

➤ Études de cas et perspectives de réutilisation de l'eau dans la région Occitanie, France.



Première journée "Droit et REUSE"

Nassim Ait Mouheb (CR, INRAE-GEAU)

nassim.ait-mouheb@inrae.fr

➤ Contexte en France

Peu de projets actifs en France, **moins de 1% du volume des eaux usées traitées est réutilisé.**

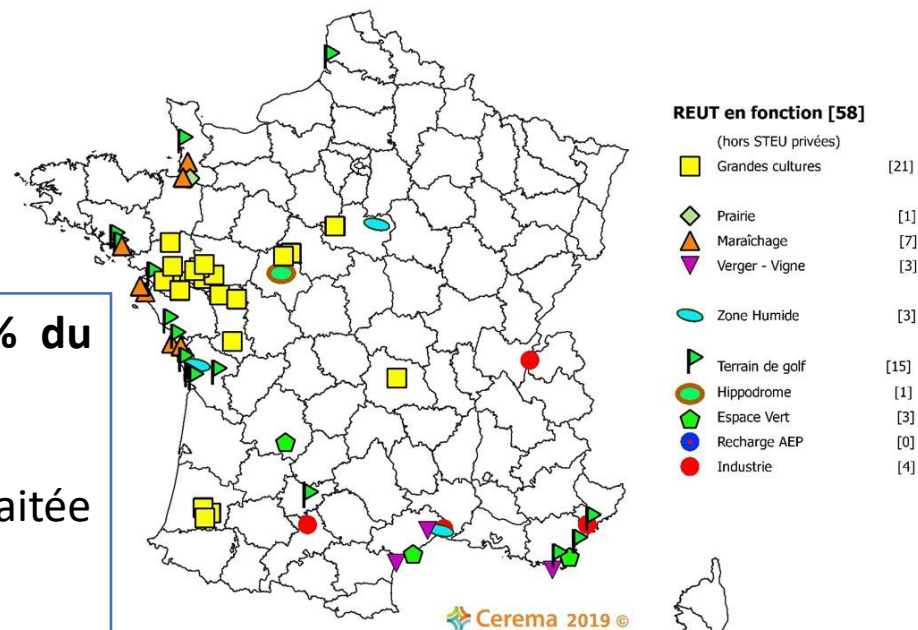
58 cas de projets de réutilisation d'eau usée traitée pour les usages suivants :

- terrain de golf, 15 cas
- irrigation agricole, 32 cas
- parc et jardin, seulement 3 cas

Les premières applications sont motivées par des problématiques de disponibilité de l'eau :

- sur les zones côtières (Pornic, Baden)
- sur les îles (Noirmoutier, Porquerolles).

Cependant, le potentiel est important: 8,4 milliards de m³ produits chaque année en France métropolitaine.



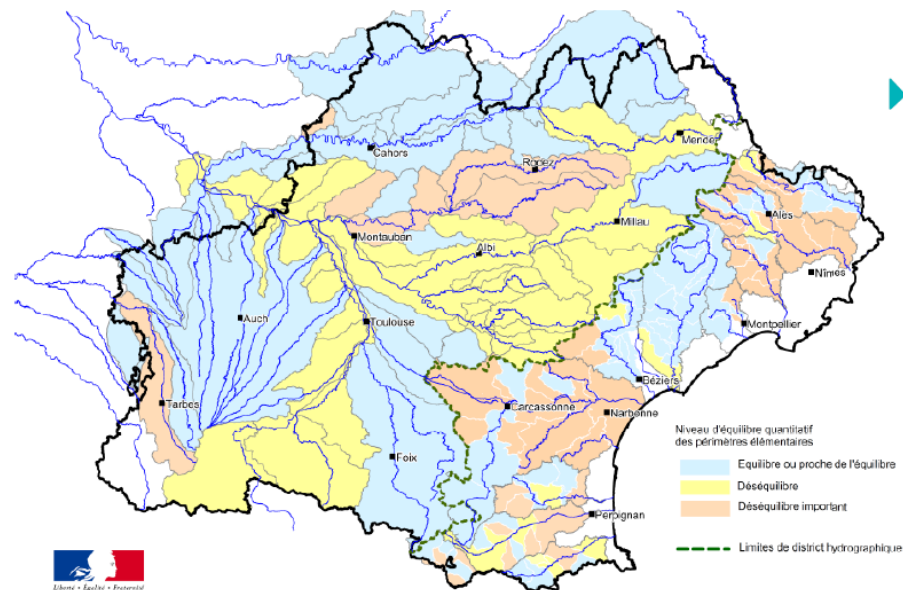
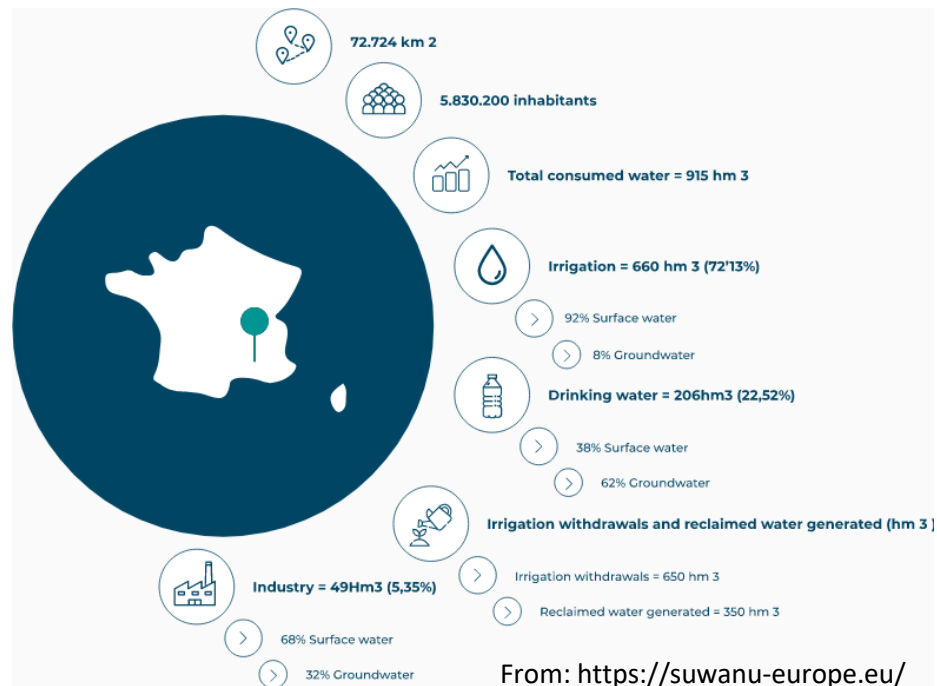
Carte des cas de réutilisation de l'eau en exploitation



Clermont Ferrand irrigation (750 ha)

➤ Contexte en Occitanie

- Agriculture 1er secteur économique
- Première région viticole au monde et deuxième région agricole française.
- La région est riche en ressources naturelles en eau (lacs, zones humides, têtes de bassin...) mais potentiellement vulnérable au changement climatique et aux pressions anthropiques.
- Un important patrimoine de canaux pour le transfert des eaux brutes.
- **Cependant certaines zones sont déjà soumises à d'importantes inégalités entre les ressources disponibles et les usages.**



INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur

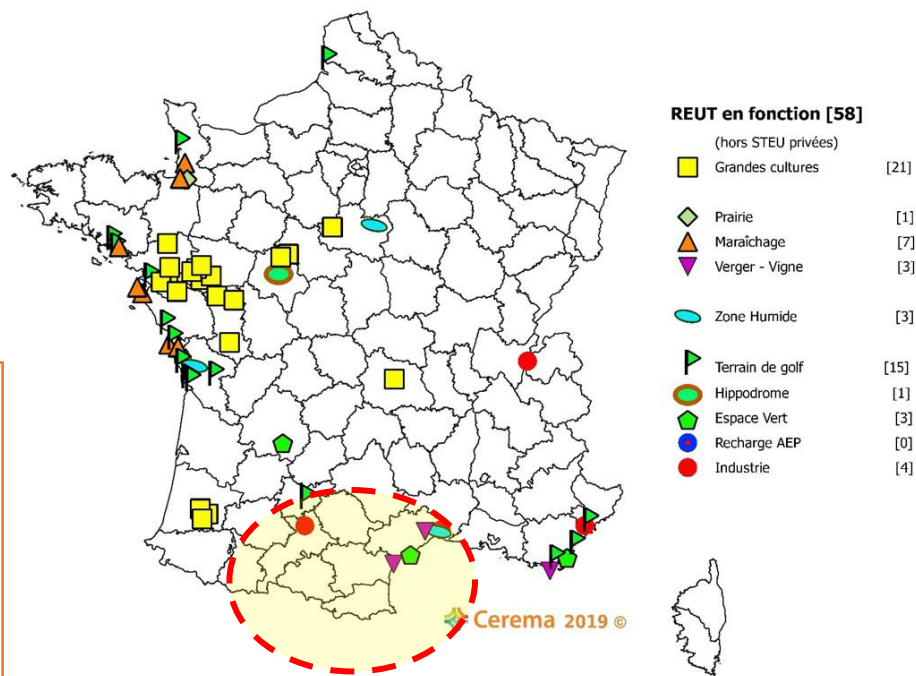


Equilibrium map of water resources and uses

Source : SDAGE AG 2016-2021 ; notifications EVPG district RM (2013-2016)
Méthodes spécifiques à chaque district hydrographique AG / RM

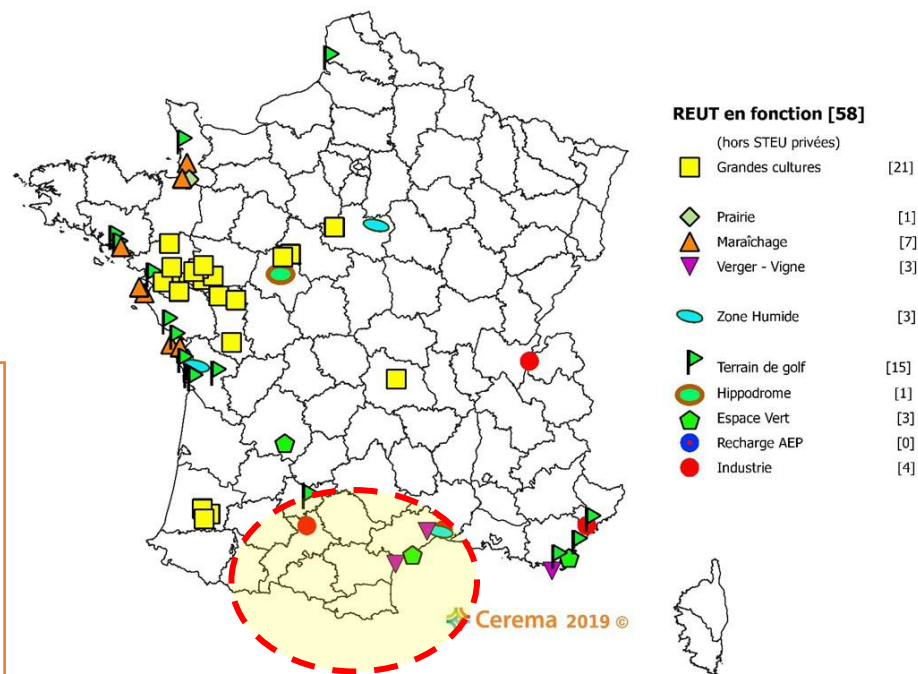
➤ Contexte en Occitanie

- Plus de 3 000 STEP.
- Mais quelques projets de réutilisation de l'eau à travers la région, la plupart d'entre eux sont des démonstrateurs (Murviel Les Montpellier par exemple).
- En 2016, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse a ouvert un appel à projets pour promouvoir la réutilisation de l'eau auprès des collectivités et des industriels,
- 44 projets sélectionnés (34 % en Occitanie) avec un financement initial de 7 M€.



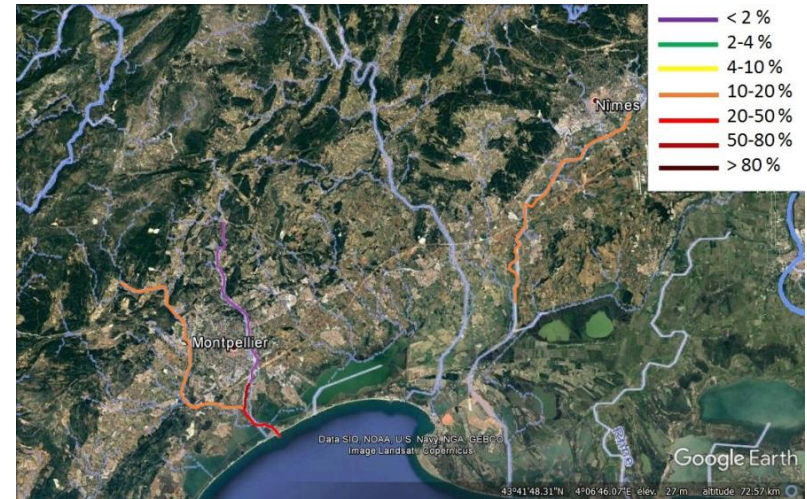
➤ Contexte en Occitanie

- Exemples de projets soutenus par l'agence de l'eau RMC :
 - Dès 2018, 15 hectares de vignes à Roquefort-des-Corbières (Aude).
 - Après plus de 7 ans de montage de projet, golf international du Cap d'Agde (18 trous).
 - A Cournonterra, identifier les utilisations possibles pour la lutte contre les incendies (avec ou sans traitement complémentaire)



➤ Occitanie region water reuse

Pourquoi avec de nombreuses incitations et des sécheresses record chaque année. Comme d'autres régions de France, la réutilisation de l'eau n'est pas développée en Occitanie ?



Estimates of wastewater impact in the **Le Vistre, La Mosson, and Le Lez** river basins with indicated dilution ratios in 2017 (Drewes et al 2017 report)

Quelques hypothèses :

- La concurrence avec d'autres ressources plus accessibles comme les réseaux d'eau brute (BRL, CACG) ,
- Les eaux usées traitées font déjà partie des eaux de surface (contrôle de l'éco-débit dans les rivières),
- L'option de réutilisation de l'eau est apparue trop contraignante pour être mise en œuvre (contraintes administratives, exigences spécifiques d'irrigation pour les agriculteurs),
- Difficile à gérer collectivement (condition de traçabilité, suivi de la qualité de l'eau, etc.)
- Difficulté d'élargissement à d'autres usages que l'irrigation ou à l'utilisation de stations d'épuration rurales (Coût et volume d'eau).

➤ European Water Reuse regulation

Plusieurs débats (entre chercheurs, entreprises privées et agences nationales) pour savoir si la **nouvelle réglementation européenne est une opportunité ou non ?**

Quelques arguments négatifs (qualité A spécifiquement):

- Seuils d'indicateurs pathogènes inférieurs de 2 log.
- Qualité A inférieure à la recommandation de qualité minimale des eaux de baignade.
- Mauvaise compréhension de l'objectif des seuils de pathogènes.
- Le prix de l'eau sera trop cher pour les usages agricoles.
- Nécessité d'un procédé de désinfection très avancé et coûteux. Non adapté aux petites stations d'épuration ou aux stations rurales....

NIVEAUX DE QUALITÉ SANITAIRES DES EAUX USÉES TRAITÉES

Quatre niveaux de qualité sanitaire des eaux usées traitées (A, B, C et D) sont définis comme suit :

PARAMÈTRES	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Matières en suspension (mg/L)	< 15	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'irrigation		
Demande chimique en oxygène (mg/L)	< 60			
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	≤ 250	≤ 10 000	≤ 100 000	-
Entérocoques fécaux (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Phages ARN F-spécifiques (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2

French water reuse Minimum quality

Table 2 - Reclaimed water quality requirements for agricultural irrigation

Reclaimed water quality class	Indicative technology target	Quality requirements				
		E. coli (number/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Other
A	Secondary treatment, filtration, and disinfection	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 cfu/l where there is a risk of aerosolisation Intestinal nematodes (helminth eggs): ≤ 1 egg/l for irrigation of pastures or forage
B	Secondary treatment, and disinfection	≤ 100	In accordance with Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	In accordance with Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	-	
C	Secondary treatment, and disinfection	≤ 1 000			-	
D	Secondary treatment, and disinfection	≤ 10 000	-			

New EU regulation water reuse Minimum quality

➤ European Water Reuse regulation

Plusieurs débats (entre chercheurs, entreprises privées et agences nationales) pour savoir si la **nouvelle réglementation européenne est une opportunité ou non ?**

Quelques arguments positifs :

- Aucune restriction sur la distance d'irrigation pour l'irrigation par aspersion.
- Contrôle des indicateurs seulement à la sortie et seulement pour un indicateur de pathogène (sauf pour la qualité A).
- Harmoniser la situation dans l'Union européenne, moins de risques et plus d'acceptation de la part des utilisateurs finaux ?
- Les autres contaminants ne sont pas encore concernés.

NIVEAUX DE QUALITÉ SANITAIRES DES EAUX USÉES TRAITÉES

Quatre niveaux de qualité sanitaire des eaux usées traitées (A, B, C et D) sont définis comme suit :

PARAMÈTRES	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Matières en suspension (mg/L)	< 15	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'irrigation		
Demande chimique en oxygène (mg/L)	< 60			
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	≤ 250	≤ 10 000	≤ 100 000	-
Entérocoques fécaux (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Phages ARN F-spécifiques (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2

French water reuse Minimum quality

Table 2 - Reclaimed water quality requirements for agricultural irrigation

Reclaimed water quality class	Indicative technology target	Quality requirements				
		E. coli (number/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Other
A	Secondary treatment, filtration, and disinfection	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 cfu/l where there is a risk of aerosolisation Intestinal nematodes (helminth eggs): ≤ 1 egg/l for irrigation of pastures or forage
B	Secondary treatment, and disinfection	≤ 100	In accordance with Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	In accordance with Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	-	
C	Secondary treatment, and disinfection	≤ 1 000			-	
D	Secondary treatment, and disinfection	≤ 10 000	-			

New EU regulation water reuse Minimum quality

➤ European Water Reuse regulation



JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge

Table 2 - Reclaimed water quality requirements for agricultural irrigation

Reclaimed water quality class	Indicative technology target	Quality requirements				
		E. coli (number/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Other
A	Secondary treatment, filtration, and disinfection	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 cfu/l where there is a risk of aerosolisation Intestinal nematodes (helminth eggs): ≤ 1 egg/l for irrigation of pastures or forage
B	Secondary treatment, and disinfection	≤ 100	In accordance with Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	In accordance with Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	-	
C	Secondary treatment, and disinfection	≤ 1 000			-	
D	Secondary treatment, and disinfection	≤ 10 000	-			

New EU regulation water reuse Minimum quality

Caractérisation des risques :

- Le risque sanitaire tolérable défini dans ce document est de 10^{-6} DALYs (Espérance de vie corrigée de l'incapacité) par personne et par an.
- Le risque tolérable est basé sur les Australian Guidelines for Water Recycling (NRMMC- EPHC-AHMC, 2006). Une réglementation controversé à cause des seuils très bas d'indicateurs recommandés.

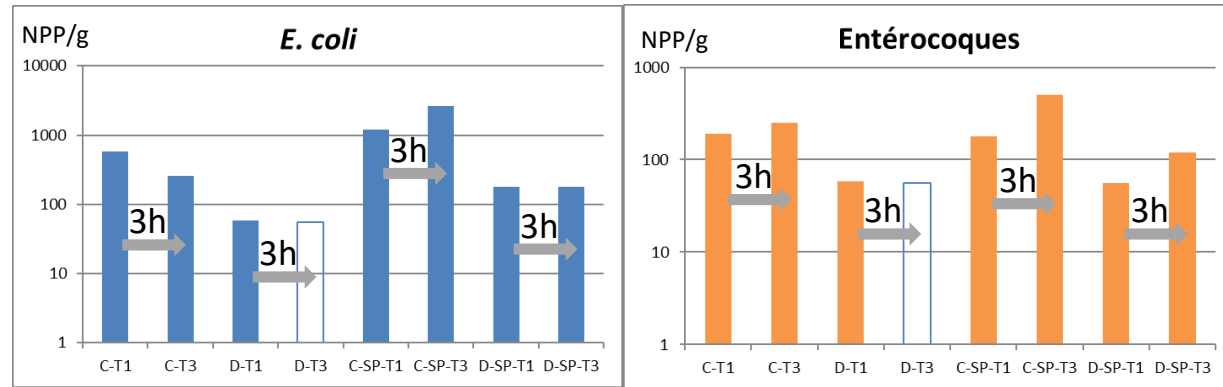


Suivis des contaminants bactériologiques

Premiers résultats sur les contaminants: Eaux usées brutes

Nathalie Wéry
DR2 INRA LBE

- Faible inactivation de *E. coli* et des entérocoques dans le sol en 3h



Eaux usées brutes



- Transfert de *E. coli* aux lot) (10-1900 ufc/g), p
- Un échantillon de feui sur les 2 lots analysés



Resources, Environment and Sustainability

Available online 10 March 2022, 100053

In Press, Journal Pre-proof



Effect of untreated or reclaimed wastewater drip-irrigation for lettuces and leeks on yield, soil and fecal indicators

Nassim Ait-Mouheb^{a, *}, Annabelle Mange^a, Geoffrey Froment^a, Kévin Lequette^{a, b}, Valérie Bru-Adan^b, Jean-claude Maihol^a, Bruno Molle^a, Nathalie Wéry^b



INRAE

Titre de la présentation

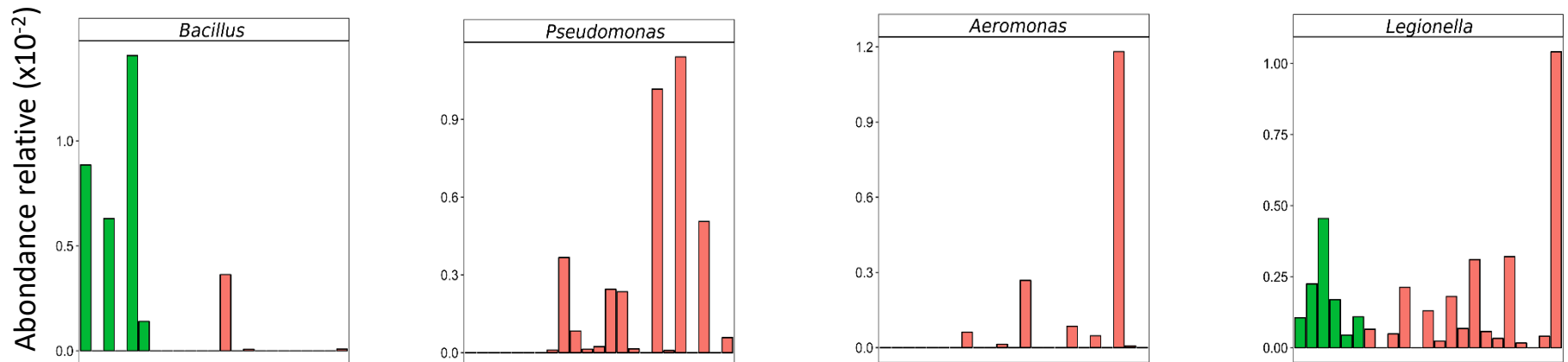
Date / information / nom de l'auteur

➤ Pathogènes et biofilms

- Il y a des pathogènes dans les biofilms des goutteurs alimentés avec des eaux usées traitées
 - *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*
- Les genres incluant des espèces pathogènes sont différents entre la conduite et les goutteurs (Expérimentation terrain) (Lequette et al., 2019)

■ Biofilm goutteur

■ Biofilm conduite



Projet Régul'eaux (2021-2024)

Rappel des 3 axes de recherche



INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur

➤ Les effets des réglementations encadrant la REUT :

1. Sur les débats scientifiques et la production de connaissances :
 - *Dialectique entre connaissances et postures des chercheurs sur la REUT ?*
 - *Etude de la production de connaissances autour des eaux usées mieux traitées*
2. Sur les pratiques agricoles dans des sites déjà équipés :
 - *Adaptation des pratiques agricoles et des cultures*
 - *Changements de perceptions de la qualité des eaux selon les réglementations*
 - *Modification des stratégies commerciales (acceptabilité des consommateurs)*
3. Sur les choix techniques et les impacts sur les milieux (sur site) :
 - *Sur les équipements : des procédés de traitement aux systèmes d'irrigation*
 - *A posteriori : l'impact sur le milieu (sol et nappe) et le rendement des cultures*

Stage M2 de Morgane Brites

Sujet : Spécificités de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon.

Encadrement : Nassim Ait Mouheb et Patrice Garin

HYPOTHÈSE PRINCIPALE : L'eau usée traitée n'est pas considérée comme une eau conventionnelle

H1 : La réglementation oblige des traitements particuliers inhabituels pour les agriculteurs (surveillance de la qualité des eaux, gestion des systèmes de traitement)

H2 : Les usagers de la ressource changent leurs pratiques culturales en tenant compte de la composition des eaux usées traitées

H3 : Les enjeux de disponibilité des eaux usées sont différents par rapport à des eaux conventionnelles (débit, stockage, quantité)



Présentation des sites d'étude



Roquefort-des-Corbières (Aude)

- Habitants : 1007
- Ressource en eau non accessible (45km)
- Projet : (2018-2021)
- 15 ha de vignes irriguées
- 9 viticulteurs usagers
- traitements tertiaires : filtre à sable, UV, chloration

4/ 9 viticulteurs usagers



1 concepteur

1 technicien

2 viticulteurs non-usagers

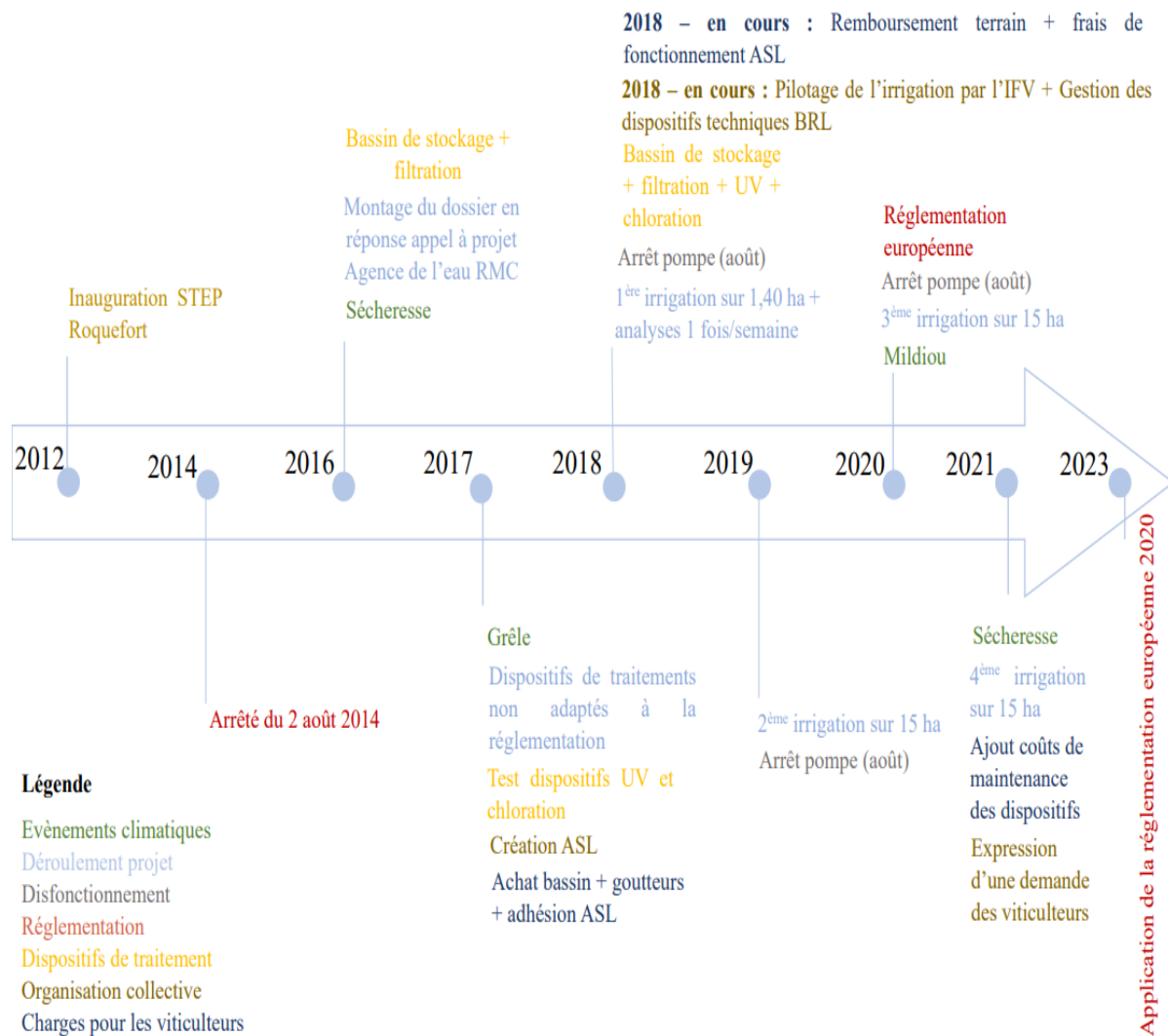
1 collectivité

Institution réglementaire

Illustration 5 : Site de REUT Roquefort-des-Corbières (source: dis-leur)

➤ Spécificités de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon.

Frise chronologique du projet de REUT de Roquefort-des-Corbières



INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur

Marseillan (Hérault)

- Habitants : 7784
- Teneur en sels trop importante pour l'utilisation de l'eau à proximité (étang somâtre)
- Projet en cours d'autorisation
- Objectif : irriguer 240 ha
- Freins réglementaires à demande une qualité A.



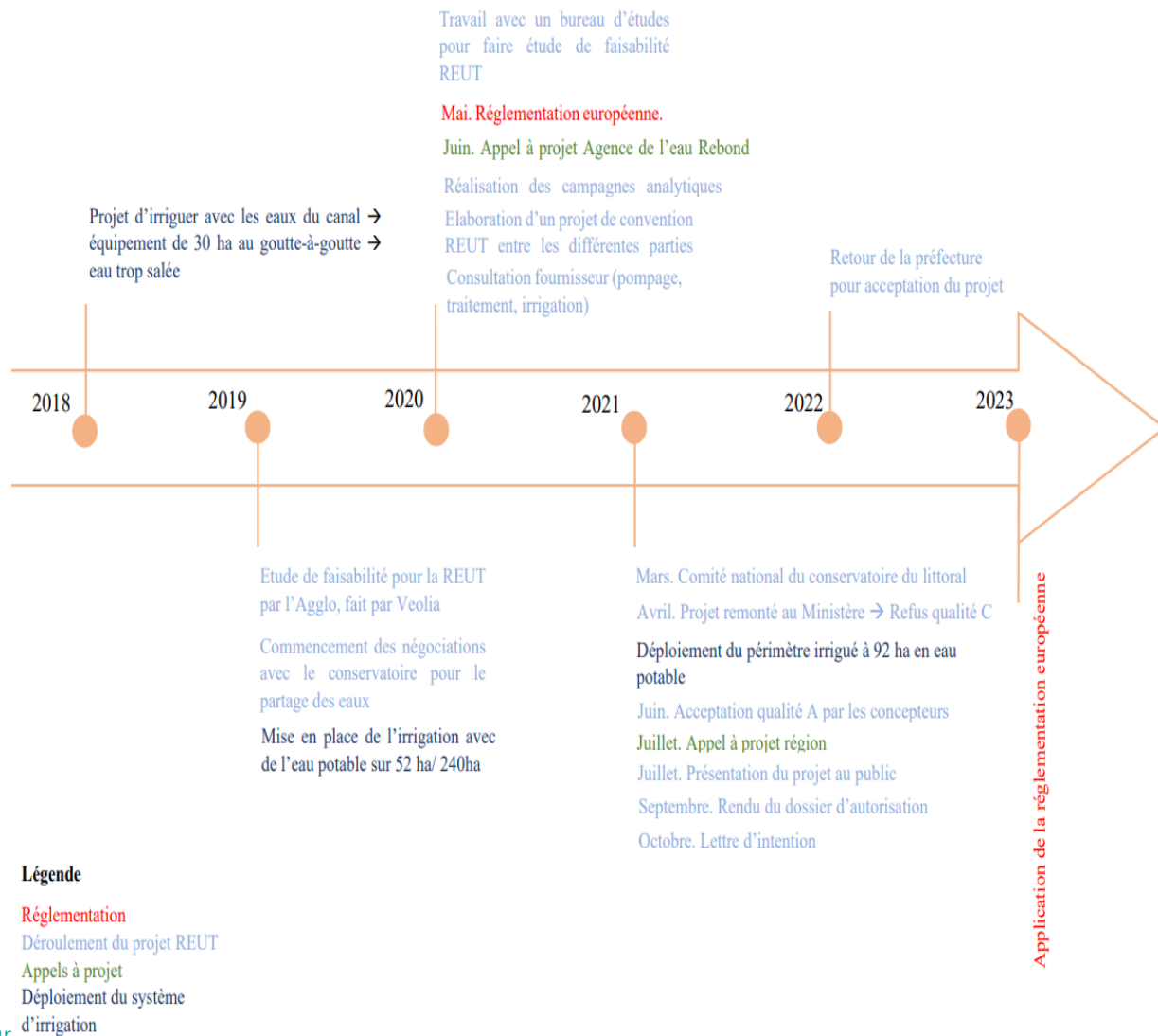
1 concepteur



Illustration 6 : Lido entre Sète et Marseillan où se trouve le vignoble ciblé pour le projet de REUT (source: ecologie.gouv)

➤ Spécificités de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon.

Frise chronologique du projet de REUT de Marseillan



INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur

Stratégie d'enquête : entretiens semis-directifs



**Concepteurs de
projets de REUT**

Comprendre les freins, avantages et inconvénients de la REUT



Collectivité

Comprendre leur vision de ces projets: bien acceptés au niveau du territoire ?



**Viticulteurs
usagers des EUT**

Comprendre leurs motivations, leur adaptation à cette pratique nouvelle, son impact sur les pratiques culturales, les inconvénients, avantages, leur vision de la ressource



**Viticulteurs non-
usagers des EUT**

Comprendre leur vision de la ressource, intérêt



**Institutions
réglementaires**

Avoir leur retour sur exigences de la réglementation française et européenne. Comment se placent-ils ?

Spécificités de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon.

- **R1 : H1 et H3 vraies : La réglementation induit une gestion spécifique hors de portée des agriculteurs (surveillance de la qualité des eaux, gestion des systèmes de traitement) et exacerbent les enjeux d'équité (partage des débits & volumes, contraintes de stockage)**
- La ressource en EUT est la seule eau régie par des réglementations sur sa qualité. Par conséquent, cela mène à **des contraintes techniques** (avec l'ajout de dispositifs de traitement et de surveillance de la qualité des eaux) ,
- Les connaissances des viticulteurs de Roquefort-des-Corbières s'est avéré que vis-à-vis de ces systèmes de traitement, des analyses de la qualité des eaux, des réglementations sont éloignées des pratiques des agriculteurs, contribuant à une **dépendance vis-à-vis du « traiteur d'eau »** et des **incertitudes sur fiabilité du service**
- Ils doivent donc avoir recours à une ingénierie particulière, non liée au monde agricole, engendrant **des coûts supplémentaires**.
- La ressource en eau usée traitée est souvent contrainte en débit / volume, (taille de l'agglomération voisine et obligations de rejets minimums dans l'environnement). Cette quantité restreinte oblige à partager des petites quantités d'eau entre agriculteurs (**1-2 ha / vigneron à Roquefort**) et usagers de la ressource au sein d'un territoire.

Spécificités de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon.

- **R2 : H2 faux : Les usagers de la ressource ne changent pas leurs pratiques culturelles en fonction de la composition des eaux usées traitées.**
 - Roquefort-des-Corbières, bien qu'il reste une petite partie d'éléments nutritifs dans les eaux, **la notion de fertigation n'a pas été prise en compte** par les viticulteurs.
 - Concernant les autres **pratiques culturelles**, le travail du sol ainsi que les traitements phytosanitaires **n'ont pas non plus été modifiés** avec l'arrivée de l'irrigation par ces eaux recyclées.
 - Mises à part les contraintes de partage de la ressource, à la parcelle, les agriculteurs considèrent les eaux usées traitées comme **une eau banale**. Les motifs sanitaires, y compris **la crise COVID n'ont jamais été évoqués** dans les entretiens comme un risque particulier.
 - Pas d'effets pour le moment sur les dispositifs d'irrigation (colmatage des goutteurs) ou les rendements.

Spécificités de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon.

- **R3 : lien avec la réglementation et la filière**

- Les projets de REUT sont tous spécifiques en fonction du site et des instructeurs de la réglementation rencontrés. (Roquefort qualité C demandée vs qualité A à Marseillan)
- En France, la pratique de REUT est encore considérée comme une innovation,
- Les projets en cours sont des démonstrateurs :
 - Apprentissages techniques et institutionnels,
 - Tâtonnements techniques (pannes) économiques (quel prix de l'eau à terme ?) et organisationnels (ce qui peut être géré par les ASA / agriculteurs, ce qui doit rester une prestation externe d'un « traiteur de l'eau »)



INRAE

> Merci

nassim.ait-mouheb@inrae.fr



INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur

➤ Absorption et translocation des produits pharmaceutiques

Compartiments sols et plantes



➤ **Objectif:** suivre dans le temps le transfert des polluants pharmaceutiques dans le sol et plantes (laitues et poireaux) dans des conditions de terrain

List of compounds:

1. Climbazole
2. Ciprofloxacin
3. Sulfamethoxazole
4. Citalopram
5. Acesulfame K
6. Sucralose
7. Diclofenac
8. Valsartan
9. Ibuprofen
10. Benzotriazole
11. Carbamazepine
12. Metoprolol
13. Hydrochlorothiazide
14. Clarithromycin

4 types d'eaux d'irrigation:

- I. Eau claire
- II. Eaux usées brutes
- III. Eaux usées traitées (TWW)
- IV. TWW dopées (10µg/l)

2018 campaigns

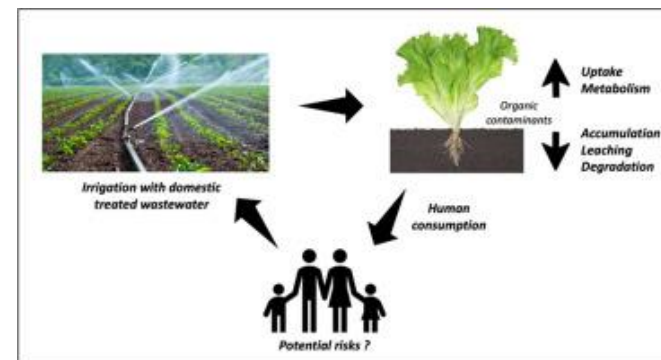


analysed

2019 campaigns



analysed



Absorption et translocation des produits pharmaceutiques

Compartiments sols et plantes



Journal Pre-proof

Impact of long-term irrigation with municipal reclaimed wastewater on the uptake and degradation of organic contaminants in lettuce and leek

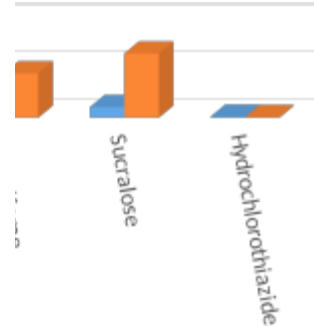
Rayana Manasfi, Monica Brienza, Nassim Ait-Mouheb, Nicola Montemurro, Sandra Perez, Serge Chiron

PII: S0048-9697(20)36271-9

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142742>

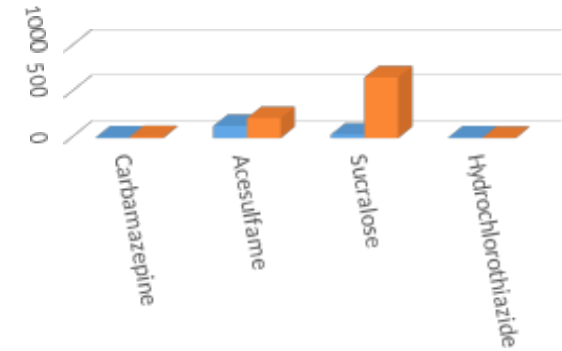


Treated wastewater



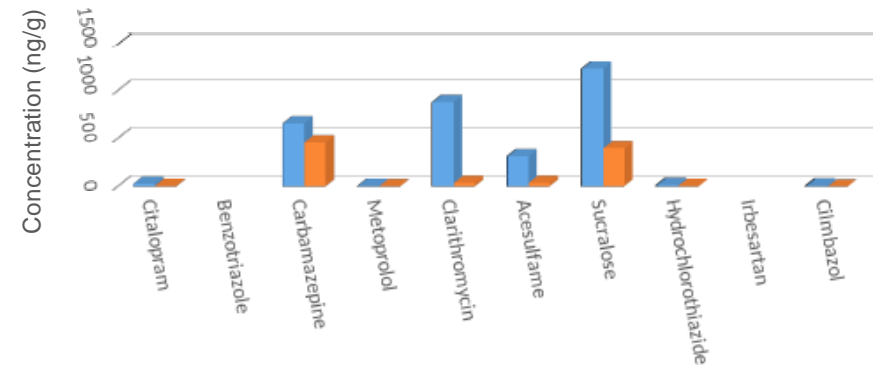
October 2018

Raw wastewater



July 2018 October 2018

Spiked wastewater



July 2018 October 2018

- PPs s'accumulent dans le sol avec le temps
- Risque de contamination des eaux souterraines
- La laitue est capable d'absorber les PPs dans les conditions de terrain
- Le taux d'absorption dépend de la présence de PPs dans l'eau, le sol et la saison
- Présence de métabolites dans les feuilles de laitue doit être prise en considération pour une meilleure évaluation des risques

Présentation de la plateforme : Parcelle agricole

En France : 4 **niveaux de qualité** d'EUT (A, B, C et D)

MES, DCO, E. coli, entérocoques fécaux, phages ARN F-spécifiques, spores de bactéries

PARAMÈTRES	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Matières en suspension (mg/l)	15	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'irrigation		
Demande chimique en oxygène (mg/l)	60			
Entérocoques fécaux (abattement en log)	4	3	2	2
Phages ARN F-spécifiques (abattement en log)	4	3	2	2
Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices (abattement en log)	4	3	2	2
Escherichia coli (UFC/100 ml)	250	10 000	100 000	—

- Station 2000 eq Hab par procédé lagunaire (3 bassins)
- Bac de stockage 5 m³
- Filtration disque 400 µm

