

REUT : procédés et technologies de traitement des eaux usées

**Christelle Pagotto,
Direction technique Veolia Eau France**

Ordre du jour

1

Introduction : un contexte et un cadre réglementaire qui ouvrent des possibles...

2

Comment définir sa solution REUT ? Quelles adaptations des stations d'épuration ?

3

Quelques exemples pour illustrer

1 - Contexte et cadre réglementaire

Un contexte de tensions sur les ressources en eau ...

LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE
ENTRAÎNE UNE

RARÉFACTION DE LA RESSOURCE EN EAU



Conflits d'usages



Arrêtés sécheresse



Risques pour l'accès
aux ressources



Dégradation de
l'équilibre écologique
des masses d'eau



PRÉVISIONS
2050

BAISSE DES DÉBITS
MOYENS DES COURS D'EAU
-10 à -40%

ÉTIAGES
PLUS SÉVÈRES
-30 à -60%

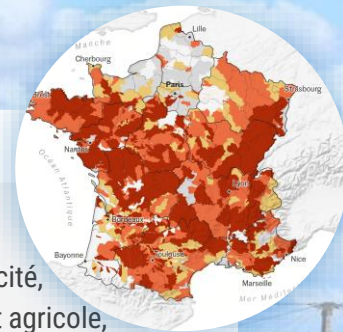
BAISSE DE RECHARGE
MOYENNE DES NAPPES
-10 à -25%

ÉTÉ 2022

-20% hydroélectricité,
-10 à -30% rendement agricole,
arrêt d'activités nautiques...

49 jours "crise" en moyenne
+ de 2000 communes
près de la rupture

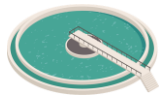
1260 cours d'eau asséchés



53 MESURES
POUR L'EAU
PLAN EAU

Une réglementation qui accélère et ouvre des possibilités

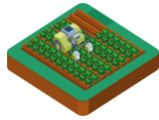
Ce qu'il est possible de faire et principaux textes applicables Eaux Usées Traitées urbaines /industrielles



REUT
EN STEU



Code du Travail
/ Loi sur l'Eau



REUT
AGRICOLE



Règlement
UE



Décret
août 2023



Arrêté déc.
2023



REUT
URBAINE



Décret
août 2023



Arrosage espaces
verts : arrêté déc.
2023, autres
usages
(hydrocurage,
nettoyage voirie, ...)
arrêté sept. 2025



REUT
INDUSTRIELLE



Hors IAA :
Code du Travail
/ Loi sur l'Eau



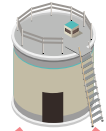
En IAA : décrets
janv. 2024 et
arrêté juill. 2024



REUT
ENVIRONNEMENTALE



Décret
août 2023,
loi sur l'eau



~~REUT
RESSOURCES
EAU POTABLE~~

Non autorisé

Critères de qualité d'eau

Irrigation agricole



Qualités d'eau requises selon les usages

TYPE D'USAGE	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Toutes les cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec l'eau usée traitée et les plantes racines consommées crues (1)	+	*	*	-
Cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau usée traitée, cultures vivrières transformées et cultures non vivrières y compris servant à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande (hors fourrage frais, pâturage, cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières)	+	+	+	-
Fourrage frais et pâturage	+	+	*	-
Cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières	+	+	+	+

+ autorisée, - interdite, * possible en mettant en place un système de barrières appropriées tel que défini en section 2.
 (1) La réutilisation d'eaux usées traitées est interdite pour la cressiculture.
 (2) L'irrigation pour l'arboriculture fruitière est interdite pendant la période allant de la floraison à la cueillette pour les fruits non transformés, sauf en cas d'irrigation au goutte à goutte.

Paramètres et niveaux pour les différentes classes

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			

(*) 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 choisies 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.

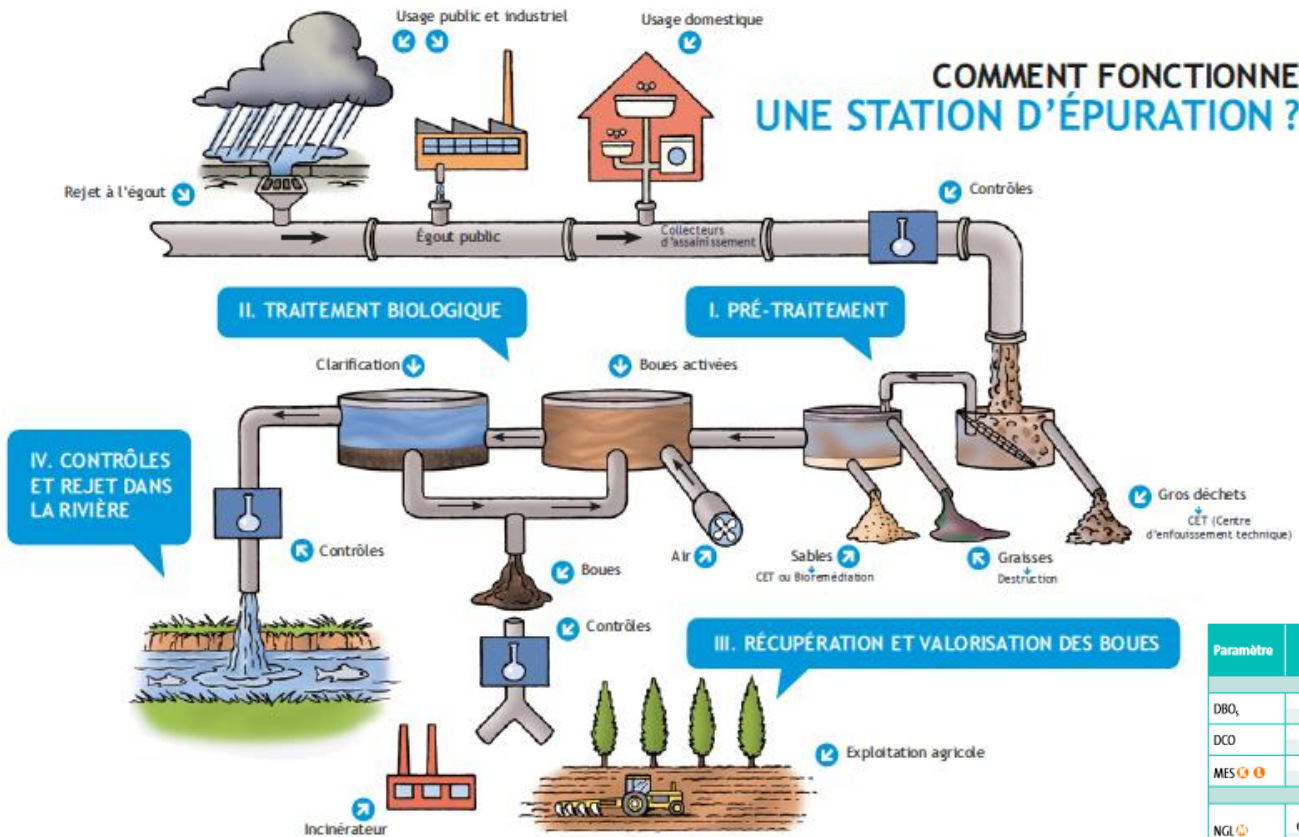
PARAMÈTRES	ABATTEMENT EN LOG			
	A	B (1)	C (1)	D (1)
Escherichia coli	≥ 5	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Coliphages totaux/coliphages F-spécifiques/coliphages somatiques/coliphages	≥ 6	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Spores de Clostridium perfringens/bactéries anaérobies sulfito-réductrices et leurs spores	≥ 4 dans le cas de spores de Clostridium perfringens ≥ 5 dans le cas de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et leurs spores	≥ 3	≥ 2	≥ 2

(1) Abattement attendu si usage sur cultures consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec l'eau.

Paramètres et abattements pour les différentes classes

2 - Comment définir sa solution REUT ?

Rappel : les étapes usuelles de traitement sur une station d'épuration



= éliminer les polluants présents dans les eaux usées, tels que les matières en suspension, la pollution organique, l'azote, le phosphore, et dans certains cas, les microorganismes pathogènes.

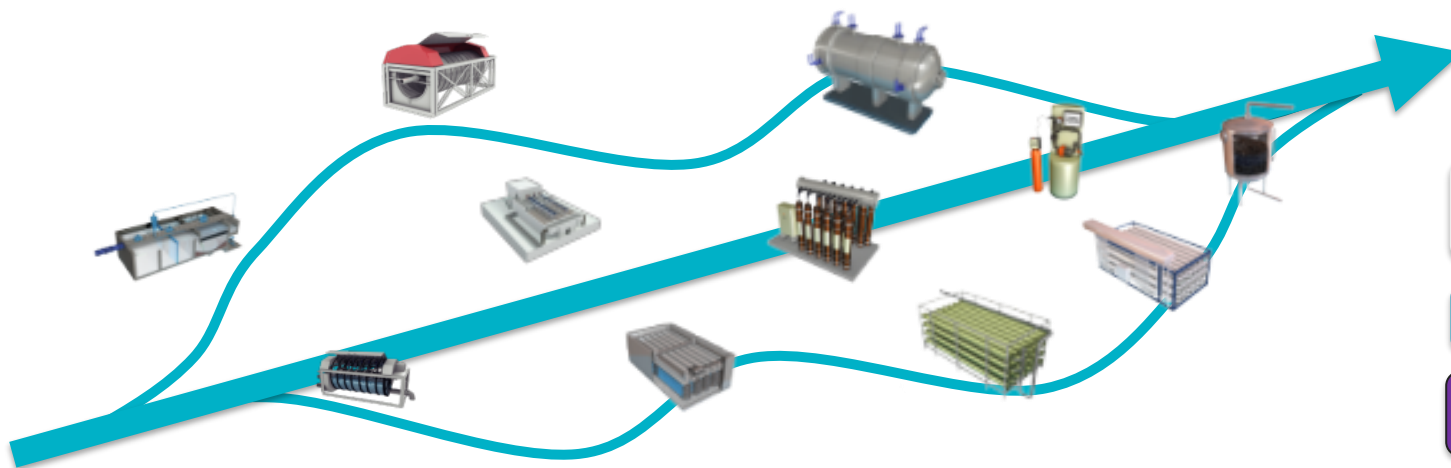
= préserver les milieux en aval et leurs usages

Paramètre	Charge brute de pollution organique reçue par la station	Concentration maximale à respecter		Rendement minimum à atteindre		Concentration réductible
		OU	ET	OU	ET	
FILE EAU : CAS GÉNÉRAL						
DBO ₅	< 120 kg/DBO ₅	< 2 000 EH	35 mg (O ₂)/l	60 %	70 mg (O ₂)/l	
	≥ 120 kg/DBO ₅	≥ 2 000 EH	25 mg (O ₂)/l	80 %	50 mg (O ₂)/l	
DCO	< 120 kg/DBO ₅	< 2 000 EH	200 mg (O ₂)/l	60 %	400 mg (O ₂)/l	
	≥ 120 kg/DBO ₅	≥ 2 000 EH	125 mg (O ₂)/l	75 %	250 mg (O ₂)/l	
MES	< 120 kg/DBO ₅	< 2 000 EH	/	50 %	85 mg/l	
	≥ 120 kg/DBO ₅	≥ 2 000 EH	35 mg/l	90 %	85 mg/l	
FILE EAU : EN ZONES SENSIBLES À L'AZOTE ET AU PHOSPHORE						
NGL	> 600	> 10 000 EH	15 mg/l	70 %	-	
	et ≤ 6 000 kg/DBO ₅	et ≤ 100 000 EH	10 mg/l	70 %	-	
Ptot	> 600	> 10 000 EH	2 mg/l	80 %	-	
	et ≤ 6 000 kg/DBO ₅	et ≤ 100 000 EH	1 mg/l	80 %	-	

Choisir une solution adaptée - pas si simple qu'il n'y paraît

Indicateurs « réglementaires » : MES, turbidité, DBO5, ... E.Coli, coliphages, spores, ... (micropolluants)

Indicateurs « process » : salinité, minéralisation, ...



**Toujours au cas
par cas et en
fonction de :**

**QUALITÉ DES EAUX
DISPONIBLES**

USAGES VISES

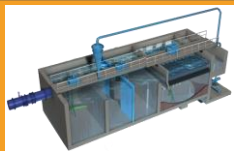
RÉGLEMENTATION

VOLUMES SOUHAITES, ...

Choisir une solution adaptée - un portefeuille de technologies à articuler complet

Solutions d'affinage

MES, algues, Pt



Actiflo



Filtres granulaires



UF sous pression



UF immergées

Solutions de désinfection

virus, bactéries, protozoaires



UV



Ozone



UF sous pression



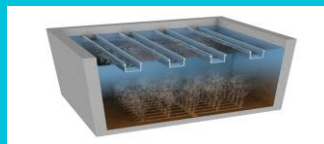
Chloration et chloramination

Solutions de traitement avancé

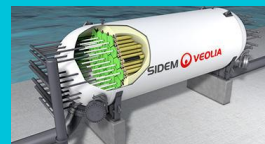
composés dissous, sels, micropolluants, métaux...



Ozone



Réacteurs charbon actif



Membranes NF/OI

Solutions packagées



REUTbox

FILTRATION EN PROFONDEUR

Description

- Filtre à média en grains (sables, billes de verre)

Polluants traités et avantages

- Permet de filtrer les particules ayant une taille $>$ à 1-2 μm
- Peut aussi traiter le fer, le manganèse, l'arsenic, etc
- Technologie très mature



Focus - Solutions d'affinage

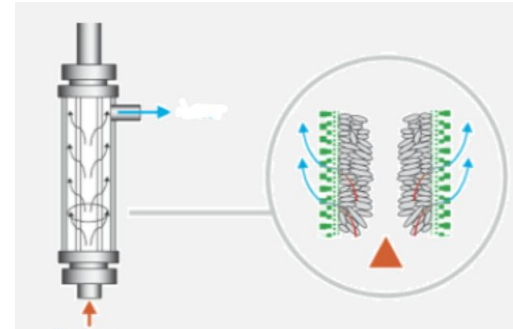
ULTRAFILTRATION

Description

- Filtre à membrane

Polluants traités et avantages

- Permet de filtrer les particules ayant une taille $> \text{à } 0,1\text{-}0,001\mu\text{m}$
- Barrière fiable contre les bactéries et les parasites intestinaux mais aussi pour une partie des virus



Focus - Solutions de désinfection

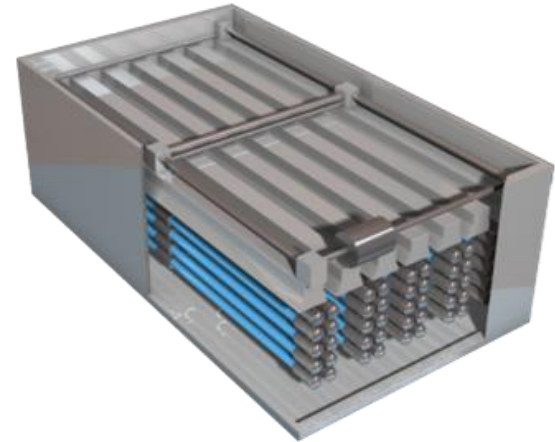
ULTRAVIOLET

Description

- Irradiation de l'eau avec des rayons de type UVc

Polluants traités et avantages

- Bactéries, parasites intestinaux et virus
- Technologie fiable, compacte et mature
- Bon équilibre investissement/ coûts d'exploitation



Focus - Solutions packagées

Filtre à billes de verre + UV



REUTBOX

- Sur skid (5 à 10 m³/h) ou en container (10 à 50 m³/h)
- Qualité A “arrêté 2010”
= upgrade (Q, puissance UV) = Qualité A “arrêtés 2023”
(en cours de vérification)



Choisir une solution adaptée – exemples de filières

A minima : effluent de bonne qualité, et usages peu exigeants (B ou A) : traitement « modéré »



Ordre de grandeur Coût : 0,2 à 0,5 €/m³

Au plus : effluent non nitrifié, et usages exigeants (A ou A+) : traitement « avancé »



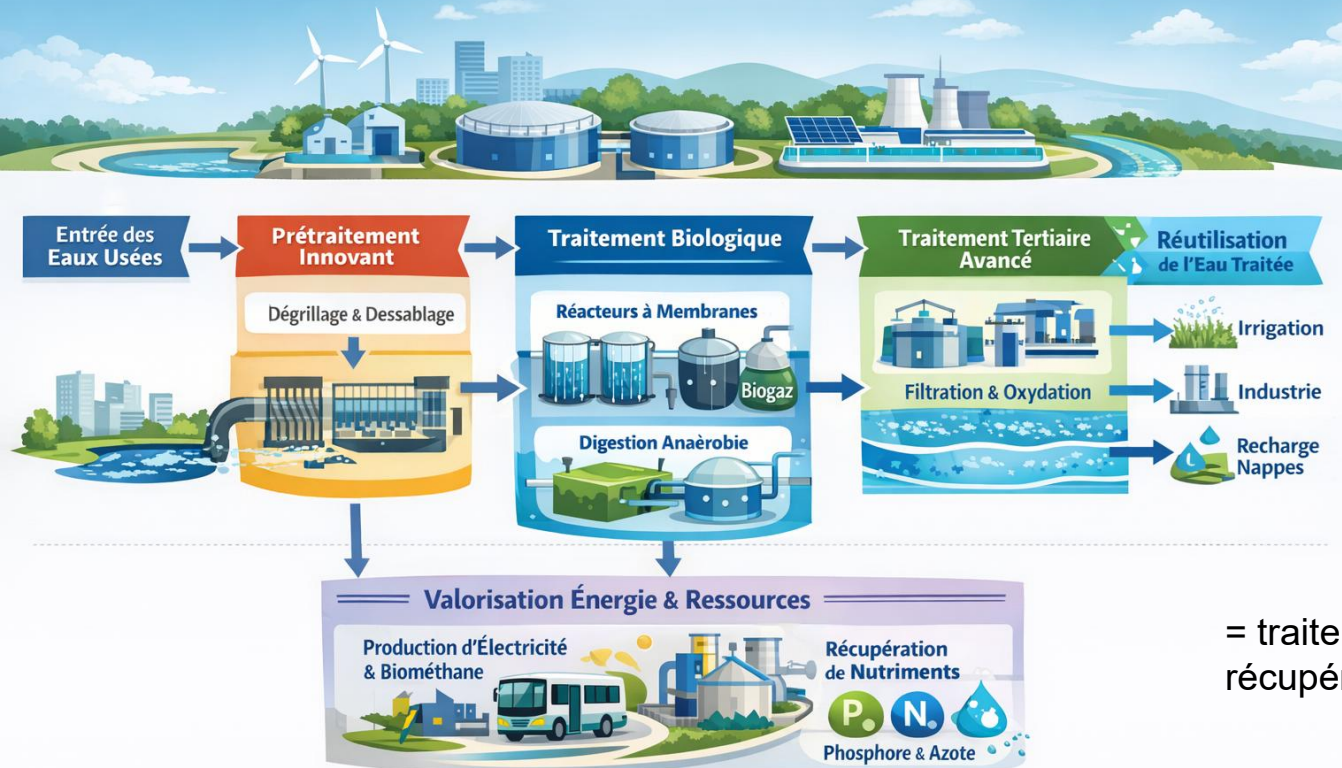
Ordre de grandeur Coût : 0,5 à 1,5 €/m³



Des coûts variables et dépendants du niveau de traitement
mais aussi du transport des EUT, du suivi à réaliser !!!
Des financements / subventions nécessaires pour assurer la pérennité
des projets

Des évolutions à venir en contexte DERU2 : en faveur de la REUT !

STATION D'ÉPURATION DU FUTUR

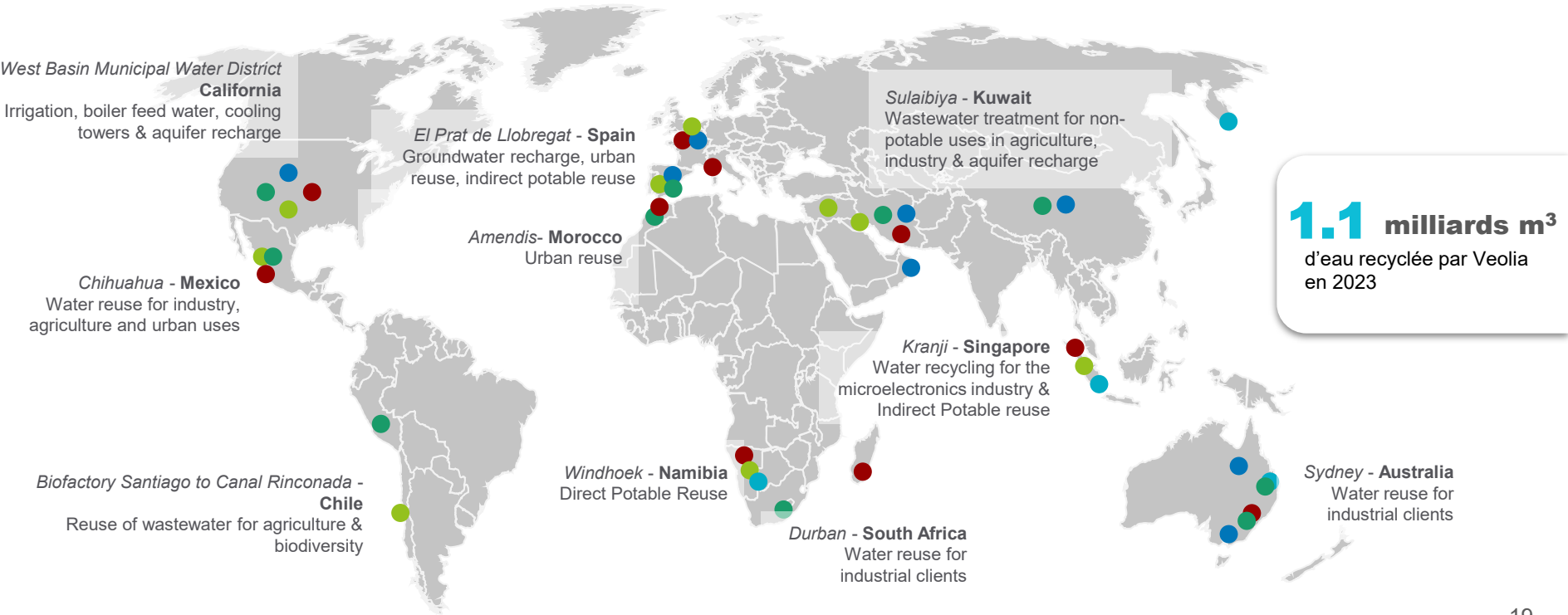


= traiter les micropolluants et récupérer l'énergie !

3 - Quelques exemples pour illustrer

Veolia acteur de la REUT : 280 références phares à l'international dans 18 pays

Usages: ● industrie ● agriculture ● eau potable ● urbain ● environmental



1.1 milliards m³
d'eau recyclée par Veolia en 2023

En France : des projets pionniers et emblématiques

-  Irrigation agricole
-  REUT industrielle
-  Usages urbains, golf...
-  Recharge indirecte pour eau potable



Projet Jourdain

“ Un démonstrateur unique de réalimentation de retenue par eaux usées traitées “

1ère phase : 100 000 m³/an
2ème phase : 4 800 000 m³/an



Irrialt'eau

“ Une expérimentation unique de 2013 à 2018 sur 1,5 ha avant l'élargissement à 81 ha de vignes “

100 000 m³/an



Disneyland Paris



“ De l'arrosage, du nettoyage, des utilisations techniques et le remplissage des bassins depuis 2014 “

320 000 m³/an

Golf de Sainte-Maxime



“ Un des premiers golfs arrosé en REUT : 65 ha depuis 2006 “

300 000 m³/an

REX Irrigation agricole : Alicante



Année de mise en service REUT : 1995 → 2003

Stockage et distribution de l'eau :

- Canalisation transfert : 78 km
- Surface : 11 Hm³/an (en 2023)

Filière de production des EUT :

Filtration sur sable + UV+ Chloration + UF (+ OI)



<https://www.aguasdealicante.es/en/inicio>

Usages de l'eau :

- **Agriculture**
 - Cultures au goutte à gouttes (8,29 Mm³/an)
- **Urbain (0,75 Mm³/an)**
 - Golfs, parcs et jardins
 - Nettoyage des rues, ...

Qualité d'eau :

- A

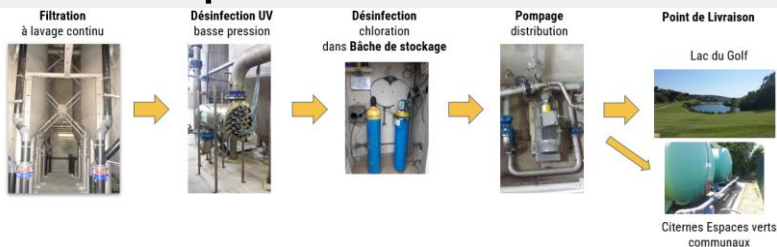


REX Usages internes et irrigation espaces verts : Sainte-Maxime



Année de mise en service REUT : 2006

Filière de production des EUT : 200 m³/h



Stockage et distribution de l'eau :

- Sur station : bête béton = 200 m³
- Distribution par canalisation PEHD en DN 250
- Canalisation transfert : 4 km
- Bassin de stockage site utilisation :
 - ouvert : retenue collinaire = 10 000 m³
 - fermé : cuves = 2 x 30 m³

Autres points d'intérêt : En moyenne **250 000 m³/an** valorisés
= **12% des besoins en eau potable de la commune substitués**
= **30% des eaux usées traitées par la STEP recyclées sur période REUT**

Usages de l'eau : **sur 7 mois**

- **Internes** : 750 m³/an (polymère anionique) en complément Eau indus 3 000 m³/an (file Boues)
- Externes : 250 000 m³/an (**Espaces verts Golf**) + 5 000 m³/an (**Espaces verts Communaux**)

Qualité d'eau : **A** (02/08/2010)

et **C** (14/12/2023) avec barrières

Autorisations administratives :

- AP de la station = 08/08/2012 + 29/06/2018 (*abrogeant 08/10/2002*)
- AP spécifique REUT = 29/07/2011 (*abrogeant 26/10/2005*) non remis en question par AM 14/12/2023
- Convention de fourniture d'eau de REUT (Mairie - Golf) = 2006 + Avenant 2012 + MàJ 2022



REX Arrosage golf : Bressuire

Année de mise en service REUT : 2022

Stockage et distribution de l'eau :

- Sur station : réservoir EI de quelques m3
- Distribution par pompage vers REUT Box
- Canalisation transfert : 0.5 km

Filière de production des EUT :

- **Reutbox (Epur)**

Usages de l'eau :

- Externes : 20 000 m3/an **Golf de Bressuire**

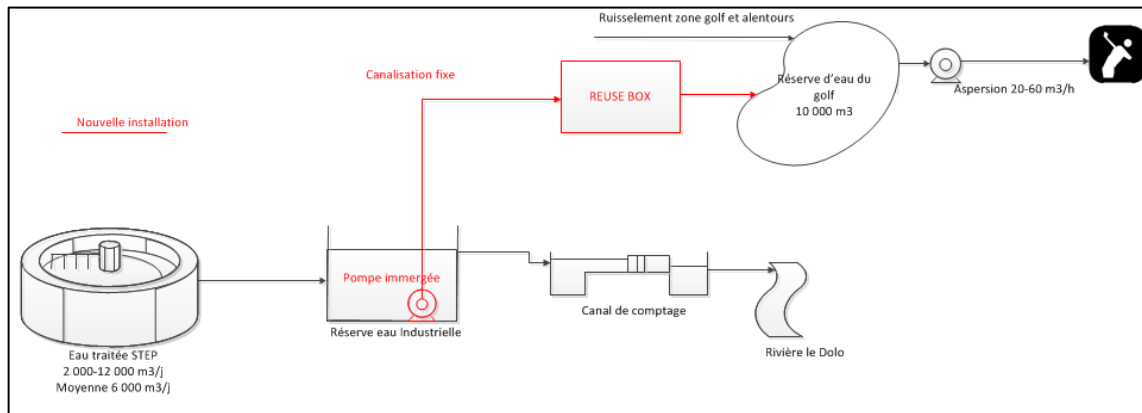
Qualité d'eau :

- A

Autorisations administratives :

- AP de la station
- AP spécifique : sept 2023

Filtration + UV + Chloration



**Merci à vous !
Des questions ?**