

Août 2023

Sommaire:

Introduction

Objectifs du projet et du traitement

1. Le système de traitement des eaux usées secondaires par les filtres à macrophytes
 - 1.1 Localisation des pilotes de traitement et alimentation par les eaux traitées
 - 1.2 Conception du pilote de traitement complémentaire des eaux usées traitées
2. Conception du pilote de traitement des boues liquides
3. Le système d'irrigation par les eaux traitées par les filtres à macrophytes

Editeurs:

INRGREF

Olfa Mahjoub olfama@gmail.com

UNICT

Delia Ventura delia.ventura@unict.it

Giuseppe Cirelli giuseppe.cirelli@unict.it

Feliciano Licciardello

feliciano.licciardello@unict.it

**“Traitée par la NATURE pour
Préserver la NATURE”**

Introduction

Cette Newsletter porte sur les pilotes de traitement des eaux usées et des boues par macrophytes et le pilote d'irrigation installés tous les deux en Tunisie, dans l'Unité des Expérimentations de l'INRGREF à Nabeul. Ils sont financés dans le cadre du projet TRESOR “Traitement des eaux usées et des boues résiduelles par filtres et usage agricole durable”, financiatopar l'Union Européenne dans le cadre de l'Instrument Européen de Voisinage (IEV) et de la coopération transfrontalière Italie-Tunisie 2014-2020.

Conformément aux objectifs du projet notamment le Groupe de Tâches lié à la conception et à la mise en place des pilotes de traitement (GT3) et d'irrigation (GT4) les partenaires tunisiens, i.e., l'INRGREF et le CERTE ont collaboré pour faire la conception et installer les pilotes de traitement des eaux usées traitées secondaires et les boues liquides pour les traiter par les filtres plantés à macrophytes afin d'utiliser leurs produits pour l'irrigation et plus tard pour la fertilisation des sols et des cultures. Cette activité a vu aussi la participation du partenaire INRAT pour les évaluations agronomiques et sanitaires. Par ailleurs, le partenaire associé, GDA Sidi Amor, a pleinement été impliqué dans la réalisation des pilotes de part son expérience et sa participation aux diverses activités qui ont eu lieu en Italie. D'un autre côté, les échanges avec les partenaires italiens, notamment UNICT, ont été riches pour profiter de leur large expertise dans ce domaine et leurs profonde connaissance des caractéristiques de ce type de traitement.



Olfa Mahjoub¹, Delia Ventura⁴, Ali Hamadi¹, Abdellaziz Zairi¹, Thameur Chaibi¹, Hamadi Kallali², Hatem Zgallai³, Feliciano Licciardello⁴, Giuseppe Cirelli⁴

¹ Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêt - INRGREF, Tunisie

² CERTE

³ INRAT

⁴ UNICT (conception et édition)

Objectifs du projet et du traitement

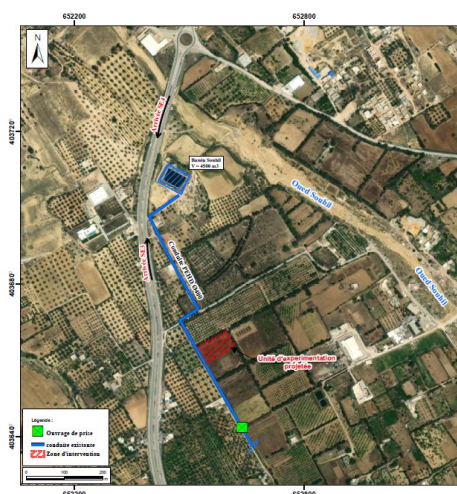
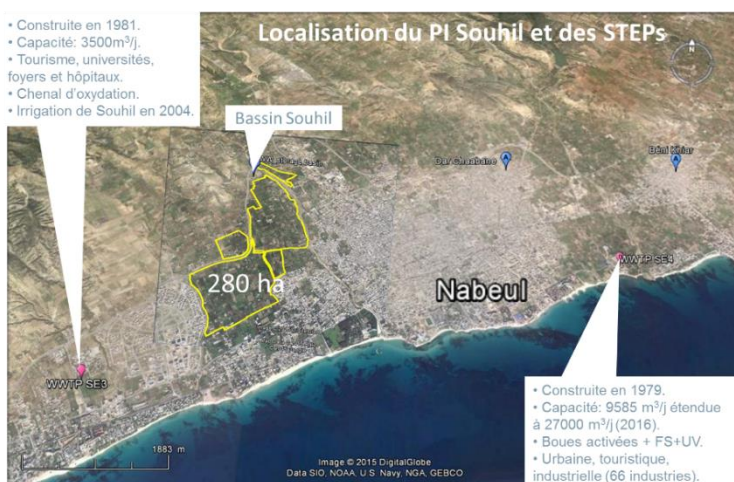
Le projet TRESOR vise à promouvoir les systèmes de traitement naturels, tels que les zones humides artificielles, en tant que stratégies de gestion durable et peu coûteuse des eaux usées et des boues d'épuration, minimisant les risques associés à leur utilisation agricole dans les territoires transfrontaliers de l'Italie et de la Tunisie. La réutilisation non-restrictive de l'eau traitée et des boues pour l'irrigation et comme fertilisant, respectivement, permettrait de valoriser les ressources en eau, les nutriments et la matière organique, renforçant ainsi le lien Eau-Énergie-Agriculture, priorité pour l'adoption de bonnes pratiques et dans le large panorama de l'économie circulaire.

Les objectifs spécifiques comprennent la diffusion de la technologie à différents niveaux, appuyée par les preuves obtenues au cours des activités de recherche menées ainsi que l'étude des impacts socio-économiques, agronomiques, environnementaux et sanitaires sur les petites agglomérations périurbaines et rurales. Cette dernière encouragerait l'éventuelle participation future d'autres communautés. Les partenaires italiens et tunisiens installeront notamment deux pilotes de traitement, un à Scicli (Sicile) et un dans la région de Nabeul (Tunisie), pour le traitement et la réutilisation des eaux usées et des boues d'épuration.

1. Le système de traitement des eaux usées secondaires par les filtres à macrophytes

1.1 Localisation des pilotes de traitement et alimentation par les eaux traitées

Les pilotes de traitement ont été installés à l'unité des expérimentations agricoles de l'INRGREF dans la région de Oued Souhil, à Nabeul, au nord-Est de la Tunisie. La région est connue par sa nappe Nabeul-Hammamet d'utilisation secondaire (usage domestique, abreuvement bétail) qui a fait l'objet de recharge artificielle par les EUT dans les années 80 pour protéger la nappe de l'intrusion marine.



Figures 1 et 2. Localisation des pilotes

C'est le 1er pilote de recherche en Tunisie réalisé dans le cadre du projet RAB 80/011 (1981-1987) pour améliorer la qualité chimique de la nappe et réduire la salinité et pollution (nitrates). En 1984, il a eu la création du périmètre de Oued Souhil irrigué par les EUT de la STEP SE4 dirigées vers le bassin Souhil de 4000 m³ situé en amont. Le périmètre est le 1er pilote d'irrigation installé sur 236 ha pour l'étude de l'impact de la réutilisation des EUT sur les sols et les cultures (projet RAB 80/011) (1981-1987).

En 2004, la STEP SE3 a commencé à alimenter le périmètre. Les travaux de recherche menés à Oued Souhil ont contribué à l'établissement de la réglementation de la réutilisation agricole et de rejet des EUT. Aussi, Souhil est le lieu des 1ers travaux sur les contaminants émergents dans les EUT, la nappe, le sol et les cultures. Ainsi, Oued Souhil sera aussi le lieu des 1er pilotes de traitement des EUT et des boues par les filtres plantés.



Figure 3. Schéma d'alimentation du pilote par les eaux usées traitées à partir des stations d'épuration

1.2 Conception du pilote de traitement complémentaire des eaux usées traitées

Le pilote de traitement par filtres à macrophytes des EUT vise à améliorer la qualité des eaux épurées secondaires issues du bassin de régulation Souhil par un traitement complémentaire pour une irrigation non restrictive des cultures, notamment les cultures maraîchères. La qualité moyenne en entrée du système de traitement (Figure 4) et la qualité visée sont données dans le tableau 1.

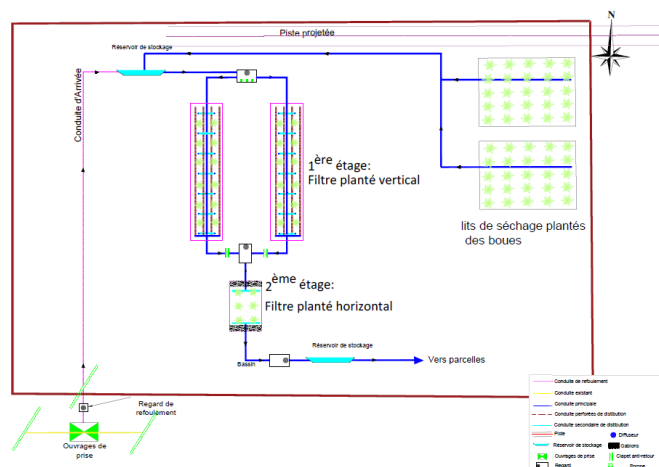


Figure 4. Conception et composantes des pilotes de traitement des eaux et des boues

Tableau 1. Qualité moyenne des eaux en entrée du filtre sur la base de la qualité des eaux du bassin Souhil et qualité ciblée en sortie des filtres

Paramètre	Qualité des eaux à traiter (EUT secondaires)	Qualité ciblée des EU traitées par filtres plantés
MES (mg/l)	30	<10
DCO (mg O ₂ /l)	135	30
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	35	<10
Coliformes fécaux (NPP/100 ml)	>1100	1-10
Oeufs d'helminthe (#/l)	Présence	Absence
Agent pathogène/100 ml	-	Absence

Le pilote est constitué par deux filtres verticaux fonctionnant en parallèle et un filtre horizontal. Le pilote de traitement des eaux a une capacité de 25 m³ par jour.



Figure 5. Etapes de construction et d'installation des pilotes: creusage des bassins; pose de la membrane géotextile; pose de la géomembrane; remplissage des bassins par le substrat ; pose des drains; plantation et installation des conduites de distribution de l'eau

Les eaux usées du bassin Souhil arrivent d'abord dans un bassin de stockage permettant d'alimenter le pilote pendant 4 jours, soit 100 m³ (Figure 6). Les eaux arrivent gravitairement par une conduite souterraine par un piquage sur la conduite principale qui part du bassin. Un compteur sera installé pour comptabiliser le volume utilisé. Ainsi, les eaux secondaires du bassin passent d'abord par un filtre vertical de 68 m² (17m* 4m), par bassin. Les filtres sont plantés par le roseau commun (*phragmites australis*) avec une densité de 4 plants/m². Les filtres verticaux fonctionnent en alternance et chaque filtre fonctionne en intermittence, avec 5 cycles par 24h.

Les filtres verticaux sont remplis par un substrat à granulométrie croissante du bas vers le haut composé de graviers (4/8 mm): 30 cm; graviers (12/20 mm): 20 cm; graviers grossiers (25/40 mm): 20 cm sur une hauteur de 70 cm.

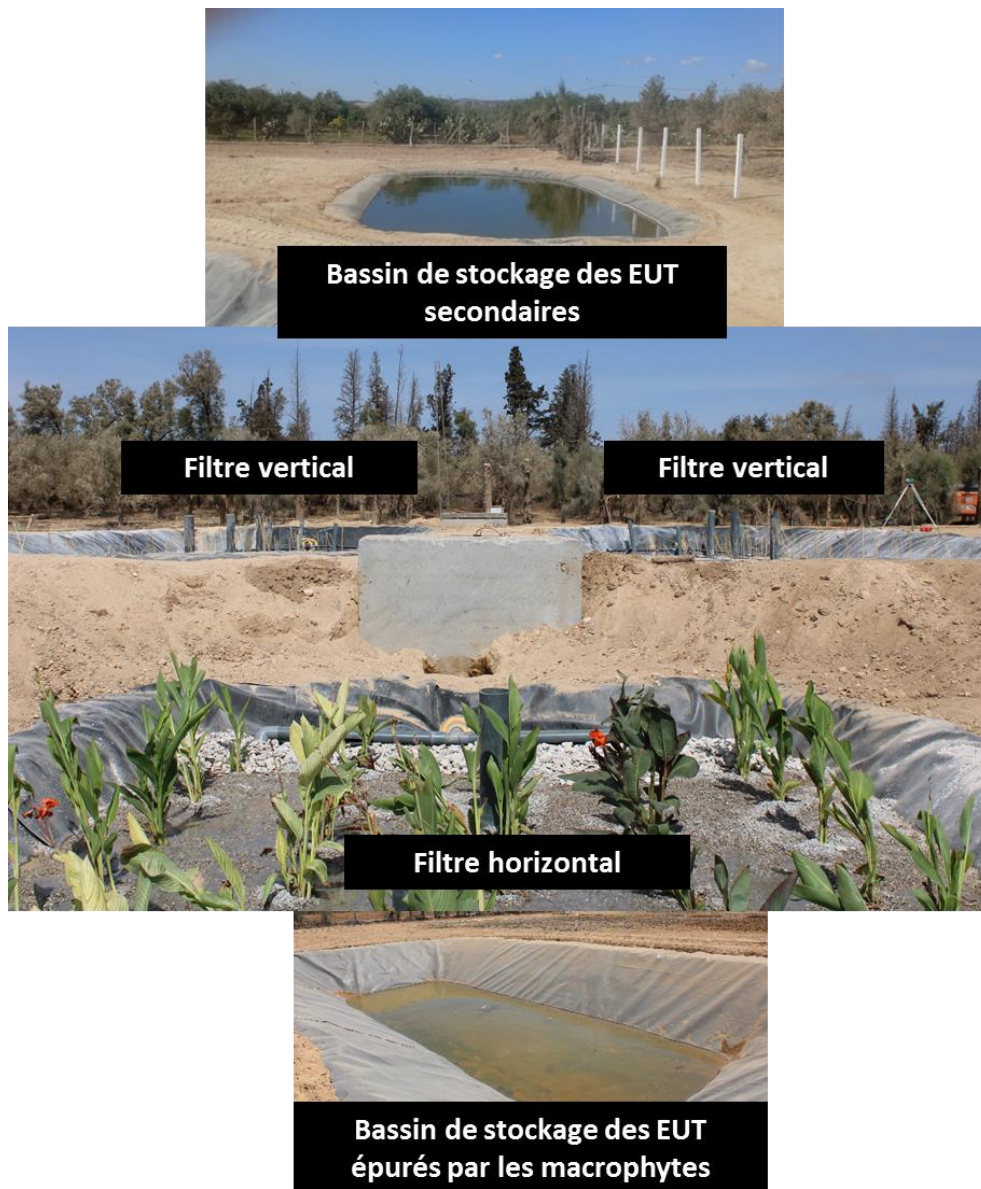


Figure 6. Les composantes du pilote de traitement en grandeur réelle

Le filtre horizontal est alimenté gravitairement et en permanence par les eaux traitées du filtre vertical. Il a une superficie de 25 m². Il est planté de *Canna indica* à une densité de 4 plants/m². Le substrat est composé de gabions (40 mm) de 1m de largeur à l'entrée et à la sortie et de graviers (8/12 mm) sur 60 cm de manière homogène.

Les filtres sont creusés dans le sol et imperméabilisés par une membrane géotextile puis une géomembrane. Pour prévenir l'érosion, des plantes rampantes du type *Carboprotus edulis* (griffe de sorcière) ont été plantées pour fixer les talus.

Les stations de traitement des eaux utilisant des filtres à macrophytes peuvent être implantées dans des régions éloignées ou isolées, caractérisées par une disponibilité limitée en électricité conventionnelle. Par conséquent, l'intégration de panneaux solaires photovoltaïques (PV) au sein de ces stations constitue une avancée spécifiquement adaptée à ces systèmes d'éco-épuration, contribuant ainsi à l'expansion de solutions de traitement des eaux plus respectueuses de l'environnement. Dans le cadre du projet TRESOR, nous avons installé un système photovoltaïque de 9 kW crête composé de 40 panneaux solaires, garantissant ainsi un approvisionnement continu en énergie pour alimenter les pompes au sein de l'unité pilote (Figure 7). La capacité de la station photovoltaïque sera adéquate non seulement pour garantir le bon fonctionnement de l'unité expérimentale pilote, mais aussi pour contribuer à la réduction de la consommation d'énergie globale de l'ensemble de l'unité expérimentale de l'INRGREF. Cette source d'énergie renouvelable réduit les coûts opérationnels de manière significative, diminue l'empreinte carbone de ces installations et favorise un degré élevé d'indépendance énergétique. En utilisant cette station photovoltaïque, les stations de traitement par les filtres à macrophytes sont mieux positionnées pour opérer de manière durable, en stimulant la croissance de la végétation tout en réduisant leur impact environnemental global.



Figure 7. Utilisation des panneaux solaires photovoltaïques pour l'alimentation du pilote de traitement

2. Conception du pilote de traitement des boues liquides

L'objectif du traitement des boues est de stabiliser les boues liquides pour leur usage comme fertilisant organique en agriculture.

Le pilote de traitement des boues a une capacité de traitement de 10 m³/semaine. Les filtres ont une superficie de 102 m²/bassin avec 2 bassins et ils sont plantés de *Phragmites australis* à une densité: 4/m². Les boues liquides seront prélevées ou bien à partir de la station d'épuration de l'ONAS ou bien des bassins de stockage des EUT secondaires situées sur place.

Les eaux de drainage sont récupérées et dirigées vers le regard d'alimentation des filtres verticaux pour être traitées.

3. Le système d'irrigation par les eaux traitées par les filtres à macrophytes

Après traitement, les eaux traitées par macrophytes sont stockées dans un bassin pour être réutilisée en irrigation. De même les boues, après traitement assez prolongé serviront à l'épandage pour être testées sur le sol (Figure 8 et 9)).

Des parcelles expérimentales installées sur une superficie de 1600 m² sont équipées d'un système d'irrigation localisée.

Les objectifs de cette parcelle expérimentale sont de:

- Etudier l'effet de l'irrigation par les eaux épurées secondaires (EE-II) et les eaux épurées traitées par filtres plantés (EE-FP) sur des cultures maraîchères.
- Etudier l'effet de la fertilisation par les boues traitées par filtres plantés (B-FP) sur les cultures maraîchères.
- Etudier les effets de l'irrigation et de la fertilisation sur les propriétés du sol.



Figure 8. Schéma des parcelles expérimentales pour l'étude de l'impact de la qualité des eaux traitées et des boues par les macrophytes sur la qualité des sols et des cultures (EE-FP : eau épurée par filtres plantés ; EE-II : eau épurée secondaire issues du bassin du projet ACCBAT, B : avec boue traitée ; SB : sans boue traitée)

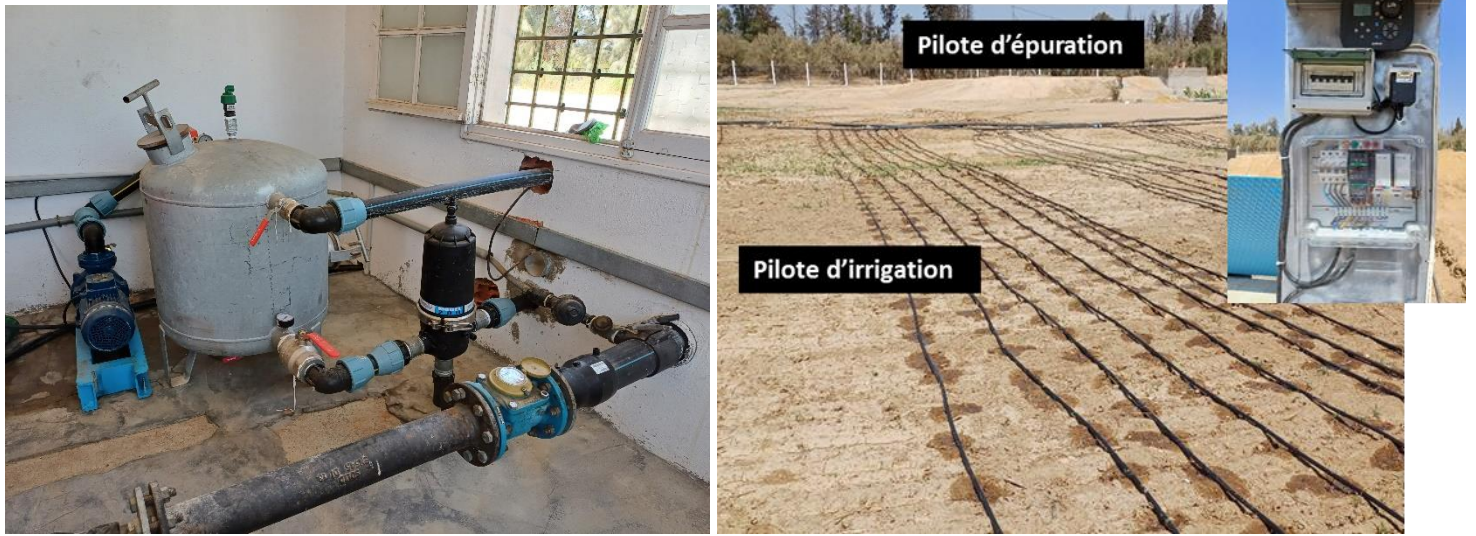


Figure 9. Filtrés, pompes et conduites installées et parcelle expérimentales équipées avec programmeur