ البنية التحتية القائمة ليست جميعها صالحة للعمل. بالإضافة إلى ذلك، 60% فقط من المستخدمين/ات مربوطين/ات بشبكة الصرف الصحي، ويتم معالجة أقل من 10% من مياه الصرف الصحي حالياً.

ونتيجة لذلك، هناك عدد قليل من محطات المعالجة التي تعمل وتنتج الحمأة المُنشّطة التي يمكن تثمينها بعد المزيد من المعالجة. ولكن المحطات التي تعمل جزئياً تولد منتجات ثانوية يصعب وصفها: مياه الصرف الصحي التي تمت معالجتها مسبقاً فقط، والحمأة شديدة السيولة التي تضر بالبيئة والتي يصعب إعادة تدويرها.

فضلاً عن ذلك، هناك العديد من مبادرات الصرف الصحي غير الجماعية المحلية التي تنتج الحمأة البرازية، والتي يمكن بالتالي معالجتها وإعادة تدويرها.

### لا تزال التشريعات المتعلقة باستخدام الحمأة قيد الإعداد

ما من تشريعات أو معايير وطنية قائمة لمراقبة وضبط جودة مياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها من محطات المعالجة، ولا استخدام حمأة الصرف الصحي.

في عام 2010، وكجزء من مشروع UTF/LEB/019/LEB "إعادة استخدام المخلفات السائلة والحمأة المعالجة" (Reuse of Treated Effluent and Sludge)، ساهمت منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو) في مساعي تطوير إرشادات توجيهية للاستخدام الزراعي للحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي. ولكن، وبما أنّ معظم محطات المعالجة لم تكن مُشغلة، فقد أحبطت الصعوبات التنفيذية هذه الجهود.

ومنذ عام 2019، قامت مؤسسة المقاييس والمواصفات اللبنانية "ليبنور" (LIBNOR)، ومصلحة الأبحاث العلمية الزراعية (LARI)، والعديد من الإدارات العامة الأخرى (وزارة الطاقة والمياه، ووزارة الزراعة، ووزارة البيئة) بتشكيل لجنة للعمل على صياغة معايير رسمية لإعادة استخدام المياه والحمأة، بناءً على التوصيات الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة عام 2010. وفي الوقت الحالي، يتم تطبيق معايير ISO الدولية في لبنان (الصادرة عن المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس)، ولا سيما

ISO 19698:2020 بشأن استعادة وإعادة تدوير ومعالجة الحمأة والتخلص منها. إلا أن إعادة استخدام الحمأة يتطلب موافقة وزارة الزراعة على كل حالة على حدة في عملية تُحقَّق يُمكن أن تستغرق ما يصل إلى عامين. وحتى الآن، لم تتم معالجة التحديات التقنية والمؤسسية بشكل كامل لإتاحة استخدام الحمأة في الزراعة.

وفي الوقت الراهن، لا توجد محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي مُزوَّدة بنظام فعّال لإدارة الحمأة، يشمل المعالجة، والتخلص، والظمر، وربما التثمين. إذ يتم تفريغ الحمأة المحلية وتصريفها من دون رقابة، مما يتسبب بخطر التلوث البيئي.

وقد تم الاعتراف في الاستراتيجية الوطنية المُحدثة للطاقة في قطاع المياه بإدارة الحمأة كمسألة هامة، ويُوصى بالاستخدام الزراعي للحمأة. ولكن لم يتم تحديد التفاصيل والإمكانيات التشغيلية.

## دراسات ومشاريع إدارة الحمأة في لبنان

**دراسة: "إنتاج الطاقة من حمأة مياه الصرف الصحي في لبنان؛ تحويل مشكلة التخلص من النفايات إلى فرصة"، كجزء من مشروع قيادة الأعمال القطرية لفرص الطاقة المتجددة الموزعة (CEDRO) بدعم من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)، 2013**

في عام 2013، وبناءً على طلب وزارة الطاقة والمياه ومجلس الإنماء والإعمار، أعدّ برنامج الأمم المتحدة الإنمائي دراسة في إطار مشروع CEDRO تهدف إلى تهيئة ظروف مواتية للاستثمار في إنتاج الطاقة من حمأة الصرف الصحي من خلال عملية الهضم اللاهوائي. وهدفت الدراسة بشكل أساسي إلى تقييم إمكانات الطاقة لإنتاج الحمأة لأكثر من عشر محطات معالجة في لبنان.

ولكن بعد المرحلة الأولية، تم تعديل هدف الدراسة بناءً على ملاحظة أن عددًا قليلًا فقط من المحطات كان جاهزًا للتشغيل، في حين أن معظمها لا يزال في انتظار الاتصال بشبكة الصرف الصحي، ما صعب من تقييم إمكانات الطاقة للحمأة. ونتيجة لذلك، أُعيد تحديد نطاق الدراسة بهدف جديد: أولاً، تحديد النباتات التي تلبّي شروط تنفيذ نظام هضم لاهوائي للحمأة. وُحدّدت البيانات المُجمعة خمس محطات معالجة مستوفية للشروط اللازمة في صور، والعبدة، والصرفند، وصيدا، ومجدل عنجر. وتم بالفعل إنشاء النظام في طرابلس. وفي المجمل، تشير التقديرات إلى أن أنظمة الهضم اللاهوائي في محطات المعالجة الستة هذه يمكن أن تنتج 143,000 ميجاوات في الساعة.

**دراسة: "تقييم جودة حمأة الصرف الصحي كتعديل للتربة الزراعية في الموانئ المتوسطة" - LIRE, 2019**

أجريت هذه الدراسة عام 2019 ونُشرت في المجلة الدولية لإعادة تدوير النفايات العضوية في الزراعة (International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture).

وهدفت إلى توصيف الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لحمأة الصرف الصحي الناتجة عن ثلاث محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي تقع في منطقة سهل البقاع في لبنان، وذلك بهدف تقييم مدى ملاءمتها كتعديل زراعي.

أشارت النتائج إلى أن حمأة الصرف الصحي لديها قيم تسميدية عالية ولكنها ملوثة بكل من البكتيريا الإشريكية القولونية (E. Coli)، وبكتيريا المكورات العنقودية الذهبية (Staphylococcus aureus)، وجرثومة أسينتوباكترا (Acinetobacter spp). ونتيجة لذلك، لا يمكن نشر هذه الحمأة على التربة كتعديل زراعي من دون خضوعها لمعالجة إضافية للحد من مسببات الأمراض. وفي ما يتعلق بالمعادن الثقيلة، أتت جميع المستويات أقل من الحدود التي حددها المبادئ التوجيهية اللبنانية لإعادة استخدام الحمأة في لبنان (منظمة الأغذية والزراعة، 2010). وأثر النشاط الميكروبيولوجي في جميع العينات على ثبات الحمأة، مما حد من استخدامها في الزراعة.

وتتجلى الحاجة إلى مزيد من الأبحاث لاستكشاف أثر استخدام الحمأة المحلية على التربة والمحاصيل.

**مشروع WAMA بقيادة الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ): إدارة الحمأة في تبنين (جنوب لبنان)**

كجزء من مشروع WAMA (تعزيز إدارة الموارد المائية) بقيادة الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) لتحسين إدارة الموارد المائية في لبنان (والذي يُركز على إدارة مياه الصرف الصحي)، تم إجراء دراسة جدوى لتعزيز إدارة الحمأة المنزوعة المياه والحمأة الكلسية من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في تبنين (منطقة السلطانية، محافظة النبطية). واستكشفت هذه الدراسة التي أجراها المكتب التقني للتنمية (Bureau Technique pour le Développement) سيناريوهات مختلفة لإدارة الحمأة

التي تنتجها هذه المحطة. وعلى مستوى كل سيناريو، قِيمت الدراسة الآثار الاقتصادية من حيث الاستثمار (النفقات الرأسمالية)، والتشغيل (النفقات التشغيلية)، والآثار البيئية، والمتطلبات التنظيمية. كما تم النظر في توصيف جودة الحمأة.

وبالتالي، تُوقّر الدراسة أساساً لاتخاذ قرارات مستنيرة تهدف إلى تحسينات طويلة المدى في إدارة مياه الصرف الصحي في لبنان.

تُحدّد الدراسة أربعة خيارات للتخلص من الحمأة:

- نشرها على الأراضي الزراعية كسماد.
- نشرها لاستصلاح الأراضي (مثل إعادة تأهيل مواقع التعدين، وترميم الطرقات والمُدْرَجَات (قطاع الغابات)، والمواقع المُتعرّضة لاختلالات، وما إلى ذلك).
- استعادة الطاقة من خلال الحرق في وحدات الاحتراق لإنتاج الكهرباء؛ والحرق كوقود في قمائن الأسمنت؛ أو إنتاج الغاز الحيوي لتوليد الكهرباء.
- الطمر.

وخلصت الدراسة إلى أنّ الخيار الأفضل لإدارة ومعالجة الحمأة الناتجة عن محطة المعالجة في بلدة تبنين هو تسميد الحمأة مع النفايات الخضراء البلدية واستخدام السماد المنتج كسماد للأراضي الزراعية.

### **اليونيسف: مشروع تجريبي للمعالجات الكُلّية ذات التقنيات المنخفضة في مخيمات اللاجئين في إيعات (بعلبك)**

منذ تموز/يوليو 2023، تقوم اليونيسف في لبنان بمشروع تجريبي للمعالجات الكُلّية ذات التقنيات المنخفضة لتلقي ومعالجة الحمأة البرازية من المساكن غير الرسمية في بلدية إيعات (منطقة بعلبك). حيث يتم جمع الحمأة البرازية وتجفيفها في موقع إيعات.

وبدعم من CubeX، تعد اليونيسف حالياً دراسة لتقييم نوع حلول التثمين الذي يمكن اختياره للحمأة المعالجة الناتجة عن المعالجات الكُلّية (عدة حلول ممكنة: السماد، والوقود، ومواد البناء، وما إلى ذلك). وعلى وجه الخصوص، تبحث الدراسة في إمكانية إنتاج السماد من الحمأة الناتجة عن المعالجات الكُلّية، بحيث يمكن بعد ذلك توزيعه على المزارعين/ات في بلدية إيعات، كما في غيرها من البلديات في المنطقة.

ومن المتوقع أن يتم نقل مسؤولية تشغيل نظام المعالجة الكلي هذا إلى وزارة البيئة.

وقد شارك المجتمع المحلي في إيعات بطريقة فاعلة خلال مختلف مراحل المشروع واكتسب فهماً جيداً لإمكانية إعادة استخدام الحمأة. كما أنّ التقنيين/ات الذين/اللواتي عينتهم/ن حالياً اليونيسف لتشغيل المُعالج الكلي جميعهم/ن أعضاء في المجتمع المحلي. وتؤكد تجربة بلدية إيعات على أهمية إشراك المجتمع في ضمان استدامة معالجة الحمأة البرازية وحلول تثمينها.

### **جمعية أرز الشوف (ACS): مشروع تجريبي حول "معالجة مياه الصرف الصحي وإدارة الحمأة في مستجمعات مياه نهر الباروك وروافده"**

جمعية أرز الشوف (ACS) هي المنظمة غير الحكومية المسؤولة عن محمية أرز الشوف الطبيعية، وتُرَكِّز على الحفاظ على التنوع البيولوجي والموارد الطبيعية. ومنذ تشرين الأول/أكتوبر 2022، تلقت هذه المنظمات تمويلاً من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID) لمشروع "معالجة مياه الصرف الصحي وإدارة الحمأة في مستجمعات مياه نهر الباروك وروافده" الذي تم تنفيذه بالتعاون مع وكالة DAI وبدعم تقني من شركة MORES.

يتم حالياً تفريغ الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مستجمعات مياه نهر الباروك من دون معالجة أو رقابة، مما يشكل مخاطر بيئية على المحمية. ويهدف المشروع إلى إنشاء نظام إدارة لحمأة الصرف الصحي، يتضمن عملية المعالجة والتثمين. وهناك 14 محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي تعمل بشكل جزئي في الوادي. ويستهدف المشروع محطة جديدة الشوف.

تتضمن عمليّتا المعالجة والتثمين المختارتان ما يلي:

- معالجة الحمأة من خلال التسميك، وإزالة المياه (مكبس التصفية)، والتجفيف.
- حيث يتم تحليل الحمأة المنتجة للتأكد من مطابقتها لمعايير ISO الدولية المذكورة سابقاً.
- وحدة تسميد (تقع في قرية معاصر الشوف) ممزوجة بمواد عضوية مطحونة، ومخلفات الأنشطة الزراعية المختلفة في المناطق المحيطة.

ويتم النظر في استخدامات مختلفة لهذا السماد: إعادة تأهيل التربة المتدهورة (المقالع السابقة والمطامر)، وتعديل المساحات الخضراء العامة (جوانب الطرقات والحدائق العامة)، والاستخدام الزراعي. وينطوي الخيار الأخير (الاستخدام الزراعي) على التشاور مع المزارعين/ات المحليين/ات.

يسعى المشروع إلى التخفيف من الأثر البيئي السلبي لممارسات الإدارة الحالية في ما يتعلق بالحماة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي، والمساهمة في الإدارة السليمة للنفايات الناتجة عن الغابات وغيرها من الأنشطة الزراعية. كما سيؤدي إلى التقليل من مخاطر حرائق الغابات.

#### المصادر

“Assessing the quality of sewage sludge as an agricultural soil amendment in Mediterranean habitats”, *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* (2019)

“Boues de stations d’épuration : techniques de traitement, valorisation et élimination”, AMORCE (2012)

“Sludge Treatment and Disposal, Management Approaches and Experiences”, EEA (1997)

“Dossier Suez” <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-boues>

“Dossier sur les boues de stations sur Actu Environnement” <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/traitement-boues-epuration.php4>

“Le compostage” – novembre 2015 – Fiche technique ADEME

“Épandage” – août 2016 – Fiche technique ADEME

“Méthanisation” – février 2015 – Fiche technique ADEME

“Wastewater reuse and sludge valorisation and reuse proposition for Lebanon”, FAO (2010)

“Water supply and wastewater systems master plan for the Bekaa water establishment inception report”, USAID (2013)