

# La réutilisation agricole des eaux usées traitées en Tunisie

*Monia Trad Raïs*

Institut National de Recherches en Génie Rural  
Eaux et Forêts

**NOVEMBRE 2010**



# INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES EN GENIE RURAL, EAUX ET FORÊT

- Laboratoires de recherche (3)
  - Utilisation des eaux marginales, gestion des systèmes d'irrigation et aménagements hydro-agricole
  - Ecologie et amélioration sylvo-pastorale
  - Gestion des risques environnementaux en agriculture irriguée
- Unités de recherche (4)
  - Gestion et valorisation des ressources forestières
  - Amélioration et développement des systèmes agro-sylvo-pastoraux
  - Machinismes agricole
  - Hydrologie, conservation des eaux et des sols


# PLAN

- ❖ Causes de la réutilisation des eaux usées traitées dans le secteur agricole
- ❖ Situation actuelle et perspectives
- ❖ Travaux de recherches réalisés & Quelques exemples de résultats
- ❖ Travaux de recherche en cours et perspectives.

# Causes de la réutilisation agricole des EUT

1/ La rareté des ressources en eau (La Tunisie est un pays aride à semi-aride sur les  $\frac{3}{4}$  de son territoire):

- Pluviométrie faible et mal répartie
- Eaux souterraines exploitées à 85% (104% pour les nappes phréatiques)
- Qualité souvent médiocre des eaux souterraines (>3g de sel/l: 50% au sud et 20% au centre)
- Ressources en eaux disponibles = 430 m<sup>3</sup>/hab/an (< seuil de pénurie)

2/ L'accroissement de la demande de tous les secteurs  compétition pour l'eau, d'où le Déséquilibre entre l'offre et la demande

**3/** La nécessité de protéger l'environnement contre la pollution engendrée par le rejet des EUT.

## **Disponibilité des eaux usées traitées**

- Actuellement: 238 millions de m<sup>3</sup>/an (2009), (**soit 5% des ressources disponibles**) sont produits par 106 stations d'épuration.
- A l'horizon 2030, le volume des EUT sera de 480 Mm<sup>3</sup>/an (**soit 10% des ressources conventionnelles totales**)

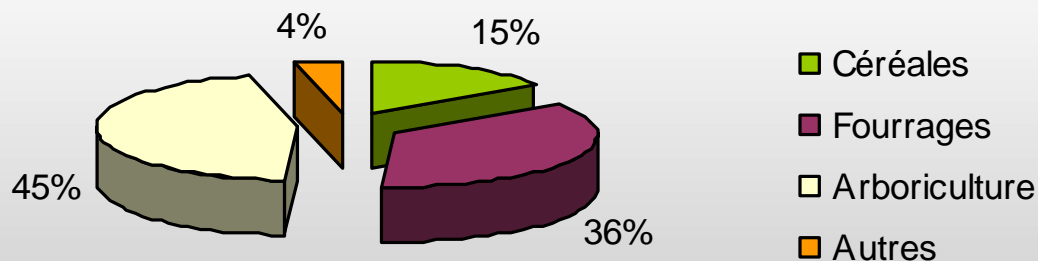
# La réutilisation agricole des EUT:

## Composante de la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eaux

- Économie & conservation des ressources en eaux conventionnelles
  - Protection du milieu récepteur
  - valorisation des  $\mathcal{L}$ -nutritifs  Réduction de l'utilisation des engrais chimiques  Économie d'énergie,
  - conservation et amélioration des sols (apport d'humus)
- ❖ En l'absence d'une planification rigoureuse et d'une gestion efficace, la réutilisation agricole des EUT peut avoir des impacts négatifs sur la santé publique et sur l'environnement.

# Situation actuelle de la réutilisation des EUT en agriculture

- Commencée en 1965 :Sauvegarde du périmètre agrumicole de Soukra (1200 ha à l'époque; actuellement: 400 ha)
- Superficie irriguée aux EUT: 8100 ha répartis sur 25 périmètres irrigués appartenant à 15 gouvernorats
- Cultures: (campagne 2009)



# Arrosage des espaces verts

- ✓ Terrains de Golf (Soukra, Hammamet, Tabarka, Sousse, Monastir et Djerba): **1030 ha**
- ✓ Espaces verts (jardins d'hôtels): **420 ha**
- ✓ Les EUT sont aussi utilisées pour **l'arrosage des espaces verts en milieu urbain** (GP9, Z4, échangeur GP8/GP9...)





# Cadre réglementaire de la REUT

- 1975: Code des eaux (interdiction de l'utilisation des eaux usées non traitées et de l'irrigation des cultures maraîchères)
- **Le décret n° 89-1047 du 28/7/1989** modifié par le décret du 13/12/1993 (autorisations préalables à la REUT, types d'analyses à effectuer, paramètres à déterminer, fréquence, modalités de prélèvement des échantillons d'EUT)
- **Liste des cultures** (arrêté ministériel du 28/06/1994),
- **Cahier des charges (28/09/1995)**: fixe les modalités et les conditions particulières de l'utilisation des EUT à des fins agricoles (mesures de protection et de contrôle pour les agriculteurs, interdiction du pâturage direct).
- **La norme NT 106.03 -1989** : (en cours de révision) élaborée sur la base des recommandations de la **FAO** et de **l'OMS**.
- Ainsi que les textes régissant les aspects environnementaux tels que **Décret n° 91-362 du 1<sup>er</sup>/03/91** relatif aux études d'impacts sur l'environnement )

# Cadre institutionnel de la REUT

- Le seul fournisseur des eaux usées traitées est l'**ONAS** qui assure l'exploitation des stations d'épuration existantes.
- L'ONAS fournit les EUT **gratuitement** au profit du ministère de l'agriculture qui gère ces eaux par l'intermédiaire des **CRDA**
- Les CRDA chargent les bénéficiaires d'une **partie des coût d'exploitation**
- GDA (Groupement de Développement Agricole) contribuent à la gestion des PI aux EUT.

# Perspectives de la Réutilisation des EUT en agriculture

- **Projet de réutilisation des EUT dans l'irrigation (2009-2014):**
  - Aménagement de **18 nouveau périmètres** (7010 ha)
  - **Extension** et **réhabilitation** de périmètres existants (1480 ha et 5000 ha respectivement)
- **Un grand projet de transfert des EUT du grand Tunis vers les régions agricoles de l'intérieur du pays**  aménagement de 25.600 ha de PI à l'horizon 2011-2021 et recharge des nappes phréatiques avec environ 30 Mm<sup>3</sup>.

# Recherches sur la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

## Objectifs des travaux

- Fournir des **données réelles** indispensables à l'évaluation des risques de REUT sur un site ou dans une région déterminée (Qualité des eaux, persistance des  $\mu$ -organismes sous les conditions de la région)
- **Evaluation des risques** pour la santé humaine et pour l'environnement (en tenant compte des facteurs locaux : climatiques, environnement, sociaux...)
- **Définition des meilleures conditions** d'utilisation de ces eaux (conditions correspondantes au risque minimum)

# Site expérimental

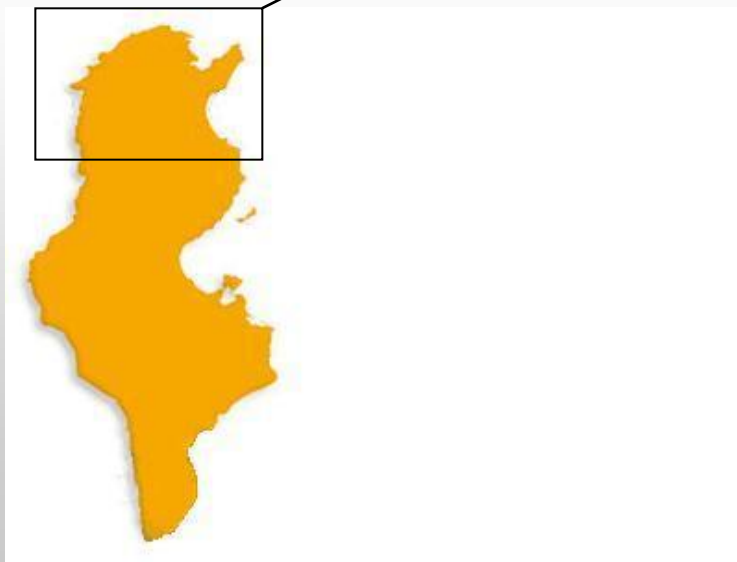
Superficie: 23 ha

\*Agrumes

\*Autres espèces arboricoles  
(olivier, grenadier..)

\*Cultures annuelles

\*Dispositif de recharge  
artificielle de la nappe



## Eaux d'irrigation:

\* Eaux usées traitée par  
boues activées (2aire);  
origine: SE4

\* Eaux de la nappe  
phréatique (Témoin)

# Thèmes développés

- Détermination des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées,
- Étude de la variabilité spatio-temporelle de leur composition chimique et microbiologique,
- Évaluation de l'efficacité des différents types de traitement appliqués aux EUT dans l'élimination de la pollution chimique et microbiologique
- Évaluation de l'impact des irrigations aux EUT sur le rendement des cultures,
- Détermination de l'incidence des irrigations aux EUT sur les propriétés physiques et chimiques des sols

## Thèmes développés (suite)

- L'effet des EUT sur la contamination microbienne des sols et des nappes phréatiques,
- L'effet des EUT sur la composition chimique des plantes,
- La qualité bactériologique des produits récoltés,
- L'utilisation des EUT pour la recharge artificielle des nappes phréatiques et son impact sur la qualité sanitaire des eaux.

# Quelques résultats relatifs à la qualité des eaux usées traitées

- Les EUT possèdent une charge organique variable ; leur salinité est moyenne à élevée.
- La teneur en éléments trace est faible
- Les EUT ont une valeur fertilisante et économique à prendre en considération
- Les EUT véhiculent une charge bactérienne importante (présences de microorganismes pathogènes). Ces EUT ne possèdent pas la qualité requise pour une réutilisation agricole non restrictive et sans précautions.



# Les contaminants traces organiques

- Présence dans les EUT de composés organiques pouvant se comporter comme:

- Composés œstrogéniques
- Des dioxines

Ces composés **ne sont pas décelés dans les sols** après 10 à 15 jours de l'irrigation aux EUT mais, ils sont **présents dans les eaux de la nappe** sous-jacente.


- Présence de composés pharmaceutiques (Carbamazépine) dans les EUT, dans les sols irrigués et dans les eaux de la nappe (artificiellement rechargée par les EUT)

# Contaminations microbienne des sols irrigués aux eaux usées traitées

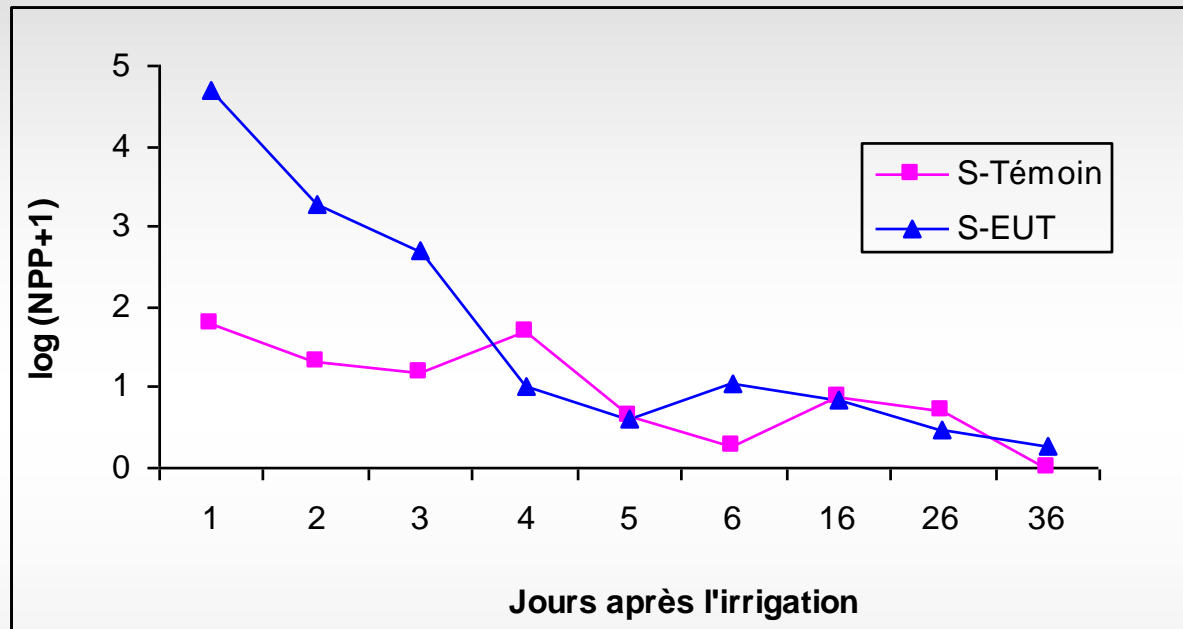
## ❖ **Sous irrigation traditionnelle** (raie, submersion..)

- Effet des irrigations aux EUT sur la contamination bactérienne de la surface du sol et son évolution dans le temps – Influence de la nature du sol

## ❖ **Sous l'irrigation localisée**

- **Persistance** des microorganismes apportés par les EUT au niveau de la surface du sol et à différentes profondeurs
- **Évolution verticale** des microorganismes à travers le profil  évaluation du risque de contamination de la nappe phréatique (Oued Souhil)

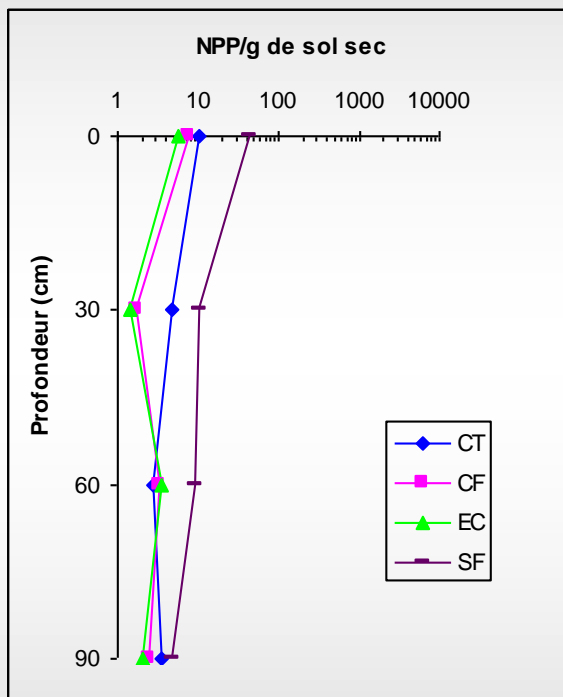
# Persistance des indicateurs bactériens à la surface des sols après l'irrigation aux EUT et aux E- puits



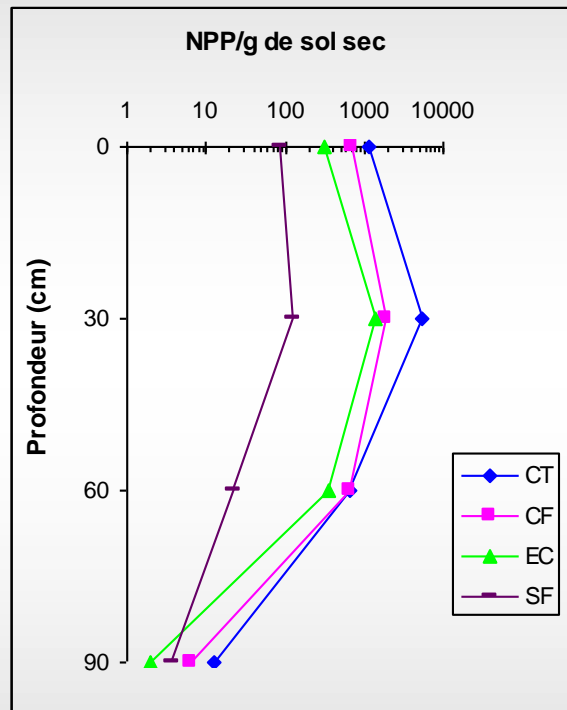
## Évolution du nombre de CF dans l'horizon de surface ( 0-5 cm) après l'arrêt des irrigations aux EUT

- \* sol limono sableux irrigué par un système localisé (goutte à goutte)
- \* Tous les indicateurs étudiés présentent le même type d'évolution

# Évolution verticale des bactéries introduites par les EUT et risques de contamination des nappes



Sol Témoin



Sol irrigué aux EUT

# Effet des irrigations aux EUT sur la qualité biologique et alimentaire des produits

- **Arboriculture**
  - Agrumes: Evaluation de la qualité microbiologique des fruits cueillis et des fruits ramassés sous les arbres
  - Oliviers: Qualité des olives (teneur en MG, contamination bactériologique..) et celle de l'huile (Acidité, composition en acides gras, teneurs en polyphénols..)
- **Cultures fourragères** (détermination des délais à respecter entre l'irrigation aux EUT et l'exploitation de l'herbe en fonction des conditions climatiques et des espèces végétales cultivées)

# Qualité bactériologique des fruits cueillis et des fruits ramassés sur le sol

Nombre des indicateurs bactériens sur les d'olives (NPP/100g)

Période	Eaux	CT	<i>E. coli</i>	SF	Salmonelles
<b>2005</b> - <b>2009</b>	EP	0	0	0	Absence
	EUT	0	0	0	Absence
	EP	0	0	0	Absence
	EUT	0	0	0	Absence
<b>2006</b> - <b>2009</b>	EP	23,7	9,4	12,7	Absence
	EUT	17,9	3,6	28,8	Absence
	EP	193	43	23	Absence
	EUT	206	36	48	Absence

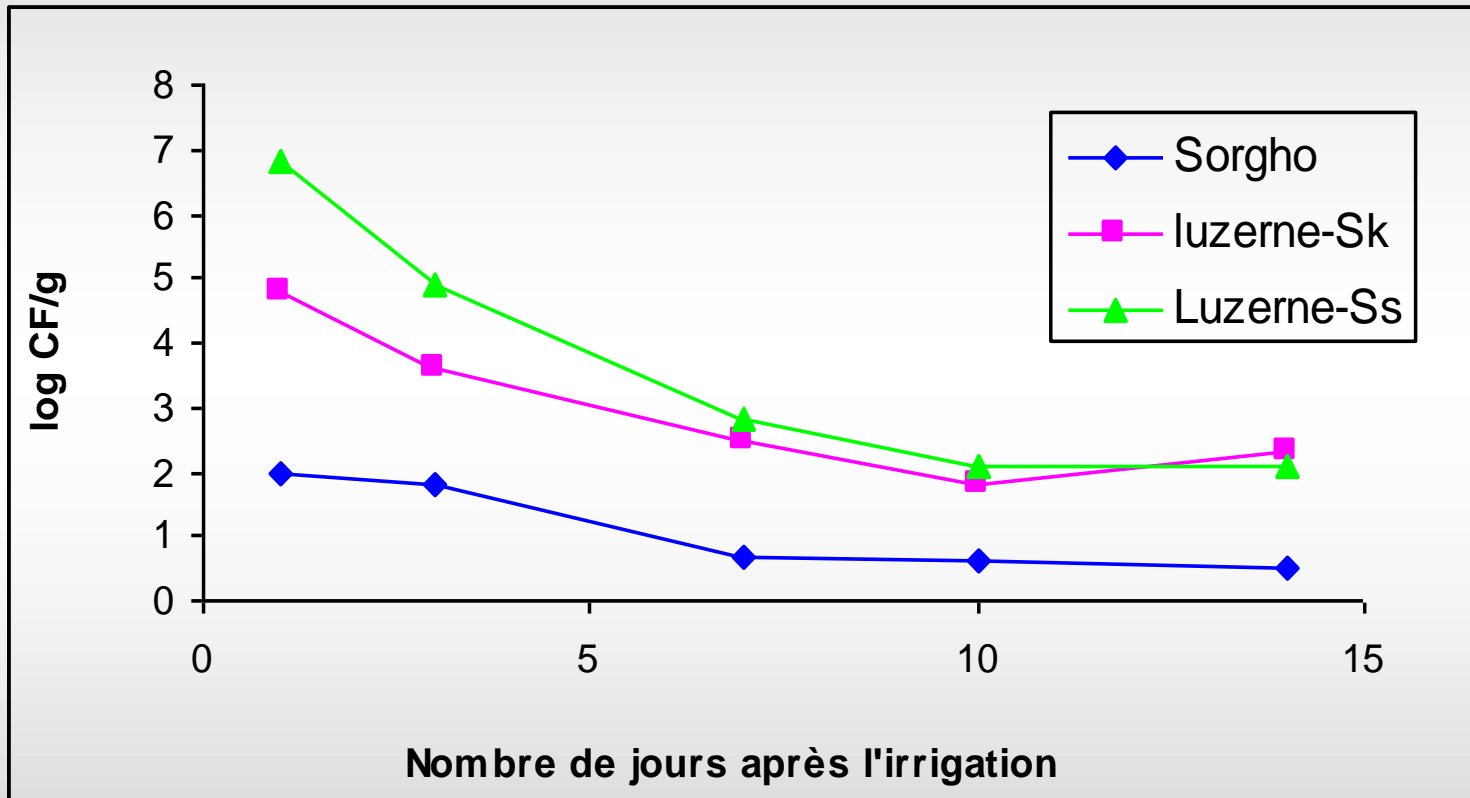


Fruits cueillis



Fruits ramassés sur le sol

# Décontamination naturelle des fourrages irrigués aux EUT



# Travaux relatifs aux contraintes de la REUT en agriculture

- **Traitements complémentaires** → amélioration de la qualité microbiologique
- **Régulation saisonnière**: Faisabilité du stockage inter-saisonnier et ses effets sur les caractéristiques des EUT
- Possibilité d'élargissement du spectre des **cultures irrigables aux EUT.**



# Traitements complémentaires: Stockage de maturation, Epuvalisation..

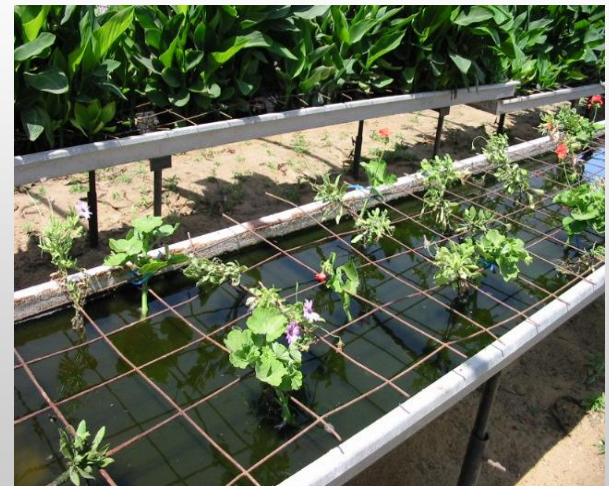
- Le stockage (de courte durée) permet une **amélioration significative** de la qualité bactériologique des EUT.
- L'élimination des indicateurs fécaux dépend du temps de rétention, de la profondeur du bassin, de la température ambiante et de la contamination initiale de l'eau : L'abattement des CF atteint **3 U. Log** en **3 jours** sous une  $t$  de 25 C et avec une profondeur de bassin  $\leq 1,5$  m. **→** Amélioration suffisante pour un usage agricole non restrictif (OMS, 1989)



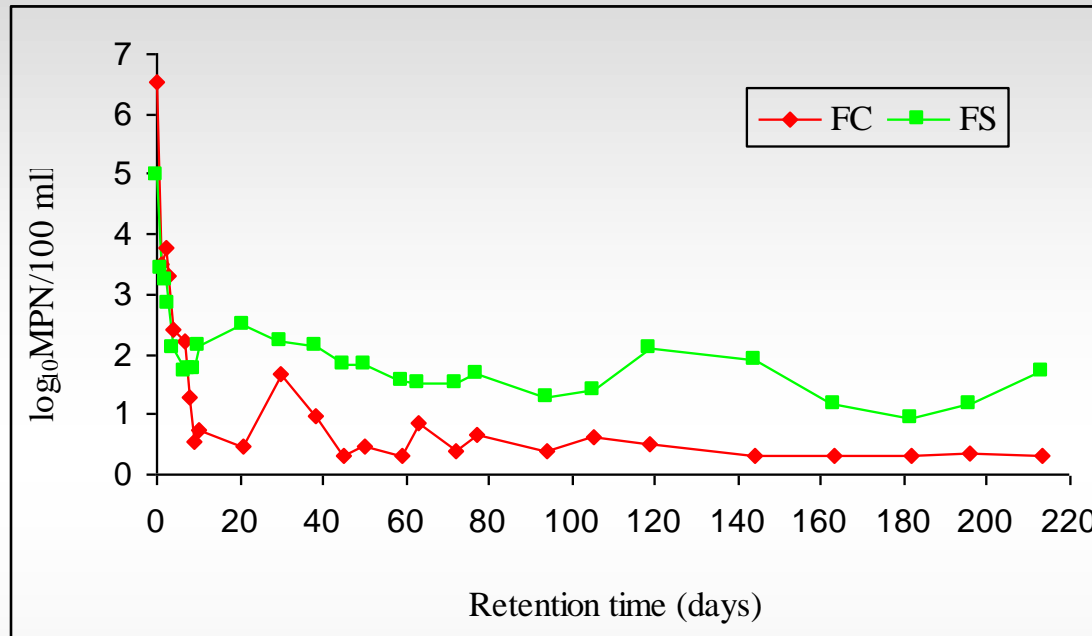
# Performances de l'Epuvalisation

Les performances de l'Epuvalisation sont très **variables dans le temps** ; elles dépendent de **l'espèce cultivée**, de son **état de développement** et des conditions environnantes.

En Tunisie ce procédé pourrait être utilisé pour la production de plantes ornementales ; il permettrait d'améliorer la qualité des EUT avant leur rejet dans le milieu naturel.



# Stockage saisonnier et ses effets sur la qualité des EUT



- **Un stockage saisonnier d'une durée de 5 à 7 mois n'affecte pas la qualité sanitaire des eaux stockées,**
  - **Le degré de salinité ne subit pas de changements significatifs dans les conditions du site expérimental.**

## Qualité bactériologique de trois produits irrigués par des EUT après un stockage saisonnier de 150 jours en bassin .

Produit	Eaux d'irrigation	NPP/g		
		CT	EC	SF
<i>Cucumis melo L.</i>	EP	149 ± 90 a	114 ± 79 a	284 ± 113 a
	EUT-St	153 ± 72 a	80 ± 51 a	359 ± 175 a
<i>Capsicum annum</i>	EP	1,9 + 0,8 b	1 + 0,8 b	17 + 8,2 b
	EUT-St	3 + 2,3 b	1 + 0,6 b	23 + 11 b
<i>Daucus carota</i>	EP	2 + 1,8 b	1 + 0,6 b	< 0,3
	EUT-St	11 + 8,2 b	2 + 1,1 b	< 0,3

EP: Eaux de puits ; EUT-St: Eaux usées traitées + stockage en bassin

# Impact de l'irrigation aux EUT par un système localisé sur la qualité des produits


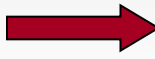


Nombres d'indicateurs bactériens enregistrés sur les plantes de persil ayant reçu des irrigations localisées aux EUT (NPP/g)

	Technique	CT/g	<i>E. Coli</i> /g	SF/g
<b>E. puits</b>	GNE	7,6 ± 2,3 a	4,8 ± 1,7 a	27,5 ± 16 a
	GE	2,6 ± 0,7 a	2,6 ± 1,2 a	16 ± 5,3 a
<b>E. usées traitées</b>	GNE	2 ± 1,2 a	0,75 ± 0,6 a	45,5 ± 16 a
	GE	1,6 ± 1,2 a	1,2 ± 0,7 a	30,7 ± 18 a

\* Absence des salmonelles sur tous les échantillons analysés.

# Perspectives

- Poursuivre les travaux liés aux contraintes de la réutilisation agricoles des EUT  améliorer le taux de valorisation de cette ressource
  - Qualité des produits  contribuer à l'amélioration de l'acceptabilité de la REUT
  - Qualité des eaux usées traitées au niveau 2aire ; application de technologies nouvelles et performantes dans l'élimination de divers polluants (microorganismes et contaminants traces organiques).



**Merci de votre attention !**