

# Des stations d'épuration encore plus performantes pour réutiliser les eaux

*Christelle Pagotto est docteur-ingénieure et travaille chez Veolia depuis 2001. Elle a tout d'abord exercé au sein de la Recherche et Développement sur divers domaines : la valorisation des déchets, puis la protection des ressources en eau des milieux aquatiques et de la biodiversité... Elle est aujourd'hui responsable qualité assainissement et réutilisation des eaux usées traitées au sein de la Direction technique de Veolia Eau France.*

## Introduction

Les ressources en eau se raréfient et des solutions sont à inventer pour répondre aux besoins en eau de demain. Dans le contexte de changement climatique, la réutilisation des eaux usées traitées (dite « REUT ») peut apporter, en complément de la sobriété

qui doit rester à privilégier en premier lieu, une solution pour adresser les tensions sur les ressources. Cet article vise à rappeler les incidences du changement climatique, à dresser un état des lieux de la REUT en France et à présenter les étapes d'un projet de REUT ainsi que quelques exemples de projets mis en œuvre.

## 1 Un contexte de changement climatique

L'évolution de l'écart par rapport à la normale des températures moyennes en France depuis 1900 (*Figure 1*), marquée par une hausse significative ces dernières années, illustre de manière concrète les effets du changement climatique. Parmi les conséquences observées figurent des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes, ainsi que des épisodes de précipitations extrêmes. Les cartes présentées (*Figure 2*) mettent en évidence les zones du territoire français les plus fortement impactées par ces phénomènes.

Le changement climatique va également avoir un impact sur la ressource en eau disponible. Le chiffre clé à avoir en tête est qu'un degré de plus représente 7 % d'eau qui s'évaporent en

plus, et que cela peut conduire jusqu'à une diminution de 14 % de la ressource en eau renouvelable.

En France, sachant que la ressource en eau renouvelable se répartit à 80-85 % dans les eaux de surface et à 15-20 % dans les nappes phréatiques, l'élévation des températures liée au changement climatique aura un impact important sur la recharge des nappes et le débit des cours d'eau, comme illustré sur la *figure 3*.

Cela aura des conséquences sur les usages de l'eau, nécessitant de les réduire à certaines périodes. Des restrictions seront alors imposées par des arrêtés émis par les préfets du département qui vont prescrire, compte tenu de la situation critique des ressources en eau, l'interdiction du remplissage des piscines, la suspension de l'arrosage

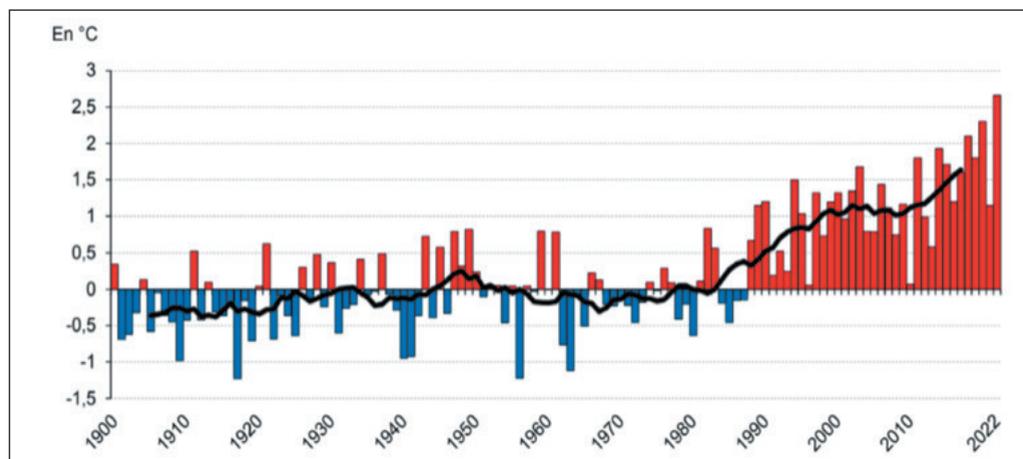


Figure 1

Écart par rapport à la normale des températures moyennes depuis 1900 (normale 1961-1990) en France métropolitaine.

Source : Météo France, décembre 2022.

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-effets-du-changement-climatique-en-france-synthese-des-connaissances-en-2023>

des espaces verts en milieu urbain, ou encore la diminution des prélèvements d'eau dans les secteurs industriels, par exemple.

Des solutions pour une gestion résiliente et concertée des ressources vont donc devoir être inventées.

En France, un plan eau a ainsi été adopté en mars 2023 avec 53 mesures pour l'eau visant à réduire les prélèvements (-10 % d'ici à 2030, en organisant la sobriété de tous les usages), à optimiser la disponibilité des ressources via la réduction des fuites des

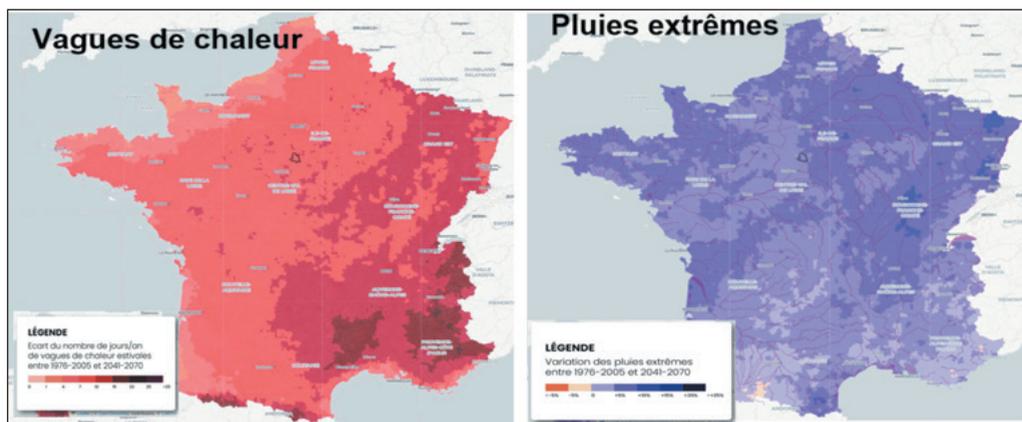


Figure 2

Cartes des zones françaises impactées par les vagues de chaleur et les pluies extrêmes.

Source : KAIROS – Outil Veolia de sensibilisation aux aléas climatiques.  
 (Pour en savoir plus : article ResearchGate – accès libre : [https://www.researchgate.net/publication/361461637\\_Kairos\\_-\\_Outil\\_de\\_sensibilisation\\_aux\\_aléas\\_climatiques](https://www.researchgate.net/publication/361461637_Kairos_-_Outil_de_sensibilisation_aux_aléas_climatiques))

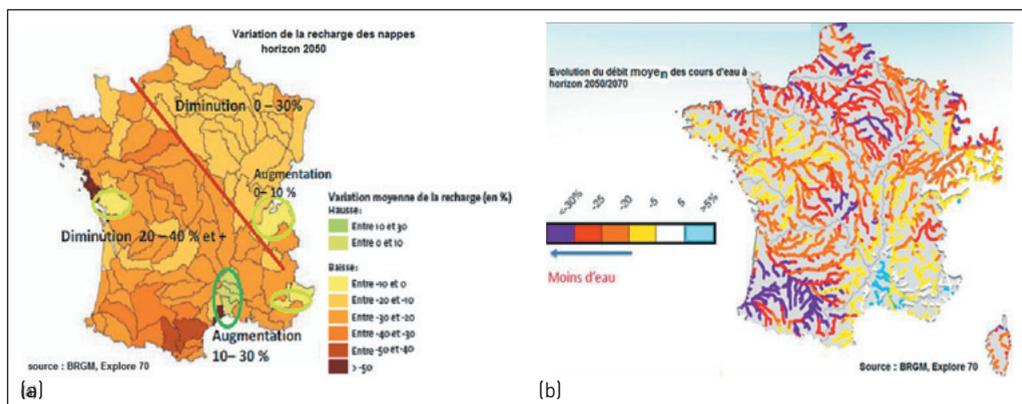


Figure 3

Effets attendus du changement climatique sur la recharge des nappes (a) et les débits des cours d'eau (b) en France.

<https://www.senat.fr/rap/r18-511/r18-5117.html>

réseaux d'eau potable et la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable, et la valorisation des eaux non conventionnelles. Sur ce dernier point, un objectif de 1 000 projets de réutilisation d'eaux d'ici à 2027 est retenu.

**Des solutions sont donc à inventer pour adapter les services d'eau et d'assainissement** pour mieux gérer l'eau. Diverses solutions sont à présent identifiées pour s'adapter au changement climatique, dans les périodes où il n'y a pas assez d'eau ou dans celles où il y a trop d'eau, notamment dans le rapport au Premier ministre et au Parlement sur

la prospective au service de l'adaptation<sup>1</sup>.

Pour le « trop d'eau », les services d'assainissement vont, par exemple, travailler sur la façon dont on peut mieux utiliser les réseaux d'assainissement lors des gros événements pluvieux, pour stocker l'eau *via* des vannes hydrodynamiques et éviter les débordements/déversements des réseaux vers les milieux, susceptibles d'inonder en point bas certaines zones ou de polluer les cours d'eau (exemple : Dinard). Une gestion prévisionnelle des cours d'eau peut également être mise en place pour

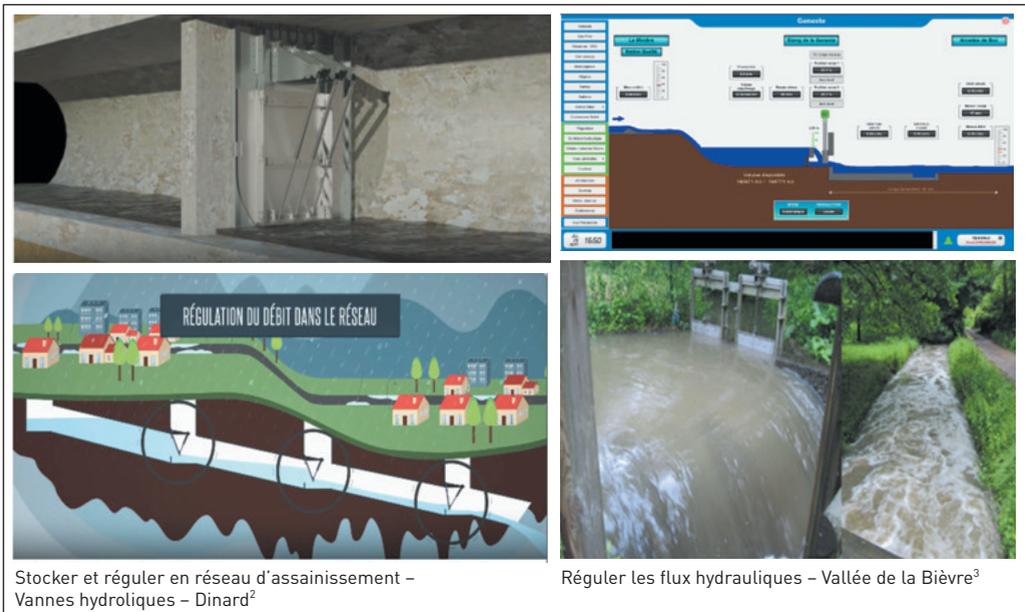


Figure 4

Exemples de solutions pour mieux gérer l'eau en période de « trop d'eau ».

1. <https://www.vie-publique.fr/rapport/284298-la-prospective-au-service-de-ladaptation-au-changement-climatique>

2. <https://f-reg.fr/les-travaux-dassainissement-ville-de-dinard/>

3. <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/actus/Fiche%20REX%20Bi%C3%A8vre%20amont%20VF.pdf>

réguler les flux hydrauliques et éviter d'inonder certains quartiers (exemple : la Bièvre) (Figure 4).

Face au défi du « pas assez d'eau », de nombreuses solutions existent. La première consiste à renforcer la sobriété, c'est-à-dire à réduire les différents usages et les prélèvements en eau. Des dispositifs comme le télérelevé permettent de suivre en temps réel la consommation, et constituent ainsi un excellent levier de sensibilisation des usagers<sup>4</sup>. Autre exemple, le programme Éco d'Eau<sup>5</sup> incite chacun à adopter des gestes responsables pour préserver la ressource en eau<sup>6</sup>. Un autre axe majeur concerne la réduction des pertes sur les réseaux de distribution d'eau potable, grâce à des outils permettant de détecter et de localiser plus efficacement les fuites<sup>7</sup>. Enfin, un autre levier consiste à favoriser/développer le recyclage et la réutilisation des eaux usées traitées, afin de limiter le recours à l'eau potable pour certains usages.

Aujourd'hui, les différents acteurs impliqués dans la

gestion de l'eau (ministères, agences de l'eau...) s'accordent à dire que, pour répondre aux enjeux de l'eau, une combinaison de ces différentes solutions sera nécessaire.

## 2 Situation de la REUT<sup>8</sup> en France

La REUT consiste à « utiliser à nouveau » les eaux usées traitées en sortie des stations d'épuration urbaines (qui collectent et traitent tous les effluents de la ville) ou en sortie des stations d'épuration industrielles (qui collectent et traitent les effluents des industriels). Il s'agit là de leur donner une « seconde vie » pour des usages qui n'auraient pas besoin d'une qualité d'eau « eau potable ». Cela nécessite parfois de les traiter davantage de façon à obtenir une qualité suffisante pour permettre ces usages. Les usages possibles aujourd'hui sont, pour l'essentiel, des usages urbains (arrosage des parcs et des espaces verts des villes, nettoyage des réseaux d'assainissement, lavage des rues...), agricoles (irrigation) ou industriels (divers usages).

Et puis, aujourd'hui, mais c'est encore à un stade expérimental, on essaie également de réutiliser ces eaux usées traitées pour préserver l'environnement, c'est-à-dire, par exemple, de réalimenter des zones humides qui se retrouvent en souffrance parce qu'elles n'ont pas assez d'eau avec un impact sur la biodiversité ou bien de recharger des ressources qui vont être utilisées pour la production d'eau

4. <https://www.veolia.com/fr/solutions/telereleve-compteurs-eau-ville-intelligente>

5. Éco d'Eau : initiative lancée par Veolia visant à rassembler l'ensemble des acteurs - citoyens, pouvoirs publics, entreprises, associations - autour des actions à mener pour préserver notre ressource commune en eau. <https://ecodeau.org/>

6. <https://ecodeau.org/>

7. <https://www.veolia.com/fr/planetlive/detecter-fuites-deau-reduire-pertes-eau-potable#:~:text=Veolia%20dispose%20d'un%20large,son%20entre%20deux%20capteurs%20acoustiques>

8. REUT : acronyme pour « réutilisation des eaux usées traitées ».

potable (barrages ou nappes phréatiques – c'est ce qu'on appelle la « REUT Eau Potable indirecte »).

**En France, la REUT demeure aujourd'hui peu pratiquée, comparativement à ce qu'on observe dans d'autres pays européens :** ces eaux usées traitées demeurent assez peu utilisées, tel qu'on peut le voir sur la carte (Figure 5). En effet, la France réutilise aujourd'hui moins de 1 % des eaux usées traitées en sortie de stations d'épuration. On peut noter que d'autres pays réutilisent une proportion plus importante de ces eaux : 8 % en Italie, 14 %

en Espagne, et jusqu'à plus de 80 % en Israël.

La carte suivante (Figure 6) présente le panorama des projets en France : il s'agit d'une cartographie réalisée par le Cerema<sup>9</sup> en 2017<sup>10</sup> et mise à jour par l'INRAE<sup>11</sup> en

9. Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

<https://www.cerema.fr/fr>

10. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/panorama-francais-reutilisation-eaux-usees-traitees-3>

11. INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement. <https://www.inrae.fr/>

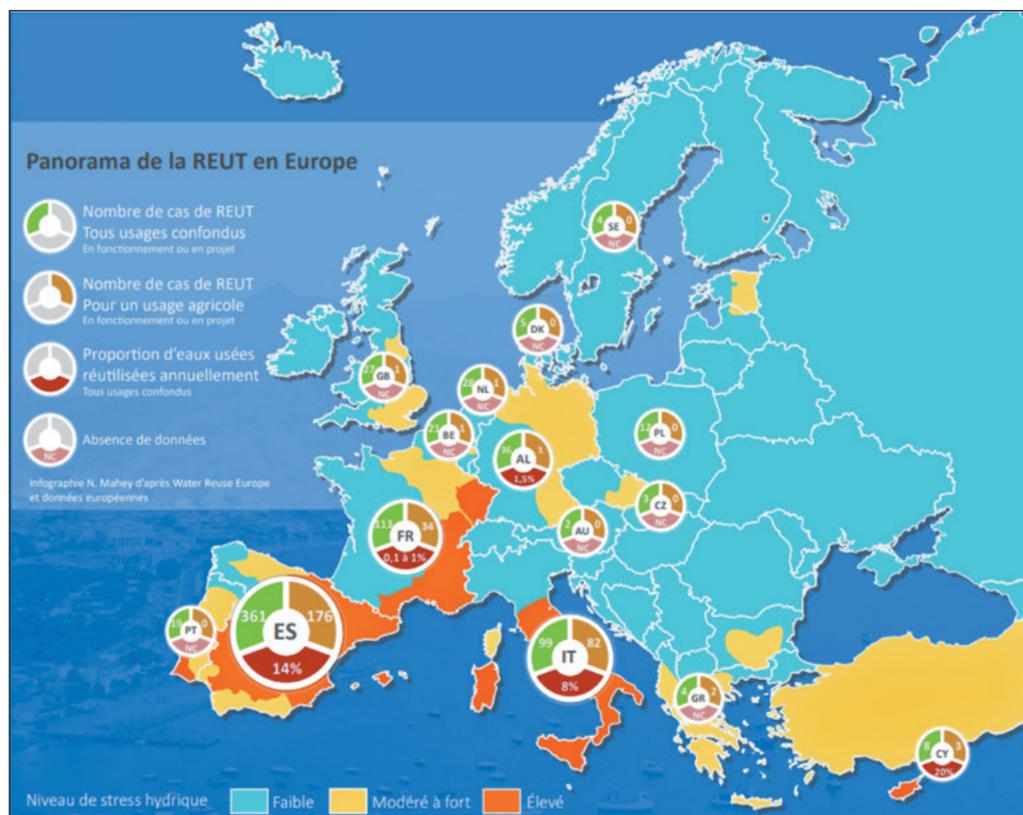


Figure 5

Panorama de la REUT en Europe (% d'utilisation des eaux usées traitées en rouge).

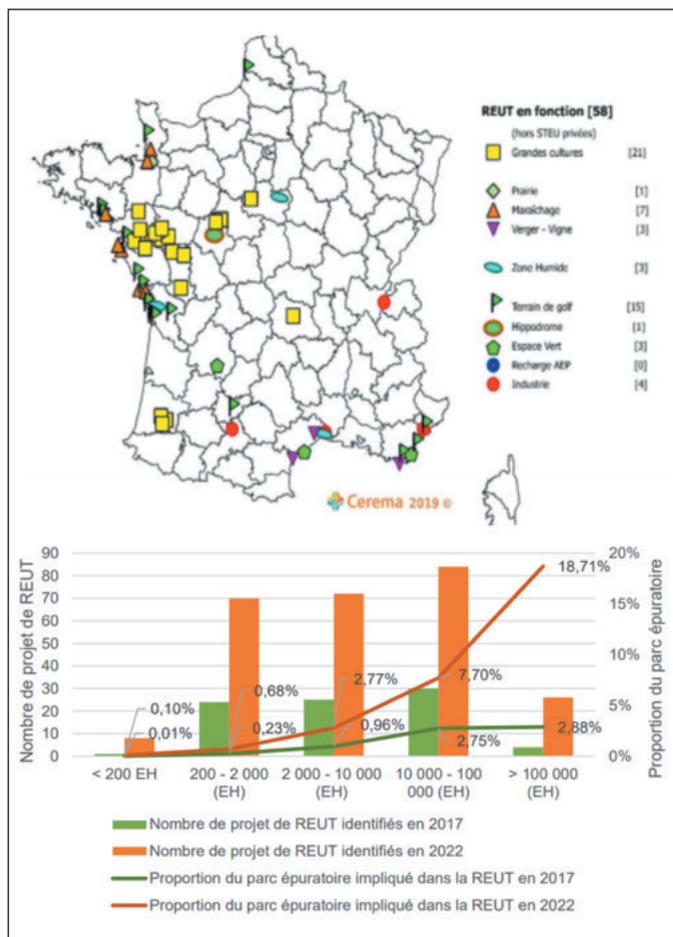


Figure 6

Projets de REUT recensés en France.

2022<sup>12</sup>. Il existe divers cas mais ils restent assez peu nombreux.

Divers freins ont été identifiés, notamment par l'ASTEE<sup>13</sup>, dans le cadre de travaux lancés sous l'égide des

12. <https://www.oieau.fr/eaudans-laville/content/panorama-de-lar%C3%A9utilisation-des-eaux-us%C3%A9es-trait%C3%A9es-en-france-en-2022>

13. ASTEE : Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement.

ministères de l'Environnement et de la Santé et menés par une large panoplie d'acteurs concernés par le sujet de la réutilisation des eaux usées en France (collectivités, fédérations de professionnels de l'eau, bureaux d'études spécialisés...). Il s'agissait de mener collectivement une analyse pour comprendre les freins et les leviers possibles pour favoriser le recours aux eaux non conventionnelles (ENC : eaux usées traitées

mais également autres eaux non conventionnelles telles que eaux de pluie, eaux grises...). Plus de 80 retours d'expérience ont été collectés et ont servi de base à cette analyse.

Les principaux verrous au développement du recours aux ENC identifiés par l'ASTEE en France étaient essentiellement :

- Un verrou d'ordre réglementaire : avec un cadre réglementaire alors incomplet, et

siloté par type d'eaux/usages et imposant une démarche administrative d'autorisation longue et complexe.

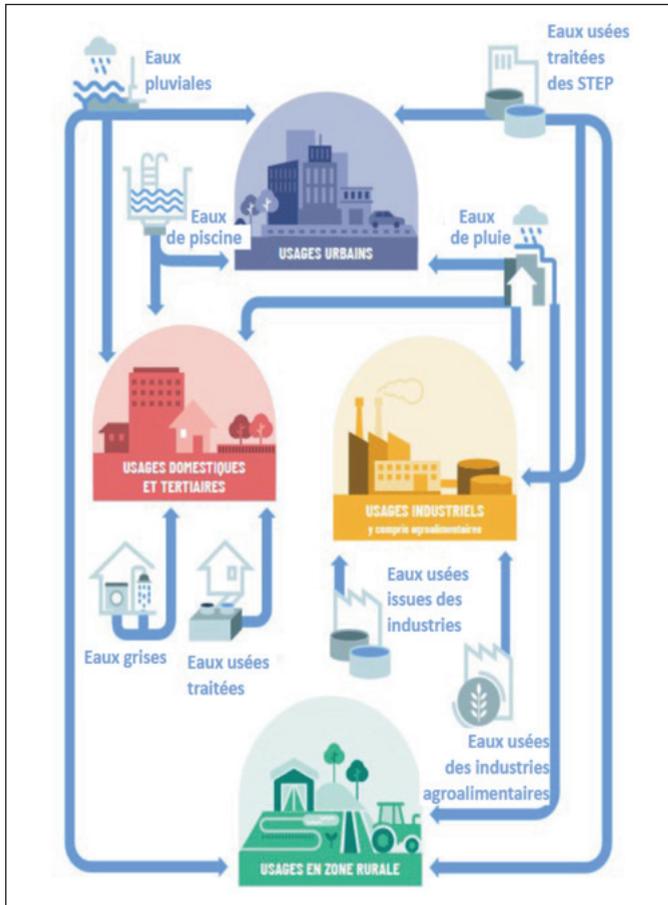
- Un verrou d'ordre économique/financier : aujourd'hui, la mise en place d'une solution de réutilisation des eaux a forcément un coût puisqu'il faut davantage traiter l'eau, la transporter au point d'usage... et, face à un coût de l'eau potable qui est relativement peu élevé en France, la rentabilité économique est souvent difficile à atteindre. Il est alors difficile de trouver des utilisateurs de ces eaux qui acceptent de payer l'eau usée traitée.

Malgré tout, il est apparu que de nombreux couples «types d'eaux/usages» offrent un potentiel (*Figure 7*) et divers leviers et recommandations pour favoriser le recours aux eaux non conventionnelles.

On peut noter 6 leviers et 24 recommandations communes à l'ensemble des usages visant principalement à :

- clarifier et faire évoluer la réglementation ;
- développer et transmettre la connaissance ;
- renforcer la confiance et inciter les acteurs à développer des projets ;
- accompagner les acteurs dans la mise en œuvre ;
- financer et rendre économiquement viables les projets ;
- et intégrer les ENC dans une approche de gestion globale.

Suite à ces travaux de l'ASTEE, un nouveau cadre réglementaire visant à lever les verrous réglementaires est en cours d'adoption (*Figure 8*) [décret d'août 2023 et arrêtés



**Figure 7**

Schéma présentant les multiples couples «eaux usées/usages» offrant un potentiel.

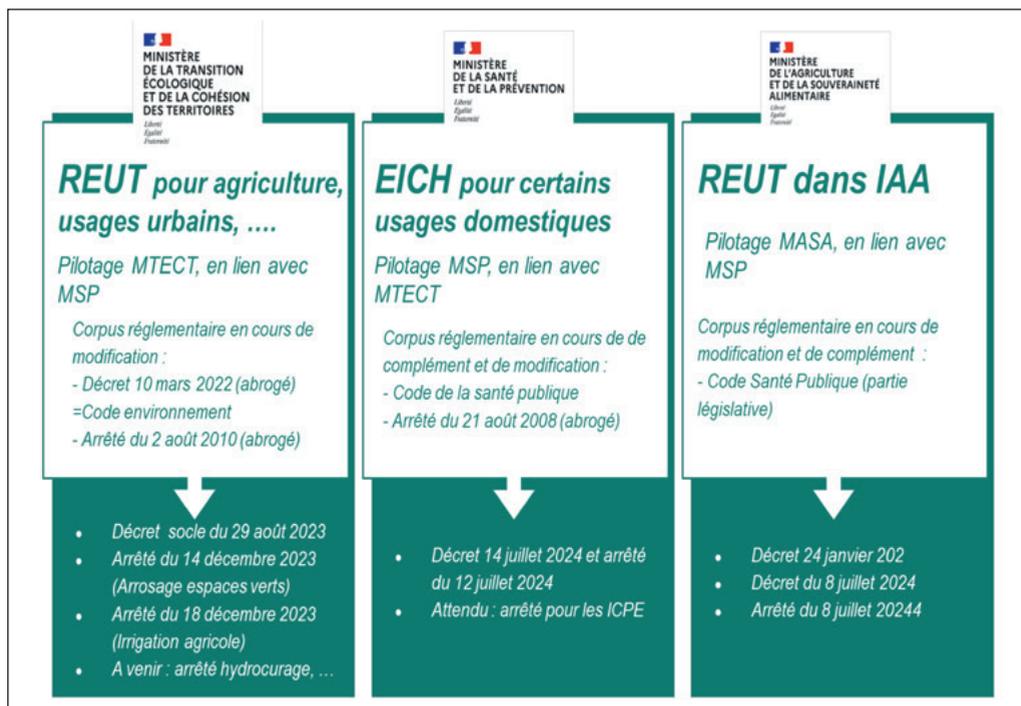


Figure 8

Les divers chantiers réglementaires initiés suite au plan eau.

spécifiques liés pour différents usages).

Sans rentrer dans le détail des textes réglementaires qui s'appliquent, le décret d'août 2023 va définir le processus d'autorisation (Figure 9). En effet, avant tout projet, il faut obtenir une autorisation préfectorale, donc monter un dossier de demande d'autorisation qui, en général, est porté soit par l'entité qui va produire les eaux usées traitées, ou bien par celle qui va réutiliser ces eaux usées traitées. Ce dossier intègre une évaluation des risques environnementaux et sanitaires pour démontrer que le projet n'impacte ni l'environnement ni la santé. Ce dossier est déposé auprès du

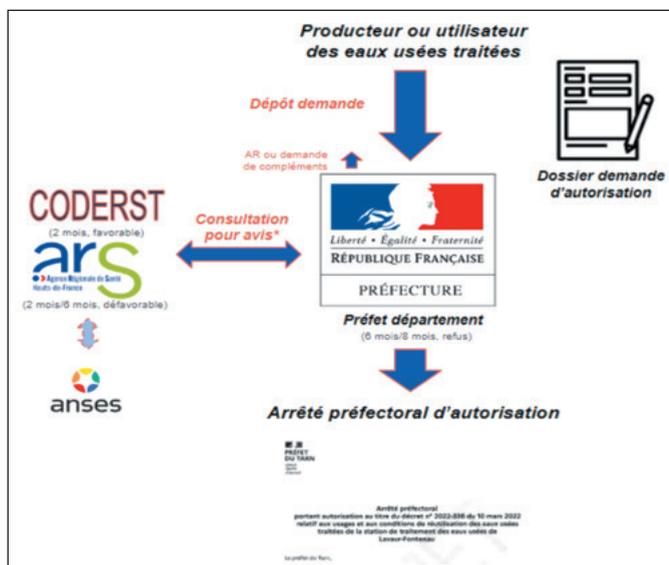


Figure 9

Processus d'autorisation d'un projet REUT.

préfet et instruit par le service de police de l'eau après avis de l'Agence Régionale de la Santé (ARS), notamment. Cela va donner lieu à un arrêté préfectoral qui va autoriser les usages de l'eau, en spécifiant les règles à respecter (qualité d'eau...). En complément du décret de 2023, des arrêtés par type d'usage viennent préciser les conditions dans lesquelles on peut utiliser les eaux usées traitées (pour l'irrigation agricole, l'arrosage des espaces verts...). Ces arrêtés vont venir définir les qualités de l'eau *a minima* et les conditions d'usage à suivre pour pouvoir les utiliser. Ils permettent alors de s'affranchir de la consultation de l'ARS.

Différentes classes de qualité d'eau (A, B, C, D) sont définies, et vont définir les usages possibles de l'eau usée traitée. Avec la qualité A, qui est la meilleure, on va pouvoir pratiquer les usages les plus nobles, par exemple l'irrigation agricole de cultures consommées par l'homme ; avec la qualité D, des usages qui vont nécessiter une qualité d'eau moindre.

À titre d'exemple, le tableau ci-dessous (**Figure 10**) présente les différentes classes de qualité définies (selon les arrêtés arrosage des espaces verts du 14 décembre 2023 et irrigation agricole du 18 décembre 2023). Il est intéressant de regarder les paramètres qui sont réglementés pour la réutilisation de ces eaux usées traitées. On retrouve des paramètres assez usuels de la chimie de l'eau : la présence de matières en suspension, la présence de matières organiques dans les eaux reflétée par le paramètre

demande biologique en oxygène<sup>14</sup> (DBO5), mais on trouve surtout des limites en concentration ou des niveaux d'abattement à atteindre pour des paramètres microbiologiques. On retrouve, par exemple, *Escherichia coli*<sup>15</sup> ou *Clostridium perfringens*<sup>16</sup>, qui sont des micro-organismes qu'on retrouve dans les eaux usées urbaines ou qui sont des indicateurs de contamination fécale. On doit s'assurer qu'ils ont été bien éliminés dans les eaux usées traitées de façon à ne pas générer de risques sanitaires, puisque certains micro-organismes peuvent être pathogènes pour l'homme.

### 3 Les étapes d'un projet de REUT

La construction d'un projet se fait en plusieurs étapes (**Figure 11**).

Des aides peuvent généralement être obtenues auprès des agences de l'eau aux différentes étapes (études, construction...).

14. Demande biochimique en oxygène (DBO) : quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (biodégradables) par des bactéries. Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées. Elle est en général calculée au bout de cinq jours à 20 °C et dans le noir. On parle alors de «DBO5».

15. *Escherichia coli* : bactérie qui réside dans le tube digestif de l'être humain et des animaux ; certaines sont pathogènes pour l'homme.

16. *Clostridium perfringens* : bactérie naturellement présente dans l'intestin de l'homme.

Tableau 4. – Paramètres et niveau 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			

(\*) 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 log<sub>10</sub> requise.

## Paramètres et abattement lors de la validation des performances de l'installation

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

(1) abattement attendu si usage pour des espaces verts ouverts au public

Figure 10

Classification de l'eau suivant sa qualité, selon les arrêtés de décembre 2023.

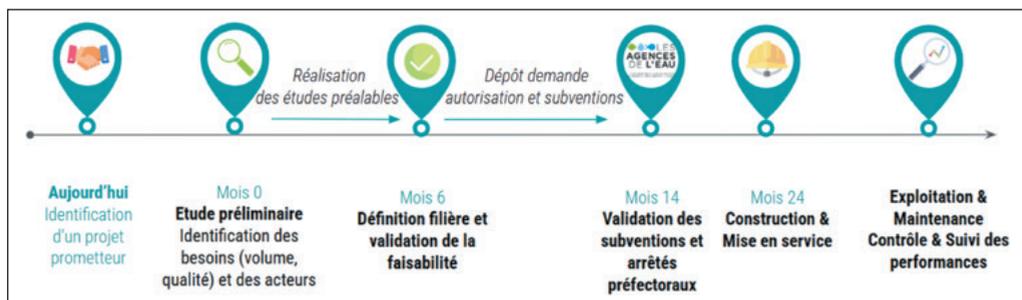


Figure 11

Les différentes étapes d'un projet REUT.

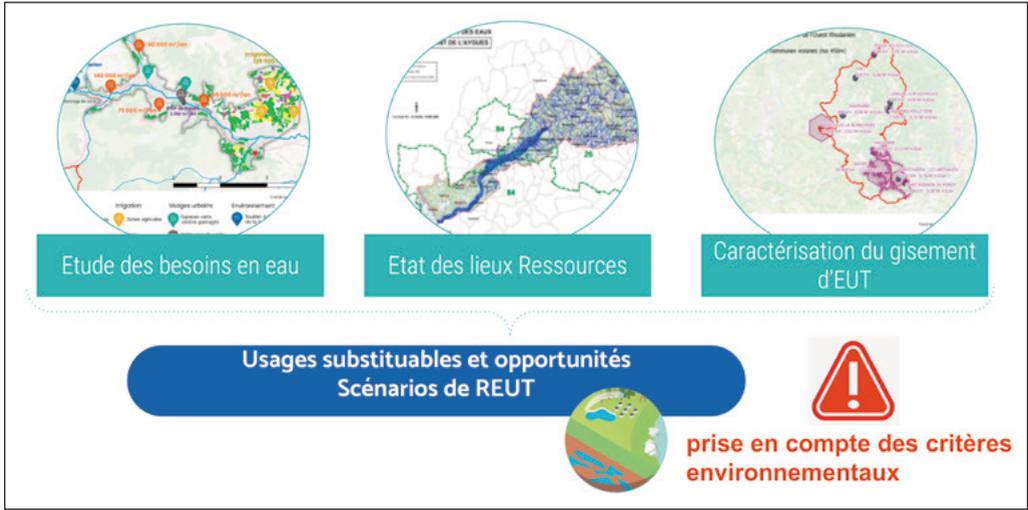


Figure 12

Les différentes étapes de l'étude d'opportunités à réaliser pour proposer un projet de REUT.

Pour identifier un projet prometteur, on commence par réaliser une étude d'opportunités (Figure 12).

À ce stade, les critères environnementaux doivent être considérés : la REUT ne doit pas priver le cours d'eau récepteur des rejets de la station d'épuration d'une eau dont il a besoin ou dont les usagers à l'aval auraient besoin. C'est la raison pour laquelle, aujourd'hui, on a essentiellement des projets qui démarrent en zone littorale, là où, effectivement, les eaux sont « perdues » pour les usages sur la Terre et où la question de l'incidence environnementale se pose moins.

Ensuite, il faut définir la bonne filière technique pour produire l'eau avec une qualité adaptée au regard de l'usage visé. Les eaux usées en sortie de station d'épuration ont déjà subi un traitement assez important, comme on peut le voir sur la figure 13. Cependant, il peut rester des traces de matières en suspension, des matières organiques et surtout des

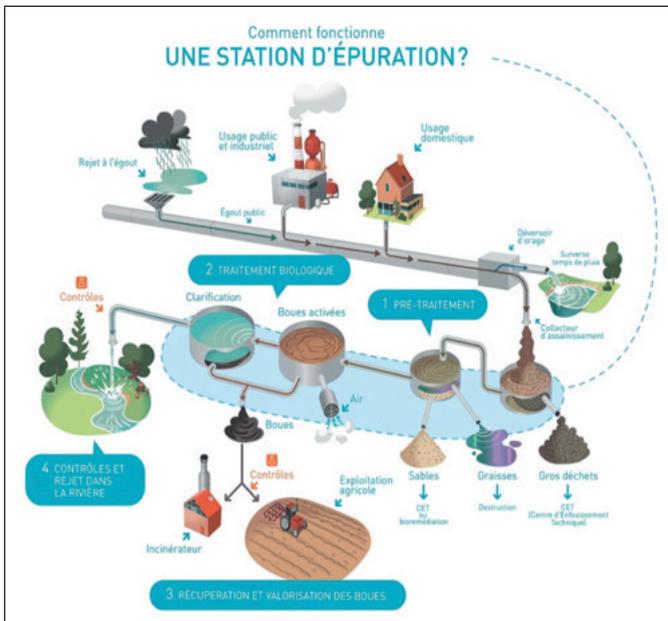


Figure 13

Étapes usuelles de l'épuration des eaux usées urbaines.

micro-organismes, puisque le traitement usuel sur les stations d'épuration ne vise pas à les éliminer. Il est donc bien souvent nécessaire d'ajouter des étapes complémentaires de traitement.

Il faut donc chercher une solution adaptée pour affiner le traitement des eaux en sortie de station. Pour cela, on dispose d'un portefeuille complet de technologies qui

peuvent être mises en œuvre parmi lesquelles on choisira selon la qualité disponible en sortie de station d'épuration et selon la qualité visée (Figure 14).

Des solutions standards packagées ou des solutions sur mesure peuvent être utilisées (Figure 15).

Pour affiner le traitement des eaux, il est en général nécessaire de les filtrer davantage

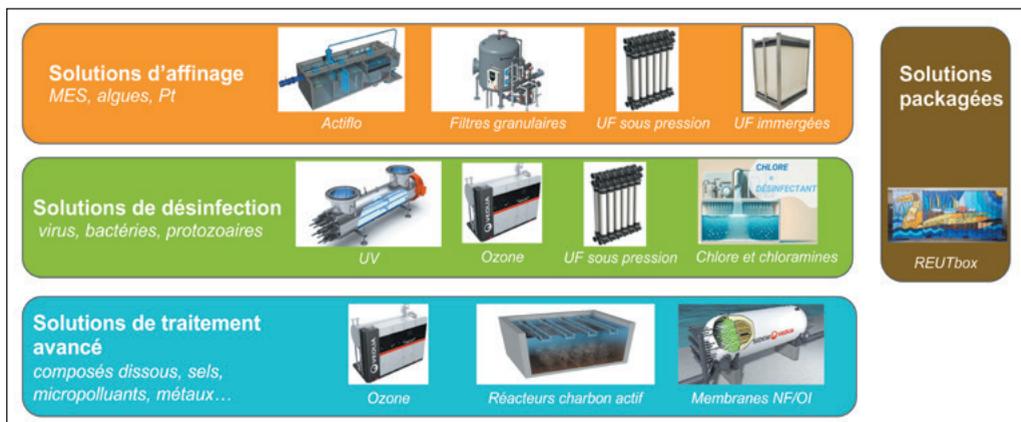


Figure 14

Le portefeuille de solutions disponibles pour améliorer la qualité des eaux en sortie d'une station d'épuration.

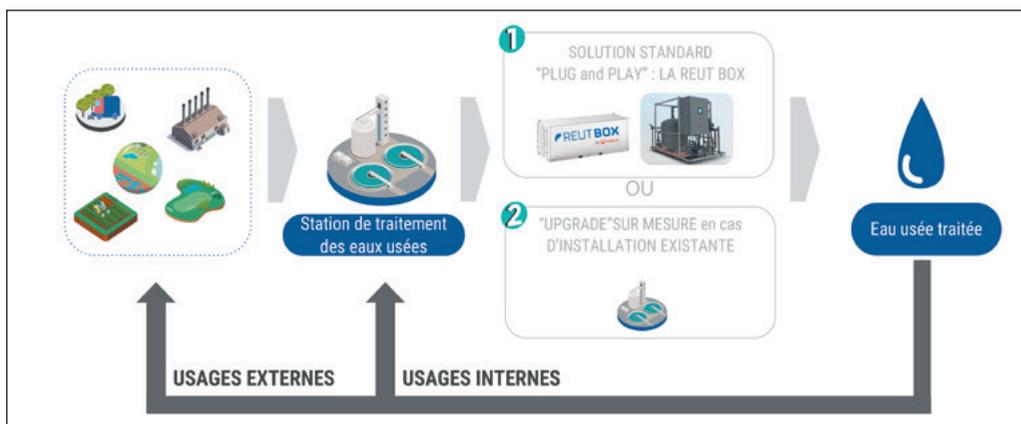


Figure 15

Les choix possibles pour un projet de REUT.

pour éliminer les matières en suspension puis les désinfecter. On dispose de différentes techniques, mais l'une des plus utilisées en sortie de station d'épuration est la désinfection UV. Le pouvoir bactéricide des UV est utilisé pour éliminer les micro-organismes présents dans l'eau. Il faut définir la dose d'UV nécessaire pour obtenir une bonne efficacité. Ensuite, on fait souvent une chloration de ces eaux pour garder la désinfection « active », assurer la rémanence de la désinfection. Cela vise à conserver une bonne qualité sanitaire lors du transport jusqu'au point d'usage par des canalisations ou des camions.

La ReutBox<sup>17</sup> (Figure 16) est un exemple d'unité packagée, de petite capacité, « Plug and Play », qui combine tous ces traitements. Développée par

Veolia, elle permet assez rapidement de mettre en place une solution REUT sur les stations d'épuration de façon à produire des petits débits et des petites quantités d'eaux usées traitées pour l'utilisation.

La carte ci-après (Figure 17) présente quelques exemples de projets REUT emblématiques nationaux accompagnés par Veolia. Ainsi, le projet du golf de Sainte-Maxime a été parmi les pionniers avec 300 000 mètres cubes d'eau réutilisés chaque année pour l'arrosage. À Disneyland Paris, l'eau usée traitée est utilisée pour arroser des espaces verts, mais aussi pour remplir les bassins d'agrémentation. Narbonne Ville réutilise presque 100 000 mètres cubes par an pour des usages internes de l'eau mais aussi pour l'arrosage des espaces verts.

D'importants projets de R&D ont par ailleurs été menés pour étudier l'impact de la

17. ReutBox : de l'anglais, « boîte de la REUT » (réutilisation des eaux usées traitées).

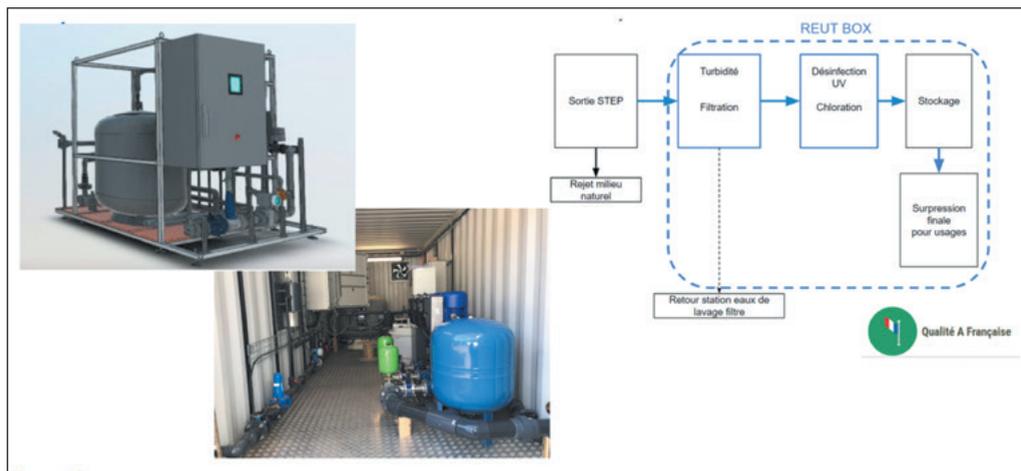


Figure 16

Schéma de fonctionnement de la ReutBox.

réutilisation sur les sols et leurs qualités, comme celui de Irri-Alt'Eau, dans le sud de la France. Et une unité d'affinage a été construite pour le projet Jourdain de Vendée Eau, premier démonstrateur en France de REUT indirecte pour

la production d'eau potable. Il s'agit là d'une expérimentation unique autorisée. Les eaux usées traitées par l'unité d'affinage permettent la recharge d'une retenue dans laquelle l'eau est prélevée pour produire l'eau.



Figure 17

Carte présentant quelques projets de REUT français emblématiques (accompagnés par Veolia).

## Conclusion

Dans un contexte de changement climatique, face aux tensions sur les ressources en eau, le développement de la REUT fait partie des mesures identifiées par le plan eau du gouvernement pour une gestion résiliente et concertée de l'eau. En France, elle reste aujourd'hui assez peu développée, en raison de freins d'ordre réglementaire et économique. Toutefois, suite

au plan eau, la réglementation évolue et les solutions techniques existent pour produire, à partir d'eaux usées traitées, des eaux de qualité permettant leur utilisation pour divers usages (irrigation agricole, arrosage des espaces verts...). De premiers retours d'expérience en confirment la faisabilité et l'intérêt dans certains contextes, lorsqu'elle peut être « sans regret » au regard des potentiels impacts environnementaux et sanitaires. C'est aujourd'hui essentiellement en zone littorale qu'elle se développe et avec des traitements permettant l'élimination des micro-organismes d'origine fécale (filtration et UV, par exemple). Elle peut donc offrir, pour certains territoires, une solution complémentaire aux actions de sobriété qui sont à réaliser en tout premier lieu.