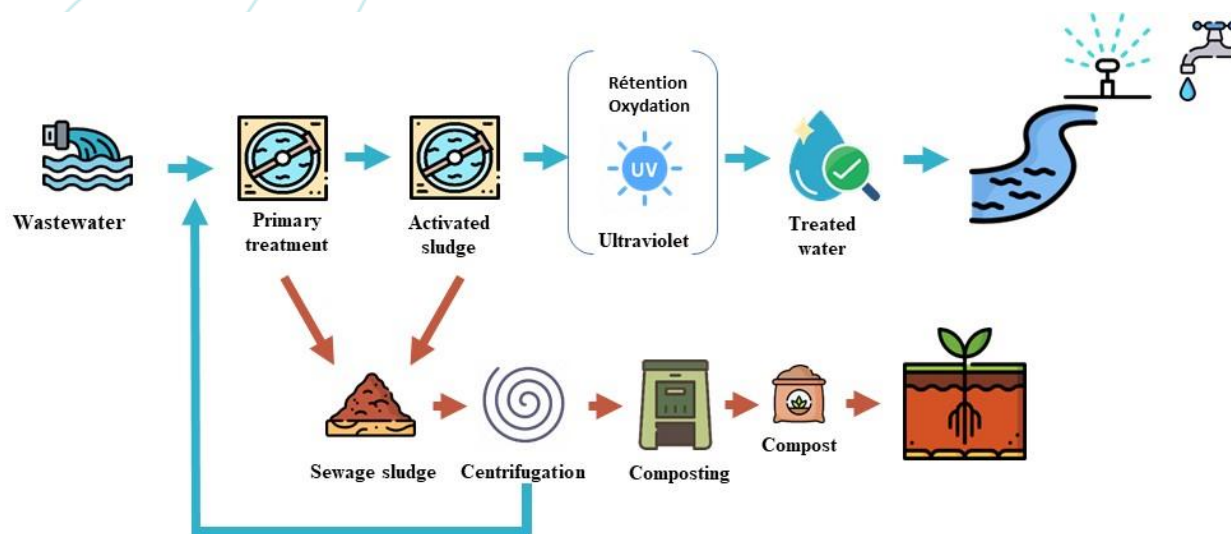
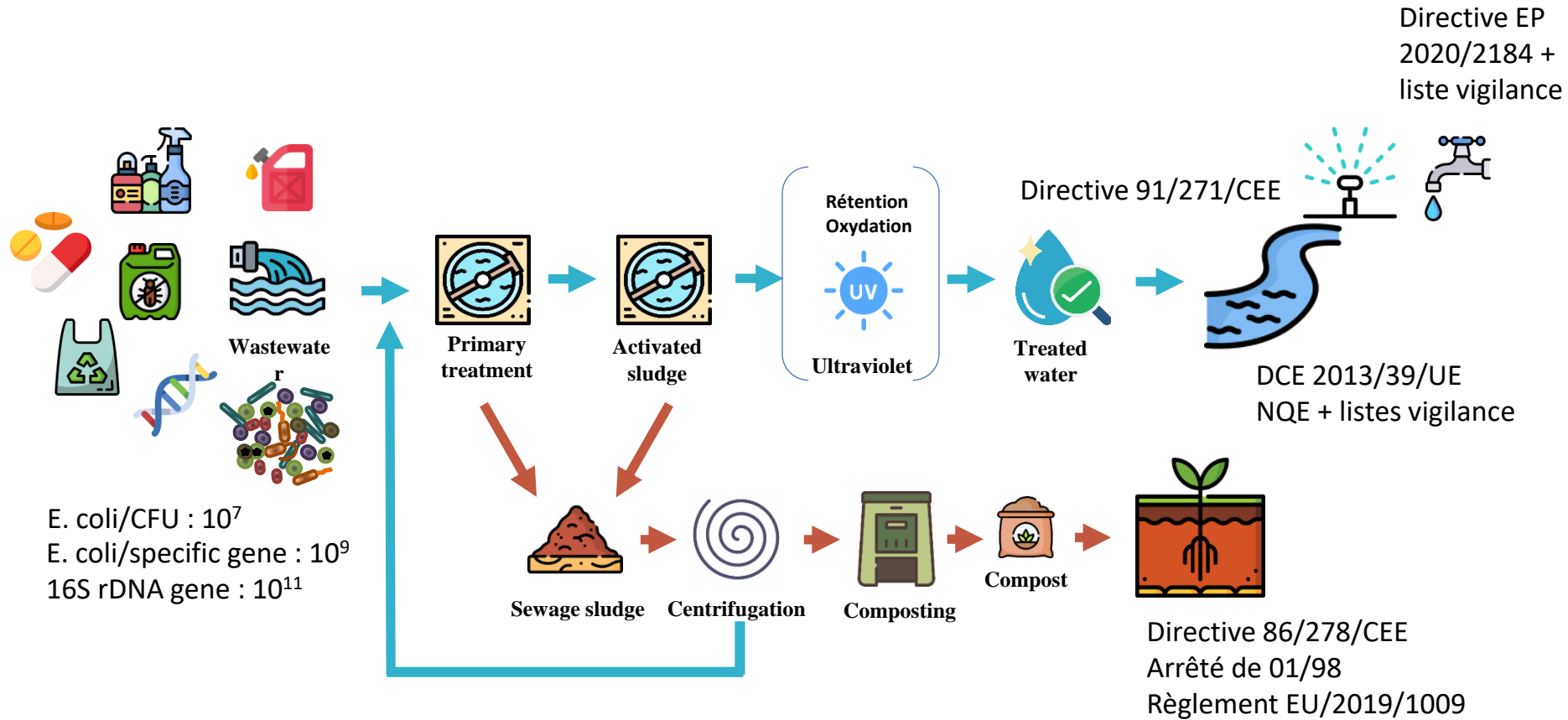


➤ Les contaminants réglementés et non réglementés



➤ Diversité des contaminants et textes réglementaires



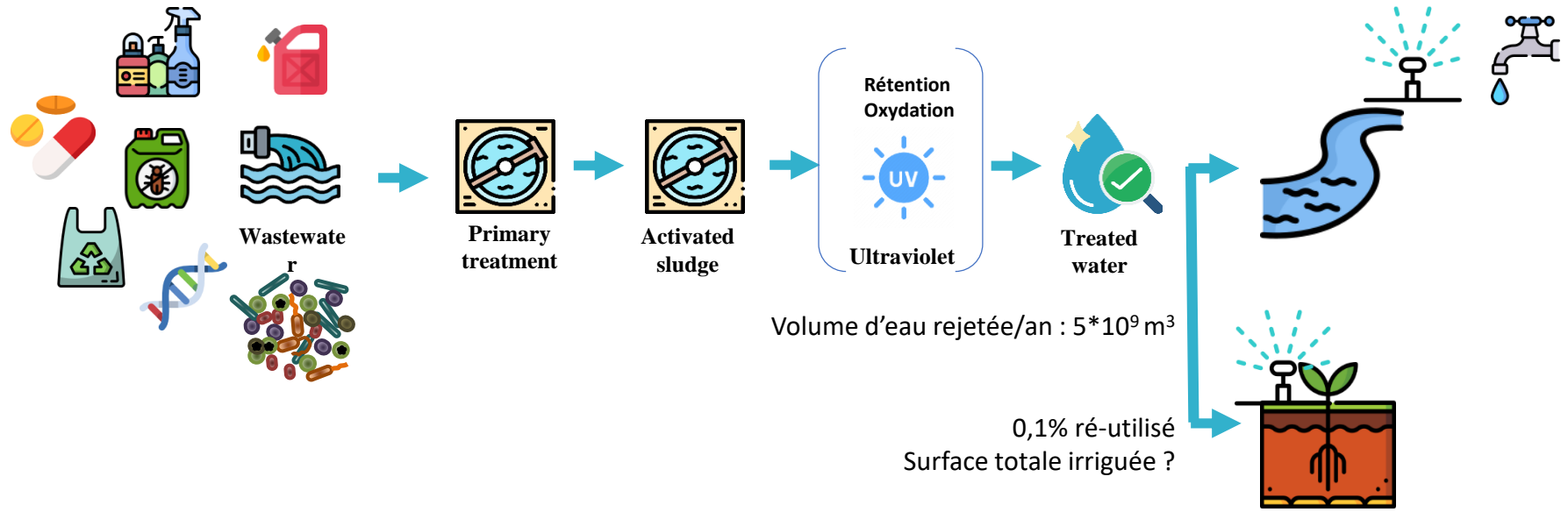
E. coli/CFU : 10^7
 E. coli/specific gene : 10^9
 16S rDNA gene : 10^{11}

Diversité

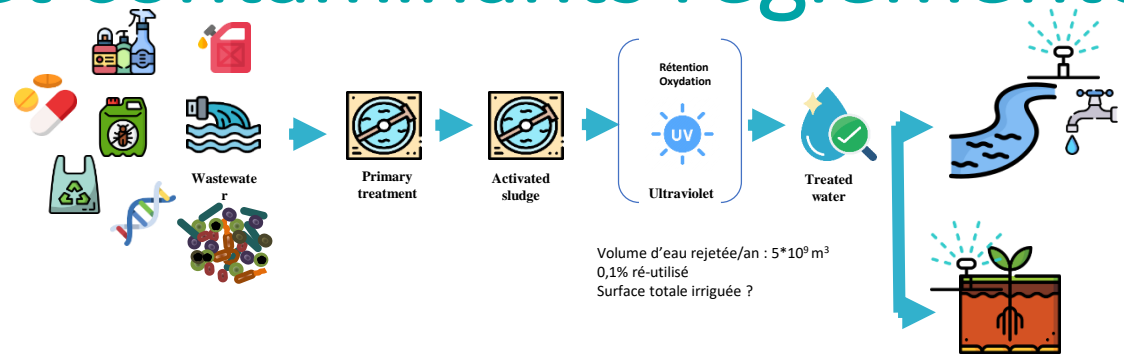
Concentration $\mu\text{g/L} - \text{mg/L}$

nbr gene copy ou CFU/100ml

➤ ReUse et contaminants réglementés



ReUse et contaminants réglementés



Type de culture
Type d'irrigation
Fréquence de surveillance

Focus santé humaine
Focus uniquement sur contaminants microbiens

Arrêté de 06/2014 usages agricoles et espaces verts

Qualité	E coli nbr/100ml	Abt Entero (log)	Abt virus ARN (log)	Abt spore de BSR (log)	DCO mg/L	MES mg/L
A	≤ 250	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≤ 60	≤ 15
B	≤ 10 000	≥ 3	≥ 3	≥ 3	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)
C	≤ 100 000	≥ 2	≥ 2	≥ 2		
D	-	≥ 2	≥ 2	≥ 2		

RÈGLEMENT (UE) 2020/741

Qualité	E coli nbr/100ml	DBO ₅ mg/L	MES mg/L	Turbidité (NTU)
A	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5
B	≤ 100	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	-
C	≤ 1 000			-
D	≤ 10 000			-

Legionella (<1000 fu/L), si risque aérosols
Nématode (<1/L), si irrigation pâturage

Révision arrêté de 06/2014 en consultation en juin 2023 puis arrêté de aout 2023

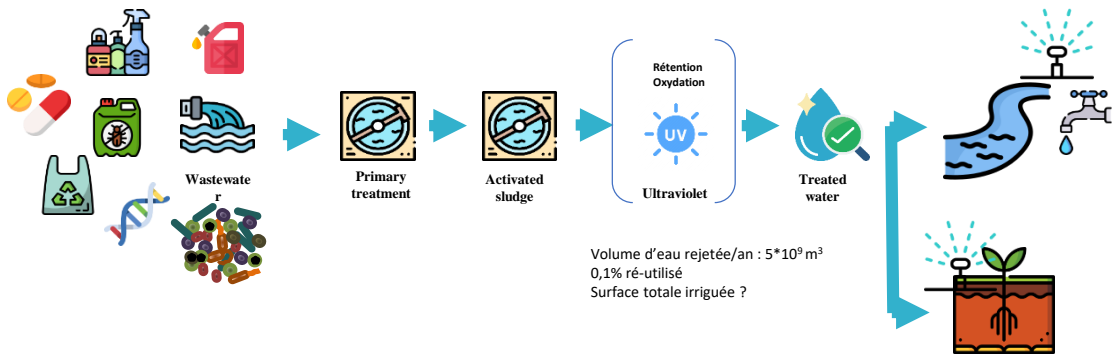
Qualité	E coli nbr/100ml	virus ARN nbr/100ml	C. perfringens nbr/100ml	DBO ₅ mg/L	MES mg/L	Turbidité (NTU)
A	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5
B*	≤ 100	≤ 100	≤ 100	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	-
C*	≤ 1 000	≤ 1 000	≤ 1 000			-
D	≤ 10 000	≤ 10 000	≤ 10 000			-

Barrières + abt en log pour validation performances à l'installation

Legionella (<1000 fu/L), si risque aérosols
Nématode (<1/L), si irrigation pâturage

ReUse et contaminants réglementés

Concentrations sur le continuum



IN

E. coli/CFU_{100ml} : 10⁷
Entero/CFU_{100ml} : 10^{5,8}
 FC/CFU_{100ml} : 10^{6,8}
 Coliphage/CFU_{100ml} : 10³
C. perfringens/CFU_{100ml} : 10⁴⁻¹⁰⁵

OUT

E. coli/CFU_{100ml} : 5.10³⁻¹⁰⁴ 3 log
Entero/CFU_{100ml} : 10^{2,6} 3 log
 FC/CFU_{100ml} : 10^{3,1} 3 log
 Coliphage/CFU_{100ml} : 10² 1 log
C. perfringens/CFU_{100ml} : 10²⁻¹⁰³ 2 log

RIVER

E. coli/CFU_{100ml} : 1-16
 FC/CFU_{100ml} : 3-18

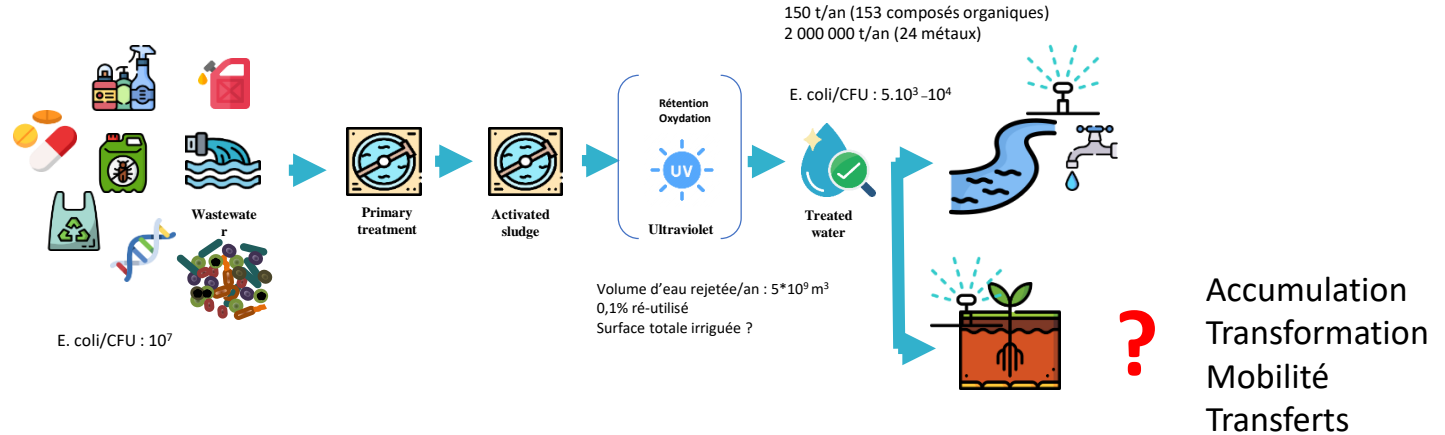
Conc max (tomate)
E. coli 600 cfu/100g
 FC 1000 cfu/100g
 82% des échantillons <20cfu/100g

Selon la récente review de Alegbeleye et al., 2018, rares sont les études qui démontrent un lien direct entre maladie et irrigation (homme-aliment-eau irrigation)



➤ ReUse et contaminants NON réglementés

Concentrations sur le continuum



	Treated water (µg/L)	River water (µg/L)	Potable water (µg/L)	Soil µg/kg MS	Plant µg/kg poids frais
Carbamazepine	0,05-2,5	0,001-0,6 (freq >70%) retrouvé eau souterraine	0,0002-0,12 (freq 10%)	0,02 – 15 (irrigué)	0-247 leafy veget 0-0,1 apple 0-0,97 tomatoe

Ozonation : >70%
Charbon actif : >70%
Désinfection : 50%

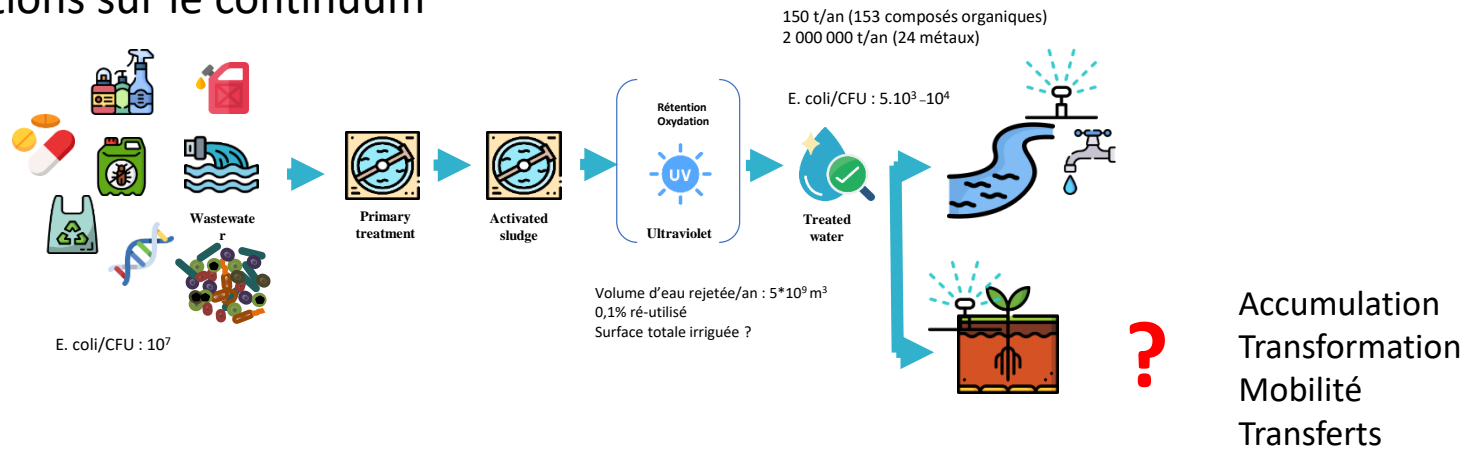
Ineris, 2014
NQE=2,5 prop Ineris
PNEC=0,0027

PNEC=125 µg/kg (escargot)
Rares données

Christou et al., 2019 ; Mordechay et al., 2022
ADI : Acceptable daily intake (µg/kg body weight)
TTC : threshold of toxicological concern (classes)
Hazard quotient : < 1 cas moyen, parfois >1
scenarrio extreme pour CBZ, epoxy-CBZ, lamotrigine

ReUse et contaminants NON réglementés

Concentrations sur le continuum



**int1* considéré comme un proxy de la contamination anthrop

Ineris, 2014
PNEC=21,3 µg/L

Deschamps et al., 2017
PNECsoil=20µg/kg

	Treated water (µg/L) (nbr copy/ml)	Tap water (µg/L) (nbr copy/ml)	River water (µg/L) (nbr copy/ml)	Soil (µg/kg MS) (nbr copy/g)	Irrigated soil (µg/kg MS) (nbr copy/g)	Plant (µg/kg poids frais)
sulfamethoxazole	0,05 – 9,7	-	0,002 – 0,081	-	0,1-0,37	0,05-0,2 carot 0,05-0,25 potatoes
<i>sul1</i>	$1.7 \times 10^6 \pm 1.1 \times 10^6$	5.7	1.7×10^4	$1.2 \times 10^8 \pm 9.3 \times 10^7$	$9.1 \times 10^7 \pm 7.5 \times 10^7$	$^a 7 \times 10^3 - 3 \times 10^5$
<i>int1</i> *	$2.4 \times 10^6 \pm 1.5 \times 10^6$	10^2	1.7×10^4	$7.7 \times 10^7 \pm 5.3 \times 10^7$	$5.3 \times 10^7 \pm 3.7 \times 10^7$	$^a 1 \times 10^5 - 1,8 \times 10^6$
<i>ermB</i>	$7,9 \cdot 10^3$			<LOD	<LOD	-

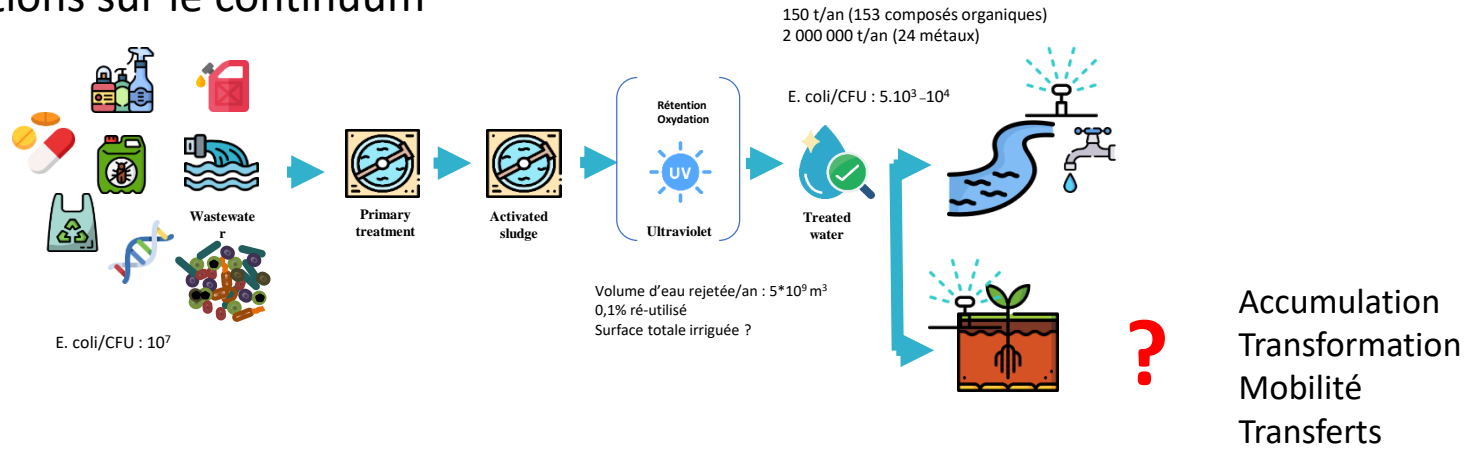
Charge apportée par les TWW : <1-10% de ce qui est présent dans le sol

Christou et al., 2019 : Mordechay et al., 2022
ADI : Acceptable daily intake
TTC : threshold of toxicological concern
Hazard quotient : < 0,01 cas moyen

^a0.1 à 0.01% de l'abondance des sols

ReUse et contaminants NON réglementés

Concentrations sur le continuum



	Treated water (particules/L)	River water (particules/L)	Potable water (particules/L)	Soil (particules/kg MS)	Plant (particules/kg poids frais)
microplastiques	^a 0.00825 (>300µm) ^a 90 (>0.7µm) ^e 0-347 (microfiber)	^b 7 amont - 29 aval WWTP (>1.6µm) 3 - 106 x 10 ⁻³	^e 0-168 (microfiber)	^c 340 - ^d 7000	-



membrane (99.9%)
sand filtration (97%)

Altération
Accumulation
Relargage

Taille 1-150µm, faible absorption
Effet sur communauté microbienne
Modification des propriétés du sol

ReUse et contaminants NON réglementés

Concentrations sur le continuum

Molécules très persistantes et mobiles, perturbateur endocrinien, PFOA et PFOS interdits Convention Stockholm

	Treated water (ng/L)	River water (ng/L)	Potable water (ng/L)	Soil ng/kg MS	Plant ng/kg poids sec
PFAs	PFOA 6-28 000 PFOS 1-75	PFOA 6 med- 112 max (river, groundW, lake) ¹ / 3-174 ² PFOS 2 med – 48 max (river, groundW, lake) ¹ / 3-1371 ² PFOS NQE 0.65	PFOA 4 med- 104 max PFOS 2 med – 37 max Sum PFAs 100 ng/L (EU)	PFOA 110-3000 ^a PFOS 570-12000 PFOA 290-540 ^b PFOS 930-2100	PFOA 260 ^a PFOS 380 PFOA 43 ^b PFOS 29
	Lenka et al., 2021 Aemig et al., 2021 Pasquini et al., 2013 Mailler et al., 2017 RSDE, 2016	¹ Boone et al., 2019, US ² Loos et al., 2009, EU	Boone et al., 2019 Limit PFOA 4 ng/L (US EPA DW, 2023) – 70 ng/L PFOS 4 ng/L (US EPA DW, 2023) – 70 ng/L	Scher et al., 2018 ^a irrigation with contaminated GW ^b irrigation with GW	

Bio-amplification de PFAs dans la chaîne alimentaire /milieu aquatique

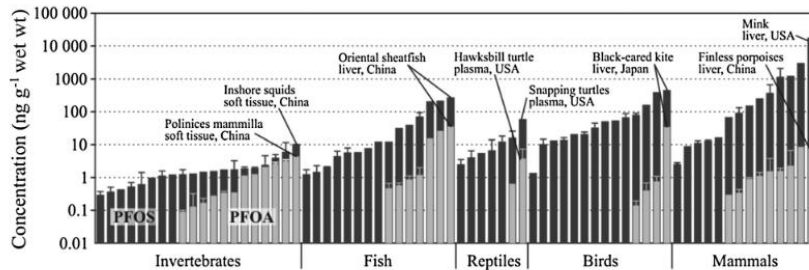


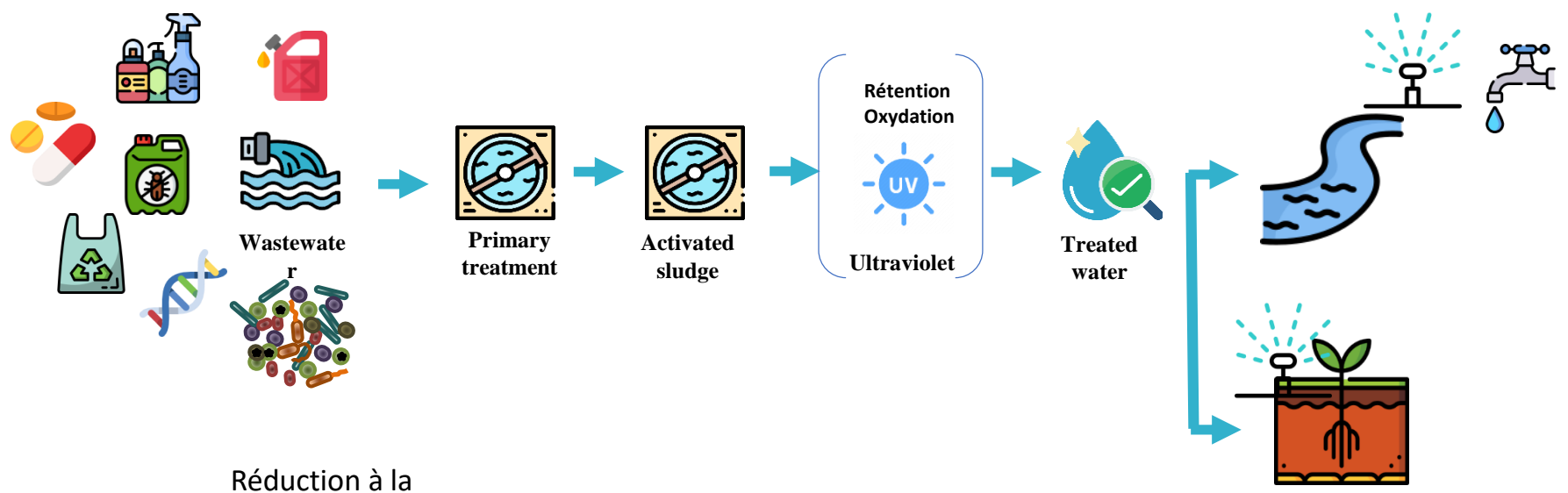
Figure 2. Average perfluorooctane sulfonate (PFOS; black bars) and perfluorooctane sulfonate (PFOA; gray bars) concentrations in wildlife from the aquatic environment including invertebrates (whole body) [59-61,65,66], fish (liver) [60,61,65-68], reptiles (plasma) [69-71], birds (liver) [59-61,68,72,73], and mammals (liver) [60,67,68,71,72,63,74,75].

Adsorption
Nanofiltration

AHRENS et BUNDSCHUH Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 33, No. 9, pp. 1921-1929, 2014

➤ Impact plan eau

Augmentation de la part re-utilisée (1% à 10%), diversion des flux de contaminants d'un compartiment vers d'autres compartiments (sol..)



Réduction à la source
 Réduire en tonnage et en diversité
 Séparation des flux
 Limiter la concentration en sortie de STEU (procédé et barrière)

Conc x volume

Réduction des volumes pour irrigation des cultures
 Favoriser des usages autres

