

Séminaire REUT

26 septembre 2024 | Centre de Congrès les Atlantes, Les Sables d'Olonne

La REUT au service de l'eau potable en France et à l'étranger

Partages d'expériences et enseignements



Avec le soutien financier de :



26
SEPT
2024



La REUT au service de l'eau potable en France et à l'étranger

Partages d'expériences et enseignements

Centre de Congrès les Atlantes
Les Sables d'Olonne

- *Gestion des risques sanitaires et environnementaux : focus sur la qualité des eaux*

Niveau de qualité et performance des traitements

Nom : Julie Mendret

Organisation : Université de Montpellier / Institut Européen des Membranes

E-mail : julie.mendret@umontpellier.fr





Les eaux usées traitées : quels risques ?

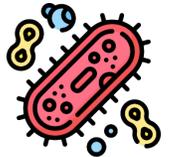
- *Contamination par des micro-organismes pathogènes*
- *Contamination physico-chimique*



Les eaux usées traitées : quels risques ?

● Contamination par des micro-organismes pathogènes

- Des **bactéries** responsables de troubles digestifs (salmonelles, *Escherichia Coli...*), de troubles respiratoires (légionnelles...), de surinfection des plaies (staphylocoques, *Clostridium..*) etc...;

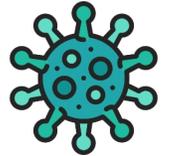
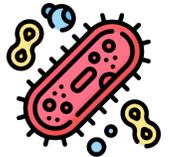




Les eaux usées traitées : quels risques ?

● Contamination par des micro-organismes pathogènes

- Des **bactéries** responsables de troubles digestifs (salmonelles, *Escherichia Coli...*), de troubles respiratoires (légionnelles...), de surinfection des plaies (staphylocoques, *Clostridium..*) etc...;
- Des **virus** dont les plus représentés sont les virus de la gastro-entérite (rotavirus, norovirus, adénovirus...);

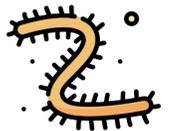
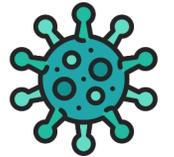




Les eaux usées traitées : quels risques ?

● Contamination par des micro-organismes pathogènes

- Des **bactéries** responsables de troubles digestifs (salmonelles, *Escherichia Coli...*), de troubles respiratoires (légionnelles...), de surinfection des plaies (staphylocoques, *Clostridium..*) etc...;
- Des **virus** dont les plus représentés sont les virus de la gastro-entérite (rotavirus, norovirus, adénovirus...);
- Des **parasites** comme certains protozoaires (*Giardia, Cryptosporidium...*) ou les œufs de vers intestinaux (les helminthes);

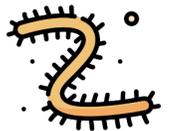
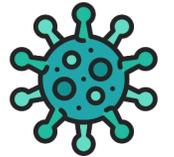




Les eaux usées traitées : quels risques ?

● Contamination par des micro-organismes pathogènes

- Des **bactéries** responsables de troubles digestifs (salmonelles, *Escherichia Coli...*), de troubles respiratoires (légionnelles...), de surinfection des plaies (staphylocoques, *Clostridium..*) etc...;
- Des **virus** dont les plus représentés sont les virus de la gastro-entérite (rotavirus, norovirus, adénovirus...);
- Des **parasites** comme certains protozoaires (*Giardia, Cryptosporidium...*) ou les œufs de vers intestinaux (les helminthes);
- Des **champignons microscopiques** (levures et moisissures) qui peuvent causer mycoses, irritations ou allergies.





Les eaux usées traitées : quels risques ?

● Contamination physico-chimique

- Liée à la présence de pesticides, de plastifiants, d'hydrocarbures, de solvants, de résidus de médicaments et de cosmétiques, de biocides, de produits de transformation etc...



Famille	Composé	Concentration mesurée la plus élevée (µg/l)
Anti-dépresseur	Citalopram	840
Nanoparticules	Fragments nanométriques contenant 70-85% de carbone, de faibles quantités d'oxygène et de métaux lourds	550 ± 130
Analgésique/Anti-inflammatoire	Tramadol	59,05
Métabolites	N-acetyl-4-aminoantipyrine	25,03
Edulcorant	Sucralose	18,80
Agent de contraste	Iopromide	17,90
Stimulant	Caféine	11,45
Anxiolitique/Benzodiazépine	Oxazépam	7,43
Antibiotique	Céfalexine	5,07
Retardateur de flammes	Tri-(2-chloroisopropyl)phosphate	4,90
Anti-épileptique	Carbamazépine	4,61
Agent de crème solaire	4-Benzophenone	4,31
Solvant	2-Butoxyethanol	1,4
Hormone	Progestérone	1,34

Rogowska et al.,
Micropollutants in treated
wastewater.
Ambio 49, 487–503 (2020).



La REUT en France : niveaux de qualité

PARAMÈTRES	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Matières en suspension (mg/L)	≤ 10	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'utilisation		
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (mg/L)	≤ 10	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'utilisation		
Escherichia coli (nombre/100mL)	≤ 10	≤ 100	≤ 1 000	≤ 10 000
Coliphage (bactériophages ARN-F spécifiques et/ou phages somatiques *)	≤ 10	≤ 100	≤ 1 000	≤ 10 000
Clostridium perfringens (**)	≤ 10	≤ 100	≤ 1 000	≤ 10 000
Turbidité (NTU)	≤ 5	-	-	-
Autres	Legionella spp. : < 1 000 ufc/l lorsqu'il existe un risque de formation d'aérosols Nématodes intestinaux (œufs d'helminthes) : ≤ 1 œuf/l pour l'irrigation des pâturages ou des fourrages frais			

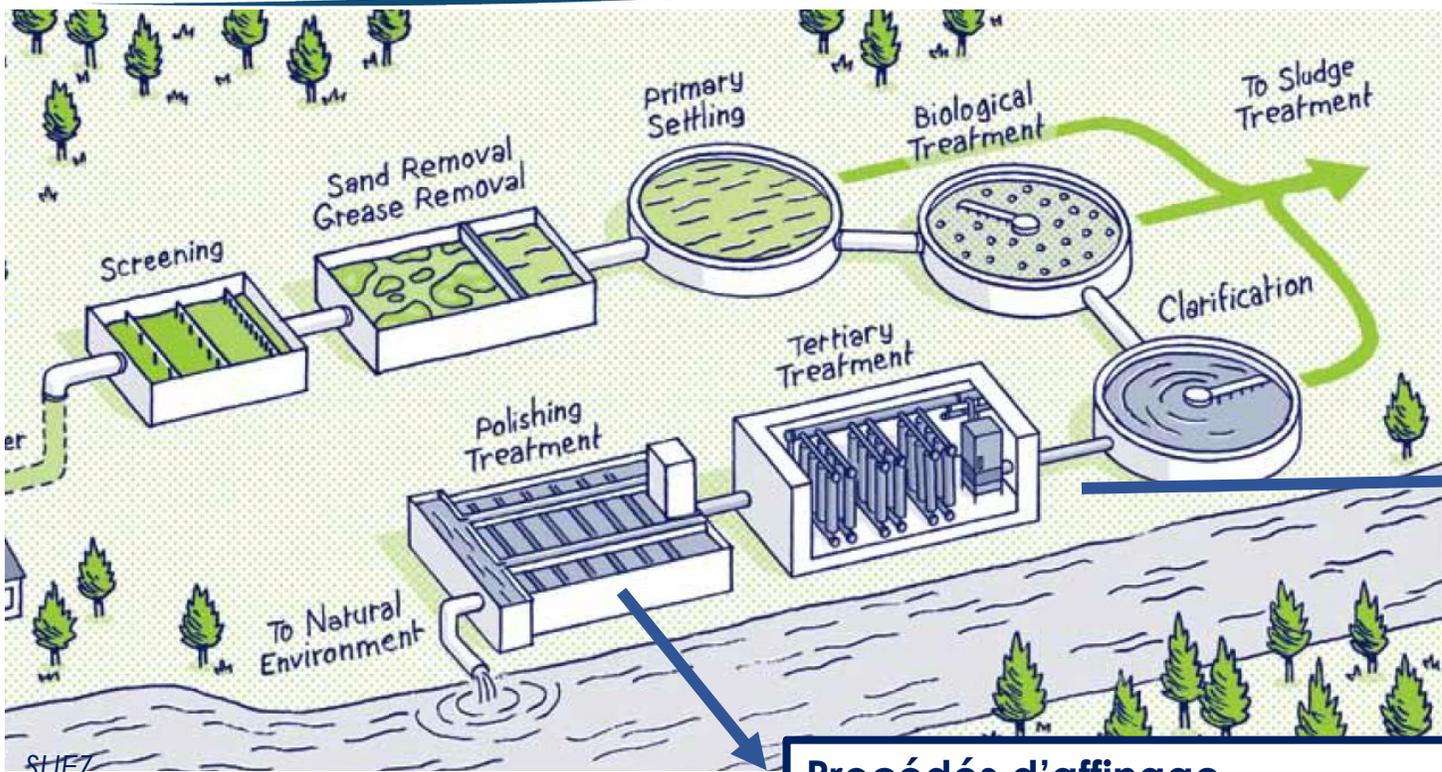
Arrêté du 18 décembre 2023 relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures

(*) Les coliphages totaux sont choisis comme étant l'indicateur viral le plus approprié. Cependant, si l'analyse des coliphages totaux est impossible, au moins l'un d'entre eux (les coliphages F-spécifiques ou les coliphages somatiques) doit être analysé.

(**) Les spores de Clostridium perfringens sont choisis comme étant l'indicateur de protozoaires le plus approprié. Cependant, les bactéries anaérobies sulfito-réductrices et leurs spores offrent une solution de remplacement si la concentration de spores de Clostridium perfringens ne permet pas de valider la réduction log10 requise.



Des procédés de traitement adaptés aux usages



Exemple de la filière Boues Activées
(environ 50% des cas selon EPNAC 2023)

Procédés tertiaires

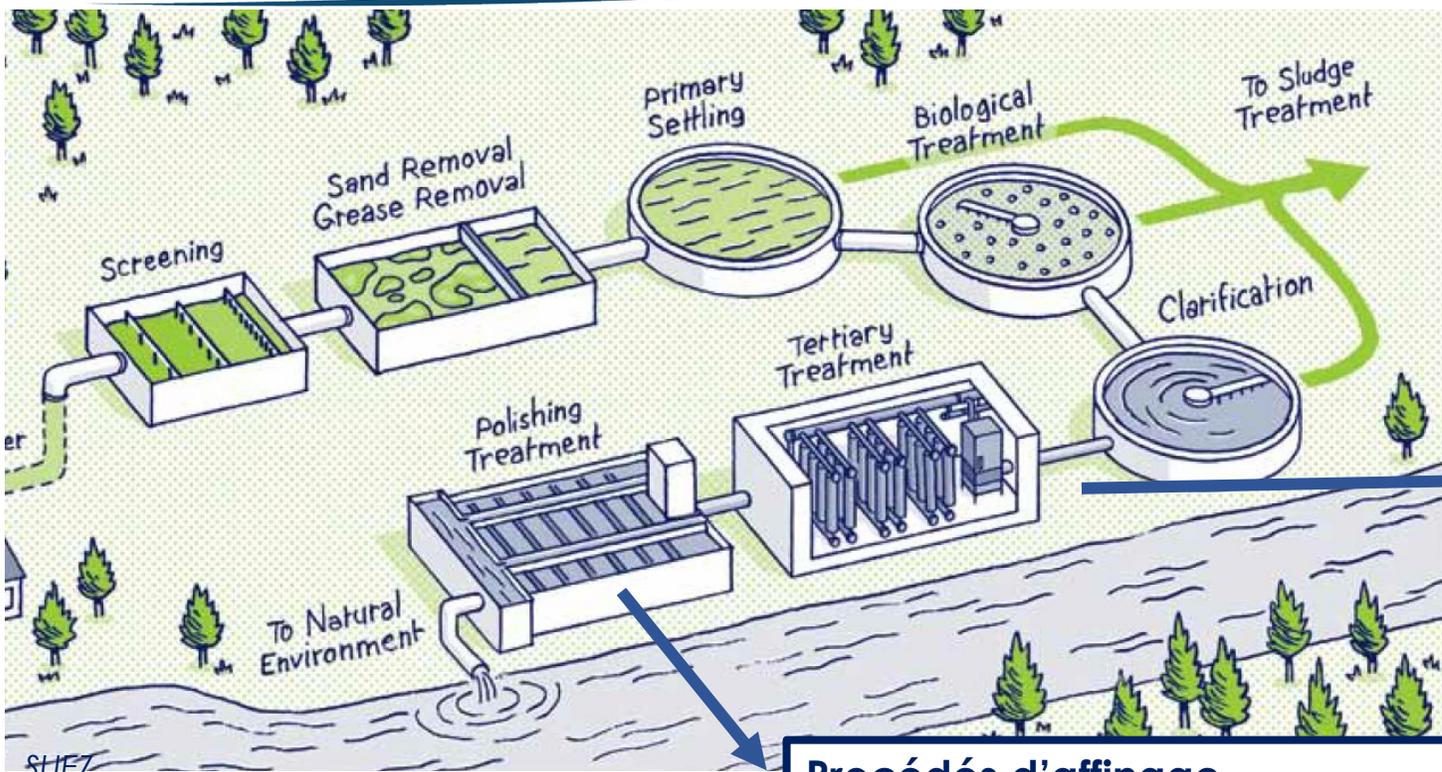
- Lagunage
- Filtre à sable
- Filtre à disques
- Microfiltration/Ultrafiltration
- Ozonation
- ...

Procédés d'affinage

- Osmose inverse
- Electrodialyse
- Charbon actif
- ...



Des procédés de traitement adaptés aux usages



Exemple de la filière Boues Activées
(environ 50% des cas selon EPNAC 2023)

Procédés tertiaires

- Lagunage
- Filtre à sable
- Filtre à disques
- Microfiltration/Ultrafiltration
- Ozonation
- ...

Procédés d'affinage

- Osmose inverse
- Electrodialyse
- Charbon actif
- ...

Désinfection

- UV
- O₃

+



Des procédés de traitement adaptés aux usages

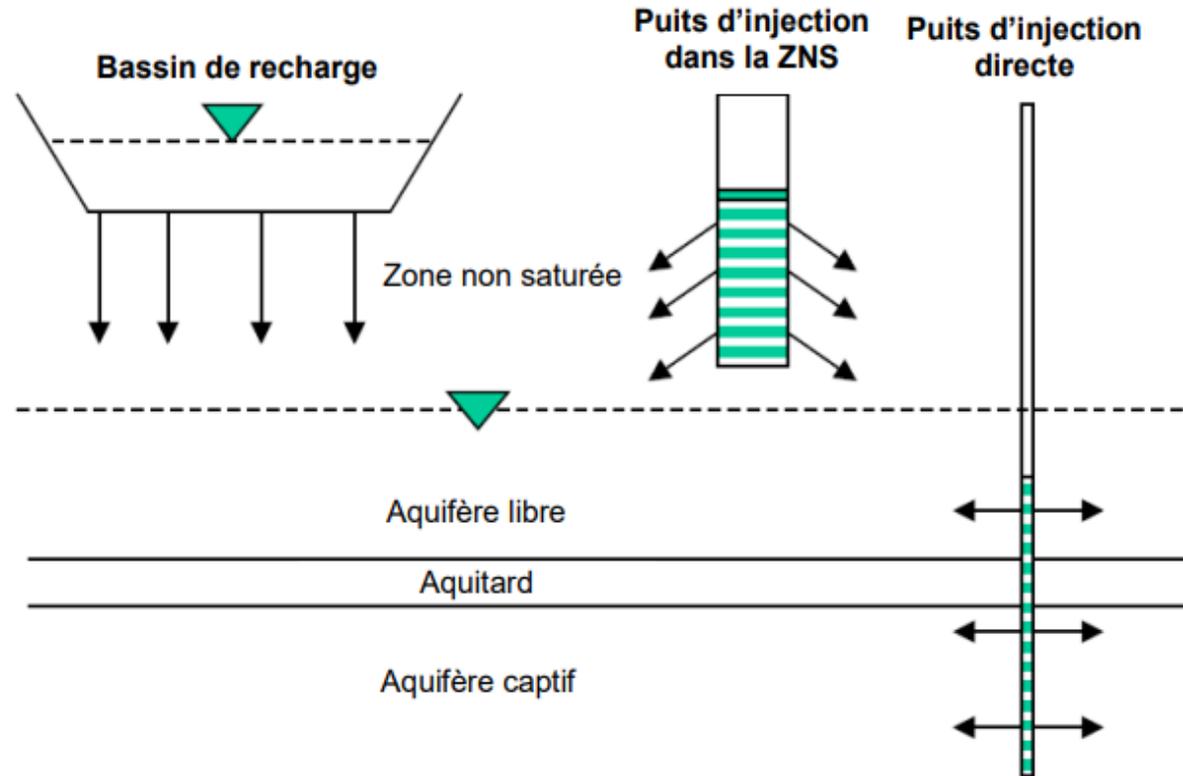
Type de traitement	Capacité de rétention/élimination		
	Sels	Agents pathogènes	Contaminants d'intérêt émergent
Nanofiltration	+	+++++	+++
Osmose inverse	+++++	+++++	+++++
Osmose directe	+++++	+++++	+++++
Chloration	Non	++++	Non
Acide peracétique	Non	+++	Non
UV-C	Non	++++	Non
Ozonation	Non	+++++	+++++
Photocatalyse homogène solaire	Non	++++	++++
UV-C/H ₂ O ₂	Non	+++++	+++
Charbon actif	Non	Non	+++
Lagunage	Non	+++	Non

*Yalin et al.,
Mitigating risks and
maximizing
sustainability of treated
wastewater reuse for
irrigation.
Water Research X, 2023*



Un exemple d'usage à haute qualité : la recharge de nappe

- **Recharge maîtrisée des aquifères (MAR) : élément indispensable pour rendre les territoires résilients face au changement climatique**

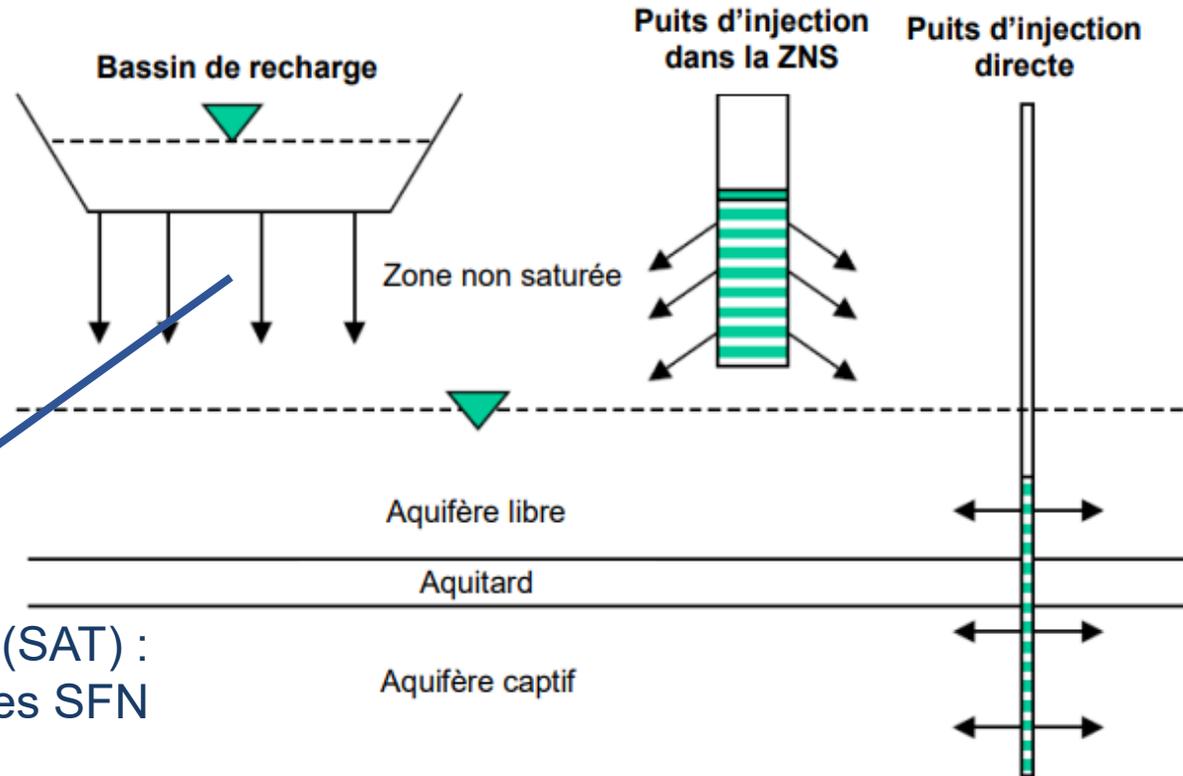


Trois principaux dispositifs de recharge artificielle de nappe (US EPA, 2012).

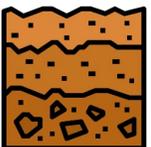


Un exemple d'usage à haute qualité : la recharge de nappe

- **Recharge maîtrisée des aquifères (MAR) : élément indispensable pour rendre les territoires résilients face au changement climatique**



Utilisation du sol en place (SAT) :
affiner le traitement via les SFN



Trois principaux dispositifs de recharge artificielle de nappe (US EPA, 2012).



Un exemple d'usage à haute qualité : la recharge de nappe

● Recharge maîtrisée des aquifères (MAR) : quelle qualité ?

Avis de l'Anses

Saisine n°2012-SA-0255 :



Les eaux utilisées pour la recharge doivent respecter, a minima, les limites suivantes :

MES : < 10 mg.L-1

Turbidité : < 5 NFU ;

COT : < 10 mg.L-1



Un exemple d'usage à haute qualité : la recharge de nappe

Recharge maîtrisée des aquifères (MAR) : quelle qualité ?

Avis de l'Anses

Saisine n°2012-SA-0255 :

Les eaux utilisées pour la recharge doivent respecter, a minima, les limites suivantes :

MES : < 10 mg.L⁻¹

Turbidité : < 5 NFU ;

COT : < 10 mg.L⁻¹



California Department of Public Health

Contraintes imposées pour la recharge de nappes utilisées pour l'approvisionnement en eau potable avec des eaux usées traitées :

Turbidité < 2 NTU

6 log d'élimination du bactériophage MS2

12 log pour virus entériques

10 log pour *Giardia*

10 log pour *Cryptosporidium*

COT < 0,5 / proportion EUT mg.L⁻¹

Contaminants chimiques : EDCH



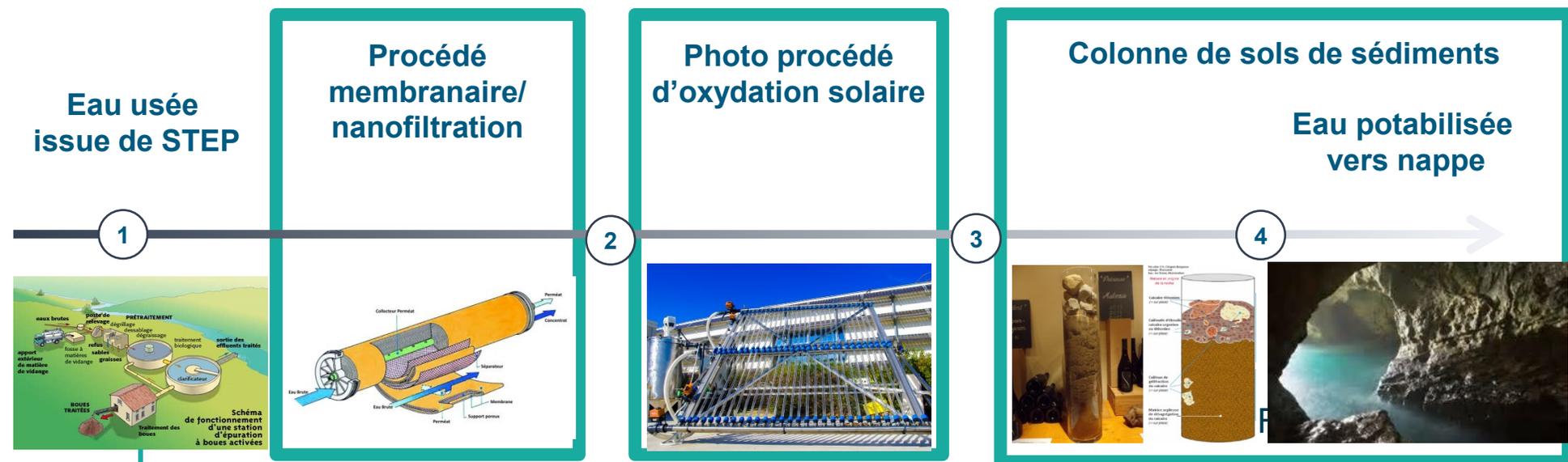
Paramètres	Type de recharge	
	Surface	Subsurface
Traitement minimum des eaux avant recharge	<p>Au moins, une étape de filtration : Coagulation et filtration afin que l'eau filtrée ait une turbidité ≤ 2 NTU (24 h) OU Micro, ultra, nano filtration ou osmose inverse afin que l'eau filtrée ait une turbidité ≤ 0,2 NTU (24 h) ET une étape de désinfection Au chlore avec CT ≥ 450 mg.min⁻¹.L⁻¹ et temps de contact ≥ 90 min OU Tout autre procédé ayant démontré une inactivation ou élimination d'au moins 99,999 % de bactériophage MS2 F-spécifique ou virus de la poliomyélite dans les eaux usées ET coliformes totaux ≤ 2,2 NPP.100 mL⁻¹ (moyenne sur 7 jours)</p>	<p>Au moins une étape d'osmose inverse et une étape d'oxydation avancée</p>
Abattement minimum des micro-organismes pathogènes	<p>12 log pour les virus entériques, 10 log pour les kystes de <i>Giardia</i>, 10 log pour les oocystes de <i>Cryptosporidium</i> Abattement à obtenir en au moins 3 étapes, chacune ne pouvant abattre moins de 1 log et plus de 6 log L'étape de recharge peut être prise en compte dans le calcul des abattements (voir valeur par défaut ci-dessous)</p>	
Crédit d'élimination en fonction du temps de transfert dans la zone saturée : si étude avec traceur ajouté si traceur intrinsèque si modélisation numérique si modélisation analytique	<p>1,0 log réduction virus / mois 0,67 log réduction virus / mois 0,50 log réduction virus / mois 0,25 log réduction virus / mois</p>	
Composés azotés dans les eaux de recharge	<p>Nt ≤ 10 mg.L⁻¹ Contrôle deux fois par semaine</p>	
COT dans les eaux de recharge	<p>COT ≤ $\frac{0,5}{RWC}$ mg.L⁻¹ Contrôle une fois par semaine</p>	<p>COT ≤ 0,5 mg.L⁻¹ Contrôle une fois par semaine</p>
Contaminants chimiques réglementés dans les eaux de recharge	<p>Respect des valeurs de référence dans les EDCH pour les contaminants réglementés inorganiques, les contaminants chimiques organiques, les sous-produits de désinfection et le plomb et le cuivre. Contrôle une fois par trimestre Respect des valeurs de référence dans les EDCH pour les contaminants réglementés secondaires Contrôle une fois par an</p>	
Autres contaminants à analyser dans les eaux de recharge et les eaux souterraines rechargées	<p>Respects des niveaux de notification pour les substances toxiques prioritaires et autres contaminants jugés pertinents pour le site de recharge Contrôle une fois par trimestre</p>	
Temps de transfert dans la nappe	<p>Au moins égal à 2 mois</p>	
Puits de surveillance	<p>Mise en place d'au moins 2 puits de surveillance en aval de la zone de recharge et en amont des puits de captage</p>	

Nt : azote total ; COT : carbone organique total ; RWC : Proportion d'eau recyclée



Le projet AQUIREUSE

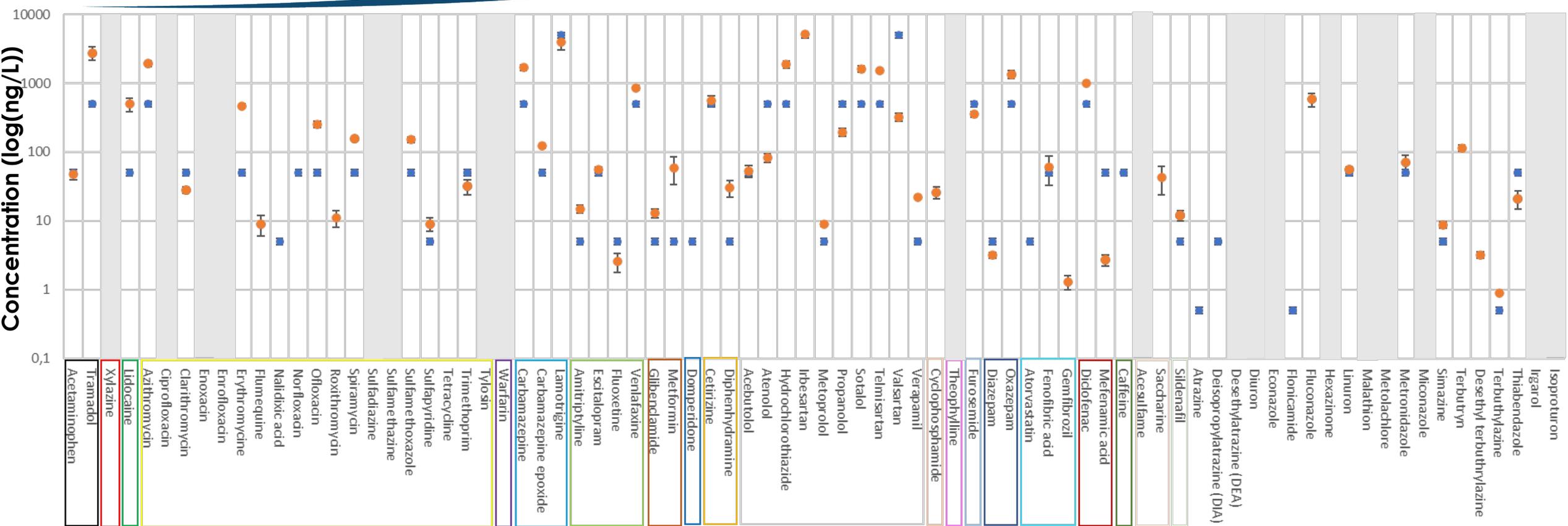
- Etude de la faisabilité technologique de la recharge d'aquifère à partir d'une eau usée traitée via le suivi de paramètres physico-chimiques, de micropolluants et de la perception du risque par les usagers.



issue d'un Bioréacteur à Membranes (BRM) de la STEU de Baillargues (30)



Le projet AQUIREUSE

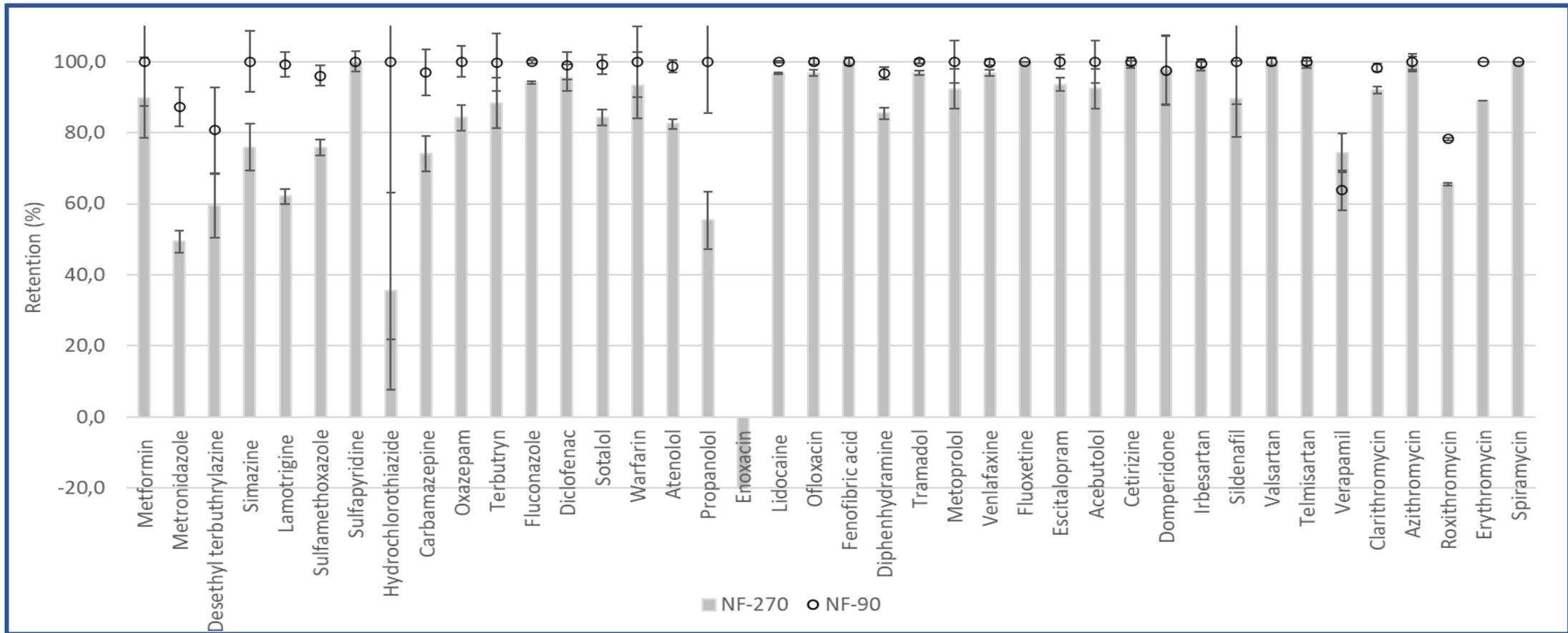


Analgésique, antalgique, antiarythmique, antibiotique, anticoagulant, anticonvulsif, antidépresseur, antidiabétique, antiémétique, antihistaminique, antihypertenseur, antinéoplasique, bronchodilatateur, diurétique, hypnotique, anticholestérol, anti-inflammatoire, stimulant, édulcorant, vasodilatateur, pesticides (sans cadre)



Le projet AQUIREUSE

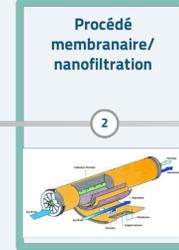
◆ *Suivi de 39 contaminants après l'étape 1 de nanofiltration.*



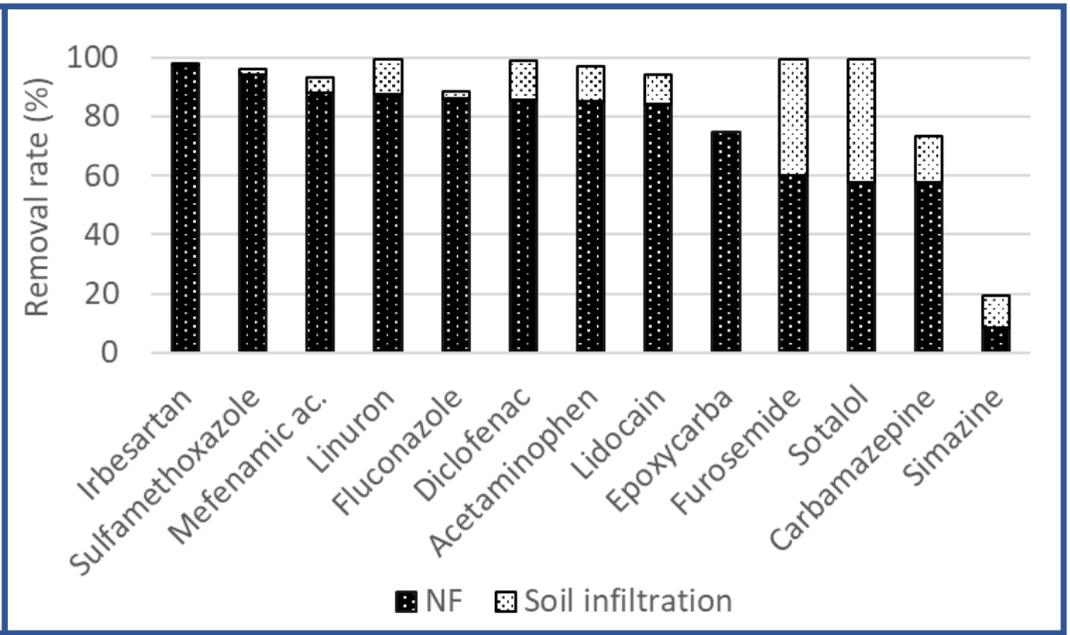
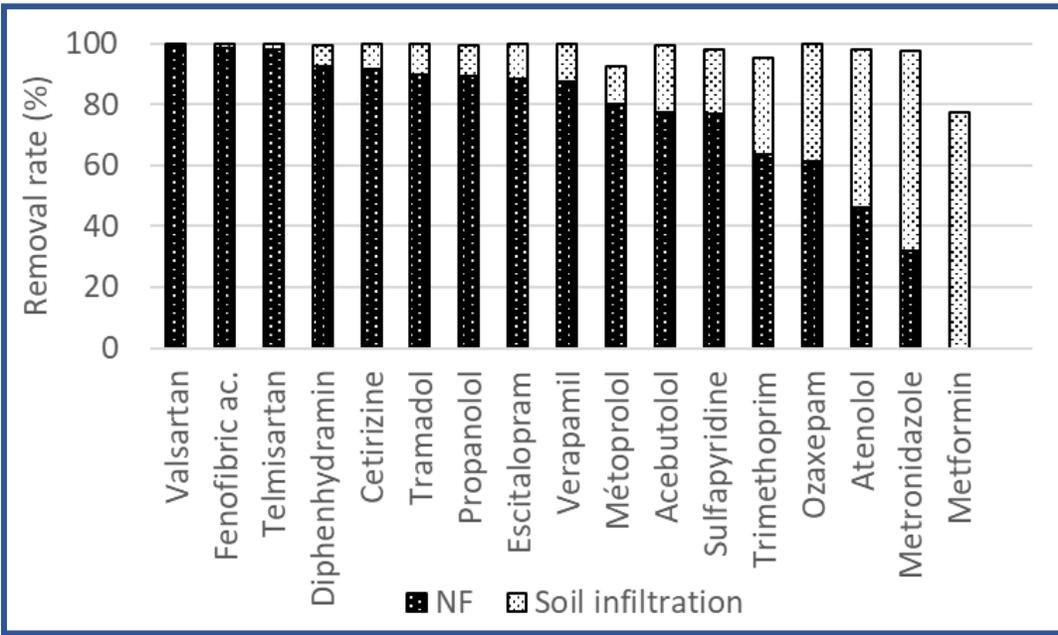


Le projet AQUIREUSE

Eau usée issue de STEP



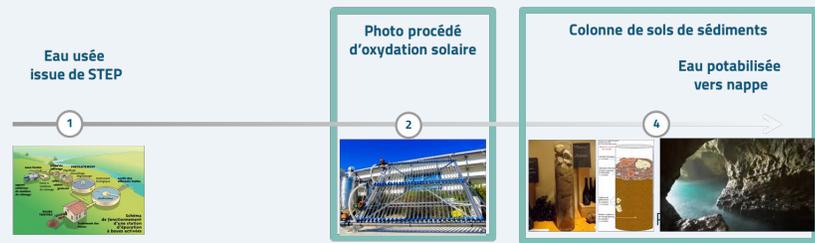
Suivi de 39 après nanofiltration + infiltration.



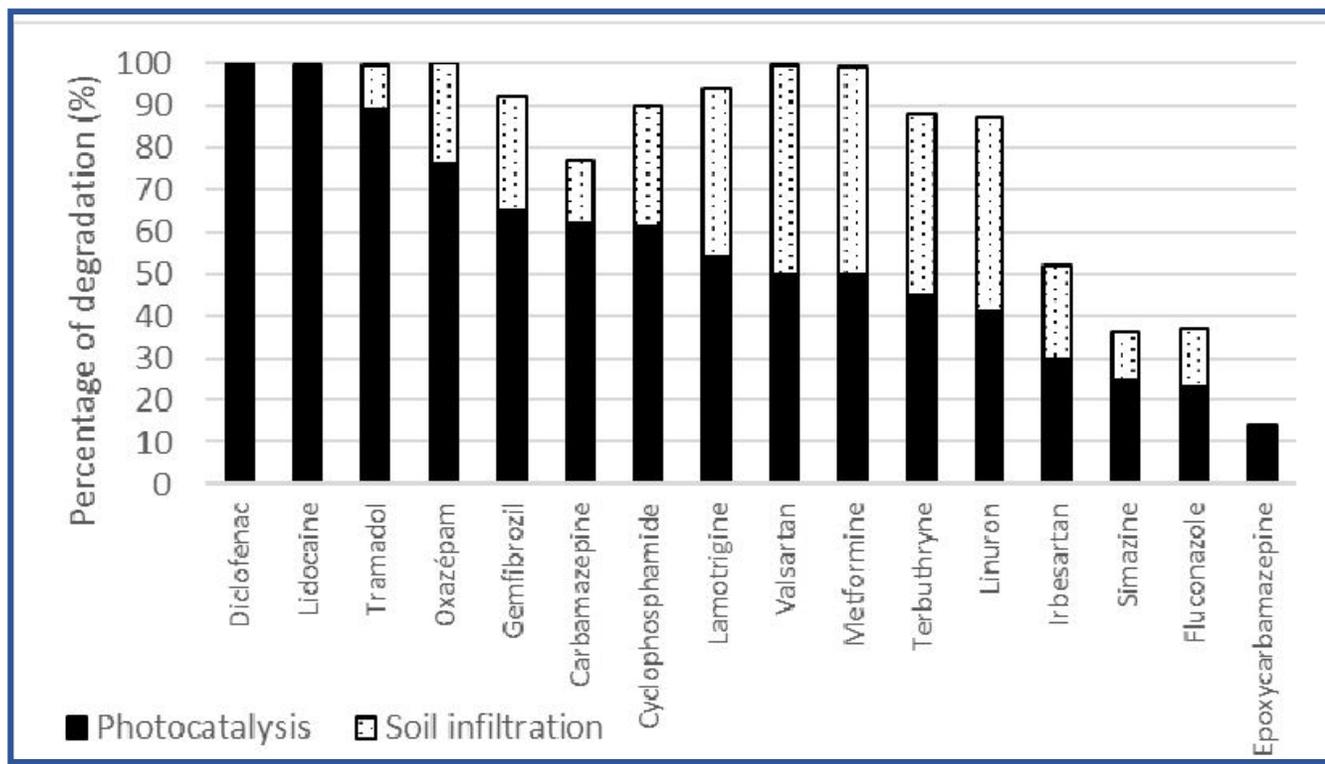
Trommetter et al., Removal of 39 contaminants of emerging concern found in wastewater effluent by coupling nanofiltration and infiltration into saturated soil column, Chemosphere 363, 2024



Le projet AQUIREUSE



◆ **Suivi de 39 contaminants après photocatalyse solaire + infiltration.**



Trommetter et al., Removal of 39 contaminants of emerging concern found in wastewater effluent by coupling nanofiltration and infiltration into saturated soil column, Chemosphere 363, 2024



Merci pour votre attention !

Radiofrance website interface showing a podcast titled "Boire nos eaux usées traitées, on y vient !".

Navigation: Radios, Podcasts, Catégories, Musique, Enfants

Radiofrance logo

Jeux Paralympiques Paris 2024

france culture

Grille des programmes, Podcasts, Fictions, Documentaires, Savoirs, Arts et Création



Boire nos eaux usées traitées, on y vient !

Samedi 6 mai 2023 (première diffusion le jeudi 27 avril 2023)

ÉCOUTER (5 MIN)



Dans les Pyrénées-Orientales, la rivière Agly est restée à sec tout l'hiver. La réutilisation des eaux usées traitées devient un urgence. @Maxppp - MICHEL CLEMENTZ