

تقييم معالجة مياه الصرف الصحي المعالجة وإمكانية إعادة استخدامها في

مجال الري

ياسين راطة¹، عبد القادر دواوي²

¹ طالب دكتوراه، مخبر الإنتاج الزراعي والتنمية المستدامة للموارد الطبيعية، جامعة الجيلالي بونعامة،

خميس مليانة

² أستاذ، مخبر إدارة وتثمين الزراعة والنظم البيئية المائية، المركز الجامعي مرسلبي عبد الله، تيبازة

rattayassine@gmail.com

الهدف من هذا المقال هو تقييم كفاءة محطة مياه الصرف الصحي لعين الدفلى، ودراسة إمكانية إعادة استخدامها في مجال الري من خلال معاينة المعايير الكيميائية والفيزيائية للمحطة ومقارنتها بالمعايير الدولية والمحلية. أُجريت كل التحاليل على العينات التي أُخذت قبل التصفية وبعدها على طول السنة. وقد لمسنا فعالية المحطة في التصفية من خلال نتائج التحاليل المتحصّل عليها والمتمثلة في نسبة معدل الأس الهيدروجيني السنوي المقدّر بـ 7.86، وكذلك الموصل الكهربائي 1.86 mS/cm والأوكسجين الممتص حيويًا 8.87 ملغ/ل، أما بالنسبة للأوكسجين الممتص كيميائيًا فقد قُدّر بـ 26.26 ملغ/ل. تقع كل هذه التراكيز ضمن حدود المواصفات المسموح بها في مجال الري.

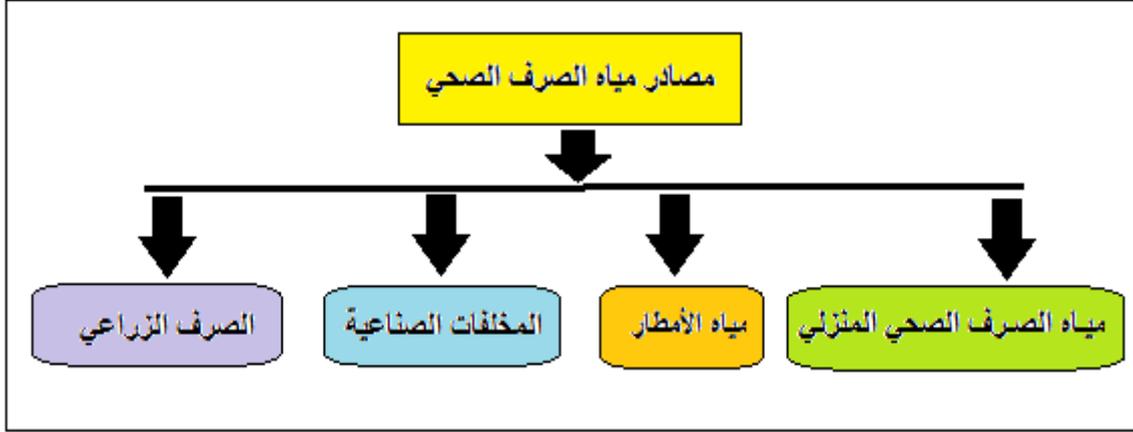
1. المقدمة

تُعدُّ الموارد المائية من أهم مقومات الحياة على كوكب الأرض وأحد أهم عوامل استمرار الحياة، كما تلعب دورا هاما في المجال البيئي وخاصة في المجال الفلاحي. شهدت معظم دول العالم تطورا ملحوظا خلال العقود الأخيرة، وأدى ازدياد عدد السكان إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه، حيث بات النقص في موارد المياه مشكلا لا يُختصر في الشرب فقط بل في عدة مجالات أخرى، خاصة في مجال الري. أدى ذلك إلى البحث عن حلول لتحقيق الاكتفاء والقضاء على هذا العجز الملحوظ، عبر التفكير في تنوع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بطرق مختلفة، حيث درس العديد من الباحثين إمكانية إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة. يرتبط تقييم عمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي بشكل كبير بكفاءة تقنيات عمل وحدات المعالجة، وكذلك بمواصفات المياه التي خضعت للمعالجة في هذه الوحدات، ويتم ذلك عادة بأخذ عينات للحصول على المعلومات اللازمة لتشغيل مختلف الوحدات حسب تراكيز ونوعية مياه الصرف الواردة إلى المحطة. بالرغم من التغيرات المناخية الفصلية والسنوية في تراكيز المؤشرات المدروسة الخاصة بمياه المعالجة الناجمة عن المحطة والموجهة مباشرة لواد شلف، فقد خلصت هذه الدراسة إلى أنها تتوافق مع المعايير العالمية والدولية المنصوص عليها، سواء مياه الصرف الصحي المعالجة المطروحة في الوسط البيئي أو تلك التي تستعمل في مجال الري، وهذا راجع إلى تصميم منشآت المعالجة الخاصة بالمحطة وطريقة التشغيل المناسب لها.

2. الجزء النظري

1.2. مصادر مياه الصرف الصحي

تنتج مياه الصرف الصحي أساساً عن المخلفات السائلة المنزلية الناتجة عن المباني السكنية، وعن المخلفات السائلة الناتجة عن بعض الصناعات الخفيفة كالصناعات الغذائية، بالإضافة إلى مياه الرشح ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة. [11]



الشكل 1. أهم مصادر مياه الصرف الصحي

2.2. مهام محطة معالجة مياه الصرف الصحي

محطة معالجة مياه الصرف الصحي هي عبارة عن مجموعة من الآليات لغرض إزالة الملوثات العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي مع فصل الشوائب الصلبة، بحيث يمكن تصريفها دون الإضرار بالبيئة والصحة العامة أو إعادة استعمالها مرة أخرى في مختلف المجالات بشكل آمن.

3.2. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي

تخضع مياه الصرف الصحي بشكل عام إلى عدة مراحل من أجل التخلص من أكبر نسبة ممكنة من الملوثات ومن بينها [4]:

- مرحلة المعالجة الابتدائية (التمهيدية): إزالة بعض المكونات الصلبة ذات الأحجام الكبيرة والمتوسطة من مياه الصرف الصحي، مثل البلاستيك والخشب والمواد القابلة للطفو والرمال.
- مرحلة المعالجة الأولية (البيولوجية): إزالة الجزء الأكبر من المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي.
- مرحلة المعالجة الثانوية (المتقدمة): إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي عن طريق الكائنات الحية كالبكتيريا وغيرها.
- مرحلة المعالجة الثلاثية (المتقدمة): إزالة بقايا المواد العالقة وبقايا المواد الصلبة التي لا تزال متواجدة بعد المراحل السابقة. كما تشمل المعالجة الثلاثية أيضاً إزالة جميع المغذيات كالنيتروجين والفوسفور.



الشكل 2. أهم التقنيات المستخدمة في كل مستوى من مستويات المعالجة

3. الجزء العملي

1.3. الموقع الجغرافي لمحطة المعالجة المدروسة

تقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي لبلدية عين الدفلى شمال الولاية وعلى بعد 145 كلم جنوب غرب الجزائر العاصمة، وتتواجد في الجهة الشرقية للبلدية. تم تشغيل هذه المحطة في أبريل 2007، وتقوم بالتصفية عن طريق استخدام "الحماة منخفضة الحمولة المنشطة" بسعة 50000 Eq/h، وتدفق قدره 12900 م³/يوم. صُممت المحطة من أجل معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية الناجمة عن مدينة عين الدفلى وحماية وادي الشلف الذي يُعدّ نقطة تصريفها النهائية. وحسب الإحصائيات يُقدّر عدد سكان مدينة عين الدفلى عام 2013 بـ 74293 نسمة أي بكثافة قدرها 798.4 نسمة لكل كلم² وبمعدل نمو سكاني يقدر بـ 2.3%.



الشكل 3. الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

2.3. جمع العينات وطرق القياس

أُخذت العينات بشكل دوري بدءاً من شهر جانفي 2017 إلى غاية شهر ديسمبر من السنة ذاتها، مع أخذ قيمة وسطية للتأكد من النتائج. أُخذت العينات الشهرية من موقعين مختلفين هما:

- الموقع الأول: مدخل محطة المعالجة قبل التصفية (N0)؛
 - الموقع الثاني: المخرج النهائي للمحطة بعد التصفية (N1).
- جُمعت العينات في عبوات بلاستيكية وزجاجية من نوع البولي إيثيلين سعة كل منها 1 لتر، نظيفة ومغسولة بالماء المقطر، مع تثبيت بطاقة لاصقة على كل عبوة مكتوب عليها: اسم العينة؛ التاريخ؛ وموقع أخذ العينة. بعد ذلك تُجمع العينات وتُنقل بواسطة حاوية مبردة إلى المخبر لإجراء التحاليل خلال فترة لا تتجاوز 24 ساعة، حيث تجرى جميع التحاليل وفق الطرق القياسية المعتمدة عالمياً لتحليل مياه الصرف الصحي. [1]، [12]
- من أجل قياس تركيز الأكسجين المنحل (pH) وتراكيز الموصل الكهربائي CE وكذلك درجة حرارة الماء T° ، قمنا باستخدام جهاز WTW3240 صنع شركة ألمانية.
 - من أجل قياس تركيز المواد الصلبة العالقة (MES) اتبعنا طريقة AFNOR, NF EN 872 باستخدام أوراق الترشيح ذات مسامات جد صغيرة (47 ميكرومتر).
 - من أجل قياس تركيز الأكسجين الممتص حيويًا (DBO_5) اتبعنا طريقة ISO;5815-1989.
 - من أجل قياس تركيز الأكسجين الممتص كيميائياً (DCO) اتبعنا طريقة الأكسدة مع زيادة ثنائي كرومات البوتاسيوم في الوسط الحمضي.

4. النتائج والمناقشة

يبين الجدول 1 النتائج الوسطية لقياس بعض التراكيز المنحلة في المياه عبر المدخل ومخرج مياه الصرف الصحي المعالجة.

الجدول 1. نتائج التراكيز المنحلة في مياه الصرف الصحي غير المعالجة والمعالجة

مدخل محطة المعالجة قبل التصفية (N0)						المخرج النهائي للمحطة بعد التصفية (N1)						المكان
MES	DBO5	DCO	T	PH	Cond	MES	DBO5	DCO	T	PH	Cond	العناصر
مغ/ل	مغ/ل	مغ/ل	C°	-	ms/cm	مغ/ل	مغ/ل	مغ/ل	C°	-	ms/cm	الوحدات
215,60	180,00	223,75	15,03	7,59	1,87	13,76	4,60	23,40	13,68	7,58	1,87	جانفي 2017
536,25	183,75	402,50	16,41	7,82	13,62	18,75	6,78	27,73	15,66	7,70	1,96	فيفري 2017
249,25	185,00	342,75	17,72	7,86	2,02	10,56	6,08	25,68	17,32	7,88	1,95	مارس 2017
227,33	161,67	520,67	19,85	7,88	2,49	32,33	20,73	29,20	19,65	7,85	1,98	أفريل 2017
202,40	251,75	278,48	22,07	7,84	2,08	16,30	7,65	34,50	21,98	7,83	1,98	ماي 2017
174,00	191,25	368,25	25,33	7,78	1,83	16,80	8,95	34,43	25,27	7,75	1,84	جوان 2017
252,50	242,25	477,25	26,91	7,80	2,02	19,25	7,20	33,30	27,28	9,25	1,91	جولية 2017
310,00	258,20	482,20	27,55	7,74	1,93	13,32	9,38	29,46	28,63	7,76	1,78	أوت 2017
181,00	269,25	367,75	25,62	7,82	2,01	15,23	15,60	32,65	25,32	7,74	1,76	سبتمبر 2017
202,75	197,50	399,50	22,80	7,85	1,97	17,94	9,33	28,08	21,50	7,80	1,90	أكتوبر 2017
131,67	195,33	292,33	18,66	7,83	1,85	13,37	4,30	26,00	18,21	7,61	1,74	نوفمبر 2017
284,75	232,75	374,75	15,39	7,90	1,82	15,43	5,88	26,78	15,15	7,60	1,72	ديسمبر 2017

1.4. تراكيز التلوث في مياه الصرف الصحي

أظهرت نتائج الدراسة ارتفاعاً في محددات التلوث في المياه الواردة إلى المحطة كما هو موضح في الجدول 1. كما تعكس هذه التراكيز خطورة تصريف المياه في وادي الشلف بدون معالجة، لأن المشكلة تتفاقم مع انخفاض تدفق منسوب الوادي. لذلك كان إنشاء هذه المحطة ضرورياً حفاظاً على الوسط البيئي وخاصة وادي الشلف. إن التراكيز التي سجلها الأس الهيدروجيني تتراوح ما بين 7.59 و7.60، أما بالنسبة إلى الوصل الكهربائي فهي تتراوح ما بين 1.82 و13.62 ms/cm. علماً أن هذه القيم ضرورية لنشاط البكتيريا الهوائية في عمليات التهوية، خاصة منها الأس الهيدروجيني، إضافة إلى تقليل التآكل في المعدات المعدنية للمحطة [9] أو الأوساط البيئية الأخرى. أما درجات الحرارة فقد تراوحت بين 15.03 و27.55 درجة مئوية (الجدول 1)، وهي لا تتعدى 30 درجة كقيمة قصوى مسموح بها حتى لا يكون هنالك تأثير على التفاعلات الكيميائية. تراوحت القيم التي سجلتها دراسة الأكسجين الممتص حيويًا ما بين 161.67 و269.25 ملغ/ل، وقيم الأكسجين الممتص كيميائياً ما بين 223.75 و520.67 ملغ/ل. أما المواد الصلبة العالقة فكان مداها ما بين 131.67 و536.255 ملغ/ل (الجدول 1).

مقارنة هذه التراكيز مع القيم المسموح بها في الوسط الطبيعي أو حتى تلك التي تستعمل في مجال الري تعكس مدى أهمية معالجة مثل هذه المياه قبل تصريفها. تُمثل التراكيز العالية من DBO وDCO قيمة المواد العضوية التي تستهلك الأكسجين الذائب والذي يؤدي إلى هجرة وموت الأحياء المائية [6]. بالإضافة إلى ذلك فإن التراكيز العالية للمواد الصلبة العالقة تجعل المياه غير صالحة للاستخدام نتيجة قتلها للأحياء المائية غير القادرة على تحمل الأوساط العكرة.

2.4. تراكيز مياه الصرف الصحي المعالجة وكفاءة المعالجة

يبين الجدولان 1 و2 قيم التراكيز للمحددات المدروسة للمياه الواردة للمحطة (NO) والمياه المعالجة (N1) ونسب كفاءة المعالجة والتي قُدِّرت حسب المعادلة الآتية

$$\% = \left\{ \frac{\text{المعدل السنوي لتركيز المحدد للمياه غير المعالجة (NO)} - \text{المعدل السنوي لتركيز المحدد للمياه المعالجة (N1)}}{\text{المعدل السنوي لتركيز المحدد للمياه غير المعالجة (NO)}} \right\} * 100$$

إن التراكيز التي سجلها الأس الهيدروجيني في مياه الصرف الصحي المعالجة تتراوح ما بين 7.58 و9.25، وهذه التغيرات في التراكيز ناتجة عن المياه القاعدية الغنية بالبيكربونات ووسائل التنظيف وطريقة المعالجة في المحطة حسب الفصول، وكذلك نتيجة طبيعة زيادة بعض المحددات التي تزيد من القاعدية أثناء المعالجة مثل النترات. كما تُعدّ هذه التراكيز مناسبة لإعادة استخدام هذه المياه في مجال الري (6.5-8.5). [2]، [7]، [10] أما بالنسبة إلى تراكيز الوصل الكهربائي فهي تتراوح ما بين 1.72 و1.98 ms/cm، وهي تلعب دوراً رئيسياً في تحديد جودة مياه الصرف الصحي المعالجة، حيث تعكس درجة التمعن الكلي وتُخبرنا عن معدل الملوحة. تظل هذه القيم أقل من القيمة الحدية لنوعية مياه الري التي تقل عن 3 ms/cm المحددة في [7]. كما أن قيم هذه التراكيز لا تسبب أي خطر على الخصائص الفيزيائية للتربة [2]. أما درجة الحرارة فقد تراوحت بين 13.68 و28.63 درجة مئوية (الجدول 1)، وهي لا تتعدى 30 درجة كقيمة قصوى مسموح بها، حيث أن درجة حرارة مياه الري التي تزيد عن 15 درجة مئوية تساعد في تطوير الكائنات الحية الدقيقة. [12] تراوحت القيم التي سجلتها دراسة الأكسجين الممتص حيويًا ما بين 4.3 و20.73 ملغ/ل، وقيم الأكسجين الممتص كيميائياً ما بين 23.4 و35.5 ملغ/ل. أما المواد الصلبة العالقة فكان مداها ما بين 10.56 و32.33 ملغ/ل (الجدول 1). نلاحظ أن قيم كل من DBO₅ وDCO وMES تتوافق مع معايير التصريف عند مخرج المحطة الموصى

بها من قبل الجريدة الرسمية الجزائرية لسنة 2006، وأقل من القيم المسموح بها لمياه الري لمنظمة الأغذية والزراعة لسنة 1988. إلا انه مع ارتفاع هذه التراكيز المتمثلة في شكل مادة عضوية (DBO5 وMES) فقد تتأثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة المسقية بتلك التراكيز العالية [10].

فُدرت كفاءة التخفيض الخاصة بالأكسجين الممتص حيويًا بنسبة 95.82% وهي بحدود 92.25% بالنسبة للأكسجين الممتص كيميائيًا. أما بالنسبة للمواد الصلبة العالقة فُدرت بنسبة 93.16%، وهي كفاءة جيدة إذا ما قورنت بالتراكيز التي سُجلت في مدخل المحطة قبل التصفية (N0). وقد تراوحت كل هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها في الوسط البيئي أو إعادة استعمالها في مجال الري وفقًا لشروط وخصائص محددة، سواء تلك التي لها علاقة بالتربة أو طريقة الري. وقد يعزى ارتفاع كفاءة المحطة إلى قدرتها على التحميل الزائد للملوثات المتواجدة في مياه الصرف الصحي الخاص بالمنطقة. [3] كما أكدت بعض الدراسات أن محطات المعالجة التي تعمل بنظام الحمأة النشطة تُعدّ من أفضل محطات المعالجة للمياه الصرف الصحي مقارنة مع الأنظمة الأخرى. [8]

الجدول 2. نتائج الكفاءة لمحطة المعالجة

MES	DBO5	DCO	T	Cond	العناصر
247,29	212,39	377,52	21,11	2,96	مدخل محطة المعالجة قبل التصفية (N0)
16,92	8,87	29,27	20,80	1,87	المخرج النهائي للمحطة بعد التصفية (N1)
93,16	95,82	92,25	1,46	36,95	الكفاءة (%)

5. الخلاصة والتوصيات

من خلال البحث الذي أجريناه عن طريق دراسة البحوث السابقة أو عن طريق المتابعة الميدانية، توصلنا إلى أنه مع التغيرات المناخية الملحوظة خلال الآونة الأخيرة وندرة المياه العذبة، يمكننا اللجوء إلى استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة عن طريق محطات المعالجة. فنتائج تراكيز المياه المعالجة المدروسة والتي لا تتعدى القيم المسموح بها، سواء تلك القيم الخاصة بالري أو تلك التي يمكن تصريفها في الوسط البيئي كالمجري المائية السطحية، تؤكد كفاءة جيدة للمحطة على وجه العموم. أما التوصيات والاقتراحات التي يمكن تقديمها فهي:

- تطوير محطة معالجة مياه الصرف الصحي المدروسة مع مرور الوقت نتيجة التزايد النمو الديموغرافي؛
- إضافة بعض وحدات المعالجة للمحطة؛
- عدم دمج مياه الصرف الصحي الخاصة بالمؤسسات الصناعية مع المحطة إلا إذا توقرت معدات أخرى للمحطة من أجل تصفية هذه الملوثات؛
- إجراء دراسات أخرى في مجالات مختلفة من أجل استكمال هذا البحث.

المراجع

- [1] Afnor, Qualité des sols, échantillonnage, méthode de prélèvement d'échantillon de sol pour analyse physico-chimique en vue d'une interprétation agronomique (NF x31 100.Paris), 1996.
- [2] Ayers, R.S. & Westcot, D.W., Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome, 1985.
- [3] Edokpayi, J.N., Odiyo, J.O., Msagati, T.A. & Popoola, E.O., Removal Efficiency of Faecal Indicator Organisms, Nutrients and Heavy Metals from a Peri-Urban

- Wastewater Treatment Plant in Thohoyandou, Limpopo Province, South Africa, International Journal of Environmental Research and Public Health, 12 (7), 7300-7320, 2015.
- [4] FAO, User Manual for Irrigation with Treated Wastewater, FAO Regional Office for the Near East, 2003.
- [5] Hillel, D., Introduction to Environmental Soil Physics, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 2004.
- [6] E.M. Hodnet and J. Tai . Antitumor activities and rates of hydrolysis of Schiff bases. J. Med. Chem., 14, 115(1971).
- [7] Journal Officiel de La République Algérienne, Annexe, spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, N° 41, p. 18-21, 2012.
- [8] Patel, S.K., Rajor, A., Jain, B.P. & Patel, P., Performance Evaluation of Effluent Treatment Plant of Textile Wet Processing Industry: A Case Study of Narol Textile Cluster, Ahmedabad, Gujarat. Performance Evaluation 2 (4), 2013.
- [9] Pati, S., The Chemistry of Carbon Nitrogen Double Bonds, John Wiley & Sons Ltd, New York, 1970.
- [10] Pescod, M. B. Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, FAO, Rome, 1992.
- [11] Ramade, F., Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international, 2000.
- [12] Rodier, J., L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod, Paris, 1996.

