

Réutilisation d'eaux usées traitées par DEL-UV: aspects sanitaires et environnementaux

Anne-Céline CHEVREMONT

Sous la direction de:

Jean-Luc BOUDENNE

Equipe Chimie de l'Environnement Continental, UMR 6264, LCP

Anne-Marie FARNET

Equipe Ecologie Microbienne et Biotechnologies, UMR 6116, IMEP



AXE 4

ECOTECHNOLOGIE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

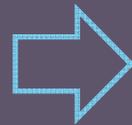
la remédiation des contaminants des eaux et des sols

CONTEXTE

raréfaction des ressources en eau de bonne qualité

développement de
nouvelles techniques

réutilisation d'eaux usées pour l'irrigation



procédés d'oxydation avancée (ultraviolets)

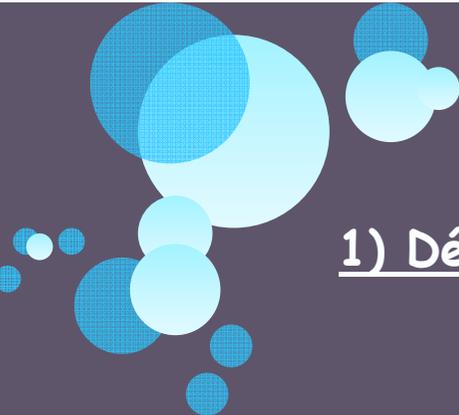
lampes à vapeur de mercure



nombreux désavantages



utilisation de DEL-UV



ETUDE EN PLUSIEURS ÉTAPES

1) Développer un système de traitement des eaux usées basé sur l'émission de rayonnements UV par des DEL



Conditions simplifiées :

- 2 espèces bactériennes indicatrices de pollution fécale
- 2 molécules représentant la matière organique

2) Evaluer son efficacité sur un effluent

Effluents urbains :

- microorganismes indicateurs de pollution fécale
- oxydation de la créatinine et du phénol

3) Evaluer l'impact de l'irrigation avec les effluents traités par le système DEL-UV

- Effets sur les fonctions des communautés microbiennes et les caractéristiques chimiques du sol
- 



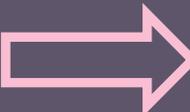
1) MISE AU POINT DU PROCÉDÉ

Volume expérimental fixé à 10 ml

Facteurs testés :

- Longueurs d'onde optimales pour une action germicide pérenne (254, 280, 365 et 405 nm) et couplage de longueurs d'onde (UV-A et UV-C)
- Temps d'exposition (10, 20, 30, 60, 120 et 180 s)
- pH (6 ou 8)
- Turbidité (densité de microorganismes / Formazine)



 Utilisation d'un plan d'expérience

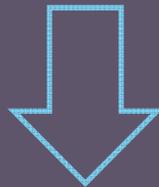


1) MISE AU POINT DU PROCÉDÉ:

Plan d'expérience sur cultures bactériennes

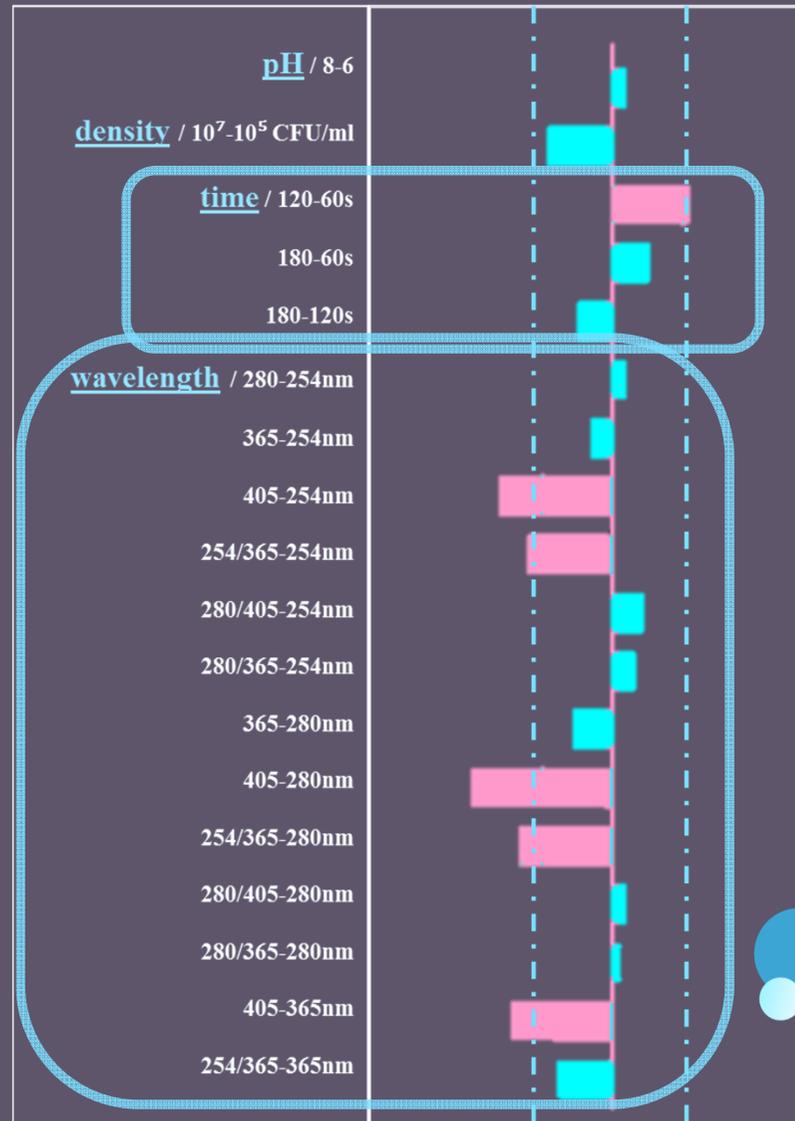
Bactéries indicatrices de pollution fécale :

E. coli (3 souches)
E. faecalis (2 souches)



- Temps d'exposition
- Longueur d'onde

Pas de réactivation bactérienne



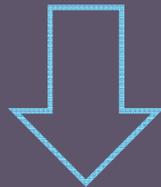
1) MISE AU POINT DU PROCÉDÉ:

Plan d'expérience sur solutions de créatine et de phénol

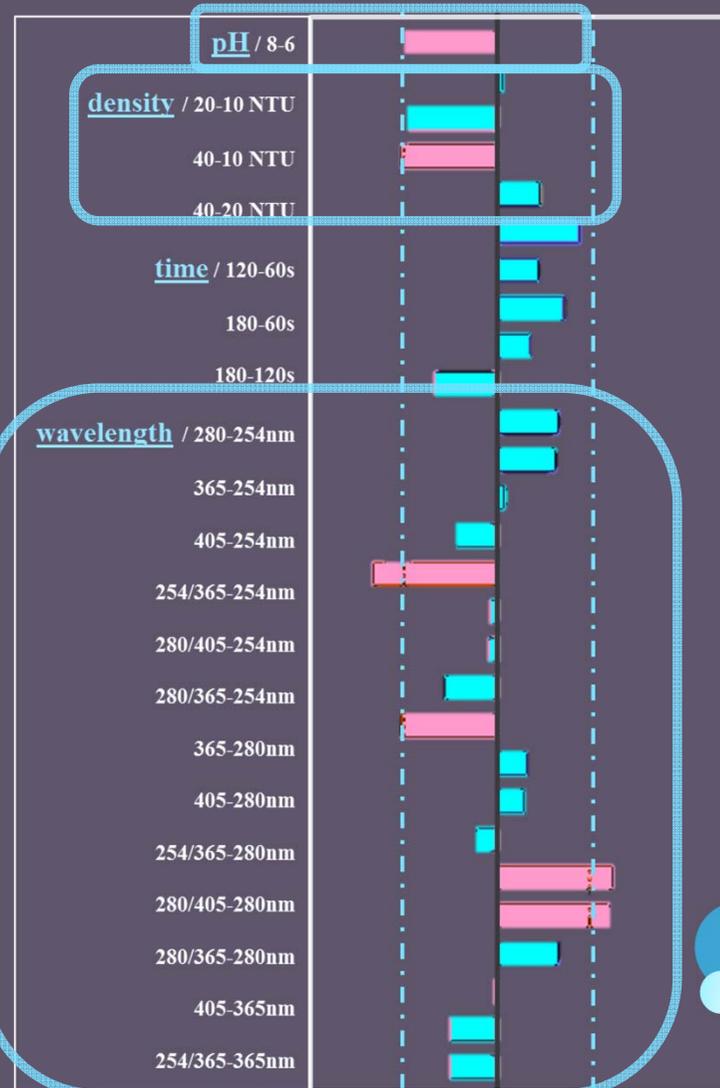
Solutions (20 mg/L):

Créatine (matière organique)

Phénol (partie récalcitrante)



- pH
- Turbidité
- Longueur d'onde



1) MISE AU POINT DU PROCÉDÉ

Créatinine et phénol

60s
120s
180s

15 %
d'oxydation

temps plus longs

Cultures
bactériennes

Pas de réactivation
bactérienne pour les 5
souches testées

Grande variabilité
des résultats
(10-100%
abattement)

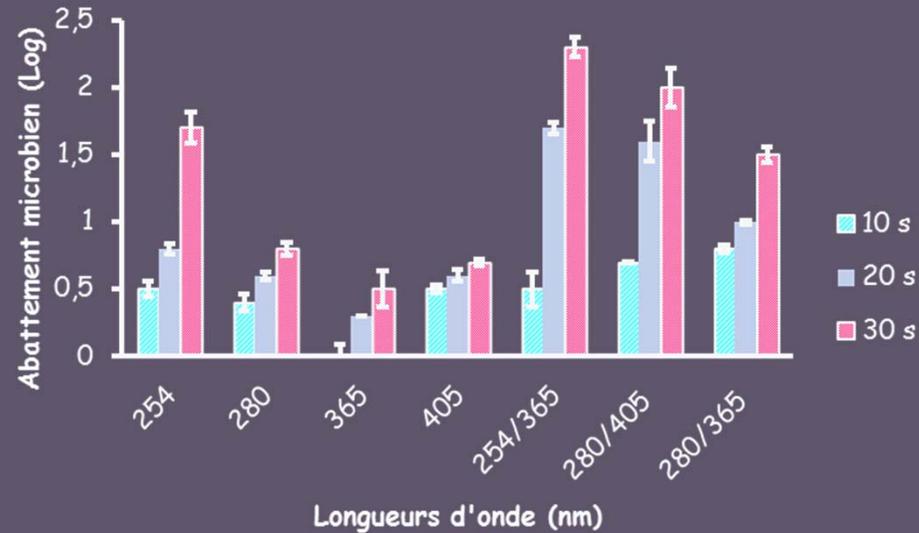
Plan d'optimisation

temps d'exposition (10, 20 et 30 s)
et longueurs d'onde

1) MISE AU POINT DU PROCÉDÉ

Plan d'optimisation sur cultures bactériennes

- Couplages de longueurs d'onde plus efficaces



- Réactivation bactérienne pour une des souches d'*E. coli* pour les temps d'exposition 10, 20 et 30s

Multivariate optimization of faecal bioindicator inactivation by coupling UV-A and UV-C LEDs

A.-C. Chevremont, A.-M. Farnet, M. Sergent, B. Coulomb, J.-L. Boudenne
Desalination

2) EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME

Effluents urbains

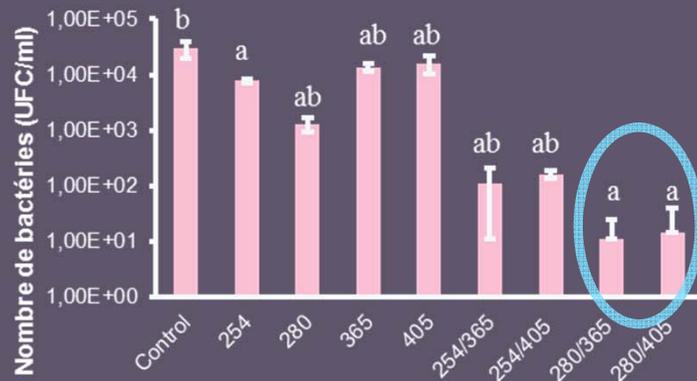
Premiers essais sur de faibles volumes

Paramètres fixés :

* Volume = 10 ml

* Exposition = 60s

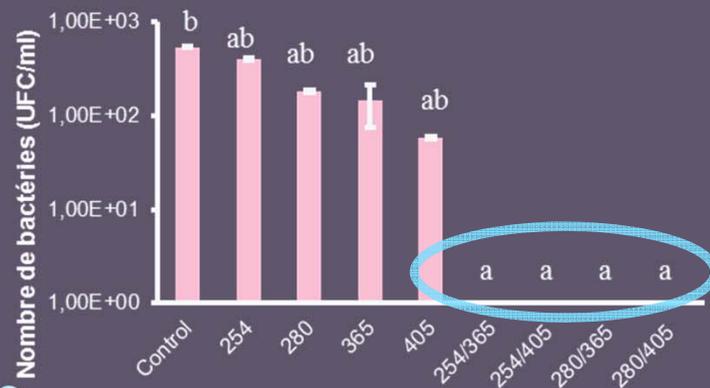
Bactéries mésophiles



Streptocoques fécaux



Coliformes totaux



Coliformes fécaux



(test de Kruskal - Wallis, $p < 0,05$)

2) EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME

Transfert de ces conditions sur des volumes plus importants

Cinétique sur 60 minutes

Paramètres fixés :

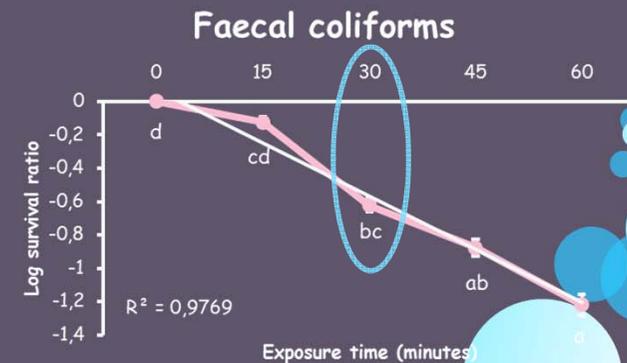
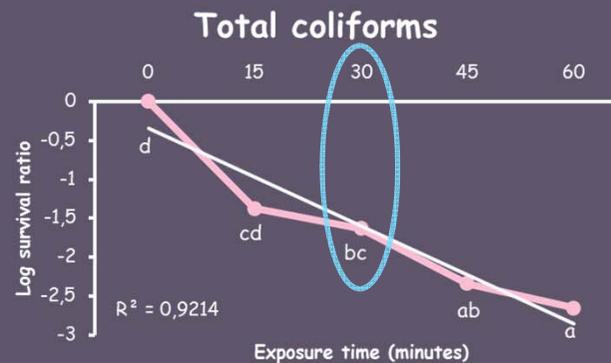
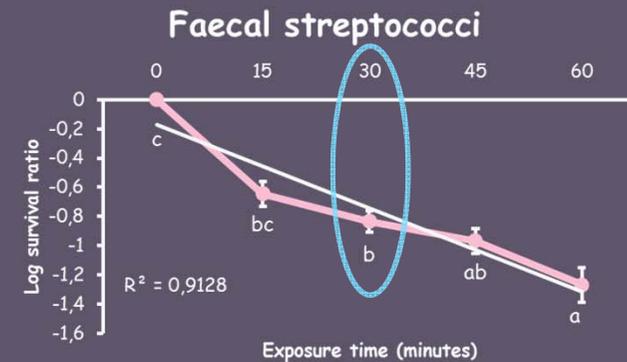
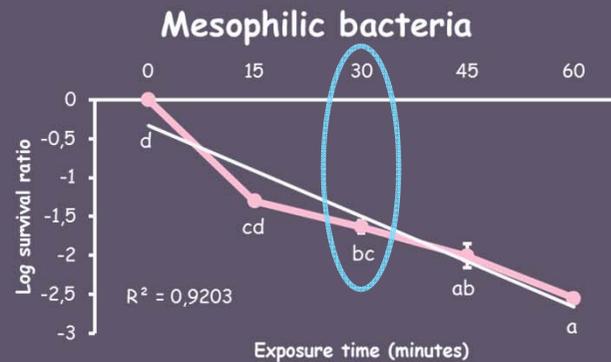
- Volume = 250 ml
- $\lambda = 280/365$ nm

Ratio de survie

$$= \log(N_{UV} / N_0)$$

30 minutes

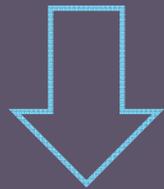
Test de Friedman pour échantillons appariés, $p < 0.05$, et comparaison multiple par paires suivant la procédure de Nemenyi



2) EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME

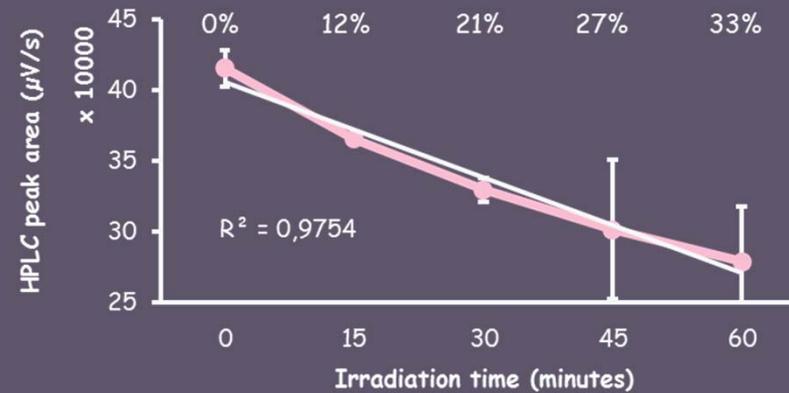
Cinétique d'oxydation de la créatinine et du phénol

- 20 mg / L
- Volume = 250 ml
- $\lambda = 280/365$ nm

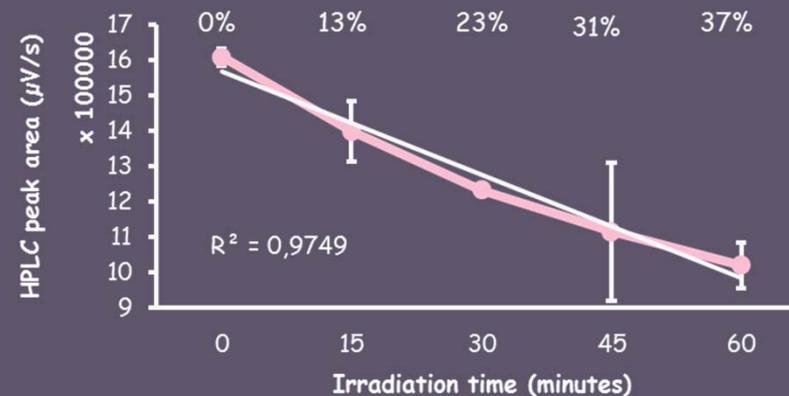


Analyse CLHP

Phenol



Creatinine



2) EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME

Couplage de longueurs d'onde combine deux propriétés des UV :

- pouvoir bactéricide direct des UV-C (200-280 nm)
- Pouvoir bactéricide indirect des UV-A (315-400 nm)

Action directe sur l'ADN et les protéines

Radicaux libres oxydent les membranes bactériennes et les molécules chimiques

3) EVALUATION DE L'IMPACT DE L'IRRIGATION AVEC LES EFFLUENTS TRAITÉS

Sur les caractéristiques chimiques et microbiologiques du sol

Suivi: 4, 8 et 12 mois

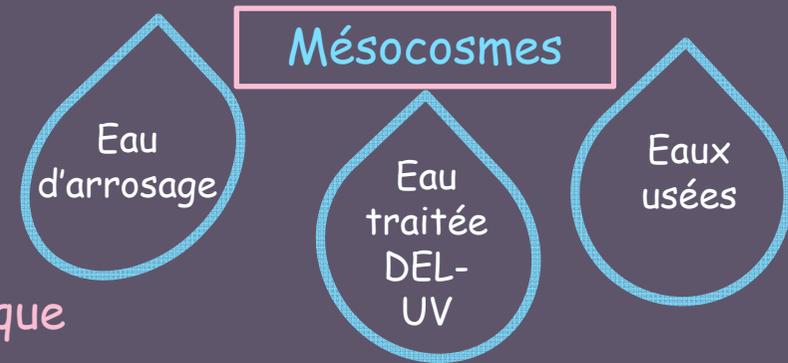
- pH et conductivité
- Caractérisation de la **matière organique**

RMN du solide du ^{13}C
carbone et azote totaux

- Effet sur le fonctionnement des **communautés microbiennes** du sol

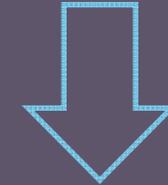
activités enzymatiques
diversité fonctionnelle

- Estimation de la **persistance des indicateurs fécaux**



3) EVALUATION DE L'IMPACT DE L'IRRIGATION AVEC LES EFFLUENTS TRAITÉS

Devenir dans les sols de polluants chimiques potentiellement présents dans les effluents



Méthodologie

Mésocosmes

Anthracène ou Carbamazépine
(50 mg/150 g sol)

Eau
traitée
DEL-UV

Eau
d'arrosage

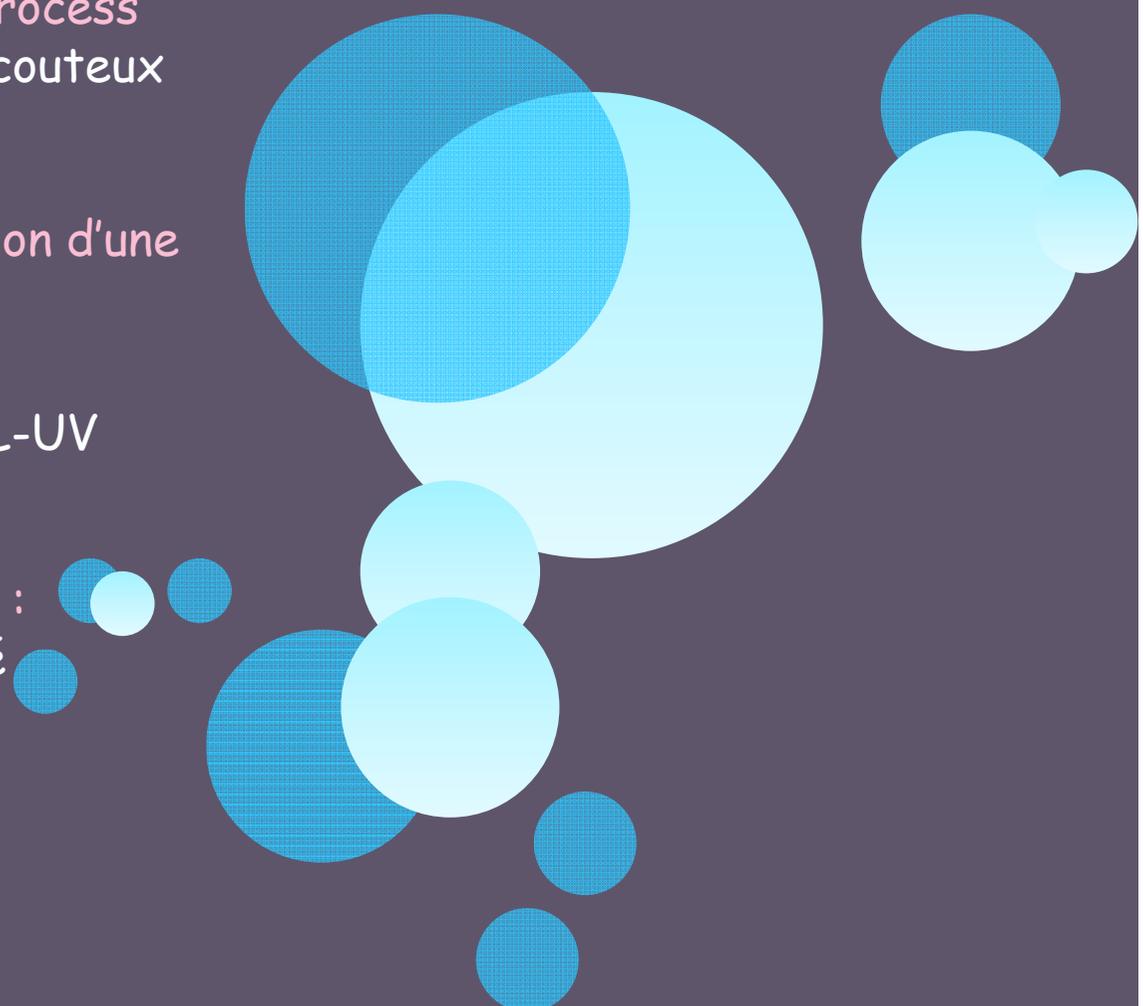
Biotransformation de molécules
récalcitrantes favorisée par
l'apport de matière organique *via*
l'effluent?

- Extraction des **molécules chimiques** T 3mois et T 6mois
- Suivi des **communautés microbiennes** du sol

activités enzymatiques
diversité fonctionnelle

Impact de ces polluants
sur les fonctionnalités
microbiennes

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

- Résultats obtenus peuvent permettre de **développer de nouveaux projets** (création d'un pilote à plus grande échelle)
 - Mise au point d'un **nouveau process d'épuration** efficace et peu couteux
 - Enjeu important : **réutilisation d'une ressource**
 - Applications du système DEL-UV
- * **Régions arides et semi-arides** : déficit en eau de bonne qualité
- * **Systèmes insulaires** : pas de rejets dans les milieux côtiers et besoins en irrigation
- 

The image features a dark background with a subtle, radial gradient of light emanating from the right side. On the left side, there are several green, rod-shaped bacteria with numerous flagella, appearing to be in motion. The text "Merci de votre attention" is centered in the middle of the image.

Merci de votre attention