



المشروع الإقليمي
التكيف مع ظاهرة التغير المناخي في البيئات الهامشية لمنطقة غرب آسيا وشمال أفريقيا
من خلال التنوع المستدام للمحاصيل والثروة الحيوانية

الاستعمال الآمن للمياه المستعملة المعالجة في القطاع الزراعي في تونس



تمويل المشروع
الصندوق الدولي للتنمية الزراعية والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي
بمساهمة من البنك الإسلامي للتنمية وصندوق الأوبك للتنمية الدولية



المقدمة

يعد استخدام المياه المستعملة المعالجة في تونس جزء من الإستراتيجية الوطنية لتعبئة واستغلال المياه حيث أنه يساهم في حماية الوسط الطبيعي وديمومة الإنتاج الزراعي والاقتصاد في المياه التقليدية والتوسع في المساحات المرورية. كما يساهم في الحد من تسرب المياه المالحة إلى المياه الجوفية الساحلية وذلك باستخدام تقنية التغذية الاصطناعية للموائد المائية بالمياه المستعملة المعالجة. من جهة أخرى، يؤمن عناصر غذائية للتربة والنبات وبالتالي التقليل من إجمالي احتياجات الأسمدة الكيميائية وازدياد العائدات الاقتصادية للفلاحين. غير أن هذه النوعية من المياه تحتوي على بعض المخاطر نظراً لما تحتويه من أملاح وعناصر معدنية نادرة وجراثيم مما يستلزم استعمال ملائم حسب مواصفات وشروط محددة. ونظراً لتزايد الكميات المتاحة من المياه المعالجة وحرصاً على تأمينها، شرعت الدولة منذ عدة سنوات في استغلال هذه المياه وذلك بإحداث مناطق سقوية ومناطق خضراء وملاعب صولجان وذلك كلما توفرت الجدوى الاقتصادية والفنية والبيئية والاجتماعية.

1- موارد المياه المستعملة المعالجة في تونس

تتأتى المياه المستعملة بنسبة 90% من الاستهلاك المنزلي بالمدن ، حيث توجد محطات المعالجة ، وبنسبة ضئيلة من المناطق الصناعية ، حيث أن أكثر من 50% من هذه الكميات متأتية من مدينة تونس وضواحيها. وتقدر كميات المياه المستعملة المعالجة بحوالي 240 مليون متر مكعب (م³) في سنة 2012 (حوالي 6% من الموارد المائية الإجمالية المعبئة). ويتوقع أن تصل كمية المياه المعالجة سنة 2026 ضعف الكمية الحالية أي حوالي 10% من الموارد المائية الجمالية المعبئة. لكن يظل استغلال المياه المعالجة ضعيفاً، إذ أن حوالي 70% من هذه المياه تصرف إلى البحر والأودية والباقي يتم استعماله في أغراض مختلفة منها الزراعة وري ملاعب الصولجان والمناطق الخضراء وتغذية الموائد الجوفية. تبلغ مساحة المناطق المرورية بالمياه المعالجة حوالي 9400 هكتار موزعة كما يلي: مناطق سقوية: 8100 هك، ملاعب صولجان: 900 هك، مساحات خضراء: 400 هك.

تتأتى المياه المعالجة من 112 محطة متواجدة بجميع المدن والقرى. ويُعتمد في معالجة المياه بأغلب محطات التطهير على تقنيات المعالجة الثانوية. كما تخضع نوعية المياه المعالجة إلى مراقبة منتظمة ومستمرّة من طرف الديوان الوطني للتطهير وكذلك الهياكل الأخرى المتدخلة (الوكالة الوطنية لحماية المحيط، إدارة حفظ صحة الوسط وحماية المحيط، المندوبيات الجهوية للتنمية الفلاحية).

من ضمن محطات المعالجة، 27 محطة أي حوالي الربع تنتج حوالي 143 م³ (أبويل 2008) قابلة للاستخدام الزراعي. كما أن حوالي 40 م³ فقط أي حوالي 17% من الكمية الإجمالية المعالجة، يمكن استعمالها نظراً لمنشآت التوزيع التي أقيمت في 25 منطقة مروية. قدرت الكمية التي وزعت خلال موسم 2011-2012 بحوالي 17 م³ والتي تمثل 37% من الكمية المخصصة للمناطق المروية (40 م³) أي حوالي 7% من الكمية الجمالية للمياه المعالجة. تطوّرت طاقة الاستغلال في الميدان الفلاحي كلما كانت المياه المعالجة مطابقة للمواصفات الصحية والبيئية الموضوعة للغرض. من ذلك، ارتفعت مساحة المناطق السقوية من 1200 هك سنة 1965 إلى حوالي 8100 هك سنة 2009. تتراوح نسبة التكتيف الزراعي حوالي 28% حالياً. من جهة أخرى، توزعت المساحات المزروعة في هذه المناطق خلال موسم 2011-2012 كما يلي : الأشجار المثمرة والأعلاف (حوالي 55%)، الحبوب (12%)، زراعات أخرى كالحنة ودوار الشمس (30%) والتبغ (3%).

2- أهم النتائج

- في إطار مشروع الاستعمال الآمن للمياه المستعملة بالمعالجة بتنسيق المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة و المركز الدولي للزراعة الملحية، تم اختيار مواقع لها خصوصيات مختلفة:
- محطة البحوث الزراعية بنابل حيث تتوفر المياه المستعملة بالمعالجة المتأتية من محطة تطهير متوسطة الحجم (حوالي 100.000 ساكناً). شرع في استغلال المياه المعالجة في تلك المنطقة منذ العام 1984.
 - المنطقة المروية بالمياه المعالجة السبالة – برج الطويل المحاذية لمدينة تونس والتي تمثل أكبر منطقة مروية بالبلاد التونسية، إذ تقدر بحوالي حوالي 3200 هك من مجموع 8100 هك مروية أي حوالي 40%. تشكو هذه المنطقة من نقص في استغلال المياه المعالجة. تتأتى المياه من محطة معالجة كبيرة لحوالي 500.000 ساكناً. شرع في استغلال المياه سنة 1989.
 - قطعة من أراضي مالحة منغوقة تم تهيئتها بجانب محطة معالجة صغيرة لقرية قلعة الأندلس لحوالي 5000 ساكناً. تصرف المياه المستعملة بعد المعالجة إلى البحر.

2-1 تأثير الري بالمياه المعالجة على بعض الأشجار المثمرة

2-1-1 تأثير الري بالمياه المعالجة على البرتقال

تم اختبار صنفان من الحمضيات: مالطي وكليمانتين تختلف حسب العمر ومدة الري بالمياه المعالجة بالمقارنة مع الري بالمياه الجوفية.

- بالنسبة للحمضيات صنف مالطي (الصورة 1): لوحظ ارتفاع دون دلالة احصائية للكلوروفيل (أ) وخاصة الكلوروفيل (ب) والكلوروفيل الإجمالي في أوراق الشجر المروي بالمياه المعالجة. رغم ارتفاع وزن البرتقال عند ريه بالمياه المعالجة، إلا أن الجزء المستهلك ينخفض وبالتالي يزداد فقط سمك قشرة البرتقال المروي بالمياه المعالجة. لا تظهر فروق ذات دلالة إحصائية في حموضة عصير البرتقال المروي بالمياه المعالجة بالمقارنة مع عصير البرتقال المروي بمياه البئر. ينخفض مؤشر الفرمول الذي يعكس تركيز الأحمضة الأمينية في العصير عند الري بالمياه المعالجة مما يعني نقصاً في تركيز هذا العنصر. لا يختلف الراسب الجاف مع نوعية ماء الري. أخيراً، يرتفع مقدار الفيتامين (س) تحت الري بالمياه المعالجة.
- فيما يخص الحمضيات صنف كليمانتين ، ينخفض وزن الثمار عند الري بالمياه المعالجة فيما يشابه الخصائص الأخرى للثمار عند الري بالمياه المعالجة والري بمياه البئر. وكذلك ينخفض المستخلص الجاف ويرتفع مقدار فيتامين (س) عند الري بالمياه المعالجة بالمقارنة مع الري بمياه البئر.



الصورة 1: حمضيات صنف مالطي مروية بالمياه المستعملة المعالجة – محطة التجارب بواد سوحيل، نابل

2-1-2 تأثير الري بالمياه المعالجة على الرمان

يؤدي الري بالمياه المعالجة إلى ارتفاع حجم الثمار ووزنها والجزء القابل للأكل وكمية العصير مقارنة بالثمار المتأتية من أشجار مروية بالمياه الجوفية. بينما تتشابه حموضة العصير لكلا النوعين من المياه. من جهة أخرى، تنخفض نسبة الفورمول والفيتامين (س) والمستخلص القابل للذوبان في الثمار المروية بالمياه المعالجة مقارنة بالثمار المروية بالمياه الجوفية. أخيراً، لم يظهر أي فرق للعناصر الغذائية والمعادن الثقيلة (الصورة 2).

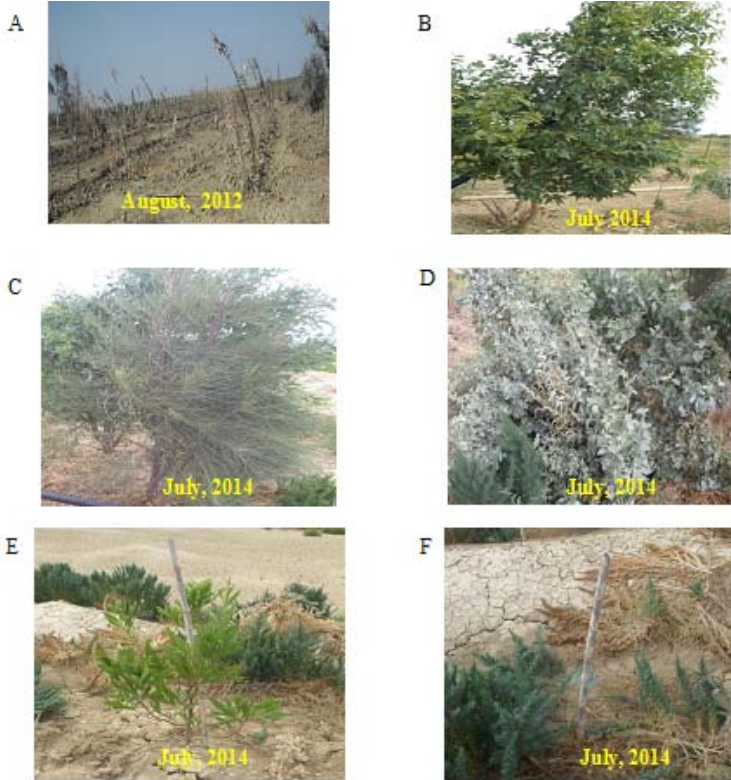


الصورة 2: شجر رمان مروى بالمياه المستعملة المعالجة –
محطة التجارب بواد سوحيل، نابل

2-1-3 تثمين المياه المعالجة في أراضي شديدة الملوحة والتغدق بغراسات غابية

تم تنفيذ هذه التجربة في إطار البحث عن بدائل لتثمين المياه المعالجة واستصلاح أراضي مالحة متغدقة عن طريق تهيئة قطعة محاذية لمحطة التطهير بقلعة الأندلس ورفع التربة على حوالي 1 م فوق السطح. تتميز التربة بملوحة مرتفعة ومائدة قريبة من السطح شديدة الملوحة. غرست 6 أصناف غابية وهي: الكينا (*Eucalyptus gomphocephala*) والطرف (*Casuarine glauca*) والصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis*) والقطف (*Atriplex nummularia*) والسرو (*Cupress sempervirens*) والأكاسيا (*Acacia cyanophylla*). وبعد حوالي سنة بعد غرسها، أظهرت بعض الأصناف عدم قدرتها على التأقلم مع محيطها مما أدى إلى موتها. شمل هذا خاصة الصنوبر الحلبي. كما يتميز صنفا الكينا

والسرو بعدم التأقلم. ويعد صنف القطف أكثر الأصناف مقاومة للملوحة. من جهة أخرى، لوحظ تأثير إيجابي للري بالمياه المستعملة المعالجة على نمو الأشجار بدون أي تراكم للعناصر المعدنية. بالتالي، يمكن تثمين المياه المعالجة لحوالي 85 محطة من بين 112 محطة في مرحلة أولية في غراسات غابية لا تستلزم نوعية ممتازة لمياه الري (الصورة 3).



الصورة 3: شجيرات غابية مروية بالمياه المستعملة المعالجة -
قطعة التجارب بقلعة الأندلس

A: الغرس :B: أكاسيا :C: الطرف :D: القطف :E: أكاسيا :F: الصنوبر
الجليبي

2-2 التأثير طويل الأمد لاستخدام الأسمدة الكيماوية تحت الري بالمياه المعالجة

يتم منذ ما يزيد على 20 سنة، الري بالمياه المعالجة وكذلك استخدام الأسمدة الكيماوية بالمنطقة المروية بواد سوحيل. من خلال دراسة ميدانية، تبين جلياً ارتفاع نسب النيتروجين بمياه الآبار مما يدل على تلوث المياه الجوفية مما أدى بدوره إلى ارتفاع نسب النترات في الأتربة مهما كان مصدر ماء الري وكميات التسميد العضوي وعمق التربة. يعود هذا الوضع إلى الاستخدام غير الرشيد للأسمدة الكيماوية عموماً وخاصةً تحت الري بالمياه المعالجة.

2-3 تأثير طرائق الرّي الزراعي باستعمال المياه المستعملة المعالجة على التربة

تؤثر طرائق الري على توزيع الأملاح والعناصر الكيماوية في التربة وفي المحاصيل. استخدمت أربع تقنيات ري هي:

• الري السطحي

• الري بالرش

• الري بالتنقيط السطحي

• الري بالتنقيط تحت السطحي

وتم تطبيق هذه التقنيات على نوعين من الأتربة:

• طينية متآتية من السبالة – برج الطويل

• رملية مبنّية من محطة التجارب بنايل

بينت هذه التطبيقات ارتفاعاً ذو دلالة إحصائية في الملوحة تحت الري بالتنقيط سواء فوق سطح الأرض أو تحت السطح بالمقارنة مع الري السطحي أو الري بالرش. فيما يخص العناصر الثقيلة في التربة، لا يبدو من خلال النتائج الأولية وجود تأثير ذو دلالة لطرائق الري عكس قوام التربة حيث ترتفع نسب بعض المعادن في التربة الطينية فقط (النحاس، المنغنيز، الحديد، الرصاص، النيكل).

2-4- الجوانب الصحيّة للري بالمياه المستعملة المعالجة

2-4-1- التلوث الجرثومي

2-4-1-1- التلوث الجرثومي للمياه المعالجة

أجريت دراسة الجوانب الجرثومية للمياه المستعملة المعالجة في كل من المنطقة المروية بنايل وبالسبالة – برج الطويل واهتمت بنوعية هذه المياه وتأثير استخدامها في الري على التلوث الجرثومي للمائدة الجوفية ونوعية المنتجات الزراعية. كما شملت الدراسة بمحطة التجارب بواد سوحيل – نابل اختبار التغذية الاصطناعية للمائدة المائية بالمياه المعالجة.

أظهرت التحاليل التي أجريت خلال مدة المشروع أن المياه المعالجة المستخدمة في الري بهاتين المنطقتين وخصوصاً نسبة تواجد البكتيريا الذالة على تلوث غائطي في المياه المعالجة كانت عادية. من ناحية أخرى، لوحظ أن مستوى التلوث البكتيري للمياه متقارباً جداً وأن نوعية البكتريولوجية لهذه المياه لا تختلف كثيراً عن جودة المياه في حقول المزارعين بتلك المناطق مما يعني أن المياه المعالجة لا تتغير خاصياتها البكتريولوجية بصفة ملحوظة أثناء نقلها من محطات التطهير إلى حقول المزارعين.

تحتوي المياه المستعملة قبل معالجتها نسب مرتفعة من البكتيريا الذالة على تلوث غائطي. بعد عملية التصفية، لوحظ تحسن طفيف لنوعية المياه غير أن عدد بكتيريا القولون البرازية يظل أكثر من 1000 بكتيريا في 100 مل مما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمال الزراعي غير المشروط اعتماداً على توصيات منظمة الصحة العالمية.

سجلت أعلى نسب لإزالة الجراثيم في محطة قلعة الأندلس التي تعتمد المعالجة عبر أحواض التهوية وهو أسلوب معروف بنجاحته في القضاء على الكائنات الدقيقة مقارنة بسائر الأساليب التي تتم فيها معالجة المياه خلال بضع ساعات كأسلوب الحمأة المنشطة الذي يعتمد في محطة المعالجة بنابل. يزيل أسلوب الحمأة المنشطة عادة حوالي 90-99% من بكتيريا القولون البرازية المتواجدة بالمياه المستعملة ولكن في محطة نابل تراوحت نسب إزالة مختلف المجموعات حوالي 88-90.4% نتيجة قدم المحطة التي تعود إلى سنة 1979 وتعالج حالياً 140% من طاقة استيعابها مما ينعكس سلباً على نجاعة عملية التصفية وجودة المياه المعالجة.

2-1-4-2 التلوث الجرثومي للمياه الجوفية

بمنطقة السبالة، لوحظ أن مستوى تلوث المياه ببكتيريا *E. coli* يشهد فترة ارتفاعاً ليبلغ حداً أقصى خلال الربيع في بعض الأماكن، أما الأغلبية فتشهد أقصى تلوث بكتيري خلال الصيف أي أثناء موسم الري حيث وصل إلى 110000 جرثومة في 100 مل وذلك خلال شهر أغسطس 2011. وتتراوح الحدود القصوى لتلوث المياه في الصيف ما بين 4300 وبين 15000 بكتيريا في 100 مل. وتكون نوعية المياه، ما عدا الفترة التي يرتفع فيها مستوى التلوث البكتيري، إما مستقرة ذات حمولة بكتيرية منخفضة نسبياً وإما عرضة لبعض التغيرات دون اتجاه محدد. قد يعود ارتفاع درجة تلوث مياه المائدة خلال الصيف نتيجة الري بالمياه المعالجة، إذ أن هذه المائدة قريبة من السطح وبالتالي، يمكن أن تحمل مياه

الري المتسربة إلى المائدة شحنة من البكتيريا. أما ارتفاع درجة التلوث البكتيري خلال الربيع أي آخر موسم الأمطار فقد يرجع إلى غسيل التربة.

بواد سوحيل، تمت متابعة نوعية مياه المائدة من خلال بعض الآبار على امتداد ثلاث سنوات. لم يلاحظ تلوث غائبي شديد إذ أن عدد بكتيريا القولون البرازية يتراوح بين 87 وبين 850 بكتيريا في 100 مل، في حين يتراوح عدد العقديات البرازية (*Faecal streptococci*) بين 132 وبين 860 بكتيريا في 100 مل. تفسر هذه النتائج بعمق المائدة المائية التي توجد على مسافة 14 م تحت سطح الأرض وكذلك بالنوعية الرملية للتربة في النطاق غير المشبع التي تلعب دور المصفاة بالنسبة للجراثيم فتبقى هذه الأخيرة عالقة بالطبقة السطحية حتى تندثر بعد مدة زمنية تختلف باختلاف العوامل المناخية.

2-4-1-3 التلوث الجرثومي لثمار بعض الأشجار

في هذا الإطار، تمت مراقبة الجودة البيولوجية لمحاصيل حقول الرمان والحمضيات بالمحطة التجريبية بواد سوحيل.

الرمان: تتميز الثمار التي جمعت من الأشجار بجودة عالية إذ أن بكتيريا القولون البرازية (*Fecal coliforms*) غير متواجدة تماماً على ثمار الرمان حتى وإن وجدت هذه الثمار على مسافة قريبة جداً من الأرض. فيما يخص الثمار التي جمعت من تحت الأشجار، يبرز تلوث بكتيري أعلى بقليل من ذلك عند الثمار التي جمعت مباشرة من الأشجار ولكن نسبة التلوث تظل منخفضة إذ أن عدد بكتيريا القولون (*Total coliform*) لم يتجاوز 15 بكتيريا في الغرام الواحد في حين أن بكتيريا *E. coli* متواجدة بأعداد منخفضة جداً (أقل من 5 في الغرام). ورغم أن التلوث البكتيري للثمار المجموعة من الأرض لم يرتفع إلى حدود تنبأ بالخطر ، فإن تطبيق القوانين الصادرة في هذا المجال والتي تحجر تسويق واستهلاك هذه الثمار يظل أحسن إجراء يمكن من الحفاظ على صحة المستهلكين من كل الأخطار وإن كانت ضعيفة الاحتمال.

الحمضيات: شملت الدراسة الجودة البكتريولوجية لثمار البرتقال صنف مالطي وصنف كليمنتين. أظهرت التحاليل جودة بكتريولوجية عالية للثمار إذ أن معدلات أعداد البكتيريا منخفضة جداً بغض النظر عن المسافة التي تفصل الثمار عن سطح الأرض. لم تتواجد بكتيريا القولون وبكتيريا القولون البرازية على ثمار البرتقال في حين أن بكتيريا الستربتوكوك البرازي متواجدة بأعداد منخفضة جداً أي أقل من بكتيريا واحدة في الغرام.

من المعروف أن بكتيريا الستربتوكوك البرازي من الممكن أن تتواجد في التربة والمياه بصفة طبيعية كما أن بعض المصادر تشير إلى عدم وجود صلة بين نسبة تواجد هذه البكتيريا على المنتجات وإصابة المستهلكين بالأمراض المعوية. ولكن البحث عن هذه البكتيريا وتعدادها يبقى من أهم عناصر الدراسات الميكروبيولوجية في ميداني الصحة والبيئة.

تعتبر السلطات الصحية في عدد من البلدان ومنها كندا أن هذه المجموعة من البكتيريا هي من أفضل المؤشرات لتقييم جودة المياه المستعملة لأغراض بيئية نظراً لقدرتها على البقاء لمدة طويلة ولمقاومتها لأساليب المعالجة بما في ذلك إضافة الكلور. أدى تحليل ثمار الكليمنتين إلى نفس الاستنتاجات أي أن ري الأشجار بالمياه المعالجة خلال فصل الصيف لا ينتج عنه تلوث بكتيري للثمار حتى وإن كانت متواجدة بالجزء السفلي للشجرة أي قريبة من سطح الأرض. ويعود ذلك إلى أن الجراثيم التي تحملها مياه الري لا تبقى حية خلال الفترة الزمنية الفاصلة بين موسم الري وموسم جني الثمار (الصورة 4).



الصورة 4: حمضيات مروية بالمياه المستعملة المعالجة -

محطة التجارب بواد سوحيل، نابل

الزيتون: أثبت التحاليل أن معدلات أعداد البكتيريا منخفضة نسبياً ، فبكتيريا القولون لا تصل إلى 10 جراثيم في الغرام الواحد في حين أن القولون البرازية

استعملت لري

غير متواجدة تماما على الثمار مهما كان مصدر المياه التي
الأشجار خلال فصل الصيف (الصورة 5).



الصورة 5: أشجار زيتون مروية بالمياه المستعملة المعالجة -
محطة التجارب بواد سوحيل، نابل

2-4-2 التلوث الطفيلي المعوي

تمت الدراسة حول وجود الطفيليات المعوية (*Intestinal parasites*) التي تشمل بيض الديدان الطفيلية (*Parasitic helminthic eggs*) والأوليات أو خراجات الأوالي أو أكياس الأوالي (*Protozoan cysts*) على مياه الصرف الصحي الخام والمعالجة ثانوياً بمختلف نظم معالجة مياه الصرف الصحي والمياه الجوفية إلى جانب عينات من منتجات زراعية (أشجار مثمرة).

- **تقييم مياه الصرف الصحي:** أبرزت النتائج أن بيض الأسكاريس هو السائد وكانت النسبة المئوية للتلوث بالأسكاريس حوالي 95% من المجموع الكلي لعينات مياه الصرف الصحي الخام مقارنة بباقي أجناس وأنواع الطفيليات التي شملها البحث إذ أنّ المجموع الكلي للعينات كانت إيجابية لجيارديا (100%). من جهة أخرى، تتميز محطات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي بكفاءة عالية في إزالة بيض الديدان المعوية باستثناء

بييض الصفر الذي تم الكشف عنه في بعض عينات مياه الصرف الصحي المعالجة مع تركيزات منخفضة مقارنة مع مياه الصرف الصحي الخام. تراوحت نسب كفاءة الإزالة الشاملة لأوكياس الأوالي وبييض الديدان المعوية في محطات معالجة مياه الصرف على التوالي من 37 إلى 100% ومن 83 إلى 100% وفقاً لمختلف نظم معالجة مياه الصرف الصحي. قد يتسبب إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري في انتقال خراجات أو أكياس الأوالي.

- **تقييم المياه الجوفية :** شمل التقييم مياه المائدة الجوفية السطحية ومياه الهصارف المفتوحة في منطقة السبالة - برج الطويل ومنطقة قلعة الأندلس. أظهرت النتائج خلو هذه المياه من ببيض الديدان المعوية في حين توجد بمعظم العينات خراجات أو أكياس الأوالي خصوصا جنس جيارديا. وفي منطقة واد سوحيل، أظهرت البيانات التي تم الحصول عليها عن طريق تحليل مياه الري (مياه الصرف الصحي المعالجة) والمياه العذبة (مياه آبار كشاهد)، خلوها من ببيض الديدان المعوية على وجه التحديد ببيض الصفر (أو الأسكاريس) المستخدمة كمؤشر ونموذج في هذه الدراسة.

- **تقييم المحاصيل الزراعية المروية :** بينت النتائج تلوث ثمار الرّمان والحمضيات المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة ببيض الصفر أو الأسكاريس بالنسبة للعينات القريبة جداً من التربة بمسافة أقل من 50 سم (الصورة 6) والواقعة تماماً على التربة (الصورة 7). يتطابق هذا مع المعايير التونسية التي تمنع استهلاك الثمار التي تلامس التربة. وقد خلت ثمار الزيتون التي تم جنيها من أي تلوث طفيلي ببيض الديدان المعوية.

وقد خلصت الدراسة إلى التوصيات التالية :

- لا توجد معايير تحد د تركيز الطفيليات المعوية لاستهلاك المنتجات الزراعية. لهذا، يجب توخي الحذر الذي يتمثل بالأساس في التوعية بأهمية غسل وشطف المنتجات الزراعية قبل الاستهلاك.
- إمكانية تحقيق الوقاية من المخاطر من خلال مجموعة متكاملة من الإجراءات تشمل تحسين معالجة مياه الصرف الصحي (مثل تأمين الوقت الكافي في أحواض الترسيب أو مزيد من المعالجة كعبور المياه في أحواض ترسيب إضافية).
- إنجاز دراسة ميدانية حول السلوكيات الصحية السليمة وغير السليمة للفنيين والعمال بالمزارع والمزارعين والممارسات التي قد تكون ذات صلة في انتشار الطفيليات المعوية.

- تثقيف صحي وتدريب لخلق وعي بالمخاطر التي يمكن أن تشمل المزارعين وعامة السكان في حال الاستخدام غير السليم والأمن لمياه الصرف الصحي المعالجة لري المحاصيل الزراعية.
- الامتثال لتدابير حفظ الصحة التي ينبغي اتخاذها من قبل المزارعين وعمال المزارع والفنيين في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي: التعامل مع المحاصيل في الحقول، احترام قواعد حفظ الصحة الذاتية، غسل اليدين قبل وبعد العمليات الزراعية، استخدام ملابس واقية مخصصة للعمل مع ارتداء أحذية طويلة ، إلخ (الامتثال لكراس الشروط الضابط للطر اعقئ والشروط الخاصة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض فلاحية).
- في مجال الصحة العمومية وفي ما يخص بعض الاتجاهات المستقبلية، ضرورة إنجاز الدراسات الوبائية على العاملين في هذه المزارع وعلى المستهلكين للمحاصيل لتحديد فيما إذا كانت المعايير مناسبة لبلد ما أو لا أخذين بعين الاعتبار العادات والقيم الخاصة به.
- أخيراً، يجب المراقبة المستمرة والتحليل الدورية لمسببات الأمراض.



الصورة 7: ثمار حمضيات على سطح التربة

الصورة 6: ثمار حمضيات قريبة من سطح التربة

2-5- الآثار البيئية على التربة والمياه عند استعمال المياه المعالجة في الري
2-5-1 تأثير الري بالمياه المعالجة على التربة على المدى القصير والبعيد
 بالمنطقة المروية السبالة – برج الطويل ونظراً لمطابقة المياه المستعملة المعالجة المواصفات عموماً، لم يظهر على مدى موسم ري أي تراكم معنوي للعناصر المعدنية في التربة. بعد حوالي 25 سنة من الري رغم تقطعه، ظهرت بوادر تراكم بعض العناصر وانتقالها إلى العمق في مستوى المائدة الجوفية.

فيما يخص الملوحة، يؤدي الري بالمياه المستعملة المالحة إلى تملح التربة من جراء الري لكن يظل متوسطاً مما يعني حركة دورية مع تملح تحت الري وغسيل جزئي للأملح تحت الأمطار.

2-5-2 تأثير الري بالمياه المعالجة على مياه المائدة الجوفية السطحية ومياه الصرف الزراعي

من خلال متابعة دورية لمياه الري ومياه الصرف ومياه المائدة الجوفية بالمنطقة المروية السبالة – برج الطويل، تتميز مياه الري المعالجة بملوحة متوسطة (3.7 دس/م) ومقادير ضعيفة من العناصر المعدنية أضعف بكثير من العتبات الحرجة للمواصفات. فيما يخص مياه المائدة الجوفية، تمتلك معدل ملوحة مرتفعة (12.3 دس/م) مع ارتفاع في الصيف وانخفاض في الشتاء وتختلف مقادير العناصر المعدنية في الزمان مع تجاوز ظرفي للكاديوم والكوبلت والرصاص والمنغنيز. وفيما يخص مياه الصرف الزراعي (الصورة 8)، ترتفع الملوحة إلى حوالي 15 دس/م وينتقل تلوث المياه الجوفية إلى مياه الصرف حيث تتجاوز في هذه المياه كامل السنة مقادير الكاديوم المقدار العادي.

في ما يخص الكوبالت والرصاص، يقتصر تجاوز المقادير على أواخر الشتاء في القناة الرئيسية، كما يلاحظ تجاوزاً مستمراً في مقادير الكاديوم والكروم وفي الربيع مقادير الكوبالت والرصاص. أخيراً، يبرز تواجد المعادن في القناة الرئيسية مخاطر تلوث المنظومة البيئية البحرية. على هذا الأساس ، يستوجب الاستخدام



الزراعي للمياه المستعملة المعالجة حتى ولو احترمت المعايير، اعتبار خاصة على المدى البعيد، كامل المنظومة من القطعة إلى المتلقي الأخير والذي عادة ما يكون البحر.

الصورة 8: قناة صرف رئيسية بالمنطقة المروية بالمياه المستعملة المعالجة السبالة – برج الطويل

2-6 تأثير الري بالمياه المعالجة على المدى الطويل واختبار تأثير شحن المائدة الجوفية بالمياه المعالجة

في أواخر السبعينات، شهدت عدد من المناطق المروية الساحلية من ضمنها جهة نابل انخفاض مستوى المائدة الجوفية من جراء الاستغلال المفرط مما أدى إلى

تملحها من جراء ولوج مياه البحر. من بين الإجراءات للحد من هذا التملح ونقص المياه، تم ري جزء من هذه المناطق بالمياه المستعملة المعالجة وأجريت بواد سوحيل عمليات تغذية المائدة الجوفية بهذه المياه منذ العام 1985. أجري هذا الاختبار بمحطة التجارب بنايل بأحواض ترشيح أنجزت منذ العام 1984. شهد مستوى المائدة الجوفية ارتفاعاً منذ الشروع في التغذية الاصطناعية كما تأثرت نسبياً التركيبية الكيميائية لمياه المائدة الجوفية بانخفاض ضعيف للملوحة. بعد حوالي 26 سنة من الري بالمياه المستعملة و عدة عمليات التغذية بهذه المياه، تظل مقادير العناصر المعدنية أقل من مقادير مواصفات مياه الري ومواصفات مياه الصرف التونسية. من جهة أخرى، لم يسجل أيّ تغيير ذو دلالة إحصائية في محتوى المياه الجوفية من العناصر النادرة إثر الشحن (الصورة 9).



الصورة 9: حوض الشحن الاصطناعي للمائدة الجوفية بالمياه المستعملة المعالجة – محطة التجارب بواد سوحيل، نابل

2-7 القبول الاجتماعي لاستخدام المياه المُعالجة في الفلاحة وتقييم العائد الاقتصادي

أبرز التقييم الميداني للمنطقة السقوية ببرج الطويل والاستمارة التي أنجزت لدى عينة

من الفلاحين والمتعلقة باستعمال المياه المعالجة في الفلاحة، أن هناك تطابق بين ضعف الاستغلال الحالي للمنطقة السقوية والشروط الاقتصادية للطلب على المياه. فالزراعات التي يسمح قانون استعمال المياه المعالجة بتعاطيها كالمح والشمع والأعلاف لا تتميز بعوائد اقتصادية عالية باستطاعتها تحفيز الفلاحين على تكثيف

الإنتاج بواسطة الري، إضافة إلى أن كميات الأمطار المسجلة في الجهة عادة ما تُمكن من تغطية الاحتياجات المائية لهذه الزراعات، باستثناء الزراعات العلفية الصيفية. إلا أن هذا الضعف الإجمالي في الطلب على المياه يُخفي في الحقيقة تبايناً كبيراً بين الفلاحين حسب وضعهم الاجتماعي وحجم المساحات المُستغلة.

(أ) الفلاحون الذين يملكون ضيعات فلاحية تفوق 50 هكتار يرفضون في

أغلبهم استعمال المياه المعالجة في الفلاحة بحجة أن هذا النوع من المياه تفسد نوعية وخصائص التربة وبالتالي فإن نشاطهم ينحسر في تعاطي الزراعات الكبرى التي تشمل الشعير والقمح بالنسبة للحبوب والقصبية بالنسبة للأعلاف ويعتمدون اعتماداً كلياً على الأمطار. خلافاً لصغار الفلاحين، فإن كامل المحاصيل معدة للبيع في السوق بما في ذلك محاصيل الأعلاف لأن هذه الفئة من الفلاحين لا يمارسون مطلقاً تربية الماشية وهم إجمالاً غير مقيمين في المنطقة ويتعاطون نشاطات رئيسية أخرى غير فلاحية. كما تتولى مجموعة منهم تأجير أجزاء من أراضيهم لفائدة صغار الفلاحين بسعر يتراوح بين 400-450 د/هك/سنة، أي أنهم يمارسون ما يُسمى في علم الاقتصاد "الريع العقاري" وذلك أن يحصل صاحب الأرض على أرباح بدون أي مجهود إنتاجي. هذه الفئة تمثل 5% فقط من عدد الفلاحين إلا أنها تمتلك 85% من الأراضي المُكونة للمنطقة السقوية، ولذلك فإن عدم تعاطيها للري يفسر بدرجة كبيرة ضعف الاستغلال الحالي للموارد المائية المتوفرة في المنطقة.

(ب) أما بالنسبة للفئة الثانية، التي تتكون أساساً من صغار ومتوسطي الفلاحين الذين يملكون ضيعات فلاحية أقل من 15 هكتار، فإنها تقوم بإدراج تربية الماشية بصفة تكاد تكون كلية ضمن خيارات الإنتاج، وتبعاً لذلك فإن النظام الزراعي يعتمد على الأعلاف الشتوية كالبرسيم والقصبية وكذلك الأعلاف الصيفية كالفصة والدرع العلفي، كما يعتمد على زراعة القمح والشعير وهذا الأخير يتم تعاطيه تحت نظام الاستغلال المزدوج حيث يقع حشه إلى غاية نهاية شهر فبراير لتقديمه كعلف أخضر للحيوانات ثم يُترك بعد ذلك لإنتاج الحبوب في آخر الموسم. باستثناء الزراعات العلفية الصيفية وزراعة الشعير المعدة للاستغلال المزدوج والتي يتم ربيها بانتظام، فإن الزراعات الأخرى يتم تعاطيها منذ بداية الموسم تحت النظام المطري، وعلى هذا الأساس فإن الفلاحون لا يتدخلون بالري إلا عند انحباس الأمطار واحتداد الجفاف. وهذا يعني أن عملية الري تمثل بالنسبة لصغار ومتوسطي الفلاحين مجرد إستراتيجية لمواجهة الجفاف وليس تقنية في حد ذاتها لتكثيف الإنتاج. ويفسر الفلاحون هذا السلوك بأن "كلفة الفرصة البديلة" للري ليست مرتفعة في الظروف المناخية والقانونية الخاصة بالمنطقة السقوية ببرج الطويل.

لتحديد الفارق بين الوضع الحالي والوضع الأمثل لاستغلال المنطقة السقوية ببرج الطويل، تم تطوير نموذج رياضي بواسطة البرمجة الخطية الرياضية (Linear Mathematical Programming) حيث تم إدراج خيارات الري الكامل لجميع الزراعات عوضاً عن التعاطي المطري أو الري التكميلي، كما تم إدراج خيارات إنتاجية جديدة تتمثل بالأساس في غراسة أشجار الزيتون. بينت نتائج النموذج أن جميع الزراعات، بما في ذلك الزراعات الشتوية كالحبوب والأعلاف، تم اقتراحها تحت نظام الري المكثف، وهذا يعني أنه حتى في المناطق التي تكون فيها احتمالات نزول الأمطار مرتفعة مثل المنطقة السقوية ببرج الطويل، فإن الري المكثف يوفر دائماً أرباح إضافية للمزارع، فقد تحسن دخل الفلاحين بنسبة 45%. أما فيما يتعلق باستهلاك الماء فقد ارتفع بنسبة 70% بالمقارنة مع الطلب الحالي لهذا العنصر. وتعد تربية الماشية النشاط الأكثر مساهمة، عن طريق الزراعات العلفية، في تحسين استغلال الماء (57%) والزيادة في دخل الفلاح (33%).

الزراعات	نسبة المساهمة في استهلاك الماء	نسبة المساهمة في دخل الفلاح
حبوب مروية (قمح، شعير)	37%	33%
أعلاف مروية (برسيم، درع علفي، شعير أخضر إلخ) لتغذية البقر الحلوب والأغنام	56%	65%
أشجار زيتون مروية	7%	2%

أما بالنسبة لغراسة أشجار الزيتون في المنطقة والتي عمل المشروع على تسويقها كخيار إنتاجي جديد، فإنها لا تساهم إلا بنسبة محدودة في تحسين الطلب على المياه، إذ لا تتعدى 7%.

أخيراً، إضافة إلى العوامل المناخية الملائمة والتي تسمح بتعاطي الزراعات المسموح بها في قانون استعمال المياه المعالجة (حبوب، أعلاف، أشجار) تحت النظام المطري، فإن التركيبة الاجتماعية-العقارية المُعددة التي تميز المنطقة السقوية بـ برج الطويل قد لعبت دوراً أساسياً في تدني مستوى الطلب على المياه، ذلك أن نسبة 5% من الفلاحين الذين يمتلكون 85% من الأراضي المتواجدة في المنطقة يرفضون استعمال هذا النوع من المياه في الفلاحة. لذلك فإنه من مصلحة الدوائر المختصة، على الأقل على المدى القريب، العمل مع فئة صغار ومتوسطي الفلاحين وذلك قصد حثهم على الانتقال من نظام الري التكميلي إلى نظام الري الكامل الذي أثبت نجاعته الاقتصادية مع ضرورة إدماج تربية الماشية. هذه الأخيرة تعتبر من الركائز الأساسية لتحسين استغلال المياه في المناطق السقوية.



الصورة 10: إدخال زراعة الزيتون وريه بالمياه المستعملة المعالجة بالمنطقة المروية السبالة، برج الطويل

شكر وتقدير

هذا المشروع ممول من الصندوق الدولي للتنمية الزراعية والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي بمساهمة من البنك الإسلامي للتنمية وصندوق الأوبك للتنمية الدولية

كما ساهم المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة في التمويل والدراسات المتعلقة باستخدام الأمن للمياه المستعملة المعالجة في الزراعة

تم إعداد هذا الكتيب من قبل الفريق البحثي للمعهد الوطني للبحوث في الهندسة الريفية والمياه والغابات

د. محمد الحشيشة، د. منية طراد، د. سلوى رجب، د. سنية الصباحي، د. ناصر خليل،
د. حسيب عمامي، د. دليلة سقير ود. هشام الحجلوي

المعهد الوطني للبحوث في الهندسة الريفية والمياه والغابات، نهج الهادي الكراي

2080 إربانة – الجمهورية التونسية