

Projet Régul'eau
Réglementer les eaux usées traitées : pratiques et connaissances
(2021-2024)

Rapport final

Contributeurs :

Anne-Laure Collard (coordination)
Nassim Ait Mouheb
Patrice Garin
Margaux Kurek
Morgane Brites
Clara Ribo

INTRODUCTION	6
1.1 Bref retour historique sur l'encadrement des eaux usées	6
1.2 Pourquoi interroger les rôles de la réglementation sur la pratique de REUT ?	8
1.3 Organisation du rapport	10
2 ETUDE DE L'ECRITURE REGLEMENTAIRE ENCADRANT LA PRATIQUE DE REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES	12
2.1 Comment les eaux usées traitées sont-elles gouvernées ?	12
2.1.1 Etat de l'art en sciences humaines et sociales sur la gestion des risques	12
2.1.2 Questions de recherche et hypothèses	13
2.1.3 Méthodologie de travail	15
2.2 Trajectoire réglementaire de la catégorisation de l'eau usée traitée	18
2.2.1 Principes généraux du système classificatoire	18
2.2.2 Evolutions historiques de la réglementation de la REUT	28
2.2.3 Résumé de la trajectoire réglementaire de la REUT	45
2.3 Internaliser l'eau usée traitée en société : héritages et nouvelles attentes	55
2.3.1 Faire entrer l'eau usée traitée dans le paysage réglementaire de l'eau	55
2.3.2 Une réglementation qui occulte certaines controverses scientifiques : les risques microbiologiques	60
2.3.3 Le risque chimique non régulé : indicateurs inadaptés dans la réglementation et problématique des faibles concentrations	63
2.3.4 Zones d'incertitudes autour de la construction des seuils réglementaires et de leurs implications techniques	68
2.3.5 Contraintes techniques et dépendance au sentier des indicateurs classiques	69
2.4 Mise en règlement de l'eau usée traitée et temporalité de l'action publique	73
2.4.1 L'actualité de la révision des textes	73
2.4.2 Cheminement d'une réglementation en cours d'écriture	79
3 ETUDES DES EFFETS DE LA REGLEMENTATION SUR DES SITES EXPERIMENTAUX ET ANCIENS : DEMARCHES METHODOLOGIQUES	96
3.1 Le cas de Roquefort-des-Corbières : irrigation à taille réelle de la vigne dans l'Aude	97
3.2 Plateforme expérimentale de Murviel-lès-Montpellier (Hérault)	98
3.3 Le cas du site expérimental de Irrialt'eau : irrigation expérimentale de la vigne (Aude)	101
3.4 Etude des projets « anciens » de REUT	103
3.5 Méthode protocole	109
3.5.1 Etude des qualités physico-chimiques et indicateur Escherichia Coli	109
3.5.2 Méthode d'analyse de l'efficience de l'irrigation	109
4 REGLEMENTATIONS ET CHOIX DE LA FILIERE DE TRAITEMENT	110

4.1	Etude du cas de Roquefort-des-Corbières	110
4.1.1	Trajectoire sociotechnique du projet de REUT de Roquefort-des-Corbières	110
4.1.2	Effets des normes réglementaires sur le dispositif sociotechnique	116
4.2	Etude de la trajectoire sociale du démonstrateur de Irrialt’eau	119
4.2.1	Quelques éléments sur les conditions de montage du projet	119
4.2.2	Du statut expérimental à celui de démonstrateur opérationnel : rôle de la réglementation dans un itinéraire de projet	122
4.3	Etude des impacts de l’évolution réglementaire sur les « anciens » sites de REUT	130
4.3.1	Des conditions d’accès à l’eau plus favorables pour les systèmes anciens, mais souvent plus limitantes que pour des systèmes d’irrigation conventionnels	130
4.3.2	Adaptation des systèmes de traitement à la réglementation : des choix techniques, mais aussi politiques et financiers pour les collectivités	132
5	EFFETS DE LA REGLEMENTATION SUR LES PRATIQUES ET LES MILIEUX	134
5.1	Effets des eaux usées traitées sur les pratiques agricoles et d’irrigation	134
5.1.1	Des pratiques d’irrigation ajustées à une ressource en eau qui reste limitée	134
5.1.2	Une eau comme une autre pour les usagers : exemples de pratiques d’utilisation	135
5.1.3	Peu d’enjeux de commercialisation	136
5.1.4	Valorisation des nutriments : une pratique méconnue des agriculteurs ou alors peu convaincante	137
5.1.5	Des changements liés à l’irrigation plus qu’à la nature des eaux : enherbement et rendement (focus sur le cas de Roquefort-des-Corbières)	138
5.1.6	Etude de l’uniformité des débits des réseaux d’irrigation	140
5.1.7	Impacts quantitatifs de la REUT sur le milieu récepteur	141
5.2	Particularités des EUT dans les pratiques d’irrigation	142
6	CONCLUSIONS SUR LES EFFETS DE L’EVOLUTION DES CADRES REGLEMENTAIRES DE LA PRATIQUE DE REUT	143
6.1	Faire co-exister les eaux usées traitées et la société : retour sur la trajectoire de l’élaboration des normes réglementaires encadrant la pratique de REUT	143
6.2	Peu d’effets de l’évolution réglementaire sur la conduite des projets de REUT et sur les pratiques agricoles	144
7	VALORISATION DES RESULTATS DU PROJET	147
7.1	Articles et chapitre d’ouvrage	147
7.2	Rapports de stage	147
7.3	Communications scientifiques	147
7.4	Diffusion	147
8	BIBLIOGRAPHIE	148

8.1	Partie 1	148
8.2	Partie 3 et 4	153
9	ANNEXES	155
9.1	Annexe Partie 1	155
9.2	Annexe : 2 fiches de synthèse des travaux d'étudiants	159
10	TABLES	161
10.1	Table des figures	161
10.2	Tables des tableaux	161
10.3	Tables des encadrés	162

Introduction

1.1 Bref retour historique sur l'encadrement des eaux usées

Dès les années 1970, le recours aux eaux usées traitées et au dessalement s'est répandu dans plusieurs régions du monde. Ces eaux sont dites « non conventionnelles » par contraste avec les eaux prélevées habituellement en surface ou dans les nappes. Elles constituent pour beaucoup une alternative aux limites physiques de ces dernières et/ou une réponse à leur variabilité croissante liée aux changements climatiques.

C'est toutefois assez récemment que la REUT a gagné en reconnaissance à l'échelle internationale, et plus particulièrement en France, à la suite des Assises de l'eau (2019), du Varenne de l'Eau (2021) puis du Plan Eau (2023). En mars 2023, le Plan Eau annoncé par le gouvernement a inscrit à l'agenda public la « massification » de l'utilisation des eaux dites « non conventionnelles » comme une des solutions au problème du manque d'eau. La pratique de réutilisation des eaux usées traitées - dite « REUT » - est particulièrement encouragée. L'Etat a fixé l'objectif de tripler le volume d'eaux non conventionnelles réutilisées d'ici 2025.

Cette pratique repose sur la captation de l'eau à la sortie des stations d'épuration pour satisfaire des besoins sur un territoire généralement proche (l'eau coûte cher à transporter). Le principe sur lequel repose la REUT est le suivant : détourner les eaux issues des stations d'épuration de leurs milieux récepteurs initiaux pour les rediriger vers des espaces situés à proximité, et les utiliser pour l'irrigation agricole, l'arrosage des espaces verts ou de loisirs (golfs), le lavage de voirie, voire la production d'eau potable. Les procédés de traitement sont les garants d'une pratique sans risque. En effet, un traitement complémentaire à celui requis par la réglementation sur l'assainissement est imposé afin d'abattre la charge résiduelle en pathogènes des eaux usées, ce qui peut aller du simple lagunage* au bioréacteur membranaire*, selon l'usage visé.

Comme toute diffusion d'innovation technologique, elle s'accompagne d'un « discours de la promesse » pour conférer à ces eaux une utilité, une crédibilité et une acceptabilité sociales (Joly, 2015). À l'échelle nationale, la promesse de la REUT s'est organisée autour de l'idée d'un « retard » de la France par rapport aux autres pays européens : moins de 1 % des eaux usées y seraient réutilisées contre 14 % en Espagne ou 8 % en Italie¹. Ce retard devrait donc être comblé au nom de l'urgence climatique, des tensions sur l'eau, du potentiel d'une économie circulaire appliquée à l'eau, des bénéfices agronomiques liés à l'azote et au phosphore contenus dans les eaux usées, de l'absence de risque sanitaire attestée par la pratique de REUT ailleurs dans le monde et du savoir-faire technique des professionnels... pour ne citer que ces arguments.

La REUT a été rapidement associée au vocabulaire de la circularité et de l'économie circulaire (Rapport INEC, 2018). L'eau usée traitée (EUT) est alors érigée en matière à valoriser, et son rejet dans les milieux devient a contrario associé à l'idée de gaspillage dans la mesure où son usage pourrait encore être prolongé. La création d'un portefeuille d'eaux non conventionnelles rend crédibles, utilisables et opérationnelles des eaux qui jusqu'alors n'étaient pas exploitées pour des usages anthropiques directs.

¹ <https://www.futuribles.com/reutilisation-de-leau-en-france-des-avancees-en-vue/>

Or, remettre en circulation dans la société l'eau usée traitée n'est pas chose facile. Cela demande tout à la fois de rompre avec un long héritage hygiéniste et de dompter une « matérialité vibrante » (Bennett, 2010) liée à la présence en son sein d'une multitude d'entités actives dont le caractère pathogène ne cesse de surcroît de se recomposer au fil de l'eau et du temps, au contact du sol, des plantes ou encore des réseaux d'irrigation.

La REUT implique un retour de l'eau usée, après traitement, au contact direct des humains : les parcs publics arrosés avec de l'eau usée traitée sont fréquentés par des promeneurs, les parcelles agricoles irriguées avec de l'eau usée traitée emploient des ouvriers et les produits issus de ces cultures sont ingérés par des consommateurs. L'eau usée traitée est en quelque sorte « réintégrée » dans la société, par un processus de traitement qui la requalifie en tant que ressource et la réhabilite directement dans le petit cycle de l'eau. Le traitement, réglementé pour éliminer les éléments indésirables, permet d'internaliser l'eau usée traitée et de l'inscrire dans un registre de normalité quasi-total – le traitement pouvant laisser passer quelques éléments nocifs, selon la technique utilisée. En reconduisant l'eau usée au contact humain, la REUT bouscule un héritage sanitaire conquis par les hygiénistes au cours du 19^{ème} siècle, pendant la croissance des villes et le développement des réseaux d'eau. Motivée par la lutte contre les maladies évitables telle que la tuberculose et le choléra, cette conquête permet l'accès à l'eau dans un premier temps, puis la garantie de sa salubrité (Frioux, 2013). En effet, les hygiénistes avertissent les pouvoirs publics sur la nécessité d'améliorer la salubrité du milieu et d'éduquer la population aux pratiques d'hygiène. Issus de diverses professions (médecine, architecture, ingénierie, statistique, droit, économie), ils sont de véritables « lanceurs d'alerte avant l'heure » (*ibid.*), qui font de l'eau un enjeu de santé publique. Avec les découvertes de Pasteur et de Koch qui appuient l'argumentaire scientifique des hygiénistes, la microbiologie prend son essor et permet d'agrandir l'éventail du risque sanitaire à « l'infiniment petit qui se cache dans l'air ou dans l'eau » (*ibid.*). Par exemple, en 1887, la bactériologie permet d'évaluer le danger des eaux publiques par le dénombrement des bacilles contenus dans un centimètre carré d'eau. Elle devient un point de passage obligé de l'expertise des eaux d'une ville : la circulaire du 23 juillet 1892 impose de produire une expertise bactériologique pour les projets d'adduction d'eau potable. Les normes et les expertises qualitatives se renforcent pour endiguer les maladies de l'appareil digestif transmises par l'eau potable (poussées de typhoïdes, diarrhées, dysenteries) : « la science bactériologique nous a montré dans l'eau la présence de tant d'ennemis et de si variés, qu'aujourd'hui le principal souci de l'hygiéniste doit être de rechercher et de trouver les moyens propres à les combattre » (revue *Le Génie Sanitaire*, 1891, *ibid.*).

Le devenir de l'eau usée des réseaux d'égout est une question qui se pose tardivement, ultérieurement aux préoccupations sur la qualité de l'eau potable (Frioux, 2013). Cependant, il ne fait pas débat que l'eau usée doit être évacuée dans les milieux. A partir du 20^{ème} siècle, les débats techniques et politiques portent ainsi sur la meilleure manière d'épurer l'eau usée (*ibid.*). En effet, les hygiénistes craignent la contamination des collectivités en aval – contrairement aux ingénieurs plutôt confiants sur la capacité des cours d'eau à épurer. Assainir signifie alors traiter l'eau usée de façon à la rendre « inoffensive » pour les populations qui utilisent les fleuves, les rivières ou les ruisseaux. Plusieurs principes d'assainissement sont discutés : ils sont notamment divisés entre l'épandage sur les champs agricoles et la mise en place de stations biologiques de traitement, avec des systèmes de lits bactériens ou de boues activées.

Aujourd'hui, la REUT repose sur le principe de recyclage et met donc au défi les normes hygiénistes construites autour de la quête de la « pureté » de l'eau (Barbier, 2009). Son plébiscite par les pouvoirs publics indique une sortie du modèle qui connectait la circulation de l'eau par « les eaux pures qui entrent et les résidus qui sortent » (Ward, 1852 cité dans Bouleau et Guérin-Scheider, 2011) avec la santé.

Dans le droit français, la REUT est encadrée par une réglementation dédiée qui a évolué depuis 1991, date de la première circulaire publiée par la Direction générale de la santé. Celle-ci définit les contextes de réutilisation possibles, ainsi que les modalités de maîtrise des contaminations de l'eau usée lors de son traitement et de sa réutilisation. Les contextes historiques de réutilisation autorisés sont l'irrigation des cultures agricoles et l'arrosage des espaces verts. A partir de ceux-ci, la réglementation établit une catégorisation de l'eau usée traitée en fonction de sa destination finale : cultures maraîchères, cultures céréalières, arboriculture fruitière, terrain de sport, parc public, forêt... Cette typologie se décline en quatre catégories A, B, C et D, qui correspondent à des classes de qualité d'eau. L'eau usée traitée doit obligatoirement atteindre un certain niveau de qualité (des seuils de paramètres microbiologiques et physico-chimiques à ne pas dépasser) pour pouvoir être utilisée. Par exemple, pour utiliser de l'eau usée traitée sur des cultures maraîchères, il faut atteindre la qualité A, qui est la plus haute. Pour arroser un taillis, une eau usée traitée de qualité D suffit.

En dépit de son ancienneté, la mise en règlement de la REUT n'est pas encore aboutie lors de l'écriture de ce rapport (juin 2024). En effet, l'actualité politique du Plan Eau de mars 2023 a imposé une évolution des textes vers une simplification des procédures administratives, ainsi qu'une ouverture à de nouveaux contextes de réutilisation, comme les usages urbains (lavage de voiries, lutte contre les incendies, hydrocurage des réseaux...). De plus, le règlement européen sur l'irrigation agricole, publié en 2020, s'applique depuis juin 2023 dans les Etats membres. S'il s'applique sans transposition préalable dans le droit français, le règlement impose une adaptation des textes pour rendre les modalités de maîtrise des contaminations cohérentes entre les différents contextes de réutilisation que sont l'irrigation agricole, l'arrosage des espaces verts et les nouveaux contextes comme les usages urbains.

1.2 Pourquoi interroger les rôles de la réglementation sur la pratique de REUT ?

L'essor de la REUT marque une rupture, en invitant en particulier à substituer ces eaux à des sources primaires de plus en plus disputées, pour des usages comme l'arrosage des espaces verts ou l'irrigation qui ne nécessitent pas une qualité supérieure, et certainement pas une qualité potable : « *Le postulat de départ [de l'hygiène publique], c'est qu'il faut de l'eau potable pour tous les usages [...] La REUT s'est construite autour de ça, en se demandant pour quels usages l'eau potable était indispensable, et pour quels usages on pouvait utiliser d'autres types d'eau* » (juriste au ministère de l'Environnement).

Suite aux annonces de 2023, l'opérationnalisation de la REUT à grande échelle nécessite un important travail normatif et réglementaire préalable. C'est tout l'objet du cadre réglementaire établi progressivement en France depuis 1991. Il repose sur un dispositif classificatoire de plusieurs qualités d'eau (A/B/C/D) construit à partir d'indicateurs physico-chimiques et microbiologiques.

Or, l'actualisation de la réglementation française – dans un contexte institutionnel de promotion et d'harmonisation des normes avec celles européennes - réactive les débats sur la nécessité des précautions à prendre avec l'eau usée traitée, et sur ses modalités de mise en œuvre. Pour certains, la réglementation est jugée trop contraignante pour permettre un changement de pratique, pour d'autres trop peu précautionneuse pour assurer un déploiement de la REUT sans risque² (Commentaires issus de la consultation publique de la révision de l'arrêté du 10 août 2010, 2023). Selon, Condom et al. (2013) aucun dossier de demande d'autorisation de projets de REUT n'aurait été déposé dans les deux années qui ont suivi la publication de l'arrêté français du 2 août 2010. Le rapport de l'Institut national de l'économie circulaire de 2018 qualifie la réglementation de « limitée » en ce qu'elle ne couvre que certains usages spécifiques, délimités aux contextes historiques d'irrigation et d'arrosage. Dans les débats, d'experts surtout, un consensus mou s'est établi autour de l'idée que les normes réglementaires propres à la REUT et plus largement les normes réglementaires environnementales (qualité des rejets dans les cours d'eau, débit d'étiage) sont des freins au déploiement de la REUT. Les arguments pour réduire les contraintes réglementaires sont divers : coût du suivi en routine des indicateurs qui se rajoute aux coûts d'investissement, coût du traitement, absence de réglementation sur la qualité de l'eau brute, rappel de la fonction d'épuration des stations de traitement et non de soutien au débit d'étiage, performance des procédés d'épuration rustiques non reconnue, etc. Trois axes de travail : écriture réglementaire, effets sur la conduite des projets et les pratiques agricoles

Face à ce constat, le projet REGULEAU a pour ambition de participer à ce débat autour des enjeux de réglementer une matière ambivalente telle que les eaux usées traitées. Pour se faire, notre démarche s'est voulu être pluridisciplinaire, en croisant des regards en sociologie, agronomie et génie des procédés. Notre interrogation initiale a été de porter un regard rétrospectif sur la réglementation REUT et sur les effets pratiques d'une modification de la qualité des EUT utilisées à des fins agricoles. Pour cela, nous avons organisé le travail autour de 3 principaux axes :

- Le premier axe porte sur le **travail d'écriture réglementaire**. Nous sommes partis du constat suivant : depuis les années 1980 (années des premiers projets de REUT en France), la réglementation ne cesse d'évoluer pour rendre compatible avec une pluralité d'exigences afférentes à la réutilisation des EUT, principalement d'innocuité, de coût, de faisabilité et de contrôlabilité. Nous avons cherché à comprendre ces évolutions : les risques encadrés, l'expertise mobilisée, les arbitrages des seuils et des indicateurs, les méthodes utilisées, etc. en les éclairant des avis de chercheurs et connaisseurs des eaux usées.
- Le second axe porte sur l'étude des **effets des changements réglementaires sur la conduite des projets de réutilisation des eaux usées traitées**. A cet effet, l'étude des trajectoires sociotechniques de plusieurs projets a été menée afin d'identifier en quoi et comment la réglementation façonnait les dispositifs en place. Pour cela, des projets plus ou

² Var Matin du 8 novembre 2022 (<https://www.varmatin.com/environnement/recyclage-des-eaux-usees-dans-le-golfe-de-saint-tropez-un-progres-qui-boit-la-tasse-806113>), Ouest France du 27 février 2023 (<https://www.ouest-france.fr/environnement/ou-est-on-du-projet-jourdain-cette-usine-qui-doit-reutiliser-les-eaux-usees-des-sables-d-olonne-3d768dee-9320-11ed-a132-da865d0c2723>),

Le Point du 31 mars 2023 (https://www.lepoint.fr/environnement/secheresse-comment-fonctionne-la-reutilisation-des-eaux-usees-31-03-2023-2514388_1927.php#11).

moins anciens ont été enquêtés dans l'idée que la pratique de REUT n'a pas toujours répondu aux mêmes exigences que celles en place aujourd'hui. Par exemple, en 1986, la réutilisation des eaux traitées sur l'île de Porquerolles était une mesure pour éviter la pollution des rejets sur la côte et préserver les activités touristiques. Il s'agissait aussi de maintenir l'équilibre entre les prélèvements et le risque d'entrée du biseau salé. En 1996, à Clermont-Ferrand, réutiliser les eaux de l'industrie sucrière était justifié par le besoin d'améliorer leur traitement et la qualité des cours d'eau récepteurs, et d'alléger la pression sur ces cours d'eau exercée par les irrigants de proximité (Brissaud, 1997). À Mesnil en Vallée (1995), la création d'une zone environnementale sensible (ZNIEFF) à quelques kilomètres en aval du point de rejet et la densification démographique ont rendu impossible le rejet classique des effluents (Faby et Brissaud, 1997). À Noirmoutier (1981), l'objectif de Zéro Rejet dans les eaux littorales imposé par l'Agence Régionale de Santé de l'époque pour préserver les activités conchylicoles était à l'origine du projet (Lazarova *et al.*, 2000). Cette même norme a été appliquée aux rejets de la commune de Saint Mathieu de Tréviers (1989) pour protéger une aire d'alimentation de captage en eau potable, ce qui a justifié leur réutilisation.

- Le troisième axe porte sur **l'étude des effets des changements réglementaires sur les pratiques agricoles**. Il s'agit d'étudier en pratique comment et en quoi modifier la qualité des eaux traitées a des effets concrets sur les pratiques culturales : adoption de la pratique de fertirrigation (et valorisation des nutriments), interprétation des risques, singularités organisationnelles autour des EUT comparées à celles autour d'une eau d'irrigation classique. Ces résultats d'enquêtes menés auprès des agriculteurs sont comparés aux analyses sur la qualité des eaux usées traitées et le rejet dans le milieu.

1.3 Organisation du rapport

Le rapport est organisé autour de ces trois grands axes.

La première partie reprend les résultats du travail conduit sur l'analyse de l'écriture réglementaire. Il résulte d'un travail conduit par Margaux Kurek, Ingénieur de recherche, et Anne-Laure Collard. Cette partie est organisée comme suit : présentation de la question de recherche et du cadre théorique, présentation de la méthodologie, puis présentation des résultats. Ce travail a donné lieu à la rédaction d'un chapitre d'ouvrage et un article (voir partie valorisation). Ce travail a fait l'objet d'un article en cours de révision dans la Revue d'Anthropologie des connaissances, en collaboration avec Rémi Barbier, professeur en sociologie à l'ENGEES de Strasbourg. Cet article s'intitule « *Cohabiter avec une matérialité équivoque : le cas des eaux usées traitées* ». Dans cet article, nous considérons l'eau fournie par la REUT comme une « eau équivoque », de par son ambivalence, son indétermination et sa vitalité. En prenant au sérieux cette caractéristique, l'article vise à répondre à la question suivante : comment organiser la coexistence avec une telle matière équivoque ?

La seconde partie présente les cas d'étude empiriques à partir desquels les effets de l'évolution réglementaire sur la conduite des projets et les pratiques agricoles ont été étudiés. Tout d'abord, le travail de stage de Morgane Brite, élève ingénieur en agronomie, encadré par Patrice Garin et Nassim Ait Mouheb sera présenté : il s'agit d'une étude du site de Roquefort-des-Corbières.

Puis, le travail de stage de Clara Ribo, étudiante en anthropologie, encadré par Anne-Laure Collard, sera présenté. Il s'agit de l'étude de la vie sociale du démonstrateur Irrialt'eau situé à Gruissan. Enfin, la démarche méthodologique du travail d'enquête réalisé par Patrice Garin et Nassim Ait Mouheb sur des sites de REUT situés en-dehors du périmètre du bassin RMC sera présentée. Les deux premiers travaux répondaient à l'ambition de questionner les effets de la réglementation sur des sites anciens situés au sein du périmètre RMC. Le dernier répondait à une volonté de mettre en miroir les enseignements tirés depuis ces deux sites avec d'autres sites de REUT plus anciens (comme celui de Noirmoutier par exemple).

La troisième partie expose les résultats des effets de la réglementation sur la conduite des projets. La quatrième partie expose les résultats des effets de la réglementation sur les pratiques agricoles.

2 Etude de l'écriture réglementaire encadrant la pratique de réutilisation des eaux usées traitées

2.1 Comment les eaux usées traitées sont-elles gouvernées ?

2.1.1 Etat de l'art en sciences humaines et sociales sur la gestion des risques

Pour comprendre le processus de normalisation de l'eau usée traitée, nous mobilisons des autrices spécialisées en histoire environnementale et en sociologie des sciences et des techniques. Boudia et Jas (2019) s'intéressent à la contamination du monde par diverses substances toxiques d'origine chimique (produits chimiques, éléments-traces métalliques, nanoparticules, perturbateurs endocriniens), sur ses conséquences, et sur les modes de gouvernement qui l'ont rendue possible. Les autrices montrent que le gouvernement des problèmes sanitaires et environnementaux posés par les substances chimiques est un gouvernement de l'économie, accompagné par un ensemble de dispositifs politiques, scientifiques et sociaux : des « ensembles assez cohérents de discours, de pratiques, d'instruments, d'outils, d'institutions et d'acteurs » (*ibid.*). Ces configurations historiques permettent d'identifier plusieurs modes de gouvernement des substances toxiques. Boudia et Jas en distinguent trois : le gouvernement par la maîtrise, le gouvernement par le risque, et enfin, le gouvernement par l'adaptation. Avec une perspective socio-historique, ces modalités de gouvernement permettent de comprendre comment les contaminations sont rendues à la fois possibles et acceptables.

Le gouvernement par la maîtrise caractérise la période d'après-guerre, époque revendiquant la possibilité d'un essor de l'économie avec un contrôle de ses effets délétères. En effet, à partir de 1945, la production de substances chimiques potentiellement nocives s'accélère : additifs dans les aliments, pesticides comme le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) pour l'agriculture, nouveaux médicaments... Des outils de régulation se créent alors, comme les classifications par type de toxicité et type d'usage, ou la valeur limite, construite autour du dogme selon lequel « la dose fait le poison », c'est-à-dire qu'il existerait une dose en-dessous de laquelle il n'y aurait aucun effet toxique. Ces outils permettent aux acteurs institutionnels de construire des seuils maximaux de toxicité, et de les inscrire dans des documents normatifs, comme des lois ou des réglementations (par exemple, la « dose journalière admissible » qui permet d'homologuer les pesticides), avec une forte implication des acteurs agricoles et industriels. Les seuils, en particulier, sont négociés entre les organismes gouvernementaux, qui cherchent à limiter les effets des substances toxiques, et les représentants d'industries chimiques, qui veulent éviter l'interdiction de ces substances pour ne pas limiter leur production. Ces arbitrages participent ainsi d'une « logique d'accommodement » (Boudia et Jas, 2019), qui aboutit à l'acceptation d'un certain niveau de toxicité.

Cependant, la « crise de la toxicité » Vogel (2012) qui désigne les contestations des années 60 et 70 aux Etats-Unis portées par les mouvements de consommateurs, les mobilisations environnementalistes et la production scientifique, montre un échec du contrôle étatique des

pollutions chimiques sur les humains et l'environnement. Les savoirs scientifiques et militants disqualifient les pratiques des organisations gouvernementales, comme la manipulation de données opérée par la *Food and Drug Administration* sur les substances cancérigènes présents dans les tissus des animaux (Vogel, 2012). A partir des années 70, l'existence ou non d'un effet de seuil pour de nombreux polluants est un large objet de controverse scientifique (Boudia et Jas, 2019). De fait, affirmer la maîtrise et du contrôle des pollutions n'est plus possible ; avec l'environnementalisme émerge un nouveau mode de gouvernement, fondé sur la notion de risque associé aux pollutions chimiques (*ibid.*). En effet, le développement des activités économiques est jugé inexorable par les dirigeants politiques et scientifiques : il doit se poursuivre au détriment des coûts environnementaux et sanitaires qu'il engendre. Ainsi, on ne cherche plus à prétendre que les pollutions peuvent être contenues : un contrat social reposant sur la reconnaissance des risques est proposé, avec de nouvelles procédures d'évaluation, de gestion et de réparations des conséquences néfastes compensables. Dans les années 70, l'analyse coût-bénéfice émerge comme outil de gestion des risques. Elle permet d'instaurer une démarche générique d'évaluation des risques, fondée sur la quantification probabiliste des pollutions et de leurs dégâts. Ce changement de paradigme permet de promouvoir un niveau de risque socialement acceptable, défini collectivement sur la base d'informations de nature variée : connaissances scientifiques, mais également enjeux économiques, sociaux et politiques associés aux substances dangereuses.

Enfin, Boudia et Jas (2019) identifient un troisième mode de gouvernement, « par l'adaptation », qui émerge suite à la survenue d'accidents majeurs, comme la catastrophe nucléaire de Tchernobyl en 1986. Dans ce mode de gouvernement contemporain, l'action des gouvernants se limite à la mise à disposition d'informations sur les niveaux de pollution et les risques associés aux populations concernées. Sous couvert d'une logique de responsabilisation des individus, ce paradigme promeut un « vivre-avec » qui repose sur l'adaptation des individus à la contamination durable et continue des territoires sur lesquels ils vivent, ainsi qu'à la possibilité des accidents graves. Boudia et Jas (2019) mettent en évidence un nouveau glissement du degré d'accommodement des effets sanitaires et environnementaux, qui naturalise à la fois les catastrophes comme les pollutions quotidiennes moins perceptibles de manière immédiate.

2.1.2 Questions de recherche et hypothèses

Si on se réfère à Boudia et Jas (2019), la normalisation de l'eau usée traitée peut se comprendre par le niveau de toxicité autorisé par le dispositif réglementaire et surtout, par le jeu des mécanismes politiques et scientifiques qui le rendent acceptable dans un mode de gouvernement par le risque. En effet, la réglementation de la REUT encadre les usages de réutilisation de l'eau usée traitée au travers de quatre niveaux de qualité A, B, C et D, dans lesquels sont répartis les différents usages autorisés. Délimités par des indicateurs de contamination, des unités de mesure et des seuils à respecter, ces classes d'exigences minimales peuvent se lire comme des niveaux de toxicité résiduelle acceptables pour les humains et l'environnement. Or, c'est précisément le choix de ces différents paramètres qui fait l'objet de discussions au sein de la communauté des scientifiques, des industriels ou des professionnels

de la filière. Boudia et Jas (2019) le soulignent, la production normative s'accompagne de « logiques d'accommodements », en particulier pour décider des seuils maximaux de toxicité. **Quelles logiques d'accommodement concourent aux classes de qualité de la REUT ? Sur quels savoirs ces arbitrages réglementaires reposent-ils, et par quels acteurs sont-ils menés ?**

Fressoz (2012) apporte un éclairage analogue aux réflexions de Boudia et Jas (2019) sur la légitimation des innovations technologiques, comme l'inoculation et la vaccination antivariolique, les technologies de la vapeur ou l'industrie chimique. Selon l'historien, les sociétés ont recours aux processus de désinhibition depuis aussi longtemps qu'elles cherchent à imposer des innovations technologiques. Le travail de désactivation du danger permet la neutralisation des réticences à l'encontre des menaces posées par les innovations. Ici, Fressoz dévoile un paradoxe : si les régulations du risque telles que les expertises scientifiques, les normes de sécurité ou les seuils, ont pour vocation première de renseigner et de contenir le danger, elles ont aussi pour effet de légitimer le fait technologique. L'auteur parle ainsi de « désinhibition » des risques, un processus en deux étapes : un temps de prise en compte du danger (temps de « réflexivité »), et un temps de normalisation du danger (temps du « passer-outre »). **Quels sont les dangers pris en compte par la réglementation de la REUT, et comment sont-ils régulés ?**

Jasanoff (1990) envisage l'expertise scientifique comme une technologie de pouvoir, et la conçoit au travers de la construction de sa crédibilité. A ce titre, elle montre que depuis les années 70 aux Etats-Unis, et la fin des années 90 en Europe, les procédures qui encadrent et codifient l'expertise scientifique (standards, protocoles, modèles) se renforcent. Elles sont notamment formalisées au sein de textes réglementaires, de lignes directrices ou de conventions professionnelles. Une véritable « science réglementaire » se développe, que Jasanoff définit comme l'ensemble des activités scientifiques vouées à produire les connaissances nécessaires à la réglementation des nouveaux produits industriels, qui peuvent cumuler un certain nombre d'incertitudes quant à leurs effets sur les humains et l'environnement. C'est notamment la mission des agences sanitaires et environnementales, comme l'*Environmental Protection Agency* (EPA) aux Etats-Unis, et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) en France. Par conséquent, la production de données scientifiques est régie par un ensemble de postulats et de modes de raisonnement, lesquels fonctionnent comme autant de « dispositifs naturalisés », ou de « boîtes noires » (Henry *et al.*, 2015). Analyser l'expertise scientifique en pratique permettrait alors de saisir le jeu des acteurs autour des règles de procédure, et de rendre visible les différents « effets de cadrage » (Goffman, 1974), c'est-à-dire les choix, pas toujours explicités, de ce qui est pris en considération et de qui reste en dehors du champ de l'expertise. **Quelle « science réglementaire » (Jasanoff, 1990) œuvre à la fabrique de la réglementation de l'eau usée traitée ?**

Cette question interroge le travail d'écriture par les Ministères compétents sur le sujet de l'eau usée traitée, ce que Martinais (2010) nomme « mise en règlement » dans son récit de la fabrique administrative du Plan de prévention des risques technologiques. En effet, ce sont les

fonctionnaires des Ministères qui, concrètement, réalisent les derniers arbitrages et les inscrivent dans les textes qu'ils élaborent. Martinais montre l'importance des répertoires administratifs au sein des Ministères, c'est-à-dire des écrits réglementaires déjà à disposition des rédacteurs : les textes sont élaborés dans le cadre des principes institués, et les rédacteurs ont ainsi souvent recours au recyclage et à l'adaptation de ce « déjà là » (Lascoumes, 1996 cité dans *ibid.*) – en particulier dans des situations de rédaction d'urgence. Martinais met en avant le caractère imprévisible et non planifié de la production du droit, faite de nombreuses stabilisations provisoires, c'est-à-dire de nombreuses versions des textes, qui permettent de tester la résistance de ceux-ci aux situations du réel. Ces expérimentations sont aussi un moyen de minimiser les réactions d'opposition et les résistances des acteurs aux nouvelles mesures réglementaires : elles constituent à la fois un « apprentissage au changement » (*ibid.*), et un « réservoir à solutions » (*ibid.*). **Comment la mise en règlement de l'eau usée traitée s'organise-t-elle en pratique ?**

Finalement, toutes ces considérations nous amènent à poser la problématique suivante : **que signifie réglementer l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation ?**

2.1.3 Méthodologie de travail

La démarche qui guide notre étude est inductive ; le point de départ de cette étude se fonde sur les débats existants autour de la réglementation de l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation. Ces avis, émis par divers acteurs académiques et professionnels du « monde de la REUT », attestent que la catégorisation de l'eau usée en classes d'eau, le choix des indicateurs, des valeurs seuils et des unités de mesure ne font pas consensus.

D'abord, nous avons cherché à identifier l'origine et le fondement de la catégorisation de l'eau usée traitée en niveaux de qualité, ainsi que les dangers considérés.

Pour interroger la fabrique réglementaire de la REUT, réputée pour son caractère « instable » (rapport de la mission flash conjointe CGAAER-IGAS-IGEDD, 2023), un corpus de données a été constitué à partir des : actes réglementaires français et européens, rapports et avis des instances expertes françaises et européennes, recommandations internationales et pour finir, des synthèses rédigées par des organismes techniques français de l'eau et par des institutions financières (Voir en annexe, Annexe tableau 1).

D'abord, nous examinons les actes réglementaires qui encadrent la REUT depuis 1991, tels que les décrets et les arrêtés, mais aussi les circulaires réglementaires et les instructions ministérielles. Les décrets et arrêtés sont des textes juridiques publiés par le pouvoir exécutif français : les décrets en Conseil d'Etat sont signés par le Premier Ministre, et les arrêtés émanent d'un ou plusieurs ministères (Ministère en charge de l'environnement, Ministère en charge de la santé, Ministère en charge de l'agriculture). Ces actes sont rédigés sous une forme juridique canonique qui, avant de détailler le dispositif réglementaire, précisent les visas. Le dispositif, détaillé en plusieurs articles, correspond au contenu de l'acte et à ses effets juridiques. Dans le cadre de la REUT, il permet de connaître le champ d'application, les prescriptions techniques avec les différentes exigences de qualité de l'eau, les interdictions d'usage, le programme de surveillance des eaux usées traitées ou encore les modalités de demande d'autorisation. Les visas, eux, rappellent les textes qui fondent le décret ou l'arrêté, tels que ceux inscrits dans le code de la santé publique ou le code de l'environnement, ou les textes issus d'une norme

juridique supérieure – la réglementation européenne, généralement. Les visas informent également le destinataire de l’acte des divers avis et des consultations examinées pour élaborer le décret ou l’arrêté. La lecture des visas est précieuse pour tracer la trajectoire réglementaire de la REUT, puisqu’elle permet de collecter les textes et références juridiques sur lesquels l’acte se fonde, et de comparer les différences d’exigences, par exemple. Surtout, cette lecture permet d’identifier les acteurs mobilisés pour élaborer l’acte réglementaire.

En l’occurrence, la lecture des visas permet de constater que l’expertise des instances sanitaires d’aide à la décision est recueillie tout au long de la production réglementaire. Déclenchés par le mécanisme de la saisine, par une ou plusieurs directions des ministères, les avis de l’Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail (Anses) et du Haut conseil de santé publique (HCSP) éclairent quasi-systématiquement les décisions juridiques finales. Ils peuvent être rendus suite à la rédaction d’un projet de texte (par exemple, l’avis de l’Afssa en 2008 est demandé sur le projet d’arrêté de 2001), ou en amont du premier jet d’écriture (par exemple, l’avis de l’Anses en 2012 est demandé sur la question de l’aspersion). Ces avis permettent de comprendre, dans une certaine mesure, les choix des actes réglementaires tels qu’ils apparaissent dans leur version publiée. La pertinence des paramètres de qualité d’eau usée traitée ou des précautions d’usage est discutée par des commissions et comités d’experts, composés de professionnels spécialistes d’une thématique en lien avec la REUT (microbiologie, écotoxicologie, génie des procédés, hydrogéologie...) – généralement, ces professionnels sont des chercheur(e)s. C’est la trace écrite de cet argumentaire scientifique et technique qui nous intéresse. Ce, sans oublier que d’autres canaux d’information peuvent nourrir l’écriture réglementaire, comme les consultations publiques, mais aussi de nombreux autres canaux d’échanges informels, implicites, oraux et privés.

De plus, les avis des agences sanitaires françaises rendent visibles les recommandations formulées à l’internationale. En effet, les agences intègrent ces dernières à leur argumentaire : en particulier, les lignes directrices sur l’irrigation agricole de l’Organisation mondiale de la santé (OMS), agence spécialisée de l’Organisation des Nations unies pour la santé publique, publiées en 1989 puis révisées en 2006. Les recommandations de l’OMS de 1989 sont directement reprises par le Conseil supérieur d’hygiène publique de France (CSHPF), ancêtre du HCSP, pour élaborer ses propres recommandations. Elles sont publiées dans une circulaire de 1991 [voir Figure ci-dessous]. En l’absence de législation dédiée, les recommandations de l’OMS, qui agrègent l’expérience de réglementations existantes, font généralement office de cadre de référence. Les documents de l’OMS rendent également visibles les discussions autour des questions de métrologie.

La législation européenne, de par la hiérarchie des normes juridiques, contribue de manière importante à l’actualisation de la réglementation française. Le règlement européen de 2020, s’il s’applique sans transposition dans les Etats membres, nécessite malgré tout une adaptation des textes français et la publication de nouveaux arrêtés pour acter l’entrée en vigueur du règlement. Nous intégrons aussi dans notre corpus le rapport du laboratoire de recherche scientifique et technique de l’Union européenne (*Joint research center*, JRC) (*dans une moindre mesure par contre), puisque de la même manière que l’Anses ou le HCSP pour la législation française, le JRC produit une expertise scientifique et technique pour l’élaboration du règlement, fortement inspiré du cadre conceptuel de l’OMS.

Enfin, nous choisissons d'intégrer au corpus des panoramas rétrospectifs sur la réglementation, réalisés par des organismes techniques : le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema). Ces travaux (rapport Onema, Boutin *et al.*, 2009 ; rapport Cerema, 2020), qui discutent des bénéfices et inconvénients de la REUT en termes d'impacts sur les milieux et d'opérationnalité, par exemple au sujet des procédés de traitement de l'eau, donnent des indications sur les potentialités d'évolution de la réglementation. Pour finir, nous intégrons aussi des panoramas réalisés par des institutions financières comme l'Agence française de développement (AFD) et l'Institut de l'économie circulaire (INEC), qui proposent aussi un regard sur les effets de la réglementation et des perspectives opérationnelles pour l'action publique (AFD, 2011 ; INEC, 2018).

Ces documents émettent des avis ou des recommandations sur des points scientifiques et techniques de la réglementation : ils sont appropriés pour une première interprétation des choix de la réglementation et de ses changements. Ils permettent de retracer certaines modifications dans la réglementation de la REUT, comme l'apparition des catégories A, B, C et D, l'introduction de nouveaux indicateurs, le changement des valeurs seuils, des méthodes de mesure ou des précautions d'usage obligatoires. En s'inscrivant dans une actualité politique et scientifique particulière, cette littérature grise permet de comprendre, dans une certaine mesure, le choix des indicateurs, des valeurs seuils et des techniques de mesure au regard des méthodes d'évaluation du risque, de l'état des connaissances scientifiques, de l'amélioration des techniques ou des problématiques sanitaires et environnementales émergentes. La fabrique des catégories A/B/C/D n'est en effet pas explicitée dans le corps des textes réglementaires.

Pour compléter cette approche, des entretiens ont été menés avec des chercheurs et chercheuses de différentes disciplines (microbiologie, génie des procédés, hydrogéologie, agronomie), dont les thématiques de recherche sont liées à la REUT (E1 à E11 dans le tableau récapitulatif ci-dessous). L'objectif est de pouvoir interpréter finement les arbitrages réglementaires en fonction des disciplines des enquêt(e)s. Les entretiens apportent un éclairage sur la pertinence des catégories et de leurs paramètres, et permettent de comprendre les points de débat de la réglementation.

Une deuxième campagne d'entretiens cible les acteurs impliqués dans l'écriture réglementaire, au niveau des directions des Ministères en charge de la santé et en charge de l'environnement (E12 et E13 dans le tableau récapitulatif ci-dessous). Les savoirs relatifs à la REUT ne faisant pas nécessairement consensus dans la communauté scientifique, l'objectif est de comprendre la structuration, la circulation et la fixation des savoirs scientifiques dans la législation. 13 entretiens compréhensifs ont été réalisés. Les entretiens E1 à E4 ont été menés en 2022 par Anne-Laure Collard. Les entretiens E5 à E13 ont été menés en 2023 par Margaux Kurek et Anne-Laure Collard (voir Annexe tableau 2). Par souci d'anonymisation, nous n'avons pas fait correspondre les sujets de recherche de spécialisation des personnes enquêtées. Cependant, pour illustrer leur variété, nous les précisons dans le tableau 1 ci-dessous :

<i>Génie des procédés</i>	<i>Microbiologie</i>	<i>Chimie organique</i>	<i>Hydrogéologie</i>
Traitement de l'eau usée – filtration végétalisée	Devenir des bactéries pathogènes de l'eau usée, antibiorésistance	Micropolluants de l'eau usée	Traceurs environnementaux des eaux de surface et souterraines
Traitement de l'eau usée – filtration membranaire	Dispersion des bioaérosols de l'eau usée, estimation des risques		
Traitement de l'eau usée – techniques extensives			
Adduction de l'eau usée – mécanique des fluides, biofilm			
Irrigation – goutte-à-goutte			

Tableau 1 : profil professionnel des personnes enquêtées

Les grilles d'entretien utilisées étaient organisées autour des thèmes principaux suivants : présentation biographique, activités de recherche en lien avec les EUT, avis sur la réglementation, connaissance de la fabrique réglementaire. Ces grilles ont été adaptées selon la personne interviewée (Annexe tableau 3 et Annexe tableau 4).

La première partie explicite la logique qui sous-tend la catégorisation de l'eau usée traitée en qualités A, B, C et D. Dans un premier temps, on montre la manière dont sont construits les niveaux de qualité, au travers des dangers considérés et de leur exposition induite par les usages de réutilisation. Dans un second temps, on revient sur les évolutions réglementaires de l'eau usée traitée, afin de retracer la fabrique de la catégorisation et les moteurs de sa régulation. Enfin un résumé de cette trajectoire historique est proposé.

La seconde partie montre les héritages réglementaires de l'eau usée traitée, c'est-à-dire de la manière dont elle s'appuie sur les autres types d'eau existants (eau potable, eau de baignade, eau d'irrigation...) et bouscule le paysage réglementaire existant. Puis, nous détaillons les attentes qui gravitent autour de l'eau usée traitée, en recensant les débats provoqués par le processus de normalisation de l'eau usée traitée.

La dernière partie traite des révisions réglementaires en cours au moment de l'écriture de ce rapport (juin 2024) pour montrer comment la temporalité de l'action publique forge la mise en règlement de l'eau usée traitée et contraint ou facilite les arbitrages réalisés.

2.2 Trajectoire réglementaire de la catégorisation de l'eau usée traitée

2.2.1 Principes généraux du système classificatoire

Les contaminants microbiologiques se déclinent en trois grandes familles de micro-organismes : bactéries, virus et parasites. Le potentiel pathogène de ces micro-organismes dépend de leur physiologie ainsi que de celle de l'hôte ou du milieu qu'il pénètre (Onema,

Boutin *et al.*, 2009). Les contaminants chimiques peuvent être des éléments-traces métalliques ou métaux lourds (bore, chrome, cuivre, mercure...) ou des composés-traces organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP, polychlorobiphényles ou PCB) qui appartiennent à la famille des polluants émergents regroupant les perturbateurs endocriniens, les résidus médicamenteux, les micro-plastiques, les pesticides ou encore les sous-produits de désinfection issus du traitement de l'eau usée. Ici encore, les effets toxiques dépendent de la structure des molécules, leur concentration, leur aptitude à être absorbés par les humains et les milieux et des interactions qui en découlent (Onema, Boutin *et al.*, 2009).

Chaque réglementation en vigueur définit les usages autorisés en les répartissant dans quatre niveaux de qualités A, B, C ou D. Dans cette partie, nous montrons l'intérêt de la catégorisation de l'eau usée traitée en niveaux de qualités : prendre en compte le risque associé aux contaminations de l'eau usée traitée. L'usage de l'eau usée traitée est conditionné par l'atteinte de la qualité A, B, C ou D – A étant la plus élevée, et D la plus basse. Le niveau de qualité sanitaire de l'eau usée traitée conditionne l'étendue des usages possibles, puisque meilleure est la qualité des effluents, plus le nombre d'usages possibles est important.

Pour comprendre ce système de répartition de ces usages, il faut d'abord préciser les types d'usages autorisés. Nous les présentons à travers l'étude de trois textes : le projet d'arrêté français de 2001, l'arrêté français de 2010, et enfin, le règlement européen de 2020. Les tableaux 2, 3 et 4 synthétisent l'évolution du dispositif classificatoire au fil de ces textes.

<i>Niveau de qualité de l'eau usée traitée</i>	<i>Usages autorisés en 2001</i>
A	Cultures maraîchères consommées crues / arbres fruitiers et pâturages / espaces verts ouverts au public
B	Cultures maraîchères consommées après cuisson / céréales et fourrages / cultures florales, arbustes et pépinière
C	Cultures céréalières et fourragères / cultures florales, pépinières et arboriculture fruitière
D	Forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public

Tableau 2 : usages autorisés en 2001 en fonction de la qualité d'eau usée traitée (projet d'arrêté français)

Niveau de qualité de l'eau usée traitée	Usages autorisés en 2010
A	Cultures maraîchères, fruitières et légumières transformées ou non par un traitement thermique industriel adapté / pâturage / espaces verts ouverts au public / fleurs vendues coupées / pépinières et arbustes et autres cultures florales / fourrage frais / autres cultures céréalières et fourragères / arboriculture fruitière / taillis à courte ou très courte rotation, avec accès contrôlé du public
B	Cultures maraîchères, fruitières et légumières transformées par un traitement thermique industriel adapté / pâturage / fleurs vendues coupées / pépinières et arbustes et autres cultures florales / fourrage frais / autres cultures céréalières et fourragères / arboriculture fruitière / taillis à courte rotation ou à très courte rotation, avec accès contrôlé du public
C	Pépinières, arbustes et autres cultures florales / autres cultures céréalières et fourragères / arboriculture fruitière / taillis à courte rotation ou à très courte rotation, avec accès contrôlé du public
D	Taillis à courte ou très courte rotation, avec accès contrôlé du public

Tableau 3 : usages autorisés en 2010 en fonction de la qualité d'eau usée traitée (arrêté français)

Niveau de qualité de l'eau usée traitée	Usages agricoles autorisés en 2020
A	Toutes les cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec l'eau de récupération / plantes sarclées consommées crues
B	Cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération / cultures vivrières transformées / cultures non vivrières (dont celles qui servent à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande)
C	Cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération / cultures vivrières transformées / cultures non vivrières (dont celles qui servent à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande) – seulement en irrigation par goutte-à-goutte
D	Cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières

Tableau 4 : usages agricoles autorisés en 2020 en fonction de la qualité d'eau usée traitée (règlement européen)

En examinant les usages autorisés des trois cas réglementaires ci-dessus, on peut constater que les possibilités de réutilisation avec la qualité D sont très limitées par rapport aux qualités A, B, et C. La catégorie A du règlement de 2020 autorise « toutes les cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec l'eau de récupération ». L'irrigation de cultures maraîchères implique de verser de l'eau usée traitée au contact direct de légumes feuilles, comme la salade, qui sont consommés crus. Cet usage expose le maraîcher à toucher ou à inhaler l'eau usée traitée présente sur les feuilles de salade, mais également le

consommateur, en particulier s'il s'agit d'une vente directe. Pour ces raisons, cet usage de l'eau usée traitée est considéré comme hautement risqué, et justifie, dans la réglementation, la mobilisation d'une eau usée traitée de la meilleure qualité possible, c'est-à-dire la qualité A, ou d'un système d'irrigation qui limite la dispersion de l'eau, comme le goutte-à-goutte. Un légume racine consommé cuit, comme le navet, sera mis en contact de manière plus éloignée avec l'eau usée traitée ; cette exposition amoindrie justifie, dans la réglementation, la mobilisation d'une eau usée traitée de qualité B. Toujours dans le règlement de 2020, la qualité B autorise effectivement les « cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération ».

La réglementation de la REUT s'applique à partir du moment où l'eau usée traitée parvient à la station d'épuration. La principale difficulté est de parvenir à qualifier le risque sanitaire effectif des contaminations présentes dans l'eau usée (Institut de l'économie circulaire, 2018). La notion de risque repose sur les notions de danger et d'exposition. Le risque définit la possibilité d'un danger ; de manière schématique, ce dernier a plus de probabilité d'être réalisé si les situations d'exposition à ce danger sont élevées. Une substance dangereuse est considérée « risquée » lorsqu'elle est susceptible de porter atteinte à des enjeux préalablement identifiés ; par exemple des enjeux de santé humaine (maladies, épidémies) ou environnementaux (dégradation des écosystèmes).

Par exemple, le risque sanitaire associé aux contaminations microbiologiques (micro-organismes de type bactéries, virus et parasites) dépend d'une part, de la sensibilité des populations exposées à l'eau usée traitée, de la dose infectante et de la voie d'exposition, et d'autre part, de la concentration des micro-organismes pathogènes, de leur dispersion dans l'eau, de leur résistance aux traitements d'épuration et dans l'environnement et de leur capacité infectieuse (Afssa, 2008). Parmi les agents pathogènes présents dans l'eau usée, il faut ensuite pouvoir les identifier, et mettre en place un traitement qui les maintienne en-dessous d'une certaine taille de population.

Le Tableau 5 illustre les deux types de contaminations retrouvées dans l'eau usée, en nous appuyant sur plusieurs rapports scientifiques et techniques (Afssa, 2008 ; Onema, Boutin *et al.*, 2009 ; Anses, 2018). Ce tableau n'a pas pour objectif d'être exhaustif. Par exemple, pour la contamination chimique, nous avons fait figurer seulement deux grandes familles de micropolluants, en choisissant de les différencier en fonction de leurs propriétés physico-chimiques (métallique, organique), puis en fonction de leur structure chimique (hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles). Or, les micropolluants désignent un large ensemble de substances détectables à faible concentration, provenant au moins en partie des activités humaines, et qui présentent des effets nocifs avérés ou suspectés pour les organismes vivants (définition adaptée du Ministère en charge de l'environnement)³. On aurait ainsi pu

³ « Substance indésirable détectable dans l'environnement à très faible concentration ($\mu\text{g/L}$ voire ng/L). Sa présence est, au moins en partie, due à l'activité humaine (procédés industriels, pratiques agricoles ou activités quotidiennes) et peut à ces très faibles concentrations engendrer des effets négatifs sur les organismes vivants en raison de sa toxicité, de sa persistance et/ou de sa bioaccumulation » (Briand *et al.*, 2018)

inclure les résidus médicamenteux, les pesticides, les cosmétiques, les solvants... et les classer en fonction de leur type d'usages, de leurs effets, ou de leur statut réglementaire. Enfin, nous précisons que les éléments traces métalliques (ou métaux lourds) ne sont pas nécessairement nocifs et peuvent être utiles comme oligo-éléments aux organismes végétaux (fer, chrome...).

	Contamination microbiologique			Contamination chimique	
Famille	Bactéries pathogènes	Virus pathogènes	Parasites pathogènes	Eléments-traces métalliques	Composés-traces organiques
Exemples	<i>Escherichia coli</i> (certaines souches entéropathogènes), campylobactéries, salmonelles, légionnelles, shigelles	Hépatite A, rotavirus, norovirus, adénovirus entériques	Kystes de protozoaires, <i>Giardia intestinalis</i> , <i>Cryptosporidium sp</i>	Bore, cadmium, chrome, cuivre, fer, mercure, nickel, plomb, sélénium...	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB)

Tableau 5 : principales contaminations susceptibles d'être transmises par l'eau usée traitée

Ce tableau illustre la diversité des substances pathogènes ou toxiques contenues par l'eau usée. Il est difficile, voire impossible, de couvrir toute la gamme de micro-organismes pathogènes et de molécules nocives. En effet, il serait coûteux de chercher à analyser tous les pathogènes contenus dans l'eau usée : « Analyser des listes à la Prévert, financièrement, ce n'est pas possible. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique), à la fois parce qu'ils sont nombreux, mais aussi parce ces éléments ont tous des natures, des tailles et des comportements très variables, ce qui complique les techniques de détection et de quantification. Par exemple, hors épidémie, les virus pathogènes sont présents en concentration insuffisante et variable dans l'eau usée (Onema, Boutin *et al.*, 2009). De plus, ils sont de très petite taille et ne sont généralement pas cultivables : les virus ne sont pas visibles au microscope optique et ne peuvent pas être cultivés sur un milieu gélosé comme les bactéries. Pourtant, plusieurs caractéristiques les rendent dangereux : ils sont plus résistants que les bactéries dans l'environnement, et leur faible dimension est à l'origine de nombreuses possibilités de dissémination.

Or, depuis la sortie de l'eau usée traitée de la STEP jusqu'à son usage, la REUT se déploie sur une longue chaîne de circulation de la ressource en eau, qui accroît les possibilités de transmission des éléments « indésirables ».

Pour schématiser, la filière de la REUT s'organise autour de quatre étapes principales : une étape de traitement, une étape de stockage, une étape de transport ou de distribution, et une étape de réutilisation (irrigation, arrosage, lavage...). Chaque étape comprend un système technique avec des procédés spécifiques mis en œuvre. L'étape de traitement mobilise une décantation (traitement primaire) et un traitement biologique (traitement secondaire), complétée par un traitement tertiaire (rétention réalisée à l'aide d'une filtration sur sable ou de membranes, désinfection chimique réalisée par chloration ou ozonation, désinfection photochimique réalisée par un traitement UV ou un lagunage...). La réutilisation de l'eau usée traitée peut mobiliser différents procédés d'irrigation, comme le goutte-à-goutte ou l'aspersion.

Ces deux systèmes ne transportent pas l'eau avec la même vitesse d'écoulement et ne la diffusent pas avec la même amplitude ou portée. Le système de goutte-à-goutte permet une irrigation localisée, au niveau des racines, alors que le système d'aspersion permet une irrigation étendue, sous forme d'une pluie artificielle qui se disperse sur un large périmètre dans l'atmosphère.

La Figure 1 schématise la dispersion des contaminations induite par la filière de réutilisation de l'eau usée traitée.

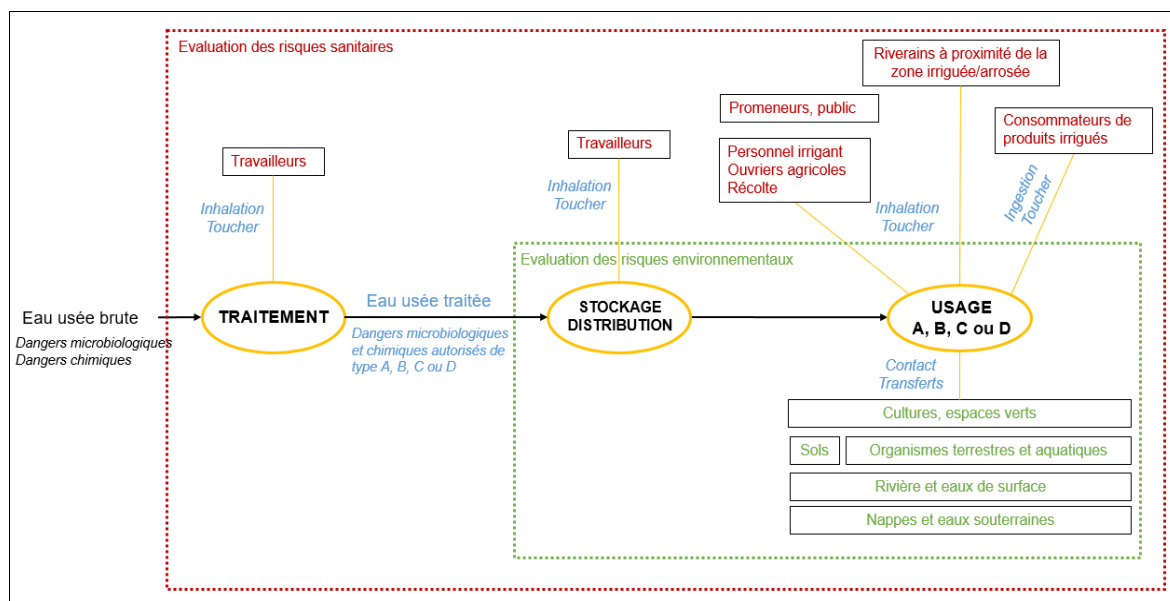


Figure 1. Schématisation d'une filière de traitement pour une pratique de REUT

Adaptation du Graphique 2 des lignes directrices de la Commission européenne de 2022 sur le règlement européen

De plus, chaque étape fait entrer des acteurs spécifiques dans la chaîne de circulation de l'eau usée. Par exemple, l'étape d'irrigation expose le personnel irrigant, les ouvriers agricoles qui récoltent les produits, ou encore les riverains à proximité des parcelles irriguées. Ces acteurs sont susceptibles d'entrer en contact avec l'eau usée traitée, par inhalation ou ingestion. Enfin, une fois acheminée vers l'usage envisagé, l'eau usée traitée peut entrer en contact direct avec un organisme récepteur (sol, plante, fleur, fruit, animal, individu...). Elle peut également atteindre un objet ou un produit qui sera touché ou consommé dans un second temps. De ce fait, parce qu'elle est source de nombreuses expositions, la REUT ouvre de nouvelles voies de contaminations, et les multiplie au contact des différentes catégories d'acteurs (voir schéma ci-dessous). Elle transforme donc les dangers potentiels en risques réels ou effectifs.

Donnons quelques exemples, issus du rapport de l'Onema de Boutin *et al.* (2009), des risques réels induits par une exposition aux contaminations microbiologiques et chimiques de l'eau usée traitée :

- Sur le plan sanitaire, les effets sur la santé peuvent être aigus, c'est-à-dire apparaître rapidement, à la suite d'une exposition de courte durée, ou chroniques, suite à une exposition de longue durée à une substance. Les maladies aiguës sont généralement

imputables aux micro-organismes, quand les contaminations chimiques provoquent des maladies chroniques, comme des cancers. Les micro-organismes peuvent être responsables de troubles ou infections variées : des gastro-entérites, des infections intestinales urinaires ou pulmonaires, la salmonellose, la légionellose, l'hépatite, etc.

- Sur le plan environnemental, l'azote et le phosphore en quantités trop élevées peuvent provoquer une eutrophisation des cours d'eau, qui engendre une prolifération des algues et appauvrit l'écosystème aquatique. L'excès de sel nuit aux sols, tout comme les ETM, qui peuvent porter atteinte à l'activité microbiologique du sol. Les ETM sont généralement toxiques pour les plantes et provoquent des malformations, de la chlorose ou un retard de croissance. Ils sont également toxiques pour les organismes animaux, par accumulation dans les tissus. Les CTO restent liés à la matière organique ou sont adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques-uns peuvent être entraînés en profondeur. Les résidus hormonaux et médicamenteux peuvent avoir des effets néfastes sur le milieu aquatique. En résumé, les micropolluants sont susceptibles d'entraîner des effets très divers sur la santé des êtres vivants et des écosystèmes : effets cancérogènes, mutagènes, neurotoxiques ou immunotoxiques, perturbation endocrinienne, antibiorésistance, etc.

Ainsi, la REUT amène à manipuler une eau générée par une activité humaine, potentiellement néfaste pour les humains et les milieux naturels et anthropisés. La REUT implique des systèmes techniques (stockage, transport, irrigation) et de nombreuses catégories d'acteurs (personnel irrigant, ouvriers agricoles, riverains, public, commerçants, consommateurs), susceptibles d'être exposés à une eau dont le statut reste ambigu, et les effets incertains. Il y a donc une nécessité, face aux possibilités d'exposition aux dangers de l'eau usée traitée, de choisir des indicateurs représentatifs de la diversité de substances microbiologiques et chimiques.

Plusieurs critères font d'un paramètre un « bon indicateur », d'après l'Afnor (2000). D'abord, sa représentativité : l'indicateur doit être exhaustif par rapport au besoin de connaissances sur le système étudié. Il doit représenter correctement la famille microbiologique (virus, parasites ou bactéries) ou la propriété physico-chimique (métallique, organique) ciblée. Aussi, il doit être transposable à d'autres systèmes pour comparaison. Ensuite, un « bon indicateur » est simple à analyser, c'est-à-dire qu'il doit être facile à estimer, et à un coût acceptable. Dans le cadre de l'eau usée traitée, il doit pouvoir être identifiable et cultivable simplement, rapidement et à moindre coût par rapport aux organismes cibles. Aussi, il ne doit pas présenter un risque pathogène trop important pour le personnel de laboratoire (Afssa, 2008). Enfin, le « bon indicateur » est opérationnel, c'est-à-dire qu'il doit donner une information suffisamment sensible et suffisamment rapide pour décrire la situation en train de se dérouler. Par exemple, un bon indicateur de pathogène d'origine hydrique doit être détectable immédiatement lors d'une contamination. Il doit être présent en quantité supérieure ou égale à celle des pathogènes dont il est le modèle, et sa résistance aux stress environnementaux et aux traitements doit être au moins équivalente à celle des organismes cibles. Quels sont les candidats retenus par la réglementation de l'eau usée traitée ?

Examiner les indicateurs sélectionnés par la réglementation permet de comprendre le type de risque encadré, c'est-à-dire la dangerosité que la réglementation priorise. D'abord, il convient de s'attarder sur ce que le terme « indicateur » désigne dans le cadre de la REUT. En effet, deux

types d'indicateurs sont mobilisés dans la réglementation, et renseignent ainsi deux types d'informations différentes.

Le premier type d'indicateur permet d'évaluer la qualité de l'eau, en renseignant sur la présence de contaminations microbiologiques et chimiques. Ils définissent les critères de qualité de l'eau usée traitée qu'il faudra respecter pour pouvoir la réutiliser. Ces critères permettent de tracer les contaminations microbiologiques et chimiques de l'eau usée de manière directe ou indirecte : un critère de qualité de l'eau peut être un pathogène (une espèce de bactérie nocive ciblée en particulier) ou un indicateur de pathogène (une espèce ou un genre de bactérie inoffensive qui permet de juger de la présence d'un ensemble de bactéries nocives). Dans ce rapport, on emploie le terme « indicateur » par abus de langage pour désigner les pathogènes et indicateurs de pathogènes qui définissent les qualités de l'eau usée traitée ; le terme « critère » ou « paramètre » de qualité serait plus exact.

Le deuxième type d'indicateur permet d'attester de l'efficacité du traitement de l'eau, ou autrement dit de valider les performances de traitement. Ces indicateurs doivent, idéalement, répondre aux caractéristiques suivantes : avoir la même résistance que les agents pathogènes dont ils sont les modèles, être présents dans les eaux usées en quantité suffisante pour pouvoir quantifier l'abattement obtenu, et être en concentration stable, sans variations importantes. Par exemple, pour les raisons citées plus haut, les virus sont de très mauvais candidats.

Le Tableau 6 synthétise les paramètres retenus comme indicateurs de présence d'une contamination microbiologique ou chimique par la réglementation française et européenne, et identifie leur statut, ainsi que le type de contamination qu'ils permettent de surveiller.

Paramètre retenu par les réglementations pour les qualités d'eau usée traitée	Nature du paramètre	Statut du paramètre	Type de contamination surveillé par le paramètre
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes thermorésistants/fécaux	Bactéries	Indicateur de pathogènes et indicateur de l'efficacité du traitement en routine	Bactéries
Entérocoques	Bactéries	Indicateur de pathogènes	Bactéries
Œufs d'helminthes	Parasites	Pathogène	Parasites
Salmonelles	Bactéries	Pathogène	Salmonellose
Légionnelles	Bactéries	Pathogène	Légionellose
Matières en suspension	Quantité de matières solides organiques et minérales	Indicateur de pathogènes et indicateur de l'efficacité du traitement en routine	Bactéries, virus et parasites
Demande chimique en oxygène (DCO) et demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5)	Quantité d'oxygène	Indicateur de pathogènes et indicateur de l'efficacité du traitement en routine	Bactéries
Phages ARN-F spécifiques	Virus bactériens	Indicateur de pathogènes	Virus
Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices comme <i>Clostridium perfringens</i>	Bactéries	Indicateur de pathogènes	Parasites

Turbidité	Propriété optique de l'eau	Indicateur de pathogènes	Bactéries , virus et parasites
-----------	----------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Tableau 6 : objectif indicateur des paramètres de qualité d'eau usée traitée

Les souches de *E. coli* et des entérocoques indicatrices ne sont pas pathogènes. Les phages sont des virus de bactéries, c'est-à-dire qu'ils n'infectent pas les cellules humaines : ils sont également inoffensifs.

Les indicateurs retenus par les différents textes réglementaires permettent uniquement de tracer les dangers microbiologiques ; aucun ne permet de surveiller les contaminations chimiques. Les catégories de l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation exclusivement définies en fonction de contaminations microbiologiques. Visuellement, on peut également relever la surreprésentation du risque microbiologique bactérien (texte en orange et en gras), par rapport au risque parasitaire et au risque viral.

La classification de l'eau usée traitée ne repose pas seulement sur des indicateurs de risque microbiologique. Par exemple, la catégorie B telle que définie par l'arrêté de 2010 impose des modalités supplémentaires :

- Des seuils spécifiques à respecter pour chacun des indicateurs microbiologiques avec des unités de mesure de seuils spécifiées, relatifs à la catégorie B : la concentration de *E. coli* doit être inférieure à 10 000 UFC (unités formant colonies) par 100 mL, et les entérocoques, les phages ARN-F spécifiques et les spores de bactéries ARS doivent être réduit de 3 abattements logarithmiques ;
- Des limites de distance à respecter pour l'usage de l'eau, propres à la catégorie B : l'irrigation n'est possible qu'à 50 mètres minimum d'un plan d'eau, à 100 mètres d'un lieu de baignade, à 200 mètres d'un lieu de conchyliculture ;
- Une surveillance de routine de l'eau usée traitée dont la fréquence est définie à 15 jours pour la catégorie B sur les MES, la DCO et *E. coli* avec une mesure d'*E. coli* au point d'usage ;
- Un mode d'irrigation limitant l'aspersion : par exemple, les fleurs vendues coupées doivent être arrosées avec un système d'irrigation localisé. Pour l'arboriculture fruitière, l'irrigation par aspersion est interdite pendant la période allant de la floraison à la cueillette pour les fruits non transformés, sauf en cas d'irrigation par goutte-à-goutte.

Les classes A, B, C et D ne déterminent donc pas seulement la qualité de l'eau usée traitée, mais les modalités d'utilisation de cette qualité. Les modalités d'utilisation sont variables : une eau de meilleure qualité permet par exemple d'abaisser les distances de protection entre la zone irriguée et les activités. En effet, pour la catégorie A de 2010, l'irrigation peut se faire à 20 mètres d'un plan d'eau, et à 50 mètres d'un lieu de conchyliculture. Cette mesure de précaution conditionne l'emplacement du système d'irrigation. La qualité B contraint également le choix du système d'irrigation en lui-même. On peut relever que l'unité de mesure dans laquelle sont exprimées les valeurs des indicateurs conduit à une méthode d'analyse plutôt qu'une autre : la concentration de *E. coli* à mesurer, exprimée en concentration d'UFC, nécessite une technique de mise en culture de la bactérie, puis un dénombrement des cellules souches de *E. coli*. C'est une méthode différente de celle induite par l'unité de mesure en abattements logarithmiques, qui impose un calcul de la différence de population en entrée et en sortie de la STEP, mesurée grâce à une échelle logarithmique.

La réglementation régle la qualité microbiologique de l'eau usée traitée et les modalités d'usage de cette qualité. Elle conditionne ainsi le système de traitement à mettre en place pour satisfaire les exigences de qualité microbiologique : le dimensionnement de la STEP, par exemple. Seulement, comme on vient de le mettre en évidence, la régulation de l'eau usée traitée touche également aux infrastructures du système d'irrigation, de la signalétique, de la protection des travailleurs, de l'analyse des prélèvements de l'eau... En résumé, la réglementation de l'eau usée traitée déborde sur la réalisation technique : « *Encadrer les pratiques de l'irrigation, quelque part, c'est encadrer l'ensemble de la filière.* » (E3, chercheur(e) en génie des procédés).

La Figure 2 représente la logique de catégorisation de l'eau usée traitée par combinaison d'une qualité définie par des paramètres ou indicateurs, des seuils et des unités de mesure, à laquelle est combinée certaines modalités d'utilisation de cette qualité.

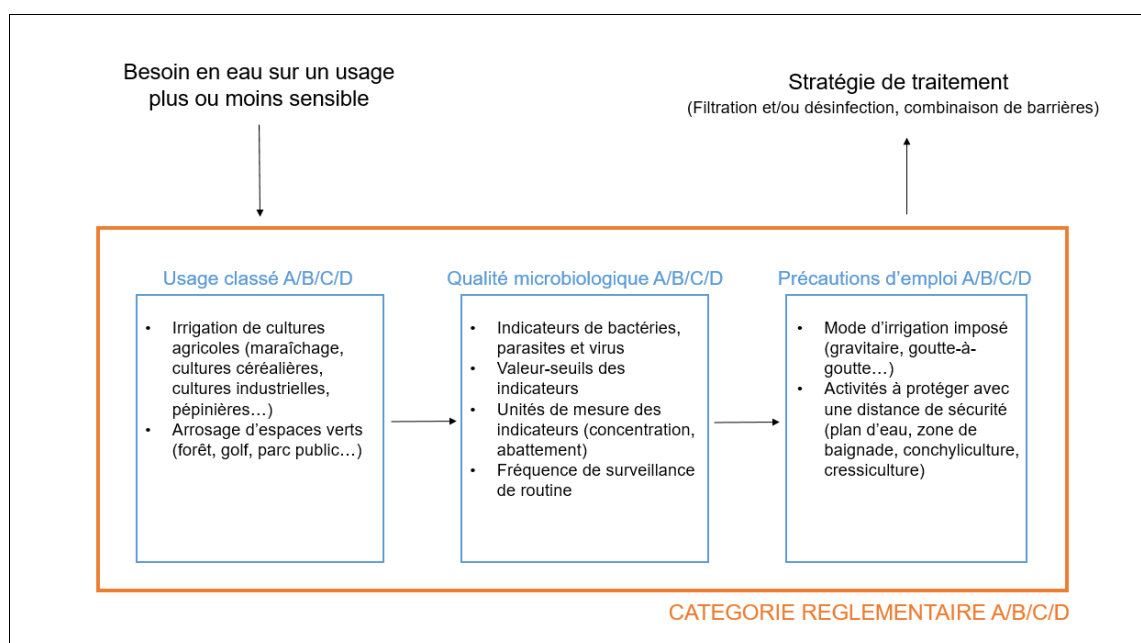


Figure 2 : principe général de catégorisation réglementaire de l'eau usée traitée

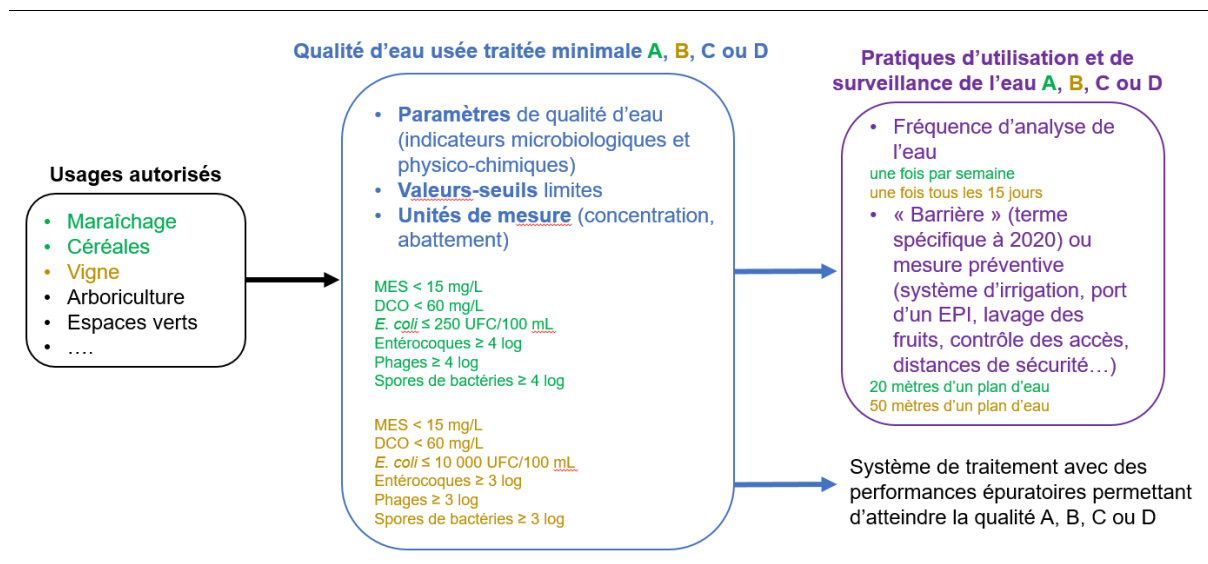


Figure 3 : Exemple de catégorisation sur les qualités A et B d'après la réglementation française de 2010

La réglementation de l'eau usée traitée catégorise donc finement les usages de réutilisation, selon le type d'exposition qu'ils induisent par rapport au danger en présence. Réglementer la REUT consiste ainsi à identifier les situations d'usages possibles de l'eau usée traitée, et à en définir les modalités d'exposition, caractérisées par le type de récolte de la culture, le type de consommation des produits irrigués, le mode d'irrigation, mais aussi les modalités d'accès du public aux espaces verts, la distance des habitations de riverains ou d'activités particulières aux zones irriguées... Les catégories d'eau A, B, C et D traduisent des classes d'exposition aux dangers de l'eau usée traitée : la réglementation hiérarchise des niveaux de risque.

Cependant, comme on a commencé à le montrer, les catégories de l'eau usée traitée ont évolué : elles redéfinissent les usages autorisés, mais également les contraintes techniques nécessaires pour satisfaire les précautions d'usage associées.

2.2.2 Evolutions historiques de la réglementation de la REUT

L'encadrement réglementaire français de l'usée usée traitée s'est construit par itérations ; il renseigne progressivement la dangerosité de l'eau. Il a d'abord émergé en 1991, sous la forme de recommandations et sur la base de références internationales élaborées dans les années 70. Il a ensuite fallu attendre 2010 pour voir apparaître l'arrêté relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts.

Dans cette sous-partie, nous retraçons l'évolution des différents textes réglementaires et la construction de la catégorisation de l'eau usée traitée en classes A, B, C et D, afin d'identifier les moteurs et les acteurs de cette régulation, c'est-à-dire les différents « effets de cadrage » (Goffman, 1978).

Nous utilisons un corpus constitué de textes à portée réglementaire produits par le droit français (arrêtés, décrets, projets d'arrêtés, circulaires, instructions ministérielles) et le droit européen

(directives, règlement), sur une période de trente ans environ, entre 1973 et 2022. Un suivi longitudinal sur le portage institutionnel, les usages autorisés, les indicateurs microbiologiques et physico-chimiques et les précautions d'usage a permis de comparer les textes réglementaires et d'identifier l'évolution des paramètres. Nous nous appuyons aussi sur les différents avis d'expertise rendus par les agences sanitaires (Afssa, Afsset, Anses), sur les rapports de l'Onema de Boutin *et al.* (2009) et du Cerema (2020), ainsi que sur les entretiens.

En 1973 paraît le premier rapport technique de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) dédié à l'eau usée traitée, intitulé « La réutilisation des effluents : méthodes de traitement des eaux usées et mesures de protection sanitaire » (rapport technique n°517). Il synthétise les réunions du groupe d'experts de l'OMS en 1971, et porte sur les éléments suivants : le caractère maîtrisé ou non maîtrisé de la REUT, les effets possibles sur la santé, les technologies de traitement de l'eau usée, le contrôle de la qualité de l'eau régénérée, les normes de qualité de l'eau usée traitée, ou encore, les responsabilités des organismes de contrôle et de gestion. Le chapitre portant sur les normes de qualité de l'eau usée traitée compare les réglementations en vigueur dans plusieurs Etats, tels que la Californie, dont les premières réglementations datent de 1933, ou Israël, établies en 1952. Le rapport de l'OMS met en lumière la forte disparité d'exigences entre ces derniers, et encourage les organisations internationales (OMS, *Food and Agriculture Organisation* ou FAO...) à établir des recommandations les plus précises possibles pour aider les gouvernements à établir des normes nationales.

En 1985 sont publiées les lignes directrices du rapport dit d'« Engelberg » suite à une réunion tenue par des spécialistes de l'environnement et des épidémiologistes à Engelberg, en Suisse, pour examiner les aspects sanitaires de l'utilisation de l'eau usée en agriculture et en aquaculture. L'épidémiologie est la discipline scientifique qui étudie les problèmes de santé dans les populations humaines, au travers de leur fréquence et de leur distribution dans le temps et dans l'espace. Elle cherche à identifier les facteurs qui peuvent aggraver les maladies des populations humaines, en mobilisant les statistiques comme outil central (Henry *et al.*, 2015). L'approche de l'OMS intègre ainsi les apports de l'épidémiologie. Après nouvel examen des aspects sanitaires et épidémiologiques de l'eau usée traitée, les experts de l'OMS reconnaissent en 1987, à Adelboden, le bien-fondé des recommandations du rapport d'Engelberg, et décident qu'elles constitueront la base d'un nouveau rapport technique.

Il est publié en 1989 sous le titre « L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture : recommandations à visées sanitaires », aussi surnommé « rapport technique 778 » ou « brochure 778 » (CSHPF, 1991). Ces nouvelles recommandations de l'OMS prennent en compte les différentes catégories de personnes exposées à la réutilisation : ouvriers agricoles, famille des agriculteurs, personnes manipulant les récoltes, consommateurs et riverains habitant proches des périmètres irrigués. L'usage en agriculture et en aquaculture, selon le type de culture, est également considéré : l'OMS prend en compte ici les expositions à l'eau usée traitée, qui sont plus grandes lorsque les cultures sont destinées à être consommées crues, contrairement à des plantations d'arbre. L'OMS parvient ainsi à définir trois qualités d'effluents A, B et C, mises en relation avec les usages et les groupes de personnes exposées. La qualité A vise à protéger les ouvriers agricoles, comme la qualité B, mais tient compte en plus des consommateurs de produits consommés crus et du public ; la qualité A permet d'irriguer des cultures consommées crues, des terrains de sport et des jardins publics. La qualité C peut être utilisée uniquement sur des cultures avec une irrigation localisée, qui n'expose aucun groupe

de personnes. Les qualités A et B doivent tenir compte de deux indicateurs de contamination microbiologique : les coliformes fécaux ou intestinaux (contamination bactérienne), seulement pour la qualité A, et les œufs d'helminthes pour A et B (contamination parasitaire). De plus, les critères de qualité sont complétés par des contraintes sur le mode d'irrigation, comme la limitation du mouillage des fruits et des légumes par l'irrigation gravitaire (le goutte-à-goutte), pour la qualité A. La qualité C ne repose sur aucun indicateur de présence pathogène ou toxique. Les directives de l'OMS tiennent compte des dernières données épidémiologiques : dans de nombreux pays, le principal risque effectif pour la santé est lié aux helminthiases, des maladies causées par les helminthes, des vers intestinaux (CSHPPF, 1991).

Les catégories A, B et C déterminent les procédés de traitement capables d'assurer la qualité d'eau usée traitée A, B ou C. Elles déterminent également des mesures de précaution, qui peuvent être combinées avec un traitement plus ou moins complet : restriction des cultures, modalités d'arrosage ou encore limitation de l'exposition aux personnes. L'OMS formalise ainsi une approche « multi-barrières » qui permet de combiner plusieurs méthodes ou « barrières » pour atteindre, au final, la bonne qualité d'eau usée traitée pour l'usage désiré. La norme (ISO 20670:2018) définit une barrière comme un « moyen réduisant ou prévenant les risques pour la santé et l'environnement, en empêchant le contact avec les eaux usées traitées et/ou en améliorant leur qualité ». Cette approche multi-barrières de l'OMS se fonde sur les pratiques israéliennes et de sa législation de 1978.

« Pour l'approche multi-barrière, c'est quelque chose qui dérive de la réglementation israélienne, qui a quand même l'antériorité la plus importante. Elle consiste à dire : « Si on veut se protéger contre divers risques ou tout effet indésirable, la meilleure option, c'est de construire petit à petit des barrières à la contamination. » [...] Tu construis la maîtrise du risque en accumulant des barrières, ce que je trouve vraiment intelligent. » (E4, ingénieure(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés)

En France, la pratique de REUT est relativement ancienne : elle n'a attendu ni l'aboutissement de la législation, ni les incitations financières des projets pilotes par les agences de l'eau, dont les appels d'offre « *permettent de généraliser la pratique au niveau national* » (E3, ingénieure(e) agronome). En effet, avant 2010, l'eau usée peut faire l'objet d'un « épandage », qui consiste en une infiltration dans le sol comme ultime étape de traitement de l'eau usée. S'il s'apparente à de la REUT, l'épandage n'est pas une forme de REUT à proprement parler : la REUT correspond à l'usage d'une eau usée au traitement abouti, avec le niveau de qualité d'eau requis pour ce nouvel usage et l'utilisation d'un volume partiel de l'eau usée traitée. L'épandage de l'eau usée traitée est mis en œuvre en continu, et pour la totalité du volume d'eau rejeté par le STEP en l'absence de milieu aquatique à proximité. Au niveau réglementaire, la circulaire du 10 juin 1976 relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs est le premier texte qui envisage l'épandage de l'eau usée, en suivant deux axes complémentaires : la protection des ressources en eau, et les aspects hygiéniques. La circulaire autorise l'épandage de l'eau usée dans l'article 3. 3, pour les cultures pérennes ou forestières, car ce procédé serait « très efficace » pour protéger le milieu récepteur. Cependant, la circulaire reconnaît que l'épandage peut être « délicat à utiliser par suite de l'importance des

surfaces nécessaires, des conditions de travail qu'il implique et du lessivage des sols que peut provoquer l'utilisation de l'eau en surabondance » : le texte recommande ainsi qu'avant épandage, l'eau usée subisse un traitement préliminaire (dégrillage, tamisage, voire une décantation primaire).

En dehors des pratiques d'épandage de l'eau usée, une dizaine de projets mobilisant de l'eau usée traitée existent depuis 1985 en France, par exemple à Porquerolles, à Noirmoutier ou sur l'île de Ré. Ils attestent que la REUT est déjà une solution opérationnelle, en tout cas lorsqu'elle est déployée localement pour protéger des milieux et des activités des rejets de STEP (baignade, pêche à pied, conchyliculture), pour satisfaire une opportunité d'usage identifiée à proximité (irrigation de parcelles forestières, de peupleraies, de prairies et de cultures vivrières) ou pour répondre à une pénurie d'eau saisonnière, en particulier en contexte littoral et sur le pourtour méditerranéen (Cerema, 2020).

« [Porquerolles], ça restait des cas très particuliers, autorisés localement, et sur lesquels le Ministère de la santé ne voulait pas se positionner, pour que ça ne devienne pas une technique nationale, un état d'esprit national. Et à mon avis, il l'autorisait dans des situations bien précises, avec un suivi bien particulier, pour engranger des expériences et répondre à des besoins locaux. Aujourd'hui, on a une réglementation nationale. » (E11, chercheur(e) en génie des procédés)

L'eau usée traitée en vue de sa réutilisation, qui fait l'objet d'une pratique locale et décentralisée, tarde à être examinée par le Ministère en charge de la santé. En effet, elle vient bouleverser les normes sanitaires en vigueur et ne saurait se généraliser à l'échelle nationale à cause d'une méfiance « historique » (Godet, 1991). En 1989, à la demande de la Direction générale de la santé (DGS), l'Université des sciences et techniques du Languedoc réalise un inventaire des installations réutilisant de l'eau usée traitée, afin de les répertorier et les signaler au Ministère en charge de la santé.

Le constat des pénuries d'eau amène les aménageurs à s'intéresser à la réutilisation de l'eau usée traitée, par exemple pour les systèmes d'arrosage des terrains de golfs. Motivé par la demande des bureaux d'études soucieux de présenter des sites démonstrateurs de collectivités locales, mais également par la publication récente de l'OMS (1989) sur le sujet et par les inquiétudes des hygiénistes (Godet, 1991), le Conseil Supérieur de l'Hygiène Publique de France (CSHPF) décide de se saisir de la question de l'eau usée traitée à partir de 1990. Ses premières recommandations sont publiées dans une circulaire de la DGS : la circulaire DGS/SD1.D./91/51 du 22 juillet 1991 relative à l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts.

Le texte s'inspire largement des recommandations données par l'OMS en 1989 : l'organisation internationale est reconnue comme autorité compétente sur le sujet, et comme bénéficiaire d'importants travaux d'experts (Lazarova et Brissaud, 2007). Ainsi, la circulaire de la DGS reprend les coliformes fécaux et les œufs d'helminthes comme indicateurs des classes d'eau usée traitée A et B. La qualité C est toujours exempte de critères de présence microbiologique car les techniques d'irrigation souterraine et localisée, ainsi que les types de cultures irriguées, assurent « une rupture de la chaîne de transmission des risques hydriques » (CSHPF, 1991). La CSHPF valide également le seuil proposé pour les coliformes fécaux (moins de 1000 par 100 mL d'eau usée traitée), car il est cohérent avec les exigences de qualité déjà préconisées pour

l'eau de baignade (1000 coliformes par 100 mL pour le programme de surveillance de la Méditerranée PNUD-OMS, et 100 coliformes par 100 mL par la CEE). Le CSHPF (1991) souligne également « qu'il ne serait ni raisonnable ni rationnel de revenir aux directives antérieures qui étaient voisines de celles imposée aux eaux de boisson », c'est-à-dire à 22 coliformes par 1000 mL.

Cependant, les recommandations du CSHPF incluent quelques nouveautés par rapport au modèle de l'OMS (Onema, Boutin *et al.*, 2009 ; Lazarova et Brissaud, 2007). D'abord, à la différence de l'OMS, le CSHPF ne vise pas seulement la réutilisation de l'eau usée traitée en contexte agricole, mais affirme plus explicitement que les recommandations s'appliquent aussi à l'arrosage des espaces verts tels que les forêts, les jardins publics ou les golfs. Ensuite, le risque lié à la propagation des aérosols par aspersion est pris en compte, avec une nouvelle contrainte de distance aux zones irriguées de 100 mètres à respecter, inspirée des travaux de Torre et Boutin en 1989 sur l'île de Ré (Lazarova et Brissaud, 2007). Des exigences complémentaires sont associées à ces limites, comme des angles à respecter pour les asperseurs, des conditions de vitesse vent à éviter ou une isolation du site d'irrigation par un rideau d'arbres. Par l'intermédiaire de la maîtrise de la qualité des boues d'épuration, le CSHPF décide de prendre en compte le risque lié à la présence de micropolluants métalliques et organiques dans les effluents : il souligne l'analogie entre la valorisation agricole des boues de stations d'épuration et l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation.

Cette circulaire constitue la première proposition réglementaire aboutie sur l'eau usée traitée en France. Elle établit des conditions réglementaires et juridiques bien définies (Lazarova et Brissaud, 2007), qui faisaient jusqu'alors défaut pour les collectivités territoriales. La circulaire de 1991 est complétée par la circulaire DGS/SD1.1D/92/42 du 3 août 1992, qui clarifie la valeur à respecter pour les paramètres de qualité de l'eau usée traitée, et qui spécifie que chaque demande nécessitant une eau de niveau A est soumise à autorisation préfectorale. La contrainte de distance freine l'utilisation de l'eau usée traitée pour les espaces verts ouverts au public, même avec une qualité A. Les effets pratiques des recommandations du CSHPF sont analysées dans un rapport du Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau (FNDAE) de Faby et Brissaud (1998) cité par Lazarova et Brissaud (2007).

La directive 91/271/CEE relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (DERU), publiée le 21 mai 1991 par le Conseil européen, encourage la réutilisation de l'eau usée traitée au sein des Etats membres : « les eaux usées traitées sont réutilisées lorsque cela s'avère approprié » (article 12). En application de la DERU, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 3 janvier 1992 modifie le code des communes et mentionne que ces dernières, qui doivent s'équiper de moyens d'assainissement pour la collecte et le traitement des eaux usées, peuvent aussi assurer « la réutilisation de l'ensemble des eaux collectées » (article 35).

Par suite, le décret n° 94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes, est pris en application de la loi LEMA de 1992 : il signe ainsi l'obtention du statut réglementaire de l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation (Cerema, 2020). La régulation de la REUT est prévue dans l'article 24 du décret : les conditions d'épuration et les modalités d'irrigation ou d'arrosage requises,

ainsi que les programmes de surveillance à mettre en œuvre, sont confiés aux trois ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'agriculture.

Ces mesures doivent se prendre par arrêté, après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et de la mission interministérielle de l'eau (MIE), créée par décret du 27 février 1987. Dans l'attente de l'arrêté, le CSHPF doit être interrogé pour l'instruction des demandes d'autorisation. Dès lors, une attention particulière est portée par les ministères aux exigences sanitaires (Cerema, 2020).

Le CSHPF (1902-2004), qui perd en 1999 ses attributions relatives aux questions alimentaires et à l'examen des eaux minérales au profit de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), est supprimé par la loi n°2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique. Il est remplacé par le Haut conseil de la santé publique (HCSP), qui n'aura alors plus qu'une attribution consultative d'ordre générale sur les dossiers relatifs à l'eau usée traitée. Les avis sur les exigences sanitaires de la REUT sont ainsi transférés aux agences sanitaires, à l'Afssa et à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset), qui fusionnent sous l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) par l'ordonnance n°2010-18 du 7 janvier 2010.

Pour préparer la rédaction de l'arrêté prévu par le décret du 3 juin 1994, le groupe de travail du CSHPF rédige de nouvelles recommandations, suite à la demande de la DGS en 1999, qui donnent lieu à un projet d'arrêté publié en mars 2001, fixant du point de vue sanitaire les prescriptions techniques, les modalités de mise en œuvre et de surveillance applicables à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires des collectivités territoriales pour l'arrosage ou l'irrigation de cultures ou d'espaces verts.

Le projet d'arrêté est une adaptation empirique et « relativement conservative » (Lazarova et Brissaud, 2007) des travaux de l'OMS de 1989, mais introduit un niveau de qualité supplémentaire. L'eau usée traitée est désormais régulée selon quatre niveaux de qualité A, B, C et D, dont les indicateurs communs sont : les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO) et *E. coli*, qui fait partie de la famille des coliformes fécaux.

Au niveau du traitement, pour toutes les qualités, l'eau usée traitée doit faire l'objet d'un traitement secondaire au minimum, conformément à la DERU de 1991, afin de traiter le carbone et les MES de manière poussée – selon un procédé comprenant généralement un traitement biologique. Enfin, le texte permet une modulation des règles de distance en fonction des milieux concernés et de la qualité d'eau usée traitée. En particulier, ce choix permet d'abaisser la distance entre les zones irriguées et les habitations et voies de circulation de 100 mètres (CSHPF, 1991) à 50 mètres pour une eau de qualité A, ainsi que pour les voies de circulation et les milieux hydrauliques superficiels en utilisant une eau de qualité B. Pour finir, le projet d'arrêté conserve la logique d'un contrôle chimique indirect de l'eau usée traitée, par l'intermédiaire de la qualité des boues produites lors du traitement d'épuration, comme dans les recommandations de 1991.

Cependant, le statut de ce projet d'arrêté reste celui d'une proposition : en particulier, l'avis de l'Afssa (2008) montre qu'il ne permet pas, dans sa forme, de faire figurer tous les arguments conduisant aux choix de stratégies et de procédures pour encadrer l'eau usée traitée. Lazarova et Brissaud (2007) soulignent que cette production réglementaire revient à une « interdiction de fait » pour l'usage le plus demandé par les collectivités, à savoir l'arrosage des espaces verts et des zones récréatives en milieu urbain ; l'abaissement des règles de distance ne suffit pas. Les auteurs considèrent que l'« attention toute particulière » portée au risque lié aux aérosols n'est pas justifié sur le plan scientifique, car il n'existe pas d'étude épidémiologique qui met en évidence un effet de l'aspersion d'une eau usée traitée de qualité A sur la santé publique, ni de données disponibles sur la propagation des pathogènes et des indicateurs de contamination fécale.

Jusqu'alors portée par le Ministère en charge de la santé, la régulation de l'eau usée traitée est peu à peu reprise par le Ministère en charge de l'environnement – bien qu'il continue de s'associer avec le ministère en charge de l'agriculture et le ministère en charge de la santé. Le plan de gestion de la rareté de la ressource en eau, publié par le Ministère de l'écologie et du développement durable en 2005, est un marqueur de ce tournant. En effet, le plan fait suite aux épisodes de sécheresse de 2003 et 2005 : ses objectifs sont de réduire durablement la vulnérabilité de l'alimentation en eau potable, de concilier les différents usages et de préserver la qualité des milieux aquatiques. L'axe 3 du plan cible la « valorisation de l'eau » et prévoit notamment la définition des conditions sanitaires, techniques et économiques permettant la récupération et l'utilisation de l'eau de pluie, de l'eau usée traitée et de la désalinisation, et la mise en place des aides des agences de l'eau pour favoriser les installations pilotes. Plus tard, la loi « Grenelle II » de 2009 (loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement) appuie aussi l'intérêt de l'eau usée traitée, avec celui de l'eau pluviale, dans la gestion durable de l'eau pour « satisfaire les besoins prioritaires de la population en cas de crise » (Institut national de l'économie circulaire, 2018).

La proximité de l'eau usée traitée avec l'eau de pluie ou l'eau pluviale dans les objectifs du plan de rareté de la ressource en eau et du Grenelle II est intéressante à relever. En effet, la normalisation des citernes d'eau de pluie à l'échelle de l'habitat aurait permis d'ouvrir la voie, par effet de levier, à la régulation de la réutilisation de l'eau usée traitée (« *Avoir un stockage d'eau de pluie à la maison, c'était un miracle !* », E11, chercheur(e) en génie des procédés). L'eau de pluie, selon l'arrêté du 21 août 2008, désigne l'eau qui tombe sur les toitures, et qui est collectée directement à leur exutoire – par opposition à l'eau pluviale, qui désigne l'eau de pluie ayant ruisselé sur les sols de voiries et les surfaces urbaines. L'arrêté relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments est ainsi pris le 21 août 2008, en application de la loi LEMA du 30 décembre 2006. L'arrêté a été validé par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), dans l'avis du 5 septembre 2006, rendu suite à une saisine de la DGS sur les aspects sanitaires liés à l'utilisation de l'eau de pluie pour des usages domestiques.

« Je pense que l'approche réutilisation, elle est arrivée après l'autorisation d'avoir du stockage d'eau pluviale à l'échelle de l'habitat. Les citernes d'eau pluviale, pendant longtemps, ont été interdites, parce qu'il y avait un risque d'un mauvais usage de cette citerne d'eau de pluie. Une fois que la citerne d'eau de pluie a été

autorisée, progressivement, on s'est mis à se dire qu'on pourrait peut-être réutiliser aussi les eaux usées » (E11, chercheur(e) en génie des procédés)

En France, le remplacement de l'eau potable par des eaux non conventionnelles, comme l'eau de pluie ou l'eau usée traitée, fait donc état d'un changement de paradigme sur la gestion du risque sanitaire. Par héritage des acquis hygiénistes, le risque sanitaire est traditionnellement maîtrisé en interdisant l'usage des eaux contaminées, puisque cette mesure supprime, fatalement, toute exposition au danger de ces eaux ; les politiques publiques appliquent ici un principe de précaution. Les incitations gouvernementales à utiliser une eau de moins bonne qualité que l'eau potable nécessite alors, pour le Ministère de la Santé, de veiller à ce que le danger de cette eau dégradée soit neutralisé. Puisque les expositions sont autorisées, c'est le paramètre « danger » qui est désormais régulé, selon le principe de prévention. Un(e) chercheur(e) confirme ce basculement dans le mode de régulation du risque sanitaire, et ses implications sur les systèmes d'assainissement :

« Quand on dit qu'un problème sanitaire est un problème de danger et d'exposition, le Ministère de la Santé veut absolument supprimer tout ce qui est possible dans l'exposition – voulait, tout au moins. Maintenant que les expositions existent, puisqu'on est obligés d'autoriser la réutilisation de l'eau usée traitée, les dangers sont généralement les plus bas possibles : les seuils pour les qualités sont très bas. Et ils ne sont pas forcément simples à atteindre d'un point de vue technique. » (E11, chercheur(e) en génie des procédés).

En 2006, à la lumière des apports épidémiologiques dans le domaine de la réutilisation de l'eau usée, l'OMS révisé ses recommandations de 1989 dans ses « *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater* », une publication en quatre volumes des lignes directrices sur la réutilisation de l'eau usée traitée en agriculture.

Le principe essentiel adopté par l'OMS est d'aligner toutes ses recommandations relatives à l'eau sur le même niveau de protection. L'eau potable, l'eau usée traitée ou l'eau de baignade doivent pouvoir bénéficier de la même sécurisation sanitaire : « *Les personnes qui consomment des produits de cultures irriguées avec des eaux usées traitées, en particulier lorsqu'ils les consomment crus, s'attendent à ce que ces produits soient aussi sûrs que l'eau de boisson* » (OMS, 2006 cité dans Institut de l'économie circulaire, 2018).

Ce niveau de protection est quantifié par une valeur de DALY (*Disability adjusted life years* : années de vie corrigées de l'incapacité en français). Le DALY évalue la charge de morbidité : il quantifie la perte des années de vie en bonne santé au sein d'une population donnée. En 2004, dans le cadre de l'élaboration de ses directives sur la qualité de l'eau potable, l'OMS choisit de fixer la valeur de DALY à 10^{-6} par personne et par an (pppa). L'utilisation du DALY par l'OMS témoigne du passage d'une approche épidémiologique à une approche prédictive, qui évalue les risques sanitaires de manière indirecte (l'approche prédictive continue de mobiliser des données épidémiologiques, mais est une méthode différente). Pour Lazarova et Brissaud (2007), cette approche vis-à-vis de l'eau usée traitée est radicalement novatrice, et n'a alors d'équivalent que dans la réglementation australienne.

Comme outil prédictif, l'OMS utilise la QMRA (*Quantitative Microbiological Risk Assessment*, estimation quantitative du risque microbiologique en français), une méthodologie développée par des chercheurs américains en 1999⁴.

Au départ, la QMRA est un outil central de gestion de la sécurité alimentaire. En effet, la Commission du *Codex Alimentarius*, créée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (*Food and Agriculture Organisation* ou FAO) et l'OMS, l'utilise comme base pour ses normes et directives internationales en matière de sécurité alimentaire. L'OMS a intégré la QMRA dans ses lignes directrices relatives à l'eau, pour la gestion de la sécurité de l'eau, dès le début des années 90.

La QMRA calcule le risque d'infection pour un pathogène et un type d'exposition défini, à partir de l'évaluation de la dose reçue à chaque exposition, de la fréquence de contact et du modèle dose-réponse pour la population exposée (Carré, 2017 ; OMS, 2006). Le rotavirus, un virus pathogène, est utilisé comme pathogène modèle par l'OMS en 2006, car il est le plus pénalisant dans le déroulement de la démarche QMRA, et évite d'utiliser la QMRA pour chaque agent pathogène présent dans l'eau usée traitée (bactéries, parasites et virus). En utilisant la QMRA, l'OMS en déduit un niveau d'abattement minimum à atteindre lors du traitement de l'eau usée pour atteindre la valeur de DALY de 10^{-6} pppa, son objectif de santé publique. Un abattement total de 7 log (sept divisions logarithmiques, c'est-à-dire sept réductions par 10) permet d'atteindre la valeur de 10^{-6} pppa DALY. Il est calculé en fonction des usages les plus sensibles de l'eau usée traitée : l'irrigation de légumes racines consommés crus, considérée comme la plus risquée en termes de transmission d'agents pathogènes. L'OMS décompose cet abattement de 7 log de la manière suivante : 4 log d'abattement par la filière de traitement, 2 log d'abattement grâce à la décroissance des pathogènes sur les végétaux irrigués, et enfin, un log d'abattement grâce au nettoyage des légumes irrigués à domicile.

Encadré 1. Utilisation de la QMRA

Sur la base de ce raisonnement théorique, l'OMS supprime les classes de qualité d'eau usée traitée : elle ne propose plus de seuils de qualité. Pour atteindre la bonne réduction des pathogènes, l'OMS propose plutôt des scénarios ou situations d'usage de l'eau usée traitée, qui incitent à mettre en place des précautions d'usage et de traitement de l'eau adaptées à chaque contexte (voir Figure 4 ci-dessous). L'OMS renouvelle l'approche multi-barrières formalisée en 1989, motivée par le constat que les pays à faibles revenus ne traitent qu'un faible pourcentage de l'eau usée produite : l'approche multi-barrière cherche à offrir une flexibilité dans le choix des options de traitement.

⁴ Haas, C. N., Rose, J. B. & Gerba, C. P. (1999). *Quantitative microbial risk assessment*. John Wiley & Sons

<u>Non restrictives</u>	
situation A : adaptée aux légumes racine. Abattement des pathogènes de 7 log obtenu par la combinaison traitement (4 log) + délai avant récolte + lavage à l'eau propre.	
Situation B : adapté aux légumes feuille. Abattement des pathogènes de 6 log obtenu par la combinaison traitement (3 log) + délai avant récolte + lavage à l'eau propre.	
Situation C : adapté aux cultures hautes et production aérienne, sans ramassage à terre de produits : abattement de 6 log, obtenu par la combinaison traitement (2 log) + irrigation goutte à goutte.	
Situation D : adapté aux cultures basses et production aérienne, sans ramassage à terre de produits : abattement de 6 log, obtenu par la combinaison traitement (4 log) + irrigation goutte à goutte.	
Situation E : adapté à toutes cultures. Abattement de 7 log obtenu uniquement par traitement	
<u>Restrictives</u>	
Situation F : agriculture intensive en travail manuel : abattement de 4 log par traitement, 3 log étant assurés par la restriction des cultures.	
Situation G : agriculture hautement mécanisée : abattement de 3 log par traitement, 4 log étant assurés par la restriction des cultures.	
Situation H : Assainissement autonome ou situation similaire : traitement par fosse sceptique (1 log) suivi d'un épandage souterrain (6 log).	

Figure 4 : typologie des scénarios d'utilisation de l'eau usée traitée en agriculture, classées selon le mode d'irrigation (OMS, 2006)

Les différents scénarios de l'OMS s'inspirent de plusieurs réglementations. Le scénario « tout traitement » correspond « aux réglementations anglo-saxonnes, qui considèrent qu'on va complètement gérer le risque avec du traitement » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés). Les autres scénarios par combinaison de barrières s'inspirent de la réglementation israélienne.

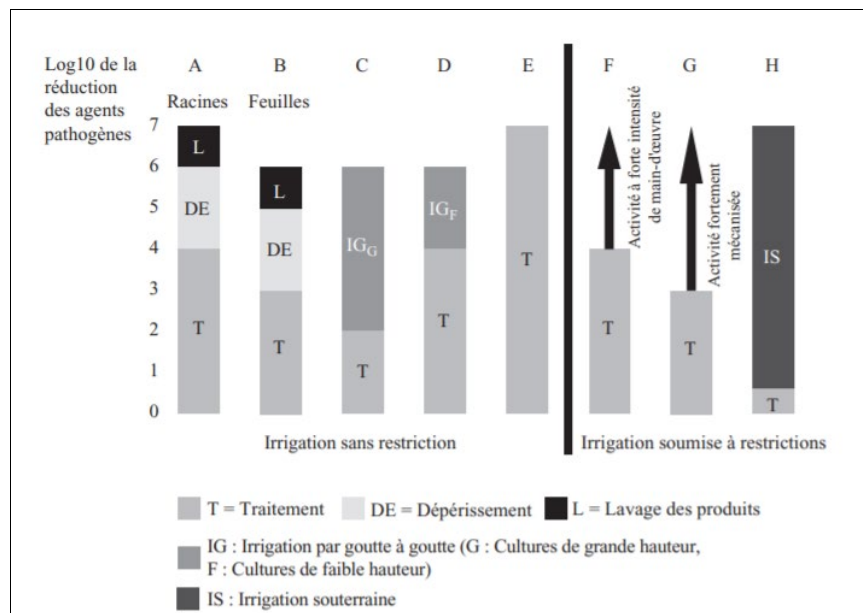


Figure 5 : scénarios permettant d'atteindre l'objectif de DALY par combinaison de barrières (OMS, 2006)

Les propositions de l'OMS n'ont pas pour vocation de constituer des normes absolues ; l'OMS insiste sur l'obligation de s'appropriier l'ensemble de la problématique de modélisation des risques, afin que les pays élaborent des valeurs impératives adaptées à leur contexte.

En France, d'après l'expertise du Groupe d'intervention en santé publique et en épidémiologie (GISPE)⁵, réalisée pour l'Agence Française de Développement en 2011 (rapport AFD, 2011), les nouvelles recommandations de l'OMS relatives aux méthodes de traitement de l'eau usée, et des indicateurs pour vérifier l'impact de ces traitements sont jugées peu fonctionnelles. La recherche de coliformes thermorésistants pour préjuger de l'absence de contamination fécale est remise en question (AFD, 2011 ; Afssa, 2008) : l'utilisation seule de *E. coli* comme indicateur de la conformité sanitaire de l'eau est de plus en plus contestée. De plus, le GISPE regrette que l'OMS utilise des modèles fondés sur des données de terrain rares et limitées, orientées vers des préoccupations exclusivement alimentaires, qui occultent la question des éventuelles pollutions chimiques. Les effets pervers éventuels de toxicité des effluents ou des produits utilisés pour le traitement ne sont en effet pas connus. Ainsi, si l'OMS revoit ses recommandations pour les critères microbiologiques de l'eau usée traitée avec l'introduction du DALY et de la QMRA, elle ne le fait pas pour les critères chimiques. Elle ne produit pas de nouvelle analyse de risque par rapport à ses travaux antérieurs sur la composition chimique de l'eau usée (Afssa, 2008). Les *Guidelines* rappellent que l'eau usée traitée peut être le vecteur de divers contaminants chimiques, tels que les éléments traces métalliques, les composés traces organiques, les perturbateurs endocriniens ou les résidus médicamenteux, et Chang (2002), cité dans le rapport de l'OMS (2006), part de l'hypothèse que les polluants chimiques de l'eau usée exposent les populations humaines essentiellement par la voie alimentaire. Pourtant, malgré ce constat, l'OMS ne propose aucune valeur limite pour les contaminants chimiques dans l'eau usée traitée (Afssa, 2008). Les propositions de gestion des risques chimiques se limitent à des propositions de seuils à ne pas dépasser pour certains contaminants dans les sols, et à un renvoi aux préconisations de la Food and Agriculture Organisation (FAO) sur la qualité des eaux d'irrigation en vue de la protection de la santé des plantes.

Enfin, pour le GISPE (AFD, 2011), l'appropriation du concept du DALY s'adresse surtout à des structures étatiques disposant de statistiques médicales élaborées, et pouvant les utiliser pour comparer des situations avant et après usage de l'eau usée traitée. Sa valeur dépend très fortement des agents pathogènes concernés, et des caractéristiques des populations, en particulier de leur mode alimentaire, ou d'achat et de préparation des aliments. Cet(te) enquêté(e) partage le même point de vue :

« Le 10^{-6} pourrait très bien être 10^{-4} . [...] Duncan Mara montre⁶, avec des économistes, que la valeur de 10^{-6} est exagérée, et que d'un point de vue épidémiologique, elle n'apporte pas grand-chose. Le nombre de cas évités entre le 10^{-4} et le 10^{-6} , il tient dans l'épaisseur du trait des incertitudes, qui sont liées aux études épidémiologiques. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Pour le GISPE, ces raisons expliquent que les responsables français « renoncent » à utiliser les DALY (AFD, 2011). Ainsi, l'utilisation du DALY comme outil de régulation de l'eau usée

⁵ Association française (loi 1901) créée en 1995, dont l'objectif principal est de soutenir les systèmes de santé de pays à ressources limitées. Le GISPE effectue une lecture critique des recommandations de l'OMS de 2006 (Annexe 4, Partie 4.1 du rapport de l'AFD, 2011)

⁶ Mara D. (2011). Water- and wastewater-related disease and infection risks: what is an appropriate value for the maximum tolerable additional burden of disease?. *Journal of water and health*, 9(2), 217–224. <https://doi.org/10.2166/wh.2010.109>

traitée n'est pas anodine. Pour Pestré (2014), l'usage des DALY est caractéristique d'un gouvernement économique de la santé, impulsé par la Banque mondiale avec la publication de « *Investing in Health* » en 1993, un rapport rédigé par des économistes américains de la santé et des épidémiologistes de l'OMS. A cette époque, l'objectif de la Banque mondiale est de construire une métrique unifiée sur la santé, qui rompt avec les descriptions épidémiologiques, et d'en faire un outil de comparaison entre les différents pays et régions du monde. Le DALY permet de réaliser une évaluation économique du coût des maladies les plus fréquentes, et de ramener la santé à un seul indicateur fondé sur l'âge, le sexe, l'état d'incapacité et le moment où a débuté la maladie. La Banque mondiale utilise alors le DALY pour planifier ses investissements en fonction de l'efficacité économique des pays, c'est-à-dire comme outil d'aide à la décision, et ce malgré son caractère « discriminatoire » et « arbitraire » (Pestré, 2014).

Lazarova et Brissaud (2007) soulignent que le parti pris de l'OMS, fondé sur une démarche scientifique, est « radicalement novateur ». L'adhésion des organisations internationales à l'utilisation du DALY est caractéristique de la montée en puissance, à partir du tournant environnementaliste des années 70, du succès des analyses coût-bénéfice : elle caractérise le gouvernement des substances nocives « par le risque » (Boudia et Jas, 2019). L'OMS reprend les principes d'analyse de risque développés dans le *Red Book* du National Research Council américain, un rapport qui établit en 1983 une méthodologie générique pour l'évaluation des risques, selon le protocole standardisé suivant : identification des dangers, estimation de la relation dose-effet, estimation des expositions, caractérisation des risques (Henry et al., 2015). Le *Red Book* produit une norme générale d'action, qui différencie l'étape d'évaluation des risques (*risk assessment*) de l'étape de gestion des risques (*risk management*). Il suggère une forme d'évaluation des risques « pure », qui serait exclusivement scientifique et purgée des considérations politiques (Henry et al., 2015). En durcissant la frontière entre évaluation des risques et gestion des risques, le *Red Book* tend à faire oublier l'origine politique de l'évaluation des risques pour la rendre plus crédible (Jasanoff, 1990).

L'arrêté français relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts est enfin publié le 2 août 2010. Les eaux usées traitées concernées sont celles issues des stations de traitement mentionnées au II de l'article L. 2224-8 du code général des collectivités territoriales, et celles issues des installations d'assainissement non collectif mentionnées au III de l'article L. 2224-8 du code général des collectivités territoriales et dont la charge brute de pollution organique est supérieure à 1,2 kg de demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO5) par jour. En formalisant les prescriptions sanitaires et techniques sur l'eau usée traitée, cet arrêté vient parachever le travail réglementaire et administratif mené depuis 1991.

Dans la lignée des recommandations du CSHPF de 1991 et du projet d'arrêté de 2001, l'arrêté de 2010 définit des niveaux de qualité A, B, C et D qui conditionnent les modalités de réutilisation de l'eau usée traitée. Pour un usage souhaité, l'eau usée traitée doit correspondre à la qualité adéquate. Elle doit aussi être utilisée en fonction de contraintes d'irrigation et de distance propre à chaque qualité. Ainsi, l'arrêté de 2010 régule à la fois des exigences minimales de traitement et des règles d'usage.

L'arrêté s'appuie sur l'avis de l'Afssa (2008) et l'avis de l'Afsset (2009) relatifs au projet d'arrêté de 2001, mais également sur l'avis complémentaire que l'Afssa réalise en 2010, pour évaluer les risques liés à la réutilisation d'un type d'eau usée spécifique : les effluents issus des établissements de transformation de sous-produits animaux. Les exigences sanitaires microbiologiques de la réglementation sont ainsi relevées au regard des dernières connaissances scientifiques, mais également en fonction des techniques d'analyse microbiologique connues ; le rôle des agences sanitaires est ici central, puisqu'elles permettent de filtrer, synthétiser et rendre lisible ces informations.

Les usages autorisés par l'arrêté sont beaucoup plus détaillés qu'en 2001. Par exemple, la qualité A autorisait en 2001 « les cultures maraîchères consommées crues, les arbres fruitiers et les pâturages, les espaces verts ouverts au public ». En 2010, la qualité A est autorisée pour : « les cultures maraîchères, fruitières et légumières transformées ou non par un traitement thermique industriel adapté, le pâturage, les espaces verts ouverts au public, les fleurs vendues coupées, les pépinières, arbustes et autres cultures florales, le fourrage frais, les autres cultures céréalières et fourragères, l'arboriculture fruitière et les taillis à courte ou très courte rotation avec accès contrôlé du public ». A titre d'exemple, l'usage « fourrage frais » dans les qualités A et B est ajouté pour protéger la santé animale, sur les préconisations de l'avis de l'Afssa (2010).

L'arrêté intègre de nouveaux indicateurs pour les qualités A, B, C et D : les entérocoques, pour le risque bactérien, les phages ARN-F spécifiques, pour le risque viral, et les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ARS), pour le risque parasitaire. Effectivement, l'Afssa montre qu'en 2008, la communauté scientifique considère *E. coli* comme peu fiable en tant qu'indicateur unique de la qualité de l'eau usée traitée, de par sa grande sensibilité aux stress environnementaux et aux processus de traitement (autrement dit, de sa faible résistance). L'expertise suggère que les entérocoques peuvent être un bon complément à *E. coli* grâce à leur survie plus longue dans l'environnement et leur meilleure résistance aux traitements chimiques de désinfection. Pour les phages ARN-F spécifiques, l'Afssa montre qu'ils ont des structures génétique et morphologique très proches des virus entériques pathogènes, qui eux sont difficiles à tracer directement parce qu'ils sont en concentration insuffisante et variable dans l'eau usée, et ne sont pas cultivables. De plus, les phages sont considérés comme résistants aux UV utilisés dans le traitement de l'eau, et la technique pour leur détection est normalisée par une norme ISO : le caractère infectieux des phages ARN-F spécifiques est facilement appréciable. Ces caractéristiques sont autant d'atouts qui font des phages de bons candidats au poste d'indicateur viral.

De plus, les nouveaux paramètres (entérocoques, phages et spores) doivent désormais être mesurés non par une concentration, mais par un abattement. Pour la qualité A, l'arrêté reprend la valeur de 4 log d'abattement, préconisé par l'OMS (2006) pour la filière de traitement. L'introduction de l'abattement comme unité de mesure des seuils de qualité implique des obligations de moyens, c'est-à-dire un traitement de l'eau usée suffisamment performant, là où le projet d'arrêté de 2001 proposait uniquement des obligations de résultat, c'est-à-dire une simple analyse de l'eau usée traitée en sortie de STEP. Quelle que soit la qualité de l'eau usée brute qui entre dans la station d'épuration, il faut désormais être en mesure de démontrer que le système de traitement permet de réduire les pathogènes de 4 log (pour la qualité A), de 3 log (pour la qualité B) ou de 2 log (pour les qualité C et D) ; ce qui n'est pas trivial, en particulier

si l'eau usée brute est de bonne qualité. De plus, le texte introduit des programmes de surveillance et de suivi de l'eau usée traitée en fonction de la sa qualité, et questionne la responsabilité de la traçabilité de l'eau.

Enfin, l'arrêté stipule que l'autorisation préfectorale pour l'agrément d'un projet de REUT ne pourra être délivrée qu'après le dépôt d'un dossier de demande, qui comprend notamment une analyse des risques, et une analyse des impacts environnementaux et sanitaires. Les projets sont instruits par les Directions Départementales des Territoires (DDT), services déconcentrés de l'Etat en charge de la police de l'eau, en coordination avec les Agences Régionales de Santé (ARS).

L'irrigation par aspersion n'est autorisée qu'à titre expérimental, et doit être validée par arrêté préfectoral après l'avis favorable de l'Anses. Cet « écart » excepté, l'esprit du texte est à la rigueur (Agence Française de développement, 2011) : la rédaction est orientée dans le sens de l'interdiction puisque tous les usages qui ne sont pas cités sont, par défaut, interdits. L'arrêté prend en compte les retours d'expérience des dernières années, l'évolution des connaissances et des techniques telles que formalisées par l'OMS et la communauté scientifique au travers des rapports des agences sanitaires ; en conséquence, il renforce le principe de prévention sur l'eau usée traitée. Comme mentionné en introduction, aucun dossier n'a été déposé suite à la publication de l'arrêté (Condom et al., 2013). Un(e) enquêté(e) soulève les freins économiques que l'arrêté de 2010 entraîne, pointés par des acteurs industriels comme SAUR :

« Il n'y a eu aucun dossier de déposé, étant donné les restrictions et les obligations imposées en matière de montage de dossiers. Les acteurs industriels avaient évalué que la mise en place d'un projet de REUT coûtait, indépendamment de la construction du projet, une centaine de kilo-euros la première année, et ensuite, au minimum cinquante kilos par an. Ils disaient clairement : « Nous, on ne voit pas l'intérêt parce qu'on n'arrivera jamais à vendre l'eau, ou en tout cas, à rentrer dans nos fonds avec des tarifs pareils. » C'est à la suite de ça qu'il y a eu un certain nombre de critiques qui ont été faites sur la réglementation en cours. Et cette réglementation a été révisée en 2014. » (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés)

En effet, l'arrêté du 25 juin 2014 vient modifier l'arrêté du 2 août 2010 sur le sujet de l'irrigation et de l'arrosage par aspersion. La révision réglementaire prend appui sur un avis de l'Anses (2012), chargé d'évaluer les risques sanitaires liés à l'aspersion d'EUT pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts, dont les golfs, et le lavage des voiries pour les populations lors d'une exposition directe par voie respiratoire, via l'inhalation d'aérosols d'eau usée traitée, ou par contact cutané-muqueux, via des gouttelettes ou des aérosols d'eau usée traitée.

La catégorisation réglementaire de l'eau usée traitée ne subit aucune modification : les indicateurs, valeurs et unités de mesure restent inchangés. L'arrêté supprime uniquement le dossier de demande d'expérimentation pour les systèmes d'aspersion ; en contrepartie, le texte fixe des prescriptions relatives à la pression et à la portée des asperseurs, à la vitesse et à la direction du vent, à la restriction d'accès aux zones irriguées et à la protection collective et individuelle des personnes potentiellement exposées aux aérosols. L'arrêté reprend les préconisations de l'Anses qui, en l'état des connaissances en 2012, juge préférable de limiter au maximum l'exposition aux aérosols de l'eau usée traitée : l'agence recommande d'adopter une stratégie préventive sur site. En effet, l'Anses souligne que très peu de données sont

disponibles sur la détection, la quantification et la dissémination des contaminants microbiologiques et chimiques lors de l'aspersion d'eau usée traitée. Dans l'attente de connaissances et de méthodes d'évaluation du risque lié aux aérosols, l'Anses s'appuie sur les premiers résultats d'une étude française, réalisée par le CSTB et le Cemagref, financée par l'Anses⁷ pour formuler ses recommandations. N'ayant aucune information sur le lavage des voiries, l'agence se prononce uniquement sur les caractéristiques des asperseurs pour l'agriculture et l'arrosage des jardins.

En 2016, l'arrêté est complété par une instruction interministérielle, qui apporte des précisions sur les modalités d'applications de l'arrêté du 2 août 2010 modifié en 2014. En particulier, on peut relever qu'elle vient faciliter l'introduction de la mesure des seuils en abattement : pour certains cas de STEP ayant une eau usée brute de « trop bonne qualité » en entrée, et qui sont dans l'incapacité de démontrer les abattements nécessaires sans ajouter artificiellement de la population microbienne en entrée, il est possible de caractériser l'eau usée brute comme étant « faiblement chargée ». Ce nouveau statut permet d'utiliser les valeurs limites (en concentrations et non en log d'abattement) pour attester de la conformité de l'eau usée traitée. On peut voir dans l'ajustement de la métrique des seuils une « logique d'accommodement » (Boudia et Jas, 2019) entre les ministères porteurs de l'arrêté et les acteurs industriels.

Le règlement 2020/741 relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau est publié par le Parlement européen et le Conseil du 25 mai 2020.

Il entre en vigueur le 23 juin 2023, et s'applique sans transposition dans le droit français. Le règlement assouplit le cadre d'utilisation de l'eau usée traitée, mais uniquement dans le cadre de l'irrigation agricole : les autres usages, comme ceux qui concernent les espaces verts, demeurent sous la responsabilité de chaque État membre. L'UE est garante du marché unique des produits agricoles ; de plus, elle cherche à accroître la durabilité et la résilience du système alimentaire de l'Union face à la rareté et à l'intermittence des ressources en eau. De leur côté, les États membres doivent pouvoir assurer la production des denrées agricoles, ainsi que leur protection sanitaire. Ainsi, l'harmonisation européenne des critères de qualité de l'eau usée traitée pour objectifs de faciliter, d'encourager et de sécuriser la pratique de REUT à des fins agricoles.

Les quatre classes de qualité d'eau A, B, C et D, sont maintenues, avec les indicateurs suivants : les matières en suspension (MES), la demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO5), *E. coli*, les légionnelles et les œufs d'helminthes (ce dernier critère ne concerne que l'irrigation de pâturages ou de fourrages). Trois indicateurs supplémentaires sont spécifiques à la qualité A : la turbidité, les spores de bactéries ARS et les phages ARN-F spécifiques.

La légionellose est transmise par inhalation de micro-gouttelettes d'eau contaminée, diffusées par les aérosols. L'ajout des légionnelles montre que l'UE intègre le risque spécifique lié au mode d'irrigation par aspersion, mais ses motivations sont aussi ailleurs :

« Comme il y a une recrudescence de la légionellose en Europe, ils ont rajouté ce paramètre. Mais ça reste des bactéries. Donc en termes d'efficacité du traitement, si

⁷ Molle, B., Tomas, S., Huet, L., Roudil, A., Granier, J.-M., Audouard, M., Dimaiolo, P., Rosa, C. (2012). Evaluation du risque de dispersion d'aérosols biologiques par aspersion d'eaux usées traitées : évaluation des systèmes d'aspersion. hal-02600142

on a déjà un bon indicateur bactérien, il n'y a pas de raison pour que la légionnelle soit moins abattue. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

En effet, si la réglementation semble faire un excès de zèle au niveau du risque bactériologique, le choix d'intégrer les légionnelles comme indicateur montre que la normalisation de l'eau usée traitée est conjoncturelle : elle n'est pas intégratrice des seules connaissances scientifiques. En 2007, Lazarova et Brissaud soulignaient que la fréquence des épidémies de Légionellose semblait augmenter, et qu'elle ravivait les interrogations liées au risque de propagation de *Legionella pneumophila* par aspersion. De même, la persistance des œufs d'helminthes peut interroger, puisque l'Anses rappelle que l'utilisation des œufs helminthes est contestable ; il n'est pas pertinent de les suivre en dehors des zones tropicales (Afssa, 2008 ; Anses, 2018). Les *Guidelines* de 1989 et de 2006 de l'OMS, qui préconisent de les intégrer pour suivre le risque parasitaire, sont encore utilisées comme références. Cette résurgence du paramètre daté des œufs d'helminthes s'explique par la décision du JRC, *Joint Research Center* (« Centre commun de recherche » en français). Cette direction générale de la Commission européenne a été créée dans le but d'apporter les conseils scientifiques et le savoir-faire technique nécessaires pour soutenir les orientations politiques choisies par l'Union. Pour le projet de règlement européen (2018), le JRC s'appuie notamment sur les directives de l'Australie, qui applique la méthode de gestion des risques préconisée par l'OMS (2006), comme nous l'explique cet(te) chercheur(e) :

« Les Australiens ont fait l'exercice préconisé par l'OMS, avec la QMRA : ils ont trouvé des valeurs, et le JRC s'est dit qu'il allait reprendre ces valeurs-là. Donc l'exercice n'a pas été refait avec des eaux et des expositions européennes. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Les seuils microbiologiques du règlement européen sont plus exigeants que la réglementation française : par exemple, pour *E. coli*, la qualité C européenne équivaut à la qualité A française. L'abattement en log des microorganismes indicateurs n'est plus requis, sauf pour la qualité A, car le critère d'abattement du traitement pouvait être difficile à suivre quand la qualité de l'eau était déjà très bonne en entrée de STEP. Cette adaptation suit la même logique que l'instruction interministérielle française de 2016, pour s'adapter aux compétences des laboratoires d'analyse classiques, qui n'ont pas les mêmes moyens que la recherche, comme nous en informe ce(tte) chercheur(e) :

« Sur les virus par exemple, il y avait des cas où la concentration dans les eaux brutes à l'entrée de la station était inférieure aux 4 log à atteindre par le règlement. Comment tu fais dans ces cas-là ? Pour éviter ça, [le règlement européen] a enlevé l'abattement, à part sur la classe A. Mais ça n'empêche pas qu'il y ait ces questions analytiques sur la classe A. [...] Il y a des solutions au niveau de la recherche : tu as par exemple des colonnes qui vont te permettre de concentrer les virus. [...] Mais ce n'est pas proposé par les labos. Les limites de quantification, elles sont trop élevées dans les laboratoires, par rapport à ces enjeux-là. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Cet assouplissement n'est pas approuvé par ce(tte) chercheur(e) en génie des procédés :

« Sur le règlement européen, ils ont enlevé les abattements pour les classes B, C et D [pour les entérocoques, les phages ARN-F spécifiques et les spores ARS]. La limite, c'est que tu n'évalues pas forcément la qualité du traitement. Donc si tu as des contaminations avec certains types de micro-organismes, peut-être que tu ne le vois pas. » (E5, Ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Pour compenser cet assouplissement des exigences sur B, C et D, la fréquence des contrôles sanitaires est augmentée pour toutes les catégories. D'un point de vue des exigences sanitaires, les nouvelles catégories européennes, et la qualité A en particulier, semblent nécessiter une rigueur opérationnelle accrue. Cependant, pour permettre le développement des projets de REUT, les catégories européennes sont volontairement dissociées des contraintes d'usage. En effet, le règlement européen encourage l'utilisation de barrières, sur le modèle multi-barrières de l'OMS (1989 ; 2006). Les barrières peuvent être de nature très variable : des restrictions d'accès aux sites irrigués, de la micro-aspiration, une irrigation par goutte-à-goutte, le port d'un équipement de protection individuelle, un lavage post-récolte avec de l'eau potable... L'approche multi-barrières doit permettre d'adapter les critères de qualité en fonction des risques, sans nécessité d'adapter les systèmes techniques existants au niveau des STEP : l'objectif est de lever les freins techniques qui pèsent sur les petites STEP des collectivités rurales et péri-urbaines, mal dimensionnées pour accueillir un système de traitement poussé. En contrepartie de cette flexibilité, le règlement impose l'élaboration d'une approche type plan de gestion des risques avant toute autorisation de projet de REUT : elle n'existait pas dans le cadre français. Ce plan de gestion des risques doit réaliser une évaluation des risques pour la santé et l'environnement, afin de pouvoir ajuster la qualité de l'eau, identifier les mesures préventives ou correctives appropriées, et identifier toute barrière ou mesure supplémentaire pour assurer la sécurité du système. Le plan de gestion des risques détermine aussi les responsabilités de chaque partie prenante du projet en matière de gestion des risques.

En 2022 sort un nouveau décret français, pris en application de la loi AGECE de 2020 : le décret n°2022-336 du 10 mars 2022 relatif aux usages et aux conditions de réutilisation des eaux usées traitées. Les eaux usées en question sont celles issues des systèmes d'assainissement collectif des systèmes d'assainissement non collectif correspondant à des installations classées⁸ de type IOTA (installations, ouvrages, travaux et activités soumises à autorisation environnementale au titre de la loi sur l'eau) relevant de l'article L. 214-3 du code de l'environnement), et des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) relevant de l'article L. 511-2 du code de l'environnement – à l'exception des établissements de collecte, manipulation ou transformation des sous-produits animaux (ICPE 2730, 2731 ou 3650). Le décret encourage donc l'utilisation de l'eau usée traitée provenant d'un plus grand nombre d'ouvrages. Il définit les modalités d'encadrement des usages de l'eau usée traitée qui ne sont pas encore intégrés dans les catégories A, B, C et D de la réglementation, comme le nettoyage de voirie, le nettoyage des réseaux (hydrocurage) ou encore, la lutte contre les incendies. En effet, de nombreuses installations pilotes expérimentales existent alors en France, réalisées avec ou sans demande

⁸ Régime de classement déterminant la création et le fonctionnement de l'installation : autorisation (A), enregistrement (E), déclaration (D), déclaration avec contrôle périodique (DC).

auprès des ARS. Certaines ARS pouvaient être amenées à émettre des avis défavorables de principe et de ce fait, certains porteurs de projets n'associaient pas, ou plus, les ARS aux projets (HCSP, 2022).

Ainsi, le décret permet de fixer un cadre sanitaire légal pour des expérimentations de cinq ans maximum avec pour objectif de les généraliser. Tant qu'ils ne figurent pas dans la liste des interdictions d'usages précisées à l'article 2 du décret (usages de boisson et préparation des aliments, usages liés à l'hygiène corporelle et au linge, usages d'agrément...), les nouveaux usages bénéficient désormais d'une autorisation préfectorale à durée limitée. Le décret ne prescrit donc pas des usages appariés à des qualités d'eau ; il suit plutôt une logique d'interdiction d'usages.

Les usages permis par le décret sont donc vastes, et étendent les possibilités de contact humain avec l'eau usée traitée (toucher, inhalation, ingestion) : la généralisation de la REUT ne doit pas se faire au détriment d'une perte de qualité sanitaire. De plus, le décret permet d'utiliser l'eau usée traitée par les stations d'épuration soumises à formalité au titre de la rubrique 2.1.1.0 de l'article R.214-1 du Code de l'environnement (IOTA) ainsi que celles soumises à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). L'arrêté préfectoral est donc tenu d'indiquer la qualité sanitaire A, B, C ou D à respecter pour l'usage autorisé. Pour cela, il doit d'abord être soumis à un avis du Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques (CODERST) et être conforme à l'avis de l'Agence Régionale de Santé. C'est également le préfet qui fixe les obligations incombant aux parties prenantes, notamment les prescriptions techniques à respecter pour la protection de la santé humaine et de l'environnement (article 5). Le décret permet un suivi annuel de l'expérimentation et une évaluation de fin, à transmettre aux ministères concernés et à l'Anses.

Suite à l'actualité du Plan eau publié en mars 2023, le décret du 10 mars 2022 fait l'objet d'une révision au moment de l'écriture de ce rapport.

2.2.3 Résumé de la trajectoire réglementaire de la REUT

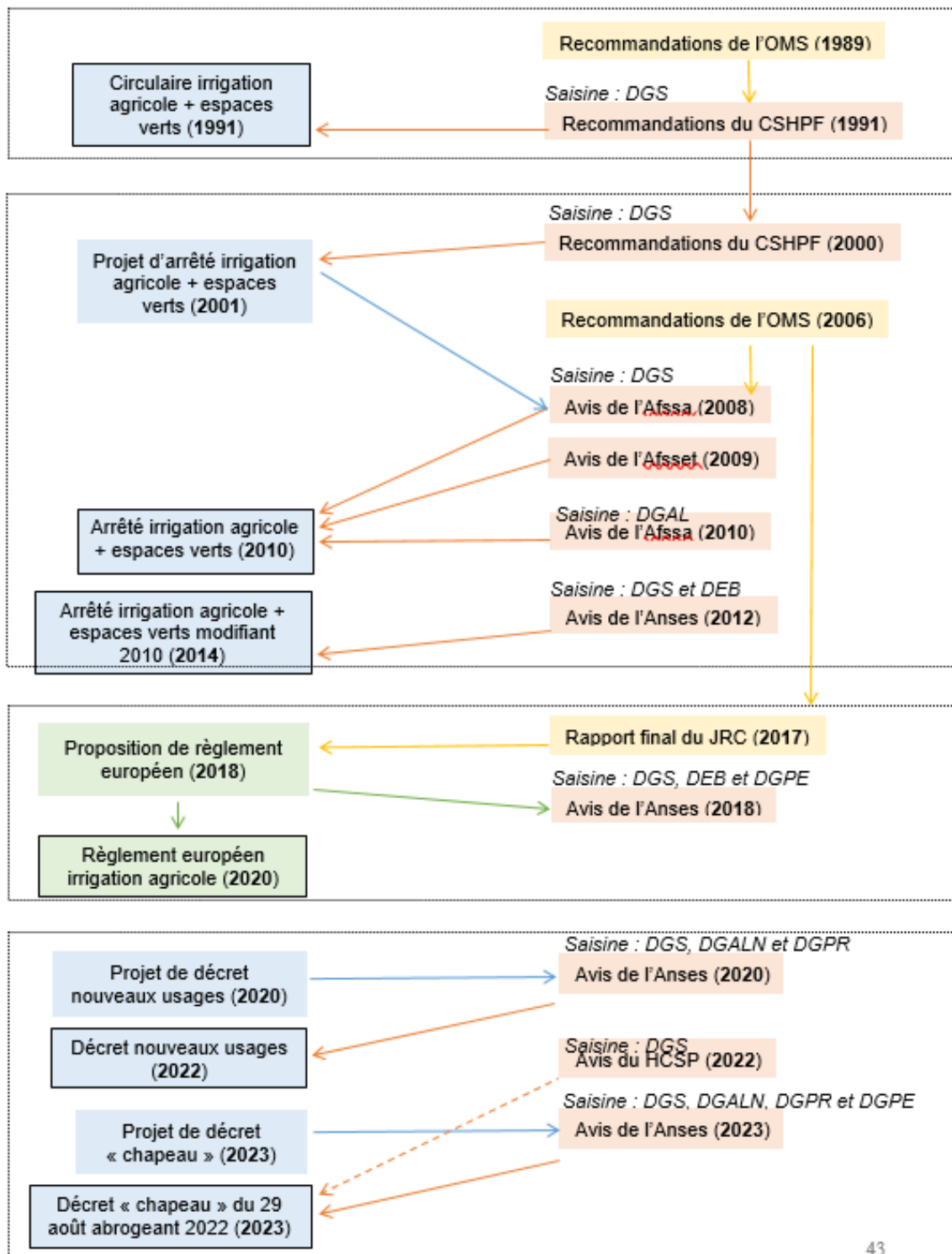
Le processus de normalisation de l'eau usée traitée pour sa réutilisation donne lieu à une large et lente production normative : recommandations d'organisations internationales, expertises des agences sanitaires, textes réglementaires... Cette production témoigne de la difficulté à renseigner la dangerosité de l'eau, en particulier en l'absence de consensus sur les dangers microbiologiques et chimiques et sur leur incidence à l'encontre des humains et des milieux. Elle témoigne également de la difficulté à poser des garanties de protection des personnes, des activités et des milieux de façon à ce qu'elles ne soient pas contraignantes pour permettre la mise en place des projets de REUT.

Pour trouver cet équilibre et l'inscrire dans un cadre légal, les textes réglementaires français réemploient les normes générées par les organisations internationales, comme l'utilisation des données épidémiologiques, la métrique de risque du DALY, le modèle d'évaluation des risques de la QMRA ou l'approche multi-barrières introduites par l'OMS.

Les textes français s'appuient aussi sur l'expertise de l'Anses, qui se positionne sur les productions normatives antérieures (directives de l'OMS, textes réglementaires publiés) et pose

un regard critique sur celles-ci au regard de l'état actuel des connaissances et des techniques. En France, l'Anses tient ainsi un rôle essentiel, puisqu'elle facilite la mise à disposition des savoirs relatifs à l'eau usée traitée et oriente les futurs textes réglementaires en se prononçant sur les sujets sur lesquels elle est compétente, les problématiques sanitaires et alimentaires. Les avis sont donnés à la demande des directions des ministères concernés : généralement, de la DGS et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB). Les avis de l'Anses permettent de comprendre la « philosophie » des textes réglementaires (Institut de l'économie circulaire, 2018) : ils rendent visible l'argumentaire scientifique et technique sur lequel se fonde, en partie, la réglementation.

A ce titre, la latence de la prise en compte de certains sujets dans la réglementation française s'explique par le champ des compétences respectives des agences sanitaires. Par exemple, avant la fusion de l'Afssa et de l'Afsset, l'Afssa (2008) cible son évaluation sur les risques sanitaires pour les humains et les animaux liés à une exposition par voie orale (par ingestion) : son évaluation n'inclut pas les risques sanitaires pour les riverains ou les professionnels (donc les risques relatifs à l'aspersion), ou encore les risques relatifs aux espaces verts, car ils ne relèvent pas de ses compétences en matière alimentaire. Cette caractéristique explique pourquoi le risque lié à l'aspersion fait l'objet d'une expertise complète par l'Anses en 2012 seulement.



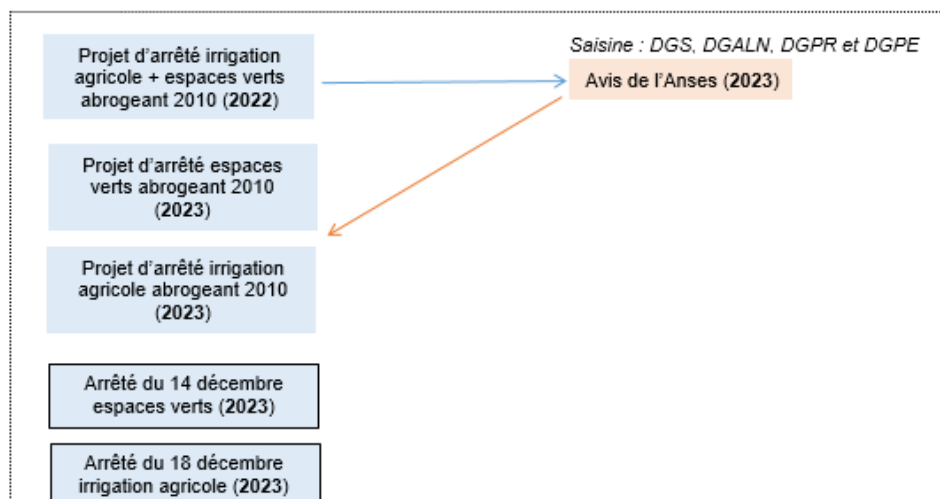


Figure 6 : textes réglementaires spécifiques à la REUT et expertises produites par les agences sanitaires

Légende

Flèche en pointillé : avis de l'agence non mentionné dans les visas du texte réglementaire finale mais utilisé lors d'une saisine par un ministère

Bleu : réglementation française ; Vert : réglementation européenne

Orange : expertise française ; Jaune : expertise européenne et/ou internationale

ABR : Antibiorésistance ; **DEB** : Direction de l'eau et de la biodiversité ; **DGAI** : Direction générale de l'alimentation ; **DGALN** : Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature ; **DGPE** : Direction générale de la performance économique et environnementale des entreprises ; **DGPR** : Direction générale de la prévention des risques ; **DGS** : Direction Générale de la Santé

Résumons les moments charnières de la catégorisation de l'eau usée traitée, pour mettre en avant les moteurs de sa régulation et de sa normalisation.

- En **1989**, les recommandations de l'OMS intègrent des données épidémiologiques, et mettent la lumière sur les différents groupes de personnes exposées à l'eau usée traitée. Sur cette base, les recommandations définissent trois qualités d'eau A, B et C à respecter en fonction des usages de réutilisation, définis par des critères microbiologiques bactériens (coliformes intestinaux) et parasitaires (œufs d'helminthes). Le risque chimique n'est pas pris en compte car l'OMS n'a pas pu établir de consensus.
- En **1991**, le CSHPF valide l'approche du risque microbiologique de l'OMS fondée sur des études épidémiologiques : il reprend les mêmes critères et seuils que l'organisation internationale, et ouvre explicitement les usages possibles de l'eau usée traitée à l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts et des golfs. Le CSHPF prend en compte le risque lié aux aérosols et introduit des contraintes de distance pour les systèmes d'irrigation en conséquence. Il cible aussi le risque chimique lié à la présence de micropolluants pour l'environnement, et préconise l'analyse des boues pour valider l'étude préalable et la surveiller la qualité chimique de l'eau usée traitée.
- En **2001**, le projet d'arrêté français définit quatre niveaux de qualité A, B, C et D de l'eau usée traitée, avec une nouvelle classe A qui intègre le suivi des salmonelles

(bactéries) et des œufs d'helminthes, par addition aux MES, à la DCO et à *E. coli*, base commune d'indicateurs pour toutes les qualités.

- En **2006**, les nouvelles recommandations de l'OMS marquent un tournant conceptuel avec l'alignement de l'eau usée traitée avec l'eau de boisson et l'eau de baignade sur le même niveau de protection sanitaire, matérialisé par un seuil de DALY à atteindre. Les directives légitiment et encouragent une approche fondée sur la modélisation des risques et introduisent une logique de mesure des seuils de qualité de l'eau usée traitée en abattements logarithmiques, imposant une obligation de moyens sur le traitement.
- En **2010**, l'arrêté prend en compte le risque viral en ajoutant les phages ARN-F spécifique. Il améliore la prise en compte du risque parasitaire en remplaçant le suivi des œufs d'helminthes, dont la pertinence est contestée par des études scientifiques, par les spores bactéries ARS, et complète la surveillance du risque bactérien avec l'ajout des entérocoques comme indicateur. Sur les conseils de l'OMS (2006), les seuils passent de concentrations limites en abattement logarithmiques pour les entérocoques, les phages et les spores de bactéries.
- En **2014**, la révision de l'arrêté de 2010 prend en compte le risque lié à l'aspersion en fixant des prescriptions techniques particulières (contraintes de distance pour l'irrigation par aspersion, facteur vent, niveaux de qualité sanitaire, contraintes d'usage, de distance et de terrain).
- En **2020**, le règlement européen prend en compte le risque bactérien spécifique lié aux légionnelles, relatif à l'irrigation par aspersion. Il conserve les œufs d'helminthes comme indicateur parasitaire pour l'irrigation des pâturages et du fourrage. La qualité A est renforcée en termes d'exigences sanitaires, puisqu'elle demande un seuil très bas sur les *E. coli*. De plus, elle impose le suivi des phages ARN-F spécifiques, des spores de bactéries ARS et de la turbidité seulement sur la catégorie A. Le règlement s'approprie la logique multi-barrières de l'OMS (2006) telle qu'éprouvée par l'Australie, et fondée sur une approche type plan de gestion des risques. On passe d'une approche fondée sur des valeurs limites à une approche basée sur un système de gestion des risques pour chaque projet de REUT, avec une stratégie de traitement de l'eau usée plus flexible, qui redistribue la responsabilité sur toutes les parties prenantes du projet.
- En **2022**, le décret français du 10 mars 2022 marque la volonté politique de faciliter les usages expérimentaux de l'eau usée traitée, c'est-à-dire les usages qui ne sont pas encadrés par la réglementation et répartis entre les qualités A, B, C et D. Il marque également le glissement vers un « *changement de paradigme* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé) : d'un référentiel fixé et stable pour les usages historiques d'irrigation et d'arrosage, la démarche de normalisation de l'eau usée traitée se spécialise avec une variation des prescriptions au cas par cas.

L'état de l'art scientifique n'oriente pas à lui seul les évolutions réglementaires. Des logiques d'opérationnalité guident la construction réglementaire des catégories de l'eau usée traitée : la réglementation doit être réalisable techniquement et pour un prix compétitif par rapport aux autres sources d'eau. On peut le constater avec la permanence de *E. coli*, un « bon indicateur » au sens de l'Afnor (2000). La surveillance de *E. coli*, des MES et de la DCO mobilisent des

techniques maîtrisées par les laboratoires d'analyse (Institut de l'économie circulaire, 2018). De plus, ces indicateurs sont éprouvés depuis les premières réglementations de caractérisation de la qualité des eaux, comme l'eau potable, ou l'eau de baignade. Les abattements logarithmiques sont plus difficiles à démontrer par les laboratoires d'analyse ; la révision de l'arrêté du 2 août 2010 en 2014 prend en compte cette caractéristique pour abaisser les obligations de démonstration des abattements sur des eaux usées de bonne qualité.

Ensuite, la totalité des nouvelles connaissances ne sont pas toujours prises en compte, en particulier lorsqu'il s'agit du risque chimique. Par exemple, l'Anses (2018) atteste que le projet de règlement européen de 2018 ne prend pas en compte les études scientifiques récentes qui montre la possibilité d'absorption par les plantes irriguées, via leurs racines, de contaminants chimiques de type produits pharmaceutiques ou sous-produits de désinfection présents dans l'eau usée traitée. La persistance des œufs d'helminthes est un autre exemple typique de la non-prise en compte des apports scientifiques, puisque l'Anses rappelle à deux reprises qu'il n'est pas pertinent de les suivre en dehors des zones tropicales (Afssa, 2008 ; Anses, 2018).

Ensuite, la réglementation de l'eau usée traitée se construit sur des évaluations du risque sanitaire et environnemental – essentiellement sanitaire – qui ont pour objectif de dépasser l'incertitude qui caractérise cette eau. Cependant, cette démarche n'a pas seulement un rôle scientifique d'amélioration des connaissances : elle a également un fondement politique, puisqu'elle vient apporter une « réponse palliative » (Henry *et al.*, 2015) face à la décision des décideurs d'autoriser la mise en circulation des substances nocives de l'eau usée traitée. Les évaluations du risque, comme la QMRA, rassurent sur la capacité des institutions scientifiques et politiques à prédire le risque. Elles favorisent l'acceptation des contaminations de l'eau usée traitée, comme le montre Fressoz (2012) dans son analyse historique des « petites désinhibitions modernes », puisque la mesure de leur danger est associée à un processus objectif, comme en témoigne cet extrait :

« Les personnes spécialistes de la QMRA, du risk assessment, prenaient les caractéristiques que je leur donnais. [...] A partir de là, tu caractérises non seulement la qualité de l'eau, mais tu caractérises aussi la possibilité de contamination. [...] C'est tout ce calcul-là qui s'appuie sur des données objectives, que, personnellement, je ne sais pas faire. » (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Les modèles de prédiction du risque (*risk assesment*), une approche généralisée par l'OMS, n'ont pourtant rien d'arbitraire : comme décrit plus haut, l'usage des DALY est l'outil d'un gouvernement économique par la santé (Pestré, 2014). Le modèle du DALY agrège plusieurs paramètres : l'espérance de vie, la pondération liée à l'âge et des coefficients de sévérité, dont les méthodes de détermination et la validité sont contestées. Par exemple, il est reproché aux coefficients de sévérité de mal prendre en compte les conditions sociales, culturelles et environnementales des individus (Lesterle, 2006).

Le gouvernement de l'eau usée traitée par le risque (Boudia et Jas, 2019) s'appuie sur les outils d'évaluation du risque, qui renforcent la croyance selon laquelle les risques peuvent être anticipés, donc contrôlés. Pour l'eau usée traitée, ce contrôle se fait au travers de l'acte réglementaire, qui impose des qualités à respecter, combinées à des mesures de précaution selon l'usage désiré. Les effets de cadrage (Goffman, 1974) de la réglementation ne sont pas neutres,

car ils se fondent sur des choix précis déterminés à un instant T, sur la base d'un ensemble de considérations politiques, scientifiques et techniques. Or, ce sont justement ces choix qui se retrouvent aujourd'hui au cœur des débats, et questionnent, par exemple, l'endroit et la manière de mesurer la qualité de l'eau, ou l'attribution des responsabilités en matière de gestion des risques. Les éléments de cadrage de l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation génèrent également des changements : « Et c'est là que l'argument central apparaît, chacun de ces éléments, en même temps qu'il contribue à structurer et à cadrer l'interaction, dont il constitue en quelque sorte la matière, fournit une voie de débordement possible » (Callon, 1990).

<i>Année</i>	<i>Qualité A</i>	<i>Qualité B</i>	<i>Qualité C</i>	<i>Qualité D</i>
1989 (OMS)	- Œufs d'helminthes ($\leq 1/L$) - Coliformes intestinaux ($\leq 1000/100mL$)	- Œufs d'helminthes ($\leq 1/L$)	Pas d'indicateurs	
<i>Usages</i>	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, sans exposition des ouvriers agricoles et du public	
 1991 (CSHPF)	- Œufs d'helminthes ($< 1/L$) - Coliformes intestinaux ($\leq 1000/100mL$)	- Œufs d'helminthes ($< 1/L$)	Pas d'indicateurs	
<i>Usages</i>	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Irrigation par voie gravitaire des cultures céréalières, industrielles et fourragères, pépinières, vergers, végétaux consommables après cuissons et irrigation par aspersion des pâturages	Irrigation souterraine ou localisée des cultures de la catégorie B	
 2001 (CSHPF)	- MES (≤ 35 mg/L ou ≤ 150 mg/L si lagunage naturel) - DCO (≤ 125 mg/L) - <i>E. coli</i> ($\leq 1\ 000/100mL$) - Œufs d'helminthes (absence) - Salmonelles (absence)	- MES (≤ 35 mg/L ou ≤ 150 mg/L si lagunage naturel) - DCO (≤ 125 mg/L) - <i>E. coli</i> ($\leq 1\ 000/100mL$)	- MES (≤ 35 mg/L ou ≤ 150 mg/L si lagunage naturel) - DCO (≤ 125 mg/L) - <i>E. coli</i> ($\leq 10\ 000/100mL$)	- MES (≤ 35 mg/L ou ≤ 150 mg/L si lagunage naturel) - DCO (≤ 125 mg/L)
<i>Usages</i>	Irrigation de cultures maraîchères consommées crues, d'arbres fruitiers et pâturages et d'espaces verts ouverts au public	Irrigation de cultures maraîchères consommées après cuisson, céréales et fourrages, cultures florales, arbustes et pépinière	Irrigation de cultures céréalières et fourragères, de cultures florales, pépinières et arboriculture fruitière	Irrigation (hors aspersion) de forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public

 2010/2014 (arrêté)	- MES (< 15 mg/L) - DCO (< 60 mg/L) - <i>E. coli</i> ($\leq 250/100$ mL) - Entérocoques fécaux (≥ 4 log) - Phages ARN-F spécifiques (≥ 4 log) - SBASR (≥ 4 log)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DCO (≤ 125 mg O₂/L ou 75% rendement) <i>MES et DCO : valeurs des arrêtés 22 juin 2007 et 21 juillet 2015 pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 10\ 000/100$ mL) - Entérocoques fécaux (≥ 3 log) - Phages ARN-F spécifiques (≥ 3 log) - SBASR (≥ 3 log)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DCO (≤ 125 mg O₂/L ou 75% rendement) <i>MES et DCO : valeurs des arrêtés 22 juin 2007 et 21 juillet 2015 pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 100\ 000/100$ mL) - Entérocoques fécaux (≥ 2 log) - Phages ARN-F spécifiques (≥ 2 log) - SBASR (≥ 2 log)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement pour pollution élevée) - DCO (≤ 125 mg O₂/L ou 75% rendement) <i>MES et DCO : valeurs des arrêtés 22 juin 2007 et 21 juillet 2015 pour la charge brute la plus élevée</i> - Entérocoques fécaux (≥ 2 log) - Phages ARN-F spécifiques (≥ 2 log) - SBASR (≥ 2 log)
Usages (agricoles + espaces verts)	Irrigation de cultures maraîchères, fruitières et légumières transformées ou non par un traitement thermique industriel adapté / pâturage / espaces verts ouverts au public / fleurs vendues coupées / pépinières et arbustes et autres cultures florales / fourrage frais / autres cultures céréalières et fourragères / arboriculture fruitière / taillis à courte ou très courte rotation, avec accès contrôlé du public	Irrigation de cultures maraîchères, fruitières et légumières transformées par un traitement thermique industriel adapté / pâturage / fleurs vendues coupées (irrigation localisée) / pépinières et arbustes et autres cultures florales / fourrage frais / autres cultures céréalières et fourragères / arboriculture fruitière (irrigation par goutte-à-goutte) / taillis à courte rotation ou à très courte rotation, avec accès contrôlé du public	Irrigation localisée de pépinières, arbustes et autres cultures florales / autres cultures céréalières et fourragères / arboriculture fruitière / taillis à courte rotation ou à très courte rotation, avec accès contrôlé du public et en goutte-à-goutte	Irrigation localisée de taillis à courte ou très courte rotation, avec accès contrôlé du public
 2020 (règlement)	- MES (≤ 10 mg/L) - DBO₅ (≤ 10 mg/L) - Turbidité (≤ 5 NTU) - <i>E. coli</i> ($\leq 10/100$ mL et ≥ 5 log) - Phages ARN-F spécifiques (≥ 6 log) - SBASR (≥ 5 log) ou <i>Clostridium perfringens</i> (≥ 4 log) - Légionnelles (< 1 000/L) - Œufs d'helminthes (< 1/L)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DBO₅ (25 mg/L O₂ ou 70-90% rendement) <i>MES et DBO₅ : valeurs de la directive UE du 21 mai 1991 (DERU) pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 100/100$ mL) - Légionnelles (< 1 000/L) - Œufs d'helminthes (< 1/L)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DBO₅ (25 mg/L O₂ ou 70-90% rendement) <i>MES et DBO₅ : valeurs de la directive UE du 21 mai 1991 (DERU) pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 1\ 000/100$ mL) - Légionnelles (< 1 000/L) - Œufs d'helminthes (< 1/L)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DBO₅ (25 mg/L O₂ ou 70-90% rendement) <i>MES et DBO₅ : valeurs de la directive UE du 21 mai 1991 (DERU) pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 10\ 000/100$ mL) - Légionnelles (< 1 000/L) - Œufs d'helminthes (< 1/L)
Usages (agricoles) <i>Hors possibilités de barrières</i>	Irrigation de toutes les cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec l'eau de récupération et les plantes sarclées consommées crues	Irrigation de cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération / cultures vivrières transformées / cultures non vivrières (dont celles qui servent à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande)	Irrigation par goutte-à-goutte de cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération / cultures vivrières transformées / cultures non vivrières (dont celles qui servent à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande)	Irrigation de cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières

 2023 (2 arrêtés)	- MES (≤ 10 mg/L) - DBO5 (≤ 10 mg/L) - Turbidité (≤ 5 NTU) - <i>E. coli</i> ($\leq 10/100$ mL et ≥ 5 log) - Phages ARN-F spécifiques ($\leq 10/100$ mL et ≥ 6 log) - <i>Clostridium perfringens</i>/SBASR ($\leq 10/100$ mL et ≥ 4 log ou ≥ 5 log si SBASR) - Légionnelles ($< 1\ 000/L$) - Œufs d'helminthes ($< 1/L$)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DBO5 (≤ 25 mg O₂/L ou 80% rendement) <i>MES et DCO : valeurs des arrêtés 22 juin 2007 et 21 juillet 2015 pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 100/100$ mL et ≥ 3 log) - Phages ARN-F spécifiques ($\leq 100/100$ mL et ≥ 3 log) - <i>Clostridium perfringens</i>/SBASR ($\leq 100/100$ mL et ≥ 3 log) - Légionnelles ($< 1\ 000/L$) - Œufs d'helminthes ($< 1/L$)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DBO5 (≤ 25 mg O₂/L ou 80% rendement) <i>MES et DCO : valeurs des arrêtés 22 juin 2007 et 21 juillet 2015 pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 1\ 000/100$ mL et ≥ 2 log) - Phages ARN-F spécifiques ($\leq 1\ 000/100$ mL et ≥ 2 log) - <i>Clostridium perfringens</i>/SBASR ($\leq 1\ 000/100$ mL et ≥ 2 log) - Légionnelles ($< 1\ 000/L$) - Œufs d'helminthes ($< 1/L$)	- MES (35 mg/L ou 90% rendement) - DBO5 (≤ 25 mg O₂/L ou 80% rendement) <i>MES et DCO : valeurs des arrêtés 22 juin 2007 et 21 juillet 2015 pour la charge brute la plus élevée</i> - <i>E. coli</i> ($\leq 10\ 000/100$ mL et ≥ 2 log) - Phages ARN-F spécifiques ($\leq 10\ 000/100$ mL et ≥ 2 log) - <i>Clostridium perfringens</i>/SBASR ($\leq 10\ 000/100$ mL et ≥ 2 log) - Légionnelles ($< 1\ 000/L$) - Œufs d'helminthes ($< 1/L$)
Usages (agricoles + espaces verts)	Irrigation de 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 / Irrigation de 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 Arrosage d'espaces verts ouverts au public / Espaces verts dont l'accès au public est restreint	Irrigation de 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 / Fourrage frais et pâturage / Cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières / <i>Cultures de catégorie A avec précaution (les cultures consommées crues/en contact direct avec l'eau usée traitée peuvent aussi être irriguées en mettant en place des barrières appropriées)</i> Arrosage d'espaces verts dont l'accès au public est restreint	Irrigation de cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières / <i>Autres cultures de catégories A et B avec précaution (les cultures spécifiques à A et B peuvent aussi être irriguées en mettant en place des barrières appropriées)</i> Arrosage d'espaces verts dont l'accès au public est restreint en mettant en place des barrières appropriées	Irrigation de cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières

Tableau 7 : évolution des catégories d'eau usée traitée en fonction des réglementations

2.3 Internaliser l'eau usée traitée en société : héritages et nouvelles attentes

2.3.1 Faire entrer l'eau usée traitée dans le paysage réglementaire de l'eau

L'eau usée traitée est un nouveau type d'eau, qui s'insère dans un paysage réglementaire existant : elle n'est pas supposée entrer en conflit cette typologie normée d'usages. Dans cette sous-partie, nous montrons la proximité des exigences sanitaires de l'eau usée traitée avec d'autres types d'eau : l'eau potable, l'eau d'irrigation et l'eau de baignade. Nous montrons aussi que la création de l'eau usée traitée se fait par adaptation du « déjà là » (Lascoumes, 1996), par recyclage de la DERU et de la réglementation sur les boues d'épuration.

La catégorisation est un procédé courant lorsqu'il s'agit de réglementer l'eau pour réguler sa qualité, à destination d'une utilisation donnée. Elle n'est donc pas un procédé réglementaire dévolu à la REUT. La réglementation des eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) ou eau potable (directive 2020/2184 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2020) classe les eaux douces superficielles (eaux des cours d'eau, des canaux, des lacs et des étangs) en trois catégories A1, A2 et A3 en fonction de leur qualité (A1 : bonne ; A2 : moyenne ; A3 : médiocre). Les catégories A1, A2 et A3 sont caractérisées par des valeurs limites d'« indésirables » à ne pas dépasser. Les seuils de la catégorie A1 sont les plus bas puisqu'ils correspondent à une eau de « bonne qualité » : une eau de catégorie A1 contient moins d'« indésirables » (ammonium, bore, fluorure, manganèse, nitrates...) qu'une eau de catégorie A3. Ces différents seuils permettent de fixer des exigences minimales de qualité sanitaire, afin d'adapter le procédé de traitement en fonction de chaque catégorie (A1 : traitement physique simple et désinfection ; A2 : traitement physique et chimique normal, désinfection ; A3 : traitement physique et chimique poussé, opérations d'affinage et de désinfection). Dans la réglementation des EDCH, le classement en niveaux de qualité sert ainsi à définir des traitements spécifiques, alors que la catégorisation opérée par la réglementation de la REUT obéit à une logique différente. En effet, les qualités A1/A2/A3 des EDCH sont toutes les trois compatibles avec la production d'eau potable : elles sont propres à la consommation, indépendamment de l'usage possible (boisson ; préparation et cuisson des aliments ; hygiène corporelle et usages domestiques ; fabrication, transformation, conservation et la commercialisation de produits). Le code de la santé publique précise que l'eau destinée à la consommation humaine doit, en plus du respect de ces critères qualitatifs, être issue du milieu naturel.

La réglementation de la REUT, quant à elle, est sélective : elle impose une qualité d'eau A, B, C ou D en fonction de l'usage envisagé. Pour irriguer avec de l'eau usée traitée des cultures maraîchères consommées crues, la réglementation incite à sélectionner la classe A, B, C ou D adaptée à cet usage – A, en l'occurrence. Le principe classificatoire est donc légèrement différent entre l'eau potable et l'eau usée traitée.

Les normes de qualité de l'eau potable sont utilisées par les enquêté(e)s comme référence pour préjuger du niveau d'exigence sanitaire de l'eau usée traitée, comme l'illustre ce(tte) chercheur(e) : « *Moins de 10 E. coli par 100 ml [pour la classe A européenne de l'eau usée*

traitée], c'est quasiment de l'eau potable, parce que la réglementation pour l'eau potable, c'est moins de 1 par 100 mL. » (E2, chercheur(e) en microbiologie).

La législation de la REUT produit des effets sur les eaux qu'elle a vocation à remplacer, comme l'eau d'irrigation. En effet, il n'existe pas de législation relative à la qualité de l'eau brute utilisée classiquement en contexte agricole ; celle-ci provient d'eaux superficielles ou souterraines, et est mobilisée par les agriculteurs sans contrôle préalable de sa qualité. Ils ne sont pas soumis à des procédures de suivi de qualité de l'eau. De même, cette eau d'irrigation n'est pas soumise à des restrictions liées au vent, à la topographie ou à la proximité des habitations, contrairement à l'eau usée traitée telle que régulée en 2014 (Institut de l'économie circulaire, 2018).

Des outils existent pour évaluer la qualité de l'eau de surface utilisée pour l'irrigation, mais ils s'utilisent sur la base d'une démarche volontaire. Par exemple, il existe les normes ISO (ISO/TC 147 pour la qualité générale de l'eau ; ISO/TC 23/SC 18 pour l'irrigation), et en France, un système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ Eau) existe, créé par les agences de l'eau au début des années 2000. La REUT introduit ainsi des obligations juridiques sur une ressource ordinairement non inspectée, directement disponible et utilisée de manière indifférente selon son origine. De plus, il existe déjà des situations de REUT selon cette personne enquêtée, qui met en avant une disparité réglementaire : *« Tu prends de l'eau à la sortie de la station d'épuration, tu as des règles ; tu prends de l'eau dix mètres en dessous de l'exutoire, tu n'as plus de règles. »* (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

L'émergence de la réglementation de la REUT, qui cadre (Goffman, 1978) l'utilisation de l'eau usée traitée, provoque donc ponctuellement des effets de « débordement » (Callon, 1990) d'exigences sur les autres types d'eaux. Des autorités de contrôle ont déjà étendu, sur le terrain, les critères de qualité de l'arrêté du 2 août 2010 à des eaux d'irrigation (Note d'information du Préfet de la Région d'Île de France sur le « Paquet hygiène en production primaire végétale », 2017), rendant difficile l'irrigation dans certains bassins, ainsi qu'à certaines périodes de l'année.

Cet aspect considéré, les eaux de la REUT peuvent être avantageuses par rapport à l'eau d'irrigation. Les eaux usées traitées permettent de contourner les restrictions locales de prélèvement et de consommation d'eau, décidées dans les arrêtés sécheresses par les services déconcentrés de l'Etat⁹. Lorsque la consommation d'eau est temporairement interdite sur le réseau d'eau potable, les eaux usées traitées permettent de maintenir certaines activités (sur des usages qui ne nécessitent pas d'eau potable, comme l'arrosage des golfs). Les eaux usées traitées permettent aussi de déroger aux restrictions sur les prélèvements dans le milieu naturel¹⁰, et à l'usage fait de ces prélèvements. En effet, elles ne sont pas soumises aux redevances de prélèvement d'eau fixées par les agences de l'eau, car elles ne sont pas considérées comme un prélèvement dans le milieu naturel. Les eaux de REUT constituent ainsi un argumentaire de vente majeur, à destination des utilisateurs qui ont les moyens d'accéder à cette ressource. En effet, les coûts engendrés par l'adaptation des infrastructures, c'est-à-dire

⁹ Nous faisons référence ici aux arrêtés préfectoraux, mais les arrêtés d'orientations de bassin et les arrêtés cadres départementaux et interdépartementaux peuvent aussi décider de ces mesures.

¹⁰ Les prélèvements dans le milieu correspondent au réseau d'adduction (eau potable), aux puits, forages, cours d'eau et autres plans d'eau connectés au milieu. Les plans d'eau déconnectés (comme les bassines), les réserves de récupération d'eau de pluie et l'eau issue des matières premières ne sont pas concernés par ces arrêtés sécheresse.

par le système de traitement de la STEP, le transport et le pompage jusqu'au système d'irrigation, entraînent des coûts élevés au mètre cube, de 3 à 5 fois plus qu'une eau de rivière. Les eaux de REUT permettent un comportement opportuniste en période de sécheresse, en pérennisant l'accès à l'eau de certains utilisateurs.

L'eau de surface utilisée par les exploitants agricoles peut être soumise à une qualité d'eau de baignade, si elle est située dans une zone accessible au public, aménagée ou non, où la baignade est habituellement pratiquée et ne fait pas l'objet d'une interdiction permanente. Dans cette situation, l'eau est encadrée par une réglementation, afin de protéger la santé des baigneurs. La réglementation relative aux baignades relève des dispositions fixées par la directive européenne 2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade. Cette directive a été transposée en droit français dans le code de la santé publique. L'eau de baignade est fréquemment utilisée dans le discours des enquêté(e)s pour désigner l'eau d'irrigation, par raccourci (si l'eau d'irrigation est prélevée dans une zone de baignade, elle devient une eau de baignade), mais aussi pour relever la disparité de normes entre l'eau de baignade et l'eau usée traitée, comme en témoigne cet extrait d'entretien :

« Avec la réglementation européenne, l'eau de baignade n'est même pas utilisable pour arroser des légumes. C'est-à-dire que la qualité requise pour les eaux usées réutilisées pour arroser des légumes est supérieure à celle des eaux de baignade, pour dix fois moins d'Escherichia coli que dans une eau de baignade. » (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

En effet, le règlement européen sur l'eau usée traitée positionne la concentration d'*E. coli* à 10 UFC par 100 mL pour la qualité A, alors que la réglementation de l'eau de baignade fixe la concentration d'*E. coli* à 100 UFC par 100 mL. Pour ce(te) chercheur(e), la différence de régulation sur le paramètre *E. coli* révèle une incohérence profonde :

*« Il y a une réglementation européenne sur les eaux de baignade, qui permet de se baigner dans des eaux où il y a 300, 500 ou 900 *E. coli* dans 100 mL d'eau : une eau qui tient à peine la classe C européenne de l'eau usée traitée ! On peut se baigner dans des eaux avec lesquelles on ne pourrait pas du tout faire du maraîchage... ça me paraît évident qu'il y a quelque chose qui ne va pas. » (E6, chercheur(e) en génie des procédés).*

Pour préciser cet extrait, la classe C européenne correspond à 1000 *E. coli* par 100 mL. Une eau de baignade de 300, 500 ou 900 *E. coli* par 100 mL est une eau considérée de moins bonne qualité que pour une eau de baignade à 100 *E. coli* par 100 mL, mais la baignade reste possible ; elle est simplement qualifiée de « moyenne » ou de « mauvaise » qualité, à titre informatif pour les baigneurs. L'eau de surface prélevée par les exploitants agricoles, a donc, en dehors d'une situation de REUT, une qualité « eau de baignade » tout au mieux.

Historiquement, le droit communautaire, européen, s'est d'abord appliqué à définir les eaux selon leur usage (eau potable, eau de baignade, eau piscicole, eau conchylicole) ou leur localisation (eau superficielle, eau souterraine), puis à encadrer la réduction de pollutions particulières (eaux résiduaires urbaines, nitrates d'origine agricole). L'importance du contrôle

de l'eau usée pour les risques liés aux milieux se manifeste par la publication de la DERU, en 1991 et ainsi que par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en 2000.

Tous les textes français qui encadrent la collecte, le traitement et le rejet des eaux usées s'appuient nécessairement, et préalablement, sur la DERU de 1991. Cette dernière fixe des niveaux de traitement de l'eau usée en fonction de la taille des agglomérations urbaines d'assainissement et de la sensibilité du milieu récepteur de l'eau usée après traitement. La DERU impose des obligations d'épuration, renforcées pour les agglomérations de grande taille (10 000 équivalents-habitants) qui rejettent dans des zones sensibles à l'eutrophisation, c'est-à-dire des zones pouvant être détériorées par l'apport de phosphore et d'azote. La directive permet ainsi de protéger certains milieux récepteurs de la pollution apportée par l'eau usée. Elle rappelle également que la REUT est un aménagement et une activité connexe à un équipement (STEP) qui existe par ailleurs, et qui est soumis à un certain nombre d'obligations d'ordre environnementales.

Les STEP sont effectivement soumises à autorisation (au titre de la loi sur l'eau, art. R214-6 et suivants du code de l'environnement), avec un « document d'incidence » sur les milieux aquatiques à fournir, qui doit décrire les origines et les caractéristiques des rejets, et à étude d'impact (art. R122-8 14° du même code) pour les stations de plus de 10 000 Equivalents-habitant (EH). Une notice d'impact est demandée pour les stations d'épuration inférieures à 10 000 EH.

Les obligations de la DERU sont transcrites dans le droit français : en partie, dans l'arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5 (abrogé par l'arrêté du 21 juillet 2017, et dont la dernière modification date de 2020). Cet arrêté regroupe l'ensemble des prescriptions techniques s'appliquant aux ouvrages de l'assainissement, à savoir la conception, le dimensionnement, l'exploitation, les performances épuratoires, l'auto-surveillance ou encore le contrôle par les services de l'Etat. Les performances minimales sont déterminées selon différents critères : les matières en suspension (MES), la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), et enfin l'azote et le phosphore.

Ces mêmes paramètres de DCO et de MES apparaissent comme critères dans les niveaux de qualité sanitaire A, B, C et D de l'arrêté de 2010. En effet, les valeurs retenues sont celles de l'arrêté sur l'assainissement de 2007 : la référence réglementaire est intégrée directement dans le corps du texte, en lieu et place des valeurs. La réglementation de la REUT obéit à un principe d'économie des mesures, puisqu'elle emprunte les critères de performances épuratoires minimales de l'arrêté de 2007, sans adaptation.

Les boues et l'eau usée traitée sont créés lors de l'épuration de l'eau usée. Chacun de ces sous-produits de l'assainissement est encadré par une réglementation, qui leur prévoit un devenir alternatif (Figure 7). Les boues sont des résidus solides, composés de matière organique, issus du processus de traitement des effluents liquides dans les stations d'épuration. Leur utilisation est encadrée par la directive européenne du 12 juin 1986 relative à la protection de l'environnement lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture. Elle est traduite en France par l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles, pris en application du décret du 8 décembre 1997

relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Les textes qui encadrent les pratiques d'épandage sont antérieurs aux textes relatifs à la REUT et ont donc pu être longuement éprouvés.

Les boues sont considérées comme « hygiénisées » lorsque leur teneur en micro-organismes (*Salmonella*, entérovirus, œufs d'helminthes et coliformes thermotolérants) a été réduite. De plus, le processus d'hygiénisation cible également les substances chimiques contenus dans les boues : les éléments-traces métalliques ou ETM (cadmium, chrome, mercure, nickel, plomb, sélénium) et les composé-traces organiques ou CTO (PCB, HAP).

L'arrêté de 2010 modifié en 2014 de la REUT réemploie les acquis de la réglementation relative aux boues d'épuration. En effet, le dossier de demande d'autorisation de rejet de l'eau usée doit comporter une analyse chimique des boues produites par la station d'épuration : la mise en œuvre de la REUT est donc conditionnée par la bonne qualité chimique des boues d'épuration. Lorsque les valeurs des concentrations mesurées sur les boues dépassent les seuils fixés pour les ETM et les CTO, un examen complémentaire de la qualité de l'eau traitée doit être effectué – sans quoi l'eau usée traitée ne peut être réutilisée. De plus, la réglementation de la REUT prévoit, dans le cadre du suivi de l'eau usée traitée, un programme de surveillance des boues, ou des sols si les boues sont épandues. La qualité chimique des boues préjuge donc de la qualité chimique de l'eau usée traitée, et de l'impact de cette dernière sur les sols.

Ce « raccourci » n'est pas anodin. L'association entre les deux matrices est historique : c'est le CSHPF qui statue en 1991 que les boues sont un intégrateur de la qualité de l'eau usée. Les temps de séjour des boues dans la station d'épuration étant beaucoup plus élevés (jours, semaines) que celui des eaux usées (heures), les boues sont alors considérées comme des intégrateurs des contaminations, parfois très fluctuantes, de l'eau usée. Par ailleurs, il est aussi jugé que les contaminants recherchés dans les boues ne se retrouvent qu'en faible quantité dans l'eau usée traitée, et que cette condition suffit à maîtriser le risque chimique en l'absence de consensus, en particulier en l'absence de prise de position de l'OMS sur le sujet (CSHPF, 1991).

La réglementation de la REUT s'appuie sur le cadre législatif existant et réemploie ce « déjà-là » (Martinais, 2010) institué pour bâtir les critères de qualité de l'eau usée traitée. Le recyclage de la réglementation relative à l'incidence environnementale des rejets (DERU) et de celle relative au contrôle de la qualité chimique des boues pour les sols, peut expliquer la priorisation de la régulation des risques microbiologiques sanitaires.

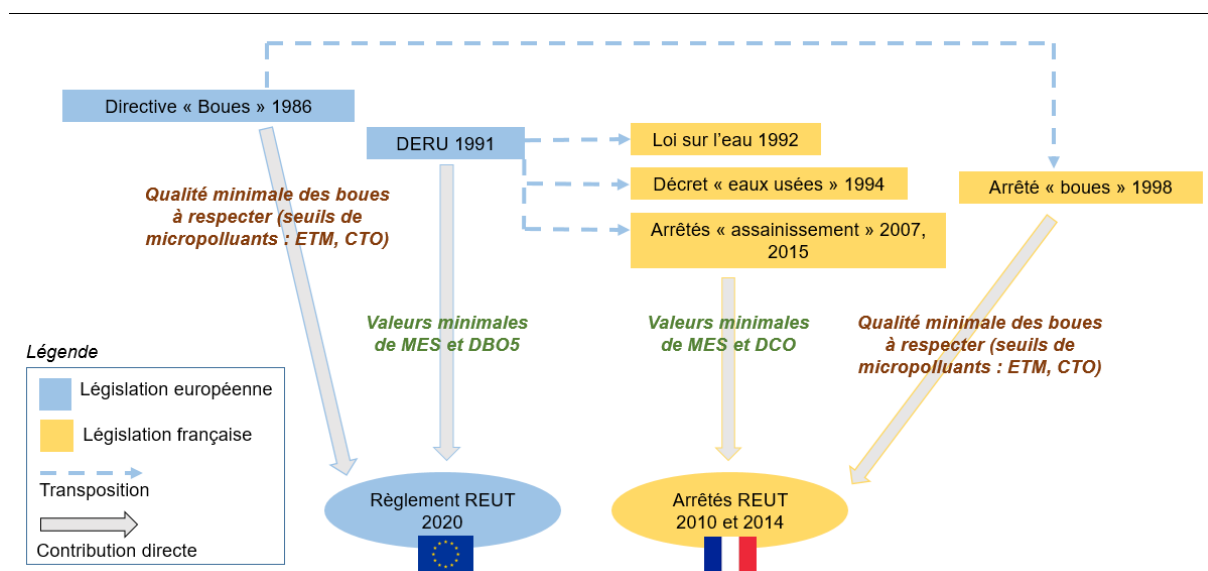


Figure 7 : contribution de la réglementation sur les boues et sur les rejets pour la réglementation de l'eau usée traitée

2.3.2 Une réglementation qui occulte certaines controverses scientifiques : les risques microbiologiques

Réglementer l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation implique de choisir les dangers à réguler selon certaines expositions à l'eau usée traitée. Au travers de la fixation des indicateurs, des seuils et de précautions d'usage, les textes se positionnent sur des problématiques politiques, scientifiques et techniques. Dans cette sous-partie, nous utilisons les positionnements des chercheur(e)s sur la réglementation pour mettre en lumière les débats que la réglementation suscite. En particulier, nous identifions les dangers sur lesquels la normalisation « passe-outré », c'est-à-dire ceux que la réglementation choisit de laisser à la marge. Nous présentons enfin les stratégies des enquêté(e)s qui désirent mieux renseigner la dangerosité de l'eau usée traitée pour combler « les trous dans la raquette » de la normalisation de l'eau usée traitée.

Les enquêté(e)s se positionnent à partir des indicateurs et des seuils inscrits dans la réglementation. D'une manière générale, la pertinence des indicateurs et de leurs seuils de détection est fréquemment remise en question : soit parce que les indicateurs sont obsolètes, redondants ou les seuils trop exigeants par rapport aux risques avérés, soit parce que les indicateurs choisis et les seuils retenus ne permettent pas de tracer les différents risques en présence de manière satisfaisante par rapport aux dommages causés sur les humains et les milieux. Ainsi, pour les premiers, le niveau d'exigences est superflu, et pour les seconds, la réglementation ne protège pas assez des dangers de l'eau usée traitée.

De manière générale, la réglementation est interprétée comme restrictive par les enquêté(e)s, mais pour des raisons différentes. Pour certains, la réglementation est restrictive non pas tant à

cause des indicateurs choisis, mais par les seuils de qualité imposés, qui nécessitent des adaptations techniques complexes et coûteuses. Pour les autres, la réglementation est restrictive par son manque d'ouverture aux usages, mais l'exigence sanitaire des normes n'est pas remise en question.

En quoi la maîtrise des dangers de l'eau usée traitée n'est-elle pas satisfaisante ? Quels sujets laisse-t-elle à la marge ?

Nous avons précédemment montré que la réglementation ciblait les risques microbiologiques liés à l'exposition des pathogènes de l'eau usée traitée, à l'aide de traceurs des contaminations bactériennes, virales et parasitaires. Cependant, les entretiens avec les chercheur(e)s témoignent d'une prise en compte incomplète de ces dangers microbiologiques.

Le premier argument concerne les modalités de contrôles de la qualité de l'eau usée traitée. En effet, les analyses de surveillance imposées par la réglementation ne constitueraient pas une garantie de l'absence d'un risque microbiologique. D'abord, parce que ces analyses ne sont pas réalisées de manière continue dans le temps, et parce qu'elle se font sur un petit volume d'eau, comme nous l'explique cet(te) chercheur(e) en génie des procédés :

« C'est un échantillon [d'eau usée traitée] à un temps donné. Quand [l'eau usée traitée] arrive à la douane, un échantillon est prélevé. La douane ne va pas prendre toute la cargaison. Là, on prend un moment donné de l'eau, et on l'analyse. » (E6, chercheur(e) en génie des procédés).

De plus, le point de contrôle ou point de conformité surveille les contaminations non seulement à un moment donné, mais également à un endroit donné. En effet, le point de contrôle ne coïncide pas forcément avec le point d'usage, c'est-à-dire avec l'endroit précis où l'eau usée traitée est réutilisée (en sortie d'un système d'irrigation pour des cultures maraîchères, par exemple). Le point de conformité se situe généralement à la sortie de la STEP, avant le stockage, la distribution et la dispersion de l'eau usée traitée par irrigation ou arrosage. Or, le système d'approvisionnement peut être le lieu de formation de biofilms, qui accroît la possibilité de relargage de ces derniers. Ce(te) chercheur(e) nous explique qu'ils peuvent provoquer une recroissance bactérienne dans les conduites : *« Pour certains biofilms, dans certaines zones des conduites, il y a des indicateurs pathogènes liés à de la recroissance [bactérienne]. » (E6, chercheur(e) en génie des procédés).*

Le système de stockage peut être une solution pour réduire les communautés bactériennes subsistantes, notamment en conditions d'UV élevés, mais il peut aussi être le lieu de « développement de pathogènes », pour reprendre les mots d'un(e) chercheur(e) en chimie organique :

« Le traitement filtre beaucoup de choses, mais ensuite, l'eau est stockée dans une bâche, avant d'être envoyée sur les champs pour l'irrigation. Et la manière de stocker, de vider et de nettoyer la bâche, ça a des conséquences sur le développement de pathogènes. Le traitement peut être très bon, mais derrière, s'il y a des choses qui se passent dans la bâche, finalement ça ne va pas être très bon » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Le deuxième argument à la prise en compte incomplète des dangers microbiologiques est lié aux virus : le risque viral ne serait pas pris en compte ou de manière insatisfaisante dans la réglementation. Précédemment, nous avons souligné qu'un indicateur viral, les phages ARN-F spécifiques, n'était intégré dans la réglementation française qu'à partir de 2010. Or, pour un(e) chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés qui nous rapporte le point de vue des virologues, les phages ARN-F spécifiques ne sont pas complètement représentatifs des familles de virus retrouvées dans l'eau usée :

« Pour les virologues, les phages ne sont pas suffisant [comme indicateur]. Il y a toute une famille de virus entériques, peut-être 7. [...] La plupart sont des virus à ARN, mais ils ont tous des comportements différents. Il y en a, comme l'hépatite A, qui vont passer 80 jours dans l'eau, à telle température, alors que son voisin ne va pas du tout être sensible aux mêmes gammes de température et de rayonnement. Donc sa durée de vie va être très différente. [...] Les phages, même si ça donne quelques indications, ce n'est pas complètement vrai. » (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés).

La difficulté à caractériser les dangers liés aux virus est liée à leur petite taille, de l'ordre de 10 à 300 nanomètres, et à leur mode de dispersion. En effet, lors de l'irrigation, *« une partie peut être mise en suspension, avec le vent, et partir dans l'air, dans de très fines particules »* (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés) – ces fines particules sont également appelées aérosols. Or, les connaissances scientifiques à propos de leur dispersion sont aujourd'hui encore fragmentaires, comme l'illustre cet autre extrait d'entretien :

« On a besoin de comprendre les mécanismes de dispersion atmosphérique, c'est-à-dire : qu'est-ce qui va faire que la particule va rester dans l'air, jusqu'où elle peut aller, et ce qu'on capture, ça représente combien ? » (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés).

Les techniques de mesure sont aussi plus délicates à mettre en œuvre que pour des bactéries, car les virus ne peuvent pas être cultivés en laboratoire et sont dangereux à manipuler de manière directe. Il faut donc nécessairement trouver un moyen de contourner cet obstacle :

« On ne peut pas manipuler de vrais virus en conditions contrôlées : il faut trouver un modèle. Donc soit tu prends un colorant, mais beaucoup de personnes vont te dire qu'un colorant ne représente pas vraiment un comportement de pathogène. Mais c'est un début, parce qu'on peut étudier quelques effets de dispersion. Et puis après, effectivement, il faut trouver un modèle. [...] Sinon, avec E. coli, c'est un peu plus facile. » (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés).

L'épidémie du Covid 19 a récemment encouragé le développement de méthodes de détection des virus par biologie moléculaire, démontrant à nouveau le rôle des épidémies dans l'amélioration des connaissances et des techniques. Ici, l'épidémie du Covid 19 incite les laboratoires d'analyse à se mettre à niveau : *« Les virus, ce n'est pas facile à analyser comme mesure. Mais ça, c'était avant le Covid ! Maintenant, il y a des méthodes qui sont beaucoup plus efficaces. Avant, c'était quand même assez compliqué. Il y avait peu de laboratoires, en France, spécialisés dans les virus. »* (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés).

Les alertes sur les dangers peu ou mal traités dans l'eau usée alimentent aussi l'intérêt des industriels qui développent des technologies de traitement, comme en témoigne ce(tte) même chercheur(e) :

« Un des points marquants des recommandations de l'Anses était : "attention aux bioaérosols". SmartFertiReuse [un projet porté par SEDE Environnement du groupe Véolia Environnement, qui associe des laboratoires de recherche, des partenaires industriels et des acteurs agricoles] savait que ces boîtes-là allaient revenir, parce qu'il y avait peu de mesures et peu d'expérimentations là-dessus. [...] Dans la bibliographie scientifique, on savait que les virus étaient mal filtrés, qu'il en restait après traitement, et qu'ils étaient résistants. Ça intéressait les scientifiques, mais ça intéressait aussi les entreprises. Il y avait un double intérêt. » (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés).

Le troisième argument concerne la perspective sanitaire adoptée par la réglementation : d'après les personnes que nous avons rencontrées, la réglementation ne prendrait pas en compte le risque microbiologique sur l'environnement.

A priori, les bactéries humaines n'ont pas des incidences majeures sur les écosystèmes, puisque les conditions de vie du milieu extérieur (sols, plantes) diffèrent du milieu d'origine des bactéries fécales (intestin). Par conséquent, le temps de vie des bactéries de l'eau usée dans l'environnement est limité. De plus, les bactéries de l'eau usée subissent généralement la compétition avec des bactéries indigènes d'origine environnementale, qui limitent leur développement, et donc leur survie. Cependant, un(e) chercheur(e) en microbiologie nous interpelle à propos de l'antibiorésistance des bactéries, qui peut se transférer à l'environnement par les gènes de résistance, des portions d'ADN codant une substance permettant la survie d'un organisme face à une attaque biotique ou abiotique :

« La deuxième thématique émergente, c'est l'antibiorésistance. L'antibiorésistance, c'est 10 millions de morts par an, dans les années à venir, d'après l'OMS. Pourquoi ? Parce qu'on va avoir un pathogène, comme la salmonelle par exemple, qui peut se retrouver sur la salade ou sur la tomate que vous allez consommer : un jour, on ne sera plus capable de la traiter avec des antibiotiques. Elle sera devenue résistante, et ça, c'est un problème très grave. » (E2, chercheur(e) en microbiologie).

De plus, ce(te) autre chercheur(e) explique que la contamination par les gènes de résistance est susceptible de passer d'un compartiment de l'environnement à un autre :

« Pour le risque microbien, si on regarde les gènes de résistance : ils vont d'abord être sur le sol. Ils peuvent être transférés au ver de terre, qui va manger la terre, le ver de terre va être mangé par un oiseau, etc. [...] Les gènes de résistance vont passer d'un compartiment animal. [...] Dans le risque pour l'environnement, il y a aussi un risque microbien. Alors c'est sûr, les pathogènes sont des pathogènes humains, mais ils peuvent aussi être pathogènes pour les animaux du sol, ou des phytopathogènes, pour les plantes. » (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés).

2.3.3 Le risque chimique non régulé : indicateurs inadaptés dans la réglementation et problématique des faibles concentrations

Dans la réglementation, la régulation des qualités A, B, C et D ne se fait pas à partir des substances chimiques toxiques. Pour assurer la maîtrise minimale du risque chimique, elle s'appuie sur l'analyse de certains micropolluants chimiques dans les boues d'épuration.

Ce suivi indirect du risque chimique n'est pas considéré comme suffisant par les chercheur(e)s que nous avons rencontrés, car les contaminations contenues dans les eaux ne sont pas les mêmes que dans les boues : *« C'est sûr que les eaux usées vont amener des choses que les boues n'amèneront pas – et vice-versa. »* (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique). En effet, si les boues et les eaux usées sont des sous-produits de l'assainissement, leur nature diffère ; la matrice des boues est solide, et celle de l'eau usée, liquide. Les deux matrices ne retiennent donc pas les mêmes agents pathogènes, par exemple selon que ces derniers sont hydrophobes ou hydrophiles, comme le rappelle ce(tte) chercheur(e) en chimie organique :

« Dans les boues, on va retrouver tout ce qui n'aura pas été traité par la STEP, et qui va se concentrer dans la matrice solide. Ce sont surtout des molécules hydrophobes, qui vont s'adsorber sur la matière organique. Alors que dans l'eau usée traitée, on aura plutôt des molécules hydrophiles, plutôt affines de la matrice liquide. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

De manière générale, les chercheur(e)s enquêté(e)s estiment que la réglementation ne rend pas visible les dangers chimiques préoccupants de l'eau usée traitée, tels que l'accumulation des molécules organiques persistantes, la création de produits de transformation toxiques, les perturbations endocriniennes engendrées par les résidus médicamenteux et les détergents, ou encore, la toxicité des microplastiques et des nanoplastiques. Les exemples de contamination pointés par les enquêté(e)s laissent entendre que la réglementation est finalement assez limitée dans la caractérisation des risques chimiques : les contaminations à long-terme et éloignées de la STEP, ne sont pas prises en compte. De plus, les entretiens confirment un déséquilibre entre le risque chimique, évacué par la question des boues, et le risque microbiologique que la réglementation choisit de prioriser.

Précisons les trois types de mécanismes chimiques qui sont écartés par la réglementation d'après les personnes enquêté(e)s : l'accumulation et le transfert de substances toxiques, la création de nouveaux produits toxiques, et l'effet cocktail.

La présence de molécules organiques persistantes, des molécules qui ne se dégradent pas ou peu, peut conduire à une accumulation de molécules toxiques dans les tissus, les sols, les eaux de surface et les eaux souterraines sur le temps long. De plus, ce(tte) chercheur(e) en chimie organique ajoute que des transferts de ces contaminations vers les sols, les nappes phréatiques et les rivières peuvent avoir lieu :

« Si on regarde les contaminants organiques, puisque les sols peuvent être lessivés, la question est : « Est-ce qu'on a des transferts verticaux vers les nappes phréatiques, ou horizontaux vers les rivières ? ». Si on a des plantes cultivées sur les sols, la question est : « Est-ce qu'il y a des transferts vers les plantes ? ». Et puis ensuite, on peut aussi regarder les transferts vers la microflore (vers de terre, arthropodes), et tout le vivant. On peut regarder si on a des impacts sur les communautés microbiennes des sols. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

De manière générale, de nombreux transferts sont susceptibles de se produire vers l'environnement. Il existe déjà des preuves de transfert démontrées par la recherche sur certaines molécules, comme la carbamazépine : *« Pour reprendre l'exemple de la carbamazépine : on sait que cette molécule est apportée et qu'elle va se retrouver dans le sol. Elle ne s'accumule pas forcément, mais elle est transférée vers les plantes. »* (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique). La problématique des transferts affaiblit l'intérêt de la REUT à protéger les milieux aquatiques, comme l'exprime ce(tte) même chercheur(e) :

« Les gens disent : "On va faire de la REUT !" On ne met pas l'eau usée dans la rivière, on va donc protéger la rivière. Ok, mais cette eau usée, je la mets sur les sols. S'il y a une pluie trois jours après, où est-ce qu'on la retrouve après lessivage ? Dans la rivière. Donc la REUT ne change rien. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Les molécules qui se dégradent par voie microbienne ou par processus abiotiques (UV, température) peuvent, par un phénomène de transformation chimique des molécules d'origine, créer des sous-produits toxiques. Or, comme nous l'explique ce(tte) chercheur(e) en hydrogéologie, ces sous-produits ne peuvent pas être mis en évidence s'il n'y a pas de mesure imposée dans les eaux souterraines :

« Ces molécules, de produits de dégradation, peuvent avoir des caractéristiques qui sont complètement différentes des molécules originelles. [...] Il faut qu'on regarde plus dans les eaux souterraines, parce que là, on a le temps pour avoir les produits de dégradation. » (E9, chercheur(e) en hydrogéologie).

L'eau souterraine est ainsi décrite par cet(te) chercheur(e) comme la *« fenêtre sur le toit »* (E9, chercheur(e) en hydrogéologie) des contaminations microbiologiques et chimiques qui ont lieu sur un temps long et une distance éloignée à la STEP. Cet autre extrait d'entretien l'illustre de manière plus détaillée :

« Pour l'eau souterraine, le flux est beaucoup plus long [que l'eau de surface], et très lent. Donc on peut voir une accumulation de l'eau usée, dans l'espace, mais aussi dans le temps, parce que chaque année, on ajoute une couche d'eau usée, et donc chaque fois qu'on échantillonne l'eau souterraine, on voit ce qu'il s'est passé depuis cette année, et aussi depuis les dernières années. » (E9, chercheur(e) en hydrogéologie).

Enfin, l'effet cocktail désigne l'exposition simultanée à des substances chimiques variées, dont la recombinaison chimique peut renforcer les effets individuels nocifs des substances ou provoquer de nouveaux effets globaux. Ce(tte) même chercheur(e) en hydrogéologie alerte sur le manque de considération de cette question sur l'eau usée traitée :

« Les choses qu'on ne connaît pas suffisamment, ce sont les effets de toxicité sur les organismes, les organes du corps humain, et les écosystèmes. Et aussi, cet effet cocktail : même si les concentrations sont basses, si elles sont mélangées avec les autres types de molécules, qu'est-ce que ça fait au niveau de la toxicité ? Peut-être

que c'est rien, mais je trouve que ce sont des questions très importantes, pas du tout bien abordées pour l'instant. » (E9, chercheur(e) en hydrogéologie).

C'est une problématique majeure, d'autant qu'une faible quantité de substances toxiques ne suffit à garantir leur innocuité, comme en témoignent les extraits suivants au sujet des micropolluants et de la carbamazépine :

« Il y a beaucoup de micropolluants qui sont observés, parce qu'on sait qu'à une certaine quantité, ils peuvent poser des problèmes. Par exemple, on se pose des questions sur la présence de ces micropolluants en petites quantités, mais qui, combinés à d'autres, peuvent générer des dysfonctionnements. » (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés)

« Sur de l'épandage, on retrouve toujours de la carbamazépine, parce que c'est une molécule qui ne se dégrade pas ! On en retrouve à de très faibles fréquences, et de très faibles concentrations. Tout ça, c'est toujours très faible ! Mais il faut imaginer que ce sont des pratiques qui s'étendent sur 10 ans ou 20 ans... » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Fixer un seuil pour un paramètre donné revient à autoriser l'exposition de ce paramètre, donc à permettre sa présence dans l'eau usée traitée tant qu'il reste en-dessous du seuil. Ainsi, les seuils peuvent donner l'illusion de la protection, alors que les micropolluants, par exemple, engendrent des effets sanitaires et environnementaux à faible concentration.

Certains enquêté(e)s suggèrent que la problématique des micropolluants est éludée dans la réglementation parce qu'elle implique des techniques de détection, de quantification et de traitement difficiles à mettre en œuvre sur la STEP, comme l'explique ce(tte) chercheur(e) en génie des procédés : *« Comment dégrader les polluants médicamenteux, les pesticides ou encore les perturbateurs endocriniens, sachant que c'est quelque chose de difficile à faire avec la STEP parce ce sont des éléments très peu concentrés, très dilués ? » (E1, chercheur(e) en génie des procédés).* Pour d'autres, la préoccupation française autour des micropolluants serait liée à la divergence entre les seuils français, permissifs sur *E. coli*, et les seuils des réglementations anglo-saxonnes (Californie, Australie), drastiques sur *E. coli* :

*« C'est probablement pour ça aussi que les anglo-saxons ne s'intéressent pas aux micropolluants. Quand tu demandes [une eau usée traitée] avec une concentration en *E. coli* inférieure à 0 *E. coli*, tu as un tel niveau de traitement que probablement, le plus gros niveau des micropolluants est aussi éliminé. Et la question des micropolluants, on se la pose [en France] parce que les seuils sont peut-être plus faibles que là-bas. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).*

La priorisation de la réglementation sur le risque microbiologique peut se comprendre par le lien historique de la discipline de la microbiologie aux questions d'ordre sanitaire. La priorité accordée à la réglementation aux indicateurs bactériens s'explique aussi par une meilleure connaissance des bactéries du côté de la recherche, comme l'illustre cet extrait d'entretien :

« Ce qu'on connaît le mieux, parce que c'est là-dessus que travaillent le plus d'équipes, ce sont les bactéries. Sur le comportement bactérien, la persistance des bactéries, on connaît vraiment bien. Enfin, on connaît mieux [que les virus et les

parasites]. Après, il y a moins d'équipes qui travaillent sur les virus, et très peu d'équipes qui travaillent sur les parasites. » (E2, chercheur(e) en microbiologie).

De plus, la compartimentation des disciplines génère une spécialisation des chercheurs sur le risque chimique, d'un côté, et sur le risque microbiologique, de l'autre côté. Cette compartimentation renforce le biais qui consiste à croire que l'eau usée pose uniquement un problème microbiologique, comme l'explique ce(tte) chercheur(e) en chimie organique en prenant l'exemple de l'aspersion :

« Quand on pense aspersion, on pense tout de suite au risque microbien, au fait que des bactéries vont aller se disperser. Et on pense moins au risque chimique ; pourtant, les molécules sont forcément dans l'eau ! [...] Pourquoi ? Parce qu'on sait que les eaux usées, ça contient de la microbiologie, par un biais de connaissances. Si tu dis "eaux usées traitées", les gens vont penser "pathogènes". Ils ne vont pas penser "risque chimique", "métaux", "organiques". » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Enfin, la réglementation de l'eau usée traitée est guidée par la réduction des risques alimentaire, puisque ses usages historiques sont liés à l'irrigation en agriculture. Or, les effets d'une contamination par un micro-organisme pathogène sont visibles immédiatement (gastro-entérites, salmonellose...), à court terme, et sont directement imputables au système de traitement de l'eau usée traitée – contrairement aux substances chimiques dont les effets peuvent survenir des années après l'exposition à l'eau usée traitée. La protection de la santé publique reste ainsi toujours un impératif absolu, et la microbiologie est garante de cette protection, comme le suggère ce(tte) chercheur(e) en chimie organique :

« Les personnes qui font du risque microbien, de la QMRA, par exemple en alimentaire, c'est parce que l'homme est en bout de chaîne. Elles priorisent par rapport au risque microbien. Elles ne tiennent pas compte qu'il y a aussi, potentiellement, un risque chimique. [...] Typiquement, la réglementation sur les eaux usées pour la REUT, c'est uniquement le risque microbien. Il n'y a rien sur le risque chimique. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Certains des chercheur(e)s enquêté(e)s suggèrent que le risque chimique n'est pas le risque prioritaire à examiner en comparant la pollution amenée par l'eau usée traitée à celle amenée par l'agriculture intensive, qui serait beaucoup plus importante, comme le montre l'extrait suivant au sujet des pesticides :

« En ce qui concerne les micropolluants, il y en a tellement qui vont être amenés directement dans les champs, par les pesticides, que la partie ramenée par la réutilisation paraît dérisoire. Même s'il peut y avoir des effets cocktails, et d'autres conséquences, je pense qu'il faut faire les choses les unes après les autres. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Cet argument peut être rattaché à une rhétorique de désinhibition du risque (Fressoz, 2012). La prise en compte limitée des contaminations futures et éloignées par la réglementation peut également s'expliquer par une vision du cycle de l'eau qui ne prend pas en considération les déplacements de flux. Si la REUT est uniquement pensée en termes de petit cycle de l'eau (ou

cycle artificiel de l'eau), il devient compréhensible que ses effets sur l'environnement soient sous-évalués, comme l'explique ce(tte) chercheur(e) en génie des procédés :

« Faire de la REUT sans s'intéresser à l'impact qu'elle peut avoir sur l'environnement dans un cycle général est une erreur. [...] Cette notion de petit cycle et de grand cycle me fait peur, parce qu'on dit : « Toi, tu travailles sur le petit cycle, mais non, moi, je travaille sur le grand cycle », alors qu'on travaille tous ensemble sur la même chose. » (E1, chercheur(e) en génie des procédés).

2.3.4 Zones d'incertitudes autour de la construction des seuils réglementaires et de leurs implications techniques

Les valeurs limites des seuils sont interrogées par notre échantillon d'enquête, car il est parfois difficile d'en comprendre le fondement scientifique, comme l'exprime ces deux chercheur(e)s :

« Il faut quand même prendre ces seuils avec précaution, parce qu'il y a pas mal d'hypothèses dans ces modèles. On ne connaît pas toutes les mesures, donc on fait des hypothèses sur les distributions. » (E8, chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés)

« La QMRA, c'est un système de poupées gigognes. Tu ouvres la QMRA, et dedans tu as le DALY, avec le seuil d'exposition tolérable à 10^{-6} DALY. [...] Ça ne fait pas consensus, dans le monde scientifique. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Ces avis confirment que les modèles d'évaluation (*risk assessment*) et de gestion des risques (*risk management*) internalisent les hypothèses sur lesquelles ils se fondent. Ils ne les rendent pas visibles dans les textes réglementaires, comme nous en avons parlé dans la [sous-partie 3.1.2](#), alors même que ces hypothèses ont souvent des implications économiques, comme le rappelle ce(tte) chercheur(e) en génie des procédés :

« Du niveau de qualité va découler le type de traitement à mettre en œuvre. Et du type de traitement à mettre en œuvre va découler l'impact économique, et dans une certaine mesure, toutes les questions de perceptions du risque. En tout cas, le niveau de traitement peut répondre aussi à ces questions-là. C'est intéressant de poser la question : "Quelle était la perception du risque qu'avaient les gens qui ont fait la réglementation ?" » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

De plus, les seuils n'ont pas les mêmes objectifs selon les unités de mesure dans lesquelles ils sont exprimées (soit en concentration, soit en log d'abattements logarithmiques). L'information retirée diffère, comme l'indique ce(tte) chercheur(e) en génie des procédés, entre niveau d'exposition et performance de traitement : *« En validant une concentration, tu garantis un niveau d'exposition derrière. Et en demandant un abattement, tu garantis la performance du procédé de traitement. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).* Les arbitrages réglementaires réalisés ont donc des implications que certains chercheur(e)s déplorent, en particulier concernant les exigences de traitement associées.

Ainsi, les seuils réglementaires cristallisent la priorisation entre différents risques : le risque sanitaire lié aux contaminations microbiologiques et chimiques, le risque économique lié à l'adaptation technique de la STEP, et le risque environnemental lié à la pénurie de la ressource en eau. Pour certains chercheur(e)s, le risque de pénurie de la ressource doit être priorisé, et en conséquence, les seuils doivent être abaissés pour sécuriser le développement de la REUT : *« Ne pas avoir accès à l'eau est bien plus important, en termes de risque, que d'avoir une qualité excellente, surtout avec un outil qu'on va payer très cher et qui ne va pas forcément fonctionner. »* (E11, chercheur(e) en génie des procédés).

Des seuils exigeants nécessitent un investissement dans une technologie de traitement pour être en conformité avec la réglementation. Le seuil, par la valeur et l'unité de mesure qui lui sont associés, est une métrique déterminante pour l'aboutissement des projets. Ainsi, certains enquêté(e)s attribuent les arbitrages sur la hauteur des seuils à la présence des lobbys industriels, en particulier au niveau européen. *« La réglementation européenne a été faite pour les industriels, pour qu'ils développent des dispositifs techniques pour répondre à des objectifs sanitaires. Ça va bloquer sur un grand nombre de situations, parce que ces systèmes-là sont très coûteux. »* (E11, chercheur(e) en génie des procédés).

De plus, les technologies de traitement ne sont pas la garantie d'une protection à long terme, en particulier pour les STEP péri-urbaines et rurales qui manquent de moyens humains et financiers pour assurer la maintenance des systèmes, comme l'expliquent ces deux chercheur(e)s en génie des procédés :

« S'ils sont développés sur des installations plus petites, il n'y aura pas forcément de maintenance, ce qui fait que les gens auront la sensation d'être protégés. A une échéance rapide, ils le seront. [...] Aujourd'hui, on est dans une avancée technologique où on fait vraiment confiance à la technique au moment de l'investissement. Et dans bien des cas, on oublie l'entretien, et on oublie la maintenance. » (E11, chercheur(e) en génie des procédés) ;

« Si on fait de la REUT sur de petites STEP, il faut être sûr qu'elles fonctionnent très bien. [...] Les questions de personnel sont importantes, parce que ça coûte très cher dans le traitement. [...] Donc il faut encore développer des modèles qui sont plus performants, et faire en sorte que ces stations marchent très bien et le mieux possible ; en tout cas, qu'elles répondent aux exigences de réutilisation qu'on a. » (E1, chercheur(e) en génie des procédés).

2.3.5 Contraintes techniques et dépendance au sentier des indicateurs classiques

Les entretiens montrent la persistance réglementaire des indicateurs classiques des contaminations d'origine hydrique (*E. coli* et entérocoques), des techniques (culture de cellules) et des supports d'analyse classiques (eau).

Les héritages de l'hygiénisme sont très prégnants : *E. coli* et les entérocoques sont des indicateurs classiques de contamination de l'eau, en particulier *E. coli* dont l'utilisation est désormais « universelle ». En effet, la bactérie sert de référence sanitaire pour plusieurs types d'eau (eau potable, eau de baignade), en France et à l'international, comme le rappelle ce(te) chercheur(e) en microbiologie : *« On trouve E. coli partout. Non seulement en France, en*

Europe, mais aussi dans la réglementation internationale, les normes ISO, etc. C'est vraiment l'indicateur universel de la présence d'une contamination fécale, et probablement d'un pathogène. » (E2, chercheur(e) en microbiologie). La mesure et l'analyse d'*E. coli* dans un prélèvement d'eau usée traitée sont connues, faciles et rapides à mettre en œuvre, peu coûteuse, et les souches indicatrices non pathogènes, donc inoffensives pour le technicien(ne) de laboratoire. Ces extraits d'entretien confirment ces différents avantages :

« E. coli et les entérocoques sont facilement dénombrables. E. coli, quand je vais au labo et que je dois les chercher, je mets cinq minutes. Je mets plus de temps à chercher les boîtes qu'à faire l'analyse. Donc, ce n'est pas cher et c'est facile à faire. Et surtout, il y a une méthode qui est la même partout, dans tous les laboratoires. » (E2, chercheur(e) en microbiologie) ;

« Toutes les normes qu'on va retrouver dans les réglementations datent des années 80-90 : ce sont des techniques de mise en culture. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés) ;

« Avoir qu'un [seul] indicateur E. coli, ça fait baisser la facture. » (E6, chercheur(e) en génie des procédés) ;

« Avec E. coli, aujourd'hui, tu peux faire l'analyse pour quelques euros. Alors que pour les virus, les coliphages ARN-F spécifiques, c'est 200€ l'échantillon. [...] Pour regarder les virus, tu dois faire une culture de cellules, que les virus que tu vas ajouter vont pouvoir attaquer après. C'est très lourd à mettre en place, c'est pour ça que c'est très cher. » (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Si les méthodes de dénombrement sont optimales pour *E. coli*, elles ne le sont pas nécessairement pour tous les paramètres. Par exemple, sur d'autres bactéries comme la légionnelle, le groupe d'expert (GECU) de l'Anses (2018) constate que la méthode de dénombrement des légionnelles par culture demandée dans le projet de règlement européen de 2018, sous-jacente à l'expression des résultats en « unité formant colonies par litre » (UFC), présente des inconvénients d'opérationnalité. En effet, il faudrait un délai allant jusqu'à 10 jours pour disposer des résultats définitifs, ainsi que des sous-estimations possibles liées notamment à la présence de bactéries viables non cultivables. L'Anses (2018) conseille le remplacement du dénombrement par des méthodes moléculaires type q-PCR. Un(e) chercheur(e) nous explique que le Covid 19 a été un moteur d'amélioration important de ces techniques :

« Avec l'épidémiologie des eaux usées, avec tout ce qu'il y a eu autour du Covid, Obépine¹¹, Aujourd'hui, avec la biologie moléculaire et les PCR quantitatifs, tu as ta réponse en quelques heures [...]. Techniquement, on sait faire plus rapidement et beaucoup moins cher ; c'est notamment ce qui est fait pour l'eau potable ». (E5, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Cependant, les nouvelles méthodes ne sont pas systématiquement normalisées et généralisées au sein des laboratoires d'analyse et des unités de recherche : la filière de l'eau potable, par

¹¹ Le réseau Obépine est un observatoire épidémiologique français créé le 5 mars 2020 dans le cadre d'un plan de lutte intégrée contre la maladie à coronavirus 2019. Il promeut l'utilisation des eaux usées comme indicateur quantitatif des différentes phases d'une épidémie provoquée par une bactérie ou un virus.

exemple, intègre plus facilement ces méthodes. En effet, les laboratoires d'analyse mobilisés par les STEP pour juger de la qualité de l'eau, tels que les laboratoires départementaux, ne sont généralement pas équipés pour analyser les micro-organismes en dehors des indicateurs classiques, ni pour les extraire de supports autres que l'eau. Les bioaérosols, des particules dans l'atmosphère d'origine biologique, qui peuvent contenir des bactéries ou des virus, sont complexes à analyser pour ces raisons. Les indicateurs sont contenus dans l'air : il faut pouvoir extraire les indicateurs recherchés, et au préalable, réaliser un captage des particules dans l'atmosphère. La dispersion des bioaérosols par les systèmes asperseurs constitue une voie de contamination, une problématique plus inquiétante que les problèmes de perte en eau d'irrigation selon ce(tte) chercheur(e) en génie des procédés : *« Au début, [le sujet de l'irrigation par aspersion] était une question de volume d'eau, de perte ou de pas de perte. [...] Ensuite, c'est devenu quelque chose de beaucoup plus axé sur des questions de qualité ou de maîtrise du risque. »* (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés). Cet(te) même chercheur(e) rappelle l'importance de relier ces pertes de faible volume eau aux faibles concentrations des micropolluants, dont nous avons déjà parlé plus haut :

« Si tu te poses des questions sur l'efficacité de l'eau en aspersion, tu regardes les conditions climatiques, en particulier le vent, et tu vas caractériser les possibilités de pertes que tu as. Elles sont principalement liées à de toutes petites gouttes, de moins de 0,5 millimètre de diamètre, et représentent entre 0,5 et 3 % du volume total à porter par un canon d'irrigation ou un micro asperseur. Donc, ce n'est rien. Par contre, si tu y mets des micropolluants ou des pathogènes, là, les enjeux sont totalement différents. » (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

Une explication de la persistance des indicateurs « classiques » dans la législation, comme *E. coli*, les entérocoques, la DCO et les MES, est qu'ils sont pratiques à suivre pour renseigner l'efficacité du traitement mis en place. Les indicateurs choisis pour cet objectif sont des paramètres sensibles au traitement et peu coûteux, car il faut pouvoir les suivre régulièrement, en routine. Ils permettent de surveiller les contaminations et les dysfonctionnements de la STEP, et de montrer qu'elle assure bien un certain rendement. Un bon moyen d'autoriser une exposition aux dangers de l'eau usée traitée est de montrer que la STEP fonctionne correctement ; seulement, ses critères ne permettent pas de renseigner sur la qualité de l'eau, qui repose sur d'autres indicateurs de présence de pathogènes. Or, tous les procédés n'ont pas les mêmes performances sur les différents micro-organismes : certains sont performants sur les micro-organismes de petite taille, d'autres sur les micro-organismes de grande taille.

Or, les bons indicateurs de risque ne sont pas forcément de bons indicateurs de la performance du traitement, comme nous le rappelle ce(tte) chercheur(e) en chimie organique :

« Les HAP et les PCB, en analyse des boues d'épuration, on est sûrs qu'on va les retrouver parce qu'elles se dégradent très peu et qu'elles sont très hydrophobes. En ça, ce sont de très bons indicateurs : si au bout de 40 ans d'épandage, on voit des concentrations qui augmentent, c'est un très bon indicateur pour des molécules persistantes. Par contre, comme elles sont très peu dégradables, on ne pourra pas quantifier les performances de traitement. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

En conclusion, l'acceptabilité des problèmes sanitaires et environnementales posés par la REUT ne va pas de soi : la dangerosité de la REUT n'est pas assez maîtrisée pour certains, mais pour d'autres, la maîtrise est suffisante. Plusieurs lectures de la réglementation coexistent et montrent différents niveaux d'acceptabilité selon le cadre de référence de la discipline des chercheur(e)s (procédés de traitement, microbiologie).

La diversité des points de vue montre aussi la marge d'interprétation que laisse la réglementation, en particulier parce que les choix ne sont pas toujours explicités dans cette forme juridique, ou utilisent un « déjà-là » (Martinais, 2010) naturalisé depuis de nombreuses années, comme les méthodes d'évaluations des recommandations et réglementations internationales, impulsées par l'OMS. C'est cette naturalisation qui est questionnée par la majorité des enquêté(e)s. La réglementation charrie l'idée d'une toxicité acceptable à un instant T et à court terme, mais ne garantit pas l'absence de son apparition et de son amplification dans le futur. Boudia et Jas (2019) soulignent que le gouvernement par le risque repose effectivement sur l'idée d'un contrôle de la dangerosité qui rend « naturel » un certain niveau d'atteinte, évalué acceptable à un instant T.

Les savoirs scientifiques disponibles sur la composition dans l'eau usée ne font pas défaut. Les entretiens montrent que les lacunes de savoirs portent surtout sur l'occurrence (ou la concentration) des substances dans les différents compartiments, et sur leurs effets toxiques dans ceux-ci, qui est le propre de la discipline de l'écotoxicologie. Face au défi de renseigner la dangerosité de l'eau de manière satisfaisante, des stratégies sont adoptées par les enquêté(e)s pour avancer de leur côté ou de manière collective. Des idées de leviers sont aussi suggérées pour combler les trous dans la raquette de la réglementation. Un premier levier identifié est l'inscription des nouvelles molécules problématiques dans la législation, pour générer des « appels d'air » prospectifs, comme le suggère ce(tte) chercheur(e) en chimie organique :

« Alors, est-ce qu'il faut que ça passe par la législation pour qu'il y ait des choses qui se mettent en place, pour que ce soit suivi ? [...] La législation entraîne des phénomènes de suivi obligatoire, mais elle entraîne aussi le suivi de plein d'autres molécules. Ça permet de générer de la connaissance » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Par exemple, l'inscription des HAP dans la réglementation sur les boues, les digestats et les composts, a généré un effort de prospection scientifiques de diverses molécules. Les HAP, « molécules modèles » des molécules persistantes dans l'environnement et les tissus, ont permis de suivre des phénomènes d'accumulation sur le long terme, et d'en maîtriser les techniques d'identification, même en laboratoire départemental :

« Quand la réglementation est sortie en 1998 pour les boues, les gens se sont mis à quantifier des HAP et des PCB, mais pas que ça : ils ont été voir d'autres molécules. Donc la législation entraîne aussi ces phénomènes de suivi obligatoire. Il était obligatoire de suivre les HAP et les PCB, mais ça a aussi entraîné le suivi de plein d'autres molécules, de plein d'autres choses. » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

Des chercheur(e)s mettent à disposition des outils et des méthodes pour faciliter le renseignement de la dangerosité. Par exemple, une base de données partagée peut être un facilitateur de l'amélioration des connaissances sur les molécules problématiques. La base de

données permet de réaliser des analogies structurales entre des molécules de différente nature, comme des pesticides ou des médicaments, mais qui portent les mêmes fonctions chimiques (par exemple, un cycle aromatique). La base de données permet alors d'étendre, par analogie, les connaissances sur des molécules moins connues et de réduire les efforts de prospection.

A défaut de pouvoir contrôler la fabrique des molécules de manière préventive pour garantir leur innocuité dans l'eau usée, des chercheur(e)s voient dans le « vrai curatif » un moyen de réduire les flux de substances dangereuses apportées, donc de réduire drastiquement la probabilité de risque. Le « vrai curatif » désigne le traitement par ozonation et par charbon actif, ou le membranaire, qui permettent d'agir sur les gènes de résistance et les contaminants organiques. Pour ces chercheur(e)s, il faut oser injecter les moyens nécessaires pour déployer ce type de solutions technologiques, car la REUT constitue une « *bombe à retardement* » (E10, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique).

2.4 Mise en règlement de l'eau usée traitée et temporalité de l'action publique

Dans cette partie, nous tirons profit des évolutions réglementaires enclenchées courant 2023 pour observer les modalités de l'écriture juridique en pratique. En effet, la démarche de révision du décret du 10 mars 2022 et de l'arrêté du 2 août 2010 nous permettent de voir la mécanique politique, juridique et scientifique qui organise la mise en règlement de l'eau usée traitée. Nous cherchons à faire ressortir les structures et les acteurs impliqués, ainsi que les savoirs utilisés, pour rendre compte de la manière dont la gouvernance de l'eau usée traitée est structurée.

Nous utilisons les entretiens réalisés avec les fonctionnaires des directions ministérielles concernées par la mise en règlement.

2.4.1 L'actualité de la révision des textes

Deux textes font l'objet d'un processus de révision courant 2023 : le décret du 10 mars 2022, et l'arrêté du 2 août 2010. Dans cette première sous-partie, nous contextualisons les causes de ces révisions, et présentons les principales évolutions en germe des projets de textes.

La révision du décret du 10 mars 2022, une incitation politique française

Le 30 mars 2023, le gouvernement français fait connaître son plan d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau, ou « Plan Eau ». Il comporte un objectif de massification de la valorisation des eaux non conventionnelles (ENC), parmi lesquelles l'eau usée traitée figure en bonne place, puisque l'objectif fixe le nombre de 1000 projets de REUT à développer d'ici 2027. Deux mesures en particulier ciblent l'évolution de la réglementation et sont identifiées comme un soutien à cet objectif :

- La mesure 15 : « Les freins réglementaires à la valorisation des eaux non conventionnelles seront levés à la fois dans l'industrie agro-alimentaire, dans d'autres secteurs industriels et pour certains usages domestiques, dans le respect de la protection de la santé des populations et des écosystèmes » ;

- Et la mesure 16 : « L'accompagnement des porteurs de projets des eaux usées traitées sera structuré autour d'un guichet unique pour le dépôt des dossiers (le préfet de département), d'un accompagnement France Expérimentation pour les dossiers innovants, un dispositif ouvert à tous les projets favorables à la ressource en eau rencontrant des blocages réglementaires, et d'un chef de projets ».

Ainsi, le Plan Eau de 2023 accélère l'évolution réglementaire initiée par la loi AGECE de 2020 sur l'ouverture des possibilités de réutilisation, pour favoriser la réutilisation de l'eau usée traitée et l'utilisation de l'eau de pluie. En effet, l'article 69 de la loi AGECE a modifié l'article L.211-9 du code de l'environnement, pour y introduire un décret qui doit préciser les usages et les conditions dans lesquelles l'eau usée traitée peut être réutilisée, ainsi que les usages et bâtiments pour lesquels l'eau de pluie peut être utilisée de manière compatible avec le bon état écologique des eaux. Le processus d'écriture du décret, lancé par le Ministère en charge de l'environnement, le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT), a débuté dès septembre 2020, pour une publication du décret le 10 mars 2022. L'évolution réglementaire du décret vise à ouvrir les possibilités de réutilisation, notamment aux usages urbains sous la responsabilité des collectivités, comme le lavage de voiries ou l'hydrocurage des réseaux.

« Il y a des objectifs d'évolution pour les usages urbains, qui font suite aux engagements et aux demandes du Plan Eau. Donc là, on est plus sur des adaptations en fonction des enjeux sociaux, des enjeux environnementaux, et des engagements politiques. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé) ;

« Cette loi de 2019 dit : "voilà, il faut faire de la REUT". Donc il faut sortir vite un décret pour réutiliser de l'eau non potable. Après, pour quels usages ? L'usage pressenti, c'était surtout pour les collectivités : lavage de voirie, curage de réseau. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement)

Le décret du 10 mars 2022, surnommé « décret REUT » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement), est un texte rédigé sous une forme restrictive, par interdiction d'usages. La qualité adéquate pour la mise en place de « nouveaux » usages de l'eau usée traitée (hors usages historiques, relatifs au contexte agricole et aux espaces verts) est donc décidée localement, au cas par cas. Pour cette raison, l'autorisation préfectorale est limitée à une durée de cinq ans maximum, et nécessite obligatoirement un avis conforme au CODERST et à l'ARS. Sur demande du directeur général de l'ARS, les ministères en charge de la santé et de l'environnement peuvent solliciter l'Anses sur la demande d'autorisation. La procédure peut prendre jusqu'à quatre mois. Elle impose à l'Anses de se prononcer sur plusieurs dossiers en parallèle, ce qui complexifie la procédure d'autorisation.

« Le ministère en charge de la santé avait demandé à l'Anses de produire une expertise pour des usages nouveaux, et on lui avait aussi demandé d'être saisie à chaque proposition de nouvel usage, dans le cadre du décret de mars 2022. Mais concrètement, l'Anses n'est pas en capacité de réaliser cette expertise-là ; elle n'est

pas dimensionnée pour faire une expertise sur chaque dossier. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

De plus, le bénéficiaire de l'autorisation doit ensuite transmettre au préfet et au CODERST un rapport annuel.

La simplification réglementaire en cours, impulsée par le Plan Eau, doit permettre un régime d'autorisation allégé, afin d'accélérer la mise en place des projets : *« On ne simplifie pas les modalités d'usage, mais la procédure d'instruction, qui était quand même assez lourde, dans le cadre du décret de mars 2022. »* (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé). En effet, la révision a pour objectif de constituer un décret *« chapeau »* (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement), qui permette de définir des *« arrêtés seuils »* (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement). En fixant les exigences de qualité pour chaque type d'usage, les *« arrêtés seuils »* simplifieront la procédure d'instruction pour les projets qui rentrent dans les seuils fixés. L'article R.211-129 du projet de décret précise : *« Un arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé de la santé pris après avis de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, peut définir pour chaque type d'usage, lorsque que cela est techniquement possible, les exigences minimales de qualité auxquelles les eaux non conventionnelles doivent satisfaire afin de permettre la protection de la santé humaine, animale et de l'environnement ou les prescriptions générales permettant d'atteindre un niveau de protection équivalent. »*

« [Le décret va venir] appeler différents arrêtés complémentaires, pour les usages historiques et pour les nouveaux usages. Donc ça va permettre, dans une sous-section du code de l'environnement, de bien identifier quelles sont les eaux usées concernées par une instruction type, et ensuite, quelles sont les modalités et conditions d'usage, qui seront déclinées en arrêtés, et pour lesquelles il peut y avoir une mise en œuvre simplifiée, s'il y a eu une expertise de l'Anses. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

Passer d'une logique de restriction sur les usages de l'eau usée traitée à une logique d'autorisation adaptée aux usages permettra une exemption des avis du CODERST et de l'ARS : les consultations des agences se feront à la discrétion des préfets.

La simplification réglementaire au profit des pétitionnaires se traduit également par un élargissement du périmètre des projets de REUT. Au départ limité à un seul département, les projets pourront désormais se mettre en place sur plusieurs départements : *« Il ne pouvait pas y avoir deux départements impliqués dans de la REUT. C'était pour une simplification administrative du traitement par les préfets, par les services. Mais ça, c'est prévu que ça saute. »* (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé). Une eau usée traitée produite par un département peut être utilisée par un autre département.

Enfin, la simplification du décret est marquée par la suppression de la durée limitée de l'autorisation, qui a pour objectif d'encourager et de pérenniser les projets de REUT en donnant *« plus de visibilité et plus de cohérence au modèle économique développé par les porteurs de projets, [qui] leur permet de voir à plus long terme que cinq ans. »* (E13, chargé(e) de mission

au Ministère en charge de la santé). En effet, le temps d'amortissement des investissements est estimé à 15 ans : « *Parce qu'en général, un projet de REUT, il est amorti au bout de 15 ans. Donc cinq ans, c'était très restrictif pour permettre au projet de voir le jour.* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

La révision de l'arrêté du 2 août 2010 modifié en 2014, une mise en conformité avec l'application du règlement européen de 2020

Le règlement européen n° 2020/741 du 25/05/20 relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau, publié en 2020, entre en vigueur le 26 juin 2023 pour permettre aux législateurs de mettre leur droit national en accord avec la législation communautaire. La révision de l'arrêté du 2 août 2010 est donc liée au « *mouvement réglementaire européen* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement) de l'entrée en vigueur de ce texte. Ici, « *les évolutions réglementaires font suite aux textes des normes supérieures, issues de la Commission européenne* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé), qui s'appliquent par principe de la hiérarchie des normes juridiques. En effet, le règlement européen est un acte contraignant du droit communautaire dérivé, qui génère une obligation juridique de mise en œuvre des dispositions de manière immédiate et directe ; les contextes français de réutilisation étant plus larges que ceux du règlement, le règlement nécessite une adaptation des textes français, et ne permet pas une grande marge de manœuvre.

En France, le processus de révision génère ainsi deux projets d'arrêtés : le projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage d'espaces verts, surnommé « projet d'arrêté espaces verts », et le projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures, surnommé « projet d'arrêté irrigation ». Les champs d'application respectifs de ces textes sont les suivants :

- L'arrosage des espaces verts, qui concerne les aires d'autoroutes, les cimetières, les golfs, les hippodromes, les parcs, les jardins publics, les parties communes de lotissements, les ronds-points et autres terre-pleins, les squares et les stades ;
- L'irrigation à des fins agricoles, qui concerne les cultures vivrières consommées crues, les cultures vivrières transformées et cultures non vivrières, les cultures non vivrières servant à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande, les fourrages frais et pâturage, les cultures industrielles, les cultures énergétiques et les cultures semencières.

Le projet d'arrêté relatif aux espaces verts n'est pas directement concerné par le règlement européen, puisque ce dernier régule uniquement les usages agricoles. Le projet d'arrêté conserve ainsi les mêmes indicateurs et seuils en concentration de l'arrêté de 2010, mais introduit la possibilité de mettre en place des barrières au lieu d'un système « tout traitement » au niveau de la STEP.

Le projet d'arrêté relatif aux usages agricoles, directement concerné par le règlement européen, a pour objectif de rehausser les exigences sanitaires françaises, avec la possibilité de déroger à ces seuils par les barrières. Cependant, le projet d'arrêté français proposé est plus exigeant que le règlement européen : les classes B, C et D incluent désormais des abattements à respecter pour les phages ARN-F spécifiques et les protozoaires, comme dans l'arrêté français de 2010 – alors qu'ils ne sont pas présents dans le règlement européen – et des concentrations sont également associées pour ces mêmes paramètres, ce qui représente un ajout par rapport à l'arrêté français de 2010. Le système de barrières est alors revendiqué par le règlement européen comme un moyen d'assouplir les exigences sanitaires : « *[Le régime européen] propose un assouplissement des seuils via la mise en œuvre de barrières. C'est une notion qui est nouvelle, qui n'existait pas dans l'arrêté de 2010* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement)

Ainsi, deux logiques concourent à la révision de l'arrêté du 2 août 2010 et du décret du 10 mars 2022 : celle du « *durcissement technique* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement) pour les deux projets d'arrêtés relatifs aux usages et aux espaces verts, et celle d'un « *allègement administratif* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement) pour le projet de décret.

En effet, le règlement européen « *ne va pas vraiment dans le sens d'une simplification* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement) telle que souhaitée par le Plan Eau. En effet, en plus du renforcement du niveau d'exigence sanitaire, le règlement européen impose un plan de gestion des risques à établir pour l'autorisation administrative, avec une identification des risques sanitaires et environnementaux qui permette de décrire les modalités de mise en place du projet avec, notamment, les barrières à inclure.

« *Avant, il suffisait d'appliquer les prescriptions types, et il n'y avait pas de question à se poser. [...] Il y avait des prescriptions applicables pour tous, de la même manière. Aujourd'hui, c'est au porteur de projets, donc au pétitionnaire, de démontrer dans son dossier de demande d'autorisation, que son projet est compatible avec la santé humaine et environnementale.* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

Les rédacteurs reconnaissent le coût engendré par cette procédure pour les porteurs de projets, et tempèrent ainsi le discours promu par le règlement européen sur la facilitation réglementaire permise par la stratégie du multi-barrières. En effet, cette dernière n'est pas forcément évidente à élaborer, parce qu'elle implique de choisir le nombre et les types de barrières adaptés à la qualité de l'eau usée souhaitée, et à justifier leur pertinence : « *Les seuils sont moins figés, mais si le porteur de projet ne parvient pas à démontrer à l'État qu'il veille bien ce à qu'il n'y ait pas de risques, le projet ne sera pas autorisé.* » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement) Le projet d'arrêté suggère des exemples de barrières à mettre en place, mais le texte n'est pas exhaustif ; de plus, il conseille de se référer aux guides techniques scientifiques disponibles, ce qui implique un effort de prospection supplémentaire.

« *Il y a une forme d'assouplissement, mais bon, il faut quand même trouver des barrières. [Le règlement européen] impose aussi une étude d'identification et de*

gestion des risques sanitaires et environnementaux. Cette démarche-là décrit le processus et les barrières possibles ; finalement, elle peut quand même assouplir les seuils. Ça alourdit car c'est une étude en plus, mais elle peut permettre de réutiliser une eau qui n'est pas forcément de bonne qualité. Et à terme, avec cette procédure identifiée dans cette étude de risque, le porteur de projet pourra quand même utiliser cette eau pour l'irrigation. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement)

Surtout, la stratégie du multi-barrières implique une gestion concertée avec toutes les parties prenantes du projet de REUT. Elle consiste à répartir les responsabilités sur la mise en œuvre des barrières et sur le suivi de la qualité de l'eau usée traité au travers de différents points de contrôle – c'est en tout cas le scénario « idéal » souhaité par la réglementation, sans doute plus difficile à mettre en œuvre d'un point de vue opérationnel (Commentaires issus de la consultation publique de la révision de l'arrêté du 10 août 2010, 2023) :

« J'ai une vision peut-être trop idéalisée, mais les barrières sont mises en place par les parties prenantes. Donc il y a quand même un engagement sur la mise en œuvre des barrières, et sur le suivi de la qualité des eaux. Les responsabilités vont être clairement identifiées, je pense. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement).

En conséquence, avec l'impulsion donnée à l'évolution réglementaire par ces deux logiques politiques et juridiques, plusieurs niveaux de qualité cohabitent sous la même appellation : par exemple, la qualité A pour les usages agricoles, modifiée par le règlement européen de 2020, et la qualité A pour l'arrosage des espaces verts, globalement maintenue telle qu'en 2010, qui correspondent à deux réalités différentes pour une même « qualité A ». Cette situation implique des contraintes de traitement et d'usage variables selon les contextes de réutilisation : la disparité d'exigences peut générer de la confusion pour les porteurs de projets et les professionnels du secteur (Commentaires issus de la consultation publique de la révision de l'arrêté du 10 août 2010, 2023). Ainsi, dans l'immédiat, la révision des textes ne semble pas se diriger vers une simplification générale des modalités de mise en place de la REUT.

Autres textes relatifs à l'eau usée traitée en cours d'écriture en 2023

Deux autres textes relatifs à la REUT sont en préparation courant 2023, mais n'ont pas été investigués car ils ne dépendent pas des directions ministérielles interrogées dans cette étude, à savoir la direction de l'eau et de la biodiversité (DEB), et la direction générale de la santé (DGS). De plus, les textes concernent des réutilisations internes, attribuables à du recyclage plutôt qu'à de la REUT à proprement parler ; l'objet de ces textes ne concerne pas les enjeux de sortie de STEP.

A titre informatif, il s'agit du projet de décret relatif aux conditions de production des eaux réutilisées et à leur usage dans les entreprises alimentaires en vue de la préparation, de la transformation et de la conservation de toutes denrées et marchandises destinées à l'alimentation humaine. Le texte permet aux industries agro-alimentaires (IAA) de réutiliser l'eau produite dans un cadre industriel en lieu et place de l'eau potable. Le décret est pris en

application de l'article L.1322-14 du code de la santé publique, qui précise qu'une eau « non potable » peut être utilisée dans les IAA, selon des conditions définies par un décret en Conseil d'Etat. L'écriture du décret, portée par le Ministère en charge de l'agriculture, s'inscrit dans le plan d'actions du volet agricole du Varenne de l'eau de 2022, qui vise à développer des protocoles de réutilisation de l'eau usée dans les industries agroalimentaires.

Le deuxième texte est un projet d'arrêté relatif aux mesures de restriction en période de sécheresse, portant sur le prélèvement d'eau et la consommation d'eau des ICPE. Il permet aux sites industriels qui réutilisent les eaux produites en interne (issues du processus industriel du site, des opérations de nettoyage des locaux et des équipements, ainsi que des rejets d'eaux pluviales susceptibles d'être significativement polluées) de bénéficier d'une exemption de restrictions en cas de sécheresse. L'écriture du projet d'arrêté est portée par la direction générale de la prévention des risques, rattachée au Ministère en charge de l'environnement.

2.4.2 Cheminement d'une réglementation en cours d'écriture

Dans cette sous-partie, nous montrons l'organisation de la mise en règlement de l'eau usée traitée au travers des institutions et des acteurs impliqués dans le processus de révision de textes. Nous détaillons ensuite les étapes de rédaction et de circulation des textes jusqu'à leur forme définitive, puis nous montrons comment les ministères, en utilisant différents canaux de communication, font appel à la connaissance produite sur l'eau usée traitée.

Les structures institutionnelles concernées par la révision des textes sont le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), le Ministère de la Santé et de la Prévention (MSP), et enfin, dans une moindre mesure, le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA) :

« L'arrêté irrigation, clairement, c'est un texte à trois mains, si on peut dire : environnement, santé et agriculture. Le décret du 10 mars 2022 a essentiellement été travaillé entre la DEB et la DGS. Le MASA avait été associé, mais n'avait pas du tout été pilote sur l'élaboration. Et de la même manière, sur l'arrêté espaces verts, le MASA a été consulté, mais il n'est pas du tout impliqué dans l'écriture du décret. [...] On est vraiment sur les risques environnementaux et sanitaires liés au cadre qu'on prévoit sur la REUT. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

Le projet d'arrêté espaces verts et le projet de décret n'incluent donc pas directement le MASA, mais ce dernier est tout de même consulté. Pour le projet d'arrêté irrigation, les ministères sont tous trois signataires, mais ne contribuent pas nécessairement, ni à part égale, ni de la même manière, à la rédaction et à la validation des textes :

« Le degré d'implication interministériel dépend des signataires des textes. Dès lors qu'un ministre signe, bien sûr, son cabinet va valider. S'il n'est pas signataire, on va interroger pour informer et [connaître] l'avis du ministère qui peut être concerné. Avec le décret, ça s'est passé comme ça : le MASA était associé. Par contre, pour l'arrêté irrigation, comme il est cosignataire, ses avis sont pris en compte. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

De plus, le pilotage des textes se fait sur la base juridique de l'acte, c'est-à-dire du code juridique en vertu duquel le texte est pris ; pour l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation, il s'agit généralement du code de l'environnement, ou du code de la santé publique. Les motivations politiques au développement de la REUT étant d'ordre environnemental, en relation aux problématiques de sécheresses et de pénurie de la ressource en eau, c'est essentiellement le code de l'environnement qui se trouve mobilisé. Pour le décret REUT, le texte est pris en vertu de l'article L.211-9 du code de l'environnement modifié par la loi AGECE de 2020 : le MTECT est donc porteur de sa mise en règlement :

« C'est le politique qui nous amène à modifier le texte. Il est plutôt pour régler les questions de sécheresse et d'économie d'eau, mais derrière, c'est aussi notre rôle de faire en sorte qu'il n'y ait pas d'impacts négatifs sur l'environnement, qu'il n'y ait pas de fausses bonnes idées sur certains projets. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

Tous les rejets de STEP dans les milieux relèvent du champ de compétences du MTECT. En ce sens, les services techniques considèrent que la réglementation antérieure à l'eau usée traitée permet déjà de protéger l'environnement :

« En sortie de STEP, ou en sortie d'ICPE, on a une réglementation qui protège l'environnement. C'est pour ça que c'est quand même plus facile de réutiliser ces eaux : elles sont déjà encadrées. Les stations d'épuration sont contrôlées, suivies, surveillées. Donc les rejets dans le milieu, d'ordinaire, sont des rejets déjà traités. Donc c'était plus facile. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement)

En effet, selon cette perspective – remise en question par les enquêté(e)s –, le travail du MTECT se limite à être attentif aux justifications apportées dans le dossier de demande d'autorisation. La question environnementale intervient donc à deux moments de la mise en règlement : au moment de la commande du texte, par la volonté politique de résoudre les crises liées aux sécheresses, et au moment de la rédaction du texte, par le contrôle de la pertinence écologique de la mise en place de la REUT, d'un point de vue quantitatif uniquement :

« Dans le projet de décret, on dit bien que les projets de REUT doivent éviter tout risque sanitaire et environnemental. Il y a des questions qui émergent sur l'impact sur les milieux, notamment sur les cours d'eau, avec les niveaux d'étiage. Ça, normalement, ça devrait être pris en compte dans l'étude, qui est dans le dossier de demande d'autorisation. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement)

En pratique, les textes juridiques s'appuient sur plusieurs codes, en particulier pour l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation, un sujet interdisciplinaire à enjeux multiples, comme l'illustre cet extrait :

« Ce qui est compliqué, c'est que [le décret] touche à d'autres codes que le code de l'environnement ; le code de la santé publique, notamment. Donc ce n'est pas simple, car c'est le ministère de la santé publique qui est à la manœuvre de son code. On voit que nous, on ne peut pas traiter de tout. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

En effet, le développement de la REUT est historiquement lié à la remise en question de l'utilisation hégémonique de l'eau potable sous couvert du principe de précaution :

« Le postulat de départ, c'est qu'il faut de l'eau potable pour tous les usages sur lesquels potentiellement il y a d'abord un risque sanitaire – puisque c'est le code de la santé publique – et environnemental ensuite. La REUT s'est construite autour de ça, en se demandant sur quels usages l'eau potable était indispensable, et sur quels usages on pouvait utiliser d'autres types d'eau. C'est parti de là. Ensuite, effectivement, il y a ces objectifs environnementaux qui sont arrivés : sécheresses, économies d'eau... Du coup, le MTECT se saisit davantage du sujet et essaie d'encadrer tout ça, par rapport à cette idée de départ. » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement).

Par conséquent, si le développement de la REUT s'intensifie aujourd'hui pour des motivations environnementales, désignant le MTECT comme pilote de l'écriture, l'élaboration des textes associe étroitement le MSP au MTECT, afin de garantir l'absence de risques sanitaires liés à l'usage de l'eau usée traitée.

« [Le MSP] est ministère cosignataire puisqu'à juste titre, il va valider les conditions d'usage en regard des risques sanitaires d'exposition. [Le MSP] n'est pas pilote sur [le décret REUT], comme il peut l'être sur les usages impropres à la consommation humaine au sein de l'habitat ; là, la base légale est le code de la santé publique, donc il va être pilote. Après, dans les faits, la DGS travaille à la rédaction des textes de manière très rapprochée avec les collègues de la DEB. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

Le code général des collectivités territoriales (CGCT) précise les compétences et les obligations des communes et des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) en matière d'assainissement. Le code de l'environnement détermine les normes techniques et environnementales applicables aux installations d'assainissement, et prévoit des sanctions en cas de non-respect de la réglementation. Le code de la santé publique fixe les règles générales d'hygiène d'évacuation, de traitement, d'élimination et d'utilisation des eaux usées et des déchets.

Encadré 2. Codes relatifs à l'eau usée et à son assainissement

Ainsi, les différents ministères ne sont pas compétents sur les mêmes domaines ; leurs directions, également, sont spécialisées sur des sujets ou des périmètres particuliers. Par exemple, l'eau usée en sortie d'une installation d'assainissement collectif concerne la direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) rattachée au MTECT, alors que l'eau usée en sortie d'une ICPE concerne la direction générale de la prévention des risques (DGPR) du MTECT :

« Le décret REUT de 2022 traite des STEP. [...] On est en sortie de STEP, c'est-à-dire en sortie d'assainissement collectif : c'est une compétence DEB. Il y a aussi la sortie d'ICPE, qui est plus une compétence DGPR. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

En effet, l'organisation des ministères est de nature bureaucratique : l'administration centrale se compose de services techniques subdivisés en directions, sous-directions et bureaux, auxquels sont attribués des compétences et missions propres. L'écriture de la réglementation de la REUT s'appuie donc sur cette organisation tubulaire. La révision des textes concerne

essentiellement la DEB et la Direction Générale de la Santé (DGS), les deux directions rattachées respectivement au MTECT (Environnement) et du MSP (Santé). Les sous-directions impliquées par la révision des textes sont, côté DEB, la sous-direction de la protection et de la gestion de l'eau, des ressources minérales et des écosystèmes aquatiques (EARM), et côté DGS, la sous-direction de la prévention des risques liés l'environnement et à l'alimentation (EA). Finalement, ce sont le bureau de la lutte contre les pollutions domestiques et industrielles (EARM4) et le bureau de la qualité des eaux (EA4) qui se consacrent au devenir de l'eau usée, et à sa réutilisation après traitement en particulier.

Au sein des bureaux des ministères, les fonctionnaires qui se consacrent à l'écriture des textes relatifs à l'eau usée traitée occupent des postes de chargés de mission, et sont peu nombreux : « *On est trois, sur ces différents types d'origine et usages des eaux usées : [la REUT issue des STEP, les ENC, et les usages en industrie agroalimentaire].* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé) ; « *Je suis quasiment le seul, avec ma cheffe de bureau, à traiter de [la REUT]* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement). De plus, ils sont généralement en poste depuis moins de cinq ans, à cause de la rotation importante des effectifs au sein de l'administration centrale : « *Les personnels qui s'occupent de l'eau, au Ministère de l'écologie, se comptent sur les doigts de la main. Il n'y a pas un effectif terrible sur le sujet, sur la partie eau usée. [...] Et comme dans beaucoup de ministères, il y a un fort turn-over.* » (E11, chercheur(e) en génie des procédés). Ce turn-over fait donc état d'un renouvellement régulier de l'expertise sur le sujet de la REUT.

Ces fonctionnaires ne sont pas nécessairement spécialisés sur le sujet de l'eau usée traitée au moment de leur prise de poste ; cependant, ils peuvent avoir l'expérience de thématiques voisines, comme l'eau potable, et ont travaillé dans les services déconcentrés de l'Etat, et sont donc familiers de l'instruction des dossiers réglementaires. Leur position dans les bureaux de la DEB et de la DGS les instaure comme « experts REUT » ; ils se désignent comme tels, mais doutent parfois du fondement de ce statut pour les raisons évoquées ci-dessus (« *C'est moi, l'expert(e) REUT depuis 2 mois – enfin, c'est ce qu'on m'a dit ! Il paraît que je le suis.* » - E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement). Les chargés de mission sont assistés de « complices » dans l'exercice de l'écriture : des juristes de proximité, essentiels pour les orienter sur les problématiques de légistique¹², qui se situent hors de leur champ de compétences :

« Le bureau juridique nous appuie sur tout ce qui est procédure. [...] [Le service juridique] traite d'autres sujets juridiques, mais ils nous aident à rédiger. Et c'est pareil dans d'autres ministères : ministère de l'agriculture, ministère de la santé. »
(E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement).

De plus, à l'occasion, les juristes peuvent également endosser le rôle de rédacteurs en cas de vacance de poste des chargés de mission : ils amortissent les effets du turn-over au sein du ministère et assurent la continuité du suivi des textes. En ce sens, les juristes sont les garants du maintien de l'expertise sur le sujet de l'eau usée traitée :

« Au bureau juridique, on se fie à différents bureaux de la DEB, donc à beaucoup de sujets. Moi, je ne suis pas l'expert(e) REUT. Je suis venue de la vacance de poste, surtout que comme on avait déjà suivi le décret l'année dernière, on est restés les

¹² Ensemble des méthodes et conventions de rédaction juridique des textes normatifs.

seuls à piloter, en attendant l'arrivée du chargé(e) de mission et de sa cheffe de bureau. Donc je connais un peu mieux le sujet ; depuis plus longtemps, on va dire. » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement).

Le corps rédacteur est donc constitué de chargé(e)s de missions spécialisés sur le sujet de l'eau usée traitée, et de juristes généralistes, qui prennent parfois le relais de l'expertise et la transmettent ensuite aux nouveaux recrutés.

Le processus d'élaboration des textes sur l'eau usée traitée en vue de sa réutilisation ne s'organise pas sous l'égide d'un comité de pilotage : la rédaction s'organise de manière interpersonnelle, au niveau des « experts REUT » des services techniques du MTECT et du MSP, avec les chargé(e)s de mission, leurs chefs de bureaux et les juristes de proximité. Cette organisation est facilitée par la disposition des administrations subdivisées en sous-directions et bureaux, et le faible effectif des chargé(e)s de mission spécialisés sur l'eau usée traitée : les experts REUT sont facilement identifiables dans chacun des ministères, et les discussions peuvent aisément s'établir, par dialogue interministériel :

« On a travaillé avec le Ministère de la santé. On est habitués à travailler ensemble, sur tous les sujets REUT, et les autres sujets. Chefs de bureau, chargés de mission et bureau juridique, on travaille ensemble pour écrire les textes. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

La collaboration entre les ministères pour la révision des textes relatifs ne laisse pas apparaître de conflits particuliers, en particulier dans le cadre d'une temporalité limitée pour répondre aux demandes du Plan Eau, qui incite plutôt à une coalition entre les ministères :

« Comment est-ce qu'on répond à cette commande du Plan Eau ? On nous demande d'aller plus vite, et de simplifier [la réglementation]. C'est essayer de travailler tous ensemble, [avec les trois ministères], pour voir comment on y répond. Et en même temps, en mettant des garde-fous. Je pense qu'on a quand même plus ou moins la même vision, entre ministères, à essayer de trouver un équilibre entre les deux. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement) ;

« On a essayé de faire en sorte de simplifier l'ensemble de l'instruction et des usages des eaux usées traitées. On s'est bien entendus avec le MTECT sur ces points d'évolution, qui j'espère clarifiera un peu ces usages, et leurs modalités. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

La rédaction se construit généralement à l'initiative des services techniques, mais les orientations à suivre peut également venir des instances supérieures – en l'occurrence, des cabinets ministériels :

« A l'inverse, on peut avoir des orientations qui arrivent très vite des cabinets – donc des niveaux plus élevés – pour nous donner les orientations à suivre au niveau de l'écriture. Ça marche dans les deux sens. En général, on a l'initiative et derrière, on construit. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement)

Si des éléments incohérents ou non satisfaisants émergent, les arbitrages à réaliser sont discutés en fonction du champ de compétences propre à chaque ministère. Par exemple, le MSP se prononce sur les points relatifs aux risques sanitaires, et le fait sur la base d'une première version de texte rédigé par le MTECT :

« Pour le projet d'arrêté, [le MTECT] fait un premier jet, et ensuite, on va en discuter avec le MASA et nous, le MSP. Le MSP et le MTECT, on en discute, on voit les points d'évolution possibles, s'il y a des points qui ne nous vont pas. Nous, on va plutôt travailler sur la gestion du risque, donc ça va être les niveaux de qualité, les mesures de précaution au niveau des distances à respecter vis-à-vis de certaines zones ou usages à risque. Ça va être ce type de d'échange qu'on va avoir, avec les collègues [de la DEB]. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Pour le projet de décret, le MSP a ainsi été particulièrement attentif à la conservation des étapes et procédures sécuritaires, dans un nombre raisonnable pour satisfaire la demande de simplification du Plan Eau. De plus, il a négocié le maintien de la possibilité de consulter les agences sanitaires :

« Les enjeux au ministère de la santé, dans cette demande de simplification-là, ça a été de conserver le plus possible [...] de points de garde-fous sur les risques sanitaires : les avis de l'Anses, la possibilité de consulter l'Anses, les avis des services, l'ARS, etc » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Si le MSP ne parvient pas à trancher sur certaines décisions à prendre sur le texte, il va solliciter une « *expertise complémentaire* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé) auprès de l'Anses, pour valider ou infirmer les points d'incertitude relatifs à la gestion des risques sanitaires. Par exemple, les expertises de l'Anses et du HCSP sont à l'origine des interdictions d'usages prévues dans le décret du 10 mars 2022 : « *Les exclusions d'usage du décret de mars 2022, c'est quelque chose qu'on a demandé à imposer. Mais ça fait suite à un positionnement des agences d'expertise sanitaires, que ce soit l'Anses ou le Haut Conseil* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

Le MSP ne réalise pas les arbitrages en suivant systématiquement, aveuglément, les recommandations sanitaires rapportées par l'Anses : ces dernières sont « *mises en balance avec l'applicabilité du texte et l'opérationnalité des recommandations* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé). Le MSP produit donc une analyse additionnelle à l'avis donné par l'Anses sur les points laissés à la marge par le MTECT. Pour cela, il s'appuie notamment sur l'avis de professionnels. En effet, pour juger de l'applicabilité du texte, le MSP consulte les référents techniques dans les services déconcentrés de l'Etat, afin de recueillir leur expérience de terrain :

« Parfois en amont, on peut consulter des référents techniques en ARS, dans les services qui ont une expérience de terrain justement, qui s'intéressent au sujet depuis plusieurs années et qui vont avoir un regard complémentaire. Il y a déjà une première sollicitation, qui peut être faite au sein des services déconcentrés, que ce soit DDT, DREAL et ARS. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Dans ces échanges, le MSP cherche donc aussi à anticiper les demandes des services déconcentrés et à satisfaire le « droit de regard » qu'ils s'octroient sur les textes :

« En général, on essaie d'avoir un panel représentatif des parties prenantes avec qui on travaille déjà par ailleurs, sur des groupes de travail techniques. Ce sont des acteurs qui sont quand même bien identifiés, qui sont forces de proposition. Et si on ne les sollicite pas, ils viendront certainement taper à la porte, pour avoir un droit de regard sur les textes. Il faut savoir que ça, ça peut être des étapes de consultation préalable. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

Le corps rédacteur a donc pour habitude de communiquer sur les textes, avant leur publication formelle. Le MTECT indique également se référer à des « réseaux métiers » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement), afin d'intégrer leurs réflexions à la mise en règlement : *« On peut éventuellement parler des textes à des réseaux métiers, avant qu'ils sortent. »* (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement). Ces réseaux de services métiers permettent dialoguer de manière privilégiée avec les acteurs de l'assainissement collectif, par exemple. Cependant, avec l'urgence du Plan Eau, les parties prenantes ont été moins associées que pour l'élaboration du décret du 10 mars 2022, en 2020 ; le MTECT montre que l'écriture des textes en cours de révision est donc essentiellement interne aux services techniques.

« Là, on a une grosse urgence sur le décret en cours de révision : les parties prenantes ont été un peu moins associées qu'elles l'ont été sur le décret du 10 mars 2022, qui avait pris un certain temps, quand même, pour être élaboré. Il y avait eu pas mal de concertations à l'époque. Actuellement, c'est vrai qu'on est dans un calendrier très serré, donc c'est beaucoup de l'interministériel. » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement)

Les textes rédigés au niveau des bureaux, après validation des chef(fe)s des bureaux, sont ensuite validés au niveau des sous-directions, qui bénéficient d'une « *une vision plus stratégique* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement). D'une manière générale, la rédaction est un processus hautement surveillé aux différents échelons bureaucratiques :

« Il y a quand même des niveaux de relecture et de validation interne, dans chaque direction ministérielle, qui est assez important. Ce sont les petits jeunes qui sont les premières mains, qui font les documents martyrs et après, ça évolue : il y a beaucoup de concertation. On ne travaille jamais tout seul sur un texte. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Les sujets relatifs à la REUT ne font pas partie des sujets identifiés comme les plus sensibles, contrairement à l'autorisation du glyphosate, par exemple. Pour les sujets sur lesquels les services techniques des ministères ne parviennent pas à se mettre d'accord, l'arbitrage final remonte au niveau des cabinets pour clore les derniers points d'ajustement.

Le processus de validation se poursuit avec la consultation obligatoire de la mission interministérielle de l'eau (MIE), prévue par le code de l'environnement dans l'article R.213-13. La MIE assiste le MTECT dans son action de coordination des différents ministères intervenant dans le domaine de l'eau, et donne son avis sur tous les projets de lois, décrets et arrêtés réglementaires portant sur des questions relatives à l'eau.

« C'est uniquement interministériel ; il n'y a que l'État qui est représenté dans cette instance. Elle permet de discuter avec des ministères qui ne sont pas forcément associés initialement à l'élaboration des textes, pour que chacun puisse bien être au courant, se prononcer éventuellement, et donner un avis. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement)

La MIE permet donc de consulter les ministères qui ne sont pas initialement associés à l'écriture réglementaire, mais qui peuvent être concernés par la portée juridique des textes. En particulier, le ministère de l'Intérieur est intéressé par la révision des textes relatifs à la REUT puisque ce sont les préfets, véritables « *chefs d'orchestre* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement), qui sont en charge de valider ou non les dossiers de demande déposés par les pétitionnaires :

« Typiquement, on a des avis du ministère de l'Intérieur et de la direction générale des collectivités locales, qui ont des commentaires à faire, parce qu'ils ne peuvent pas être sur tous les textes. Dès lors que ça concerne les collectivités, les préfets ou autre, ils ont souvent des commentaires à apporter au texte. » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement).

En retour, cette procédure administrative permet d'avoir un regard de l'ensemble des ministères sur le texte. A l'occasion de la séance de MIE, tous les ministères peuvent faire des propositions de modification et à son terme, un avis est rendu sur le projet de texte (favorable, défavorable ou favorable avec réserve). Par exemple, l'avis peut être favorable sous réserve de la prise en compte de modifications proposées par le ministère de l'Intérieur. C'est ensuite la version modifiée du texte qui fait finalement l'objet d'un accord entre tous les ministères, et qui signe ainsi la validation étatique du projet de texte.

La version modifiée du projet de texte, après avis de la MIE, est ensuite transmise à la consultation du public, une procédure de participation prévue par le code de l'environnement dans son article L. 123-19. Elle applique le principe de participation du public ¹³ en matière environnementale – un corollaire du principe d'information du public – lorsqu'une décision administrative est susceptible d'avoir une incidence sur l'environnement et n'est pas soumise à une procédure particulière, comme l'enquête publique. La consultation du public constitue donc une étape de consultation formelle, à la différence des concertations préalables menées par le MSP et le MTECT, en amont de l'élaboration des textes.

Lors de la consultation du public, le texte est encore modifiable par principe : « *La consultation publique est un stade où tout est encore modifiable par principe. Ensuite, c'est vraiment de la prise en compte ; on n'est pas tenu par les avis qui sont rendus. Ce sont des arbitrages qui sont faits.* » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement).

Les commentaires rendus dans le cadre de la consultation permettent d'obtenir un retour large et formel des premiers concernés par l'application des textes : agriculteurs, traitiers d'eau, associations de protection de l'environnement, collectivités... En pratique, seules les remarques de fond sont prises en compte par la DEB ; celles qui portent sur la forme juridique ou sur la politique menée par le gouvernement sont écartées du processus de concertation.

¹³ Principe consacré par l'article 7 de la Charte constitutionnelle de l'environnement.

« Il y a plusieurs types de correction ; parfois il y a des avis de rédaction, où le texte n'est pas compris. La rédaction n'est pas claire. Après, c'est la rédaction juridique : est-ce qu'on modifie le texte, ou non ? Après, il y a des remarques contre les textes, contre le gouvernement, contre la politique environnementale : on ne peut pas faire grand-chose. Et puis parfois, il y a des remarques de fond qui peuvent être intéressantes. Et là, on essaie de voir dans quelle mesure on peut les prendre en compte. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement)

Les observations rendues sur le « fond » des textes permettent ainsi de rendre compte des incohérences éventuelles qu'ils contiennent, qui rendraient difficile l'applicabilité des textes : *« On va consulter les professionnels du secteur, pour voir s'il n'y a pas une grosse incohérence, dans l'applicabilité des textes, dans l'application des textes et avoir aussi un retour des personnes qui vont mettre en œuvre les exigences réglementaires. »* (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé). Le travail de concertation (informel, en amont de la prise de décisions) ou de consultation (formalisé, en aval de la publication des projets de textes) cible donc essentiellement la question de l'opérationnalité des exigences réglementaires.

A l'occasion de la consultation du public, les associations, fédérations de professionnels et groupes peuvent soulever des points de débats, alors que ces derniers ont été précédemment arbitrés par les services techniques de l'Etat. La consultation du public est alors le moment pour l'administration de justifier ses propositions, en apportant l'argumentaire sous-jacent à la décision inscrite dans le projet de texte :

« Oui, on prend en compte [les commentaires] ; après si ce sont déjà des choses qui ont été discutées, tranchées et arbitrées, on peut y répondre, puisqu'on a l'historique et l'argumentaire qui nous permet de dire : "Là, on peut écarter cette proposition". » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Dans le tableau ci-dessous (Tableau 8), nous indiquons les structures ayant émis une observation par voie de consultation électronique sur les textes en cours de révision courant 2023.

<i>Origine des commentaires publics sur les projets d'arrêté irrigation et espaces verts (consultation tenue du 07/06/2023 au 28/06/2023)</i>	<i>Origine des commentaires publics sur le projet de décret REUT (consultation tenue du 31/05/2023 au 22/06/2023)</i>
FNSEA (Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles)	FEBEA (Fédération des Entreprises de la Beauté)
FNCCR (Fédération nationale des collectivités concédantes et régies)	Groupe SAUR (Société d'aménagement urbain et rural)
SEMAE (Interprofession des semences et plants)	GT national sur les Eaux Non Conventionnelles animé par l'ASTEE

Groupe SAUR (Société d'aménagement urbain et rural)	AMORCE (Association de collectivités, gestion des déchets, réseaux de chaleurs, gestion locale de l'énergie)
Communauté d'Agglomération Royan Atlantique	FNCCR (Fédération nationale des collectivités concédantes et régies)
AGREF IEGE (Association Française des Personnels d'Entretien de Terrains de Golf, Institut Ecoumène Golf et Environnement)	France Chimie (organisation professionnelle des industries chimiques et lobby)
CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes)	Eau et Rivière de Bretagne (association de protection de l'environnement)
Département de la Réunion - Service Aménagement Rural et Hydro-Agricole Direction Agriculture et Eau	Groupe RATP en tant que producteur d'eaux d'exhaure en IDF
Fédération Française de Golf	FP2E (Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau)
Fédération nationale des courses hippiques	ARS Bretagne
Chambres d'agriculture	Fédération Maïage (ex- Fédération nationale des syndicats d'assainissement)
Irrigants de France	Communauté de Communes Vallée des Baux Alpilles
Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau	Acteurs du Traitement des Eaux de la Parcelle
GT national sur les Eaux Non Conventionnelles animé par l'ASTEE	
ADEPALE – PME et ETI de l'alimentation	
SYNTEAU (Syndicat national des entreprises du traitement de l'eau)	
MIRSPAA (Mission Interdépartementale pour le Recyclage des Sous-Produits de l'Assainissement en Agriculture)	

Tableau 8 : récapitulatif des contributions sur les projets de textes relatifs à la REUT en 2023

La libération du projet de texte du circuit interne de l'administration centrale permet de le confronter une première fois aux acteurs concernés par son application. Pour Martinais (2010), elle est une étape indispensable du processus d'écriture : exposer un « prototype de règlement » permet de minimiser les réactions d'opposition et les résistances des acteurs aux transformations en train de se faire. La consultation du public est une présentation de la mise en règlement comme d'une action réversible ; elle constitue, en réalité, un apprentissage au changement.

Enfin, une dernière étape bureaucratique modifie les textes : il s'agit de l'examen du Conseil d'Etat, avant délibération en Conseil des ministres. Le Conseil d'Etat se prononce sur la forme du texte, c'est-à-dire sur le style de la rédaction ; sur la légalité du texte, c'est-à-dire sur le respect des règles de compétence et de procédure, et sur le respect de la hiérarchie des normes ; et enfin, sur l'opportunité du texte, c'est-à-dire sur ses avantages et inconvénients. Pour le projet de décret, pour lequel la consultation du Conseil d'Etat est obligatoire, les ultimes arbitrages ne se jouent pas tant sur le fond du texte que sur sa forme : « *Au Conseil d'Etat, le texte va sensiblement évoluer, mais plus d'un point de vue juridique.* » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement) ; « *[Au Conseil d'Etat], on passe à une sauce juridique, administrative.* » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Suite à la consultation du public de 2023, le Gouvernement a souhaité apporter des modifications sur le texte du projet de décret REUT, finalement publié le 29 août 2023 : ces modifications sont précisées dans une note de la DEB indiquant les motifs de la décision.

Plusieurs observations publiques notaient les difficultés relatives à « la condition liant le recours à la réutilisation des eaux usées traitées à la qualité des boues des STEP » (Motifs de la décision sur le projet de décret, 2023), alors que la qualité des boues ne préjuge pas de la qualité de l'eau usée traitée. Cette condition a été supprimée par le Conseil d'Etat : les critères de qualité des boues constituent désormais uniquement un indicateur de suivi et d'alerte de la qualité de l'eau usée traitée. De plus, le Gouvernement a pris en compte les difficultés d'appréhension du champ d'application du projet de décret, notamment celles relatives à la catégorie des « eaux non conventionnelles », et aux usages de l'eau de pluie, concernée par le projet de décret au même titre que l'eau usée traitée. Le Conseil d'Etat a donc apporté des clarifications sur la définition de l'eau de pluie, pour qu'elle soit harmonisée avec le code de la santé publique, et pour les ENC, en a supprimé la définition et exclu toute mention d'ENC dans le texte. Enfin, le Conseil d'Etat a précisé la nature de l'avis implicite de l'ARS en cas de silence de sa part sur la procédure d'autorisation de l'eau usée traitée : il est jugé « défavorable », ce qui n'était pas indiqué dans le texte initial. Cette précision permet de renforcer la « solidité juridique » (Motifs de la décision sur le projet de décret, 2023) des décisions d'autorisation et de limiter les éventuels contentieux.

Une fois publiés, « *les textes vivent* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement) : une phase pédagogique est enclenchée par les services techniques. Par exemple, pour le décret de 2022 modifié, le MTECT a émis le souhait de publier une circulaire ou un guide d'explication à destination des services instructeurs, ainsi qu'un guide pour les collectivités et les porteurs de projet, dans l'objectif de remédier aux difficultés de compréhension imposées par l'écriture juridique : « *La rédaction est toujours imprécise dans ce que l'on veut faire, donc il faut quand même préciser, a posteriori, l'esprit des textes.* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement)

Pour conclure, on a montré au travers du récit de la révision de l'arrêté de 2010 et du décret de 2020 que la mise en règlement était une activité hautement bureaucratique, infléchie par les multiples étapes de négociation, concertation, consultation et validation étatique à franchir : le projet de texte consolidé est donc le résultat d'un empilement d'arbitrages. Cependant, comme on a pu le voir au travers des processus de concertation et de consultation, elle se nourrit également des réactions et expériences extérieures à l'administration. Dans quelle mesure l'écriture réglementaire intègre-t-elle la connaissance produite sur l'eau usée traitée ? Quels canaux d'information sont privilégiés ?

Plusieurs canaux permettent de faire remonter les différents types de savoirs techniques et scientifiques au niveau des directions des ministères pour alimenter l'évolution des textes.

Le canal « *le plus spontané* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement) concerne les services déconcentrés de l'Etat qui interrogent directement la DEB par mail ou par téléphone : par exemple, le préfet ou les services des DDT, lorsqu'ils sont sollicités pour l'instruction par les porteurs de projets de REUT et ne savent pas se prononcer sur des points précis du dossier de demande d'autorisation : « *Encore hier, j'ai eu deux appels de direction départementale des territoires, en disant : "Mais comment je peux faire pour tel projet ?" C'est un retour d'expérience qui peut alimenter l'évolution des textes.* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement).

Du côté de la DGS, des échanges semblables ont lieu à propos de l'instruction des dossiers avec les parties prenantes, à la différence qu'ils se font du plus haut échelon vers le plus bas. En effet, la DGS est généralement à l'initiative de la demande et vient interroger les services déconcentrés, DDT, DREAL ou ARS (comme mentionné plus haut dans l'étape de rédaction des textes).

Les acteurs ou groupes industriels soumettent leurs idées d'amélioration des textes en contactant directement les cabinets ministériels. En effet, il est fréquent que les industriels sollicitent les cabinets, par rendez-vous avec les Ministres ou leurs experts techniques, qui font ensuite redescendre les demandes aux sous-directions et bureaux inférieurs. La plupart du temps, ces remarques ont déjà été anticipées, mais n'ont pas pu être résolues par les services techniques ministériels car elles résultent d'un compromis entre enjeux sanitaires et enjeux environnementaux :

« On a aussi des acteurs, des entreprises industrielles ou des regroupements d'industriels qui écrivent en soumettant des voies d'amélioration. Elles redescendent depuis le cabinet. Après, comme les textes ont été écrits par nous, on connaît les simplifications possibles. Dès lors que vous avez des consultations sur l'ARS, le CODERST, avec des délais, des avis conformes... Simplifier, c'est déjà se demander comment faire pour éviter ces consultations, ou comment les alléger. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement).

Par un canal moins « direct », les réseaux de correspondants métiers tiennent une position intermédiaire entre les ministères et les professionnels : ils permettent de faire circuler l'information dans les deux sens, par relais des correspondants. Ces réseaux, en particulier le réseau de l'assainissement collectif, permettent à la DEB de délivrer l'actualité juridique aux professions concernées, qui à leur tour, font remonter les questions des professionnels qui émergent en réaction à cette actualité.

L'Astee, association française des professionnels de l'eau et des déchets, est un « *acteur institutionnel important, qui a mené à un groupe de travail élargi, très important* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement) sur les eaux non conventionnelles. Animé par l'Astee, le groupe de travail est créé en 2020 pour répondre à l'objectif de triplement des volumes d'ENC lors des Assises de l'eau. Il est co-piloté par le MTECT et le MSP, et rassemble, en effet, un grand nombre d'acteurs institutionnels et professionnels concernés par la thématique des ENC (DDT, DREAL, Agences de l'eau, FNCCR, Amorce, FP2E, Ecofilae, Chambres d'agriculture, FNE, Cerema, INRAE...).

L'objectif du groupe de travail était d'analyser les différents retours d'expérience, pour identifier les freins et les leviers du recours aux ENC : « *Un mandat a été émis pour analyser les projets expérimentaux, même ceux réalisés sans cadre réglementaire, pour identifier les freins au développement des eaux non conventionnelles.* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement). Le groupe de travail a ainsi permis l'analyse de sites démonstrateurs, généralement pilotés par la recherche publique ou les traitants d'eau. La prospection réalisée par le GT a intégré les sites hors du cadre réglementaire strict, qui génèrent ainsi un certain nombre d'innovations locales. A cet égard, Martinais (2010) souligne que les expérimentations contribuent effectivement à l'exploration de voies de développement alternatives, dont les rédacteurs peuvent s'inspirer pour reprendre le travail d'écriture. Les

difficultés engendrées par les expérimentations sont alors compensées par le « réservoir à solutions » qu'elles constituent au terme de l'analyse produite (Martinai, 2010).

Les conclusions du GT ont été restituées à la DGS et à la DEB lors d'un séminaire tenu en avril 2023. Dans cette opération de transmission, le groupe de travail de l'Astee se positionne ainsi comme un intermédiaire entre les savoirs expérimentaux et les instances décisionnelles : il filtre les retours de terrain des sites démonstrateurs et en produit une analyse « experte », légitimée par la pluralité des regards qui compose le groupe de travail :

« Tous [les sites démonstrateurs] n'ont pas fait l'objet de d'analyses, parce qu'il fallait qu'ils soient volontaires, et certains n'ont pas voulu faire partie de cette analyse. Mais en tout cas, il me semble que l'Astee a bien analysé : on a un retour d'expérience de ces projets pilotes. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement)

L'injonction politique à faciliter les modalités d'usage de l'eau usée traitée montre que cette temporalité nuit à la mobilisation des travaux de recherche, habituellement engagée pour la rédaction réglementaire, comme sur le décret du 10 mars 2022. La DEB souligne que les travaux de l'Astee n'ont pas pu être intégrés au projet de révision du décret :

« Sur le décret de mars 2022, il y avait beaucoup plus de travaux préparatoires, et beaucoup plus d'appui sur les travaux de recherche : le temps était plus long pour l'élaboration. En tout cas, plus sur le décret du 10 mars 2022 [que pour sa révision], malgré les travaux de l'Astee. » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement)

D'une manière générale, sans l'intervention d'instances intermédiaires comme l'Astee ou l'Anses, le canal de la recherche publique est difficilement exploité. Le rôle facilitateur des instances consiste à coordonner les acteurs en groupes de travail et à en extraire des synthèses d'ordre scientifique et technique. Les difficultés à faire remonter les conclusions de la recherche peuvent être amplifiées par une temporalité de l'action publique disjointe de la temporalité de la recherche :

« Le groupe de travail sur la REUT [constitué par l'Anses] était censé précéder la publication de la réglementation de 2014. Il a démarré fin 2009. Début 2011, quasiment un an après, la première version de la réglementation a été publiée. [...] On pensait qu'on était censés évaluer cette réglementation, avant qu'elle ne soit publiée : or, elle a été publiée alors qu'on n'avait pas fini l'évaluation ! On l'a fini un an plus tard, tout début 2012. Il y a un rapport qui a été piloté par l'Anses. » (E4, ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés).

L'Anses et le HCSP tiennent un rôle consultatif prépondérant dans l'élaboration des textes réglementaires. Il s'explique en grande partie par les préoccupations historiques du ministère de la santé sur les questions hygiénistes liés à l'usage de l'eau : « *Le ministère de la santé s'appuie beaucoup sur les avis de l'Anses et du HCSP, qui sont assez prudents dans l'ouverture des usages des eaux non potables. Voilà, un sanitaire qui est très prudent, et historiquement, on est sur tous ces avis-là.* » (E12, chargé(e) de mission au Ministère en charge de l'environnement ; juriste au Ministère en charge de l'environnement).

En effet, l'Anses a notamment pour mission d'évaluer les risques sanitaires d'origine alimentaire, et éclaire l'action publique à sa demande ou par auto-saisine : l'eau potable (ou

« eaux destinées à la consommation humaine ») entre de fait dans ce champ d'expertise. Par dérivation, l'eau usée traitée s'insère également dans ce cadre, puisqu'elle a vocation à remplacer certains usages nécessitant de l'eau potable, et touche aux denrées alimentaires : elle induit un risque d'exposition sur la population générale et les travailleurs. Les missions de l'Anses sont inscrites dans l'article L.1313-1 du code de la santé publique.

Pour rendre ses recommandations d'action aux pouvoirs publics, l'Anses s'appuie sur la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) » initialement créée en 1991. Elle vise essentiellement à assurer la transparence de la démarche d'expertise de l'agence, notamment en ce qui concerne la traçabilité des données techniques et scientifiques, la méthode suivie et la contribution des différents acteurs de l'expertise.

Sur le sujet de l'eau usée traitée, c'est le comité d'expert spécialisé (CES) « Eaux » qui évalue les risques sanitaires pour la population générale et les travailleurs lié à la présence de micro-organismes ou de contaminants chimiques. En effet, le CES « Eaux » est spécifiquement chargé du périmètre de l'évaluation de l'incidence sanitaire des pratiques qui se développent dans le contexte de déploiement des politiques de développement durable et de raréfaction de l'eau. Les « experts » du CES, recrutés pour l'essentiel en externe par l'Anses, sont nommés *intuitu personae* pour un mandat de quatre ans, après validation par le conseil scientifique de l'agence. La sélection tient compte des compétences scientifiques reconnues au regard du domaine couvert, c'est-à-dire de la formation, des expériences professionnelles et des publications scientifiques ; de l'indépendance au regard des sujets traités ; de la disponibilité ; et enfin, de l'équilibre des disciplines et des compétences recherchées au sein du comité (source : site internet de l'Anses, consulté en août 2023). L'Agence peut apporter des compléments par rapport aux conclusions des experts du fait de sa mission définie par le code de la santé publique.

L'Anses précise utiliser le référentiel du *Red Book* pour sa démarche d'évaluation des risques (Note de cadrage sur la méthodologie de l'expertise collective à l'Anses, 2012). En particulier, pour le domaine alimentaire, elle utilise l'interprétation du *Red Book* par le *Codex alimentarius* tel que repris au niveau communautaire par le règlement CE 178/2002. Pour le champ environnemental, elle se fonde sur une révision récente du *Red Book* par le National Research Council, sur l'International Risk Governance Council et sur l'Agence européenne pour l'environnement (EEA). L'Anses précise qu'elle participe elle aussi, en retour, à l'évolution des méthodologies *a priori* (par exemple, le choix des textes à appliquer dans le domaine de l'écotoxicologie) car elle est fortement impliquée dans différentes instances européennes.

Encadré 3. Structuration de l'expertise sur l'eau usée traitée au sein de l'Anses

La consultation des agences sanitaires ne relève pas d'une obligation juridique, mais la DGS les mobilise systématiquement au travers de saisines, pour éclairer ou appuyer ses arbitrages sur les projets de textes. Elle prend également en considération les recommandations antérieures de l'Anses et du HCSP :

« On s'appuie également sur de l'expertise antérieure, sur des sujets connexes, comme les avis sur la REUT de l'Anses. Dans le cadre de l'arrêté du 2 août 2010 et de ses modifications, on a aussi pris en compte les avis du Haut Conseil sur les usages d'eaux non conventionnelles pour les usages domestiques. On a suivi un certain nombre de recommandations. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

L'intérêt d'une consultation différenciée de l'Anses ou du HCSP n'est pas explicite au niveau de la DGS :

« L'Anses est plus sur les aspects scientifiques, analyse des risques, j'ai l'impression. Le Haut Conseil est plus sur une approche populationnelle du risque, en se basant aussi sur des aspects scientifiques, mais le Haut Conseil donne plus des

recommandations d'ordre général. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

L'occupation exclusive du canal de l'expertise par l'Anses n'est pas anodine, puisque ses avis, qui reposent sur les acteurs sollicités, vont nécessairement orienter la direction prise par les textes réglementaires. Elle interroge ainsi la composition des comités qui procèdent à l'expertise et la représentativité des différentes disciplines scientifiques :

« On n'est pas représentés, nous, les gens du métier de l'eau, au niveau de l'Anses, sur ces questions de réutilisation. À l'Anses, ce sont plutôt des gens qui viennent du milieu purement sanitaire, qui voient un pathogène comme un risque, et donc proposent des choses très strictes. On l'a vu avec le Covid et la thématique de l'épandage des boues. Ils sont allés « ceinture et bretelle », sans voir que ça posait de gros problèmes sur le terrain. » (E3, chercheur(e) en génie des procédés)

Sachant que la diffusion et la naturalisation des standards internationaux s'impose dans les méthodes d'évaluation du risque, les méthodologies utilisées par l'Anses pourraient, en complément à cette étude, être investiguées plus en détail. L'encadré ci-dessus montre, en première approche, la manière dont l'Anses structure l'expertise sur l'eau usée traitée.

Henry et al. (2015) soulignent que l'expertise n'est pas seulement une étape intermédiaire qui s'intercale entre la production de savoirs académiques, dévolue à la science, et la décision : cela reviendrait à occulter le caractère transformateur de l'expertise. Les experts ne sont pas uniquement des utilisateurs de savoirs : ils transforment les savoirs qu'ils mobilisent, et participent à construire de nouvelles formes de savoirs adaptées à l'action publique. Déplade (2010) cité dans Henry et al. (2015) montre que l'espace administratif modifie les savoirs académiques et profanes en dépersonnalisant leurs auteurs ainsi que les acteurs concernés. Le discours de l'administration confère ainsi à l'expertise une apparente neutralité.

Il n'existe pas de structure ni d'agence environnementale équivalente à l'Anses ou au HCSP sollicitée par la DEB. L'Anses (2020) rappelle que son domaine d'intervention se limite aux risques sanitaires, et encourage à consulter une structure compétente, comme l'OFB, pour juger des risques environnementaux liés à l'eau usée traitée. En pratique, par son association étroite avec la DGS sur le sujet de l'eau usée traitée, la DEB fait également reposer ses décisions sur l'expertise de l'Anses. Le canal de l'expertise sanitaire déborde donc sur le canal de l'expertise environnementale. Par exemple, la DEB envisage de faire évoluer le décret du 10 mars 2022 au travers de la compilation des différents avis que l'Anses va tenir sur les nouveaux projets de REUT :

« Via les projets autorisés au cas par cas, typiquement, aujourd'hui, on prévoit des avis des ARS, qui peuvent saisir l'Anses pour avoir son avis sur tel projet. Ce qui fait qu'on va avoir des avis de l'Anses au fur et à mesure, qui vont se prononcer sur certains projets. Et on pourra partir déjà de ça, pour commencer à construire des projets d'arrêtés. Ensuite, ces projets d'arrêtés seront aussi soumis à l'avis de l'Anses. Donc on aura un gros appui technique de l'Anses pour construire ces arrêtés-là. Ils vont être nourris des premiers retours d'expérience qu'on aura, et des avis de l'Anses qu'on aura au fur et à mesure. » (E12, juriste au Ministère en charge de l'environnement).

Les paramètres de qualité de l'eau usée traitée, historiquement, sont de nature microbiologique. Il est ainsi difficile d'intégrer de nouveaux paramètres dans la liste établie, tels que les paramètres émergents soulevés par les études scientifiques, de nature chimique. Or, dans le projet de décret, l'instruction des projets de REUT est guidée par une logique « au cas par cas », à travers la démarche d'analyse des risques. Cette dernière doit être adaptée à chaque projet de REUT en fonction du contexte local : des paramètres de qualité supplémentaires peuvent alors être introduits dans l'arrêté préfectoral, en particulier après consultation de l'ARS et de l'Anses. Le plan d'analyse des risques est ainsi un moyen de contourner la rigidité de la liste des paramètres microbiologiques historiques, pour inscrire de nouveaux paramètres dans les arrêtés préfectoraux :

« Sur les paramètres chimiques, l'Anses peut recommander leur introduction dans le suivi de la qualité, de manière automatique. Nous, ce qu'on peut faire, c'est demander à ce que l'introduction de paramètres complémentaires soit au cas par cas, sur avis des services, et pris sur décision du préfet, et donc inscrit dans l'arrêté préfectoral. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Pour conclure cette partie, on a vu que les arbitrages de la mise en règlement étaient soumis à un certain nombre de contraintes générées par la temporalité de l'action publique, son organisation bureaucratique et la disponibilité plus ou moins importante des canaux de savoirs techniques et scientifiques.

La révision prématurée du décret du 10 mars 2022 est un cas emblématique d'une évolution réglementaire qui doit se faire dans l'urgence ; d'ordinaire, il est assez rare de devoir rédiger des textes aussi rapidement, d'après les dires de la DEB et de la DGS. La conjonction entre la publication du Plan Eau et l'entrée en vigueur du règlement européen complique d'autant plus le processus de rédaction des textes, pris en charge par un effectif réduit dans les bureaux du MTECT et du MSP, avec peu de canaux d'information disponibles et opérationnels : *« L'application du règlement européen, on avait quelques mois pour mettre en conformité nos textes. [...] Le projet d'instruction va suivre son cours, mais les délais sont dépassés ; on est un petit peu en retard. [...] Donc c'était ça la plus grosse difficulté : c'est d'avancer très rapidement. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).*

La révision du décret de 2022 avait pour objectif additionnel d'adopter une disposition transitoire, afin d'organiser la période d'incertitude juridique et de mise en obsolescence des exigences entre le régime antérieur, le décret du 10 mars 2022, et la publication du décret du 10 mars 2022 modifié et de ses arrêtés « seuils ». L'objectif était de pouvoir sécuriser les projets existants en prévision des problématiques imminentes de sécheresses de l'été 2023.

« Sur les engagements du Plan Eau, et la simplification des procédures d'instruction, l'objectif était aussi d'arriver à sortir un texte début ou courant d'été, pour qu'il puisse y avoir déjà des projets qui s'insèrent dans ces simplifications, pour cette saison-là, où les conditions vont être assez difficiles. La REUT va permettre à pas mal de secteurs d'activité de poursuivre leurs activités, malgré d'éventuelles restrictions des usages de l'eau potable en période de sécheresse [...]. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

Au moment de la rédaction de ce rapport (août 2023), il n'y a pas encore de mesures transitoires disponibles.

De plus, la modification de décret a dû être entreprise malgré une insuffisance de remontées du terrain, et un grand nombre d'incertitudes liées aux possibilités techniques. En effet, la révision du décret a été enclenchée en 2023, avant la fin des cinq années d'existence des projets de REUT autorisés par le décret de 2022, et au même moment que la publication des conclusions du GT de l'Astee sur les ENC, ce qui n'a pas laissé le temps à une appropriation par la DGS et la DEB des analyses effectuées. Des compromis ont donc dû être trouvés entre le maintien d'un principe de précaution sécuritaire, et le souci de rendre les exigences opérationnelles d'un point de vue technique et financier. Avec l'absence de délai pour intégrer les retours des projets pilotes, le principe de précaution prévaut ; il justifie les seuils élevés choisis pour le projet de décret :

« On va être plutôt être dans une démarche de sécurisation - principe de précaution, avec des modalités d'usage les plus hauts possibles et des modalités de contrôle les plus sécuritaires possibles. Ensuite, ils pourront évoluer avec le retour de l'expérience, et avec une expertise de l'Anses qui sera commandée dans un second temps. Mais pas dans le temps de l'urgence. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé)

En pratique, la priorisation du principe de précaution induit de prendre pour référence la réglementation antérieure. Les usages « historiques », relatifs à l'irrigation des cultures et à l'arrosage des espaces verts, sont relativement installés et coutumiers, dans le paysage administratif de l'instruction. Ils restent ainsi le cadre de référence pour les nouveaux usages : les services déconcentrés de l'Etat tendent même à renforcer les niveaux d'exigence de l'irrigation et des espaces verts, par sécurité :

« Dans le cadre du décret de mars 2022 pour les nouveaux usages, il y a très peu de dossiers déposés. Les pétitionnaires, donc les porteurs de projet, ne savent pas quelles conditions mettre en œuvre pour leur projet, en termes de qualité d'eau, de contrôle, de protection, et de distance vis-à-vis des zones à enjeux. C'est assez compliqué. Les services de l'État, également, n'ont pas de référentiel pour ces nouveaux usages là, donc ils appliquent le référentiel existant sur d'autres usages, irrigation ou arrosage d'espaces verts. Avec, souvent, un renforcement de ces modalités d'usage et de ces protections, pour être dans un principe de précaution, et de s'assurer qu'il n'y ait pas de risque pour la population. » (E13, chargé(e) de mission au Ministère en charge de la santé).

3 Etudes des effets de la réglementation sur des sites expérimentaux et anciens : démarches méthodologiques

Deux études ont été menées sur des sites expérimentaux de réutilisation des eaux usées traitées situés sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, à savoir le site de Roquefort-des-Corbières et de Irrialt'eau (Gruissan). L'ambition était de retracer la trajectoire de ces deux sites afin d'étudier comment elle était mêlée aux changements de réglementation. Ces études ont été menées selon deux approches différentes.

La première étude a été menée dans le cadre d'un stage de fin d'étude ingénieure agronome par Morgane Brites, et encadré par Patrice Garin et Nassim Ait-Mouheb. L'analyse de la trajectoire montre les effets de la réglementation sur ce dispositif. Ce travail interroge également les spécificités qu'il y a d'irriguer collectivement et individuellement avec des eaux usées traitées, en comparant les modalités de création, de gestion et de partage du périmètre irrigué et d'une ASA avec celles plus classiques que l'on peut observer autour d'une eau brute. Seuls les éléments directement en lien avec les effets des cadres réglementaires sur les dispositifs sociotechniques et les pratiques agricoles ont été repris. L'ensemble du travail de stage se trouve dans le mémoire rédigé pour l'occasion.

La seconde étude a été conduite dans le cadre d'un stage de Master 2 en anthropologie par Clara Ribo et encadrée par Anne-Laure Collard. Ce stage avait pour ambition de retracer la vie sociale du dispositif expérimental Irrialt'eau, situé à Gruissan. Dans ce rapport, seuls les aspects liés aux effets de la réglementation sont repris. Le travail de stage a donné lieu à un mémoire de fin d'étude disponible.

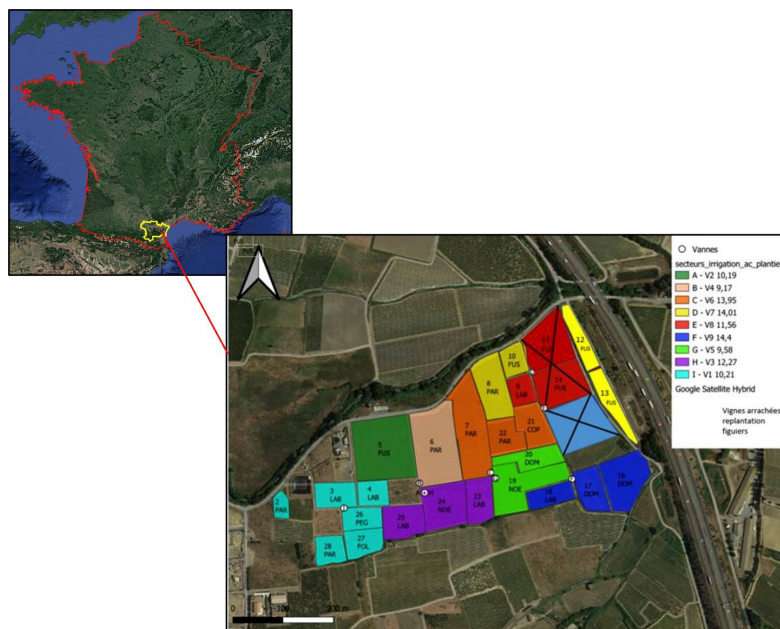
Par ailleurs, une enquête de terrain étendue à 18 autres sites de REUT a été réalisée qualitativement afin d'interroger les effets de la réglementation sur les infrastructures, les pratiques et les représentations. Ces sites se situent en-dehors du périmètre AERMC, mais il nous a semblé important de les interroger au vu de leur ancienneté. L'ambition était de placer en perspective les résultats trouvés sur deux sites localisés sur le bassin RMC avec d'autres. Ce travail a été mené par Patrice Garin et Nassim Ait Mouheb.

Enfin, les dires d'acteurs recueillis lors de la réalisation du diagnostic agraire ont été croisés avec différentes analyses sur la qualité des eaux usées traitées et des indicateurs pathogènes, sur l'efficacité de l'irrigation avec des EUT (encrassement du matériel goutte-à-goutte), sur l'apport des nutriments par les eaux pour culturaux (une forme de ferti-irrigation). En complément, l'effet quantitatif de la réutilisation des eaux usées traitées sur les milieux récepteur a été discuté. Ces suivis ont été effectués sur le site de Roquefort-des-Corbières, et enrichi par des données recueillies sur la plateforme expérimentale de Murviel-lès-Montpellier coordonnée par INRAE UMR GEAU.

Dans la partie 3.1, nous détaillons les terrains d'étude et les démarches méthodologiques.

3.1 Le cas de Roquefort-des-Corbières : irrigation à taille réelle de la vigne dans l'Aude

En 2016, un projet pilote de réutilisation des eaux usées traitées a été initié dans la commune de Roquefort-des-Corbières (fig. 2). Ce village se situe dans le département de l'Aude, (11) en région Occitanie et compte 1007 habitants (Insee, 2021). Il a été mis en place à la suite de l'appel d'offres de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (RMC) de 2016. Les signataires de la convention de ce projet sont BRL Exploitation, le Grand Narbonne (propriétaire de la STEP) et l'ASL (Association Syndicale Libre) regroupant les viticulteurs usagers de la ressource. Depuis son installation en 2018, ce projet irrigue aujourd'hui 15 ha de vignes, appartenant à neuf viticulteurs. Les 9 secteurs mentionnés (figure 1.1) ont été définis pour mettre en place des tours d'eau. En 2021, les tours d'eau duraient 24h et répartis sur 9 jours. En 2022, ils ont été limités à 12h mais sont plus fréquents. Les gaines de micro-irrigation utilisées sont des tubes de 16 millimètres de diamètre équipés de goutteurs intégrés, à pression compensée, avec un débit nominal de 1,6 l/h et sont espacés d'un mètre.



La filière de traitement et d'irrigation comporte les éléments suivants (schéma Figure 9) :

- Un bassin de stockage qui permet de garantir la quantité d'eau pour les tours d'eau. Il peut contenir $3000m^3$ et peut être profond jusqu'à 5 mètres au maximum. Il est alimenté par l'eau en provenance de la STEP. L'eau est prélevée du réservoir par une pompe immergée placée sur une plateforme flottante.
- Des filtres à sable qui sont utilisés pour limiter les quantités de matière en suspension (MES) présente dans l'eau usée traitée.
- Le traitement par rayonnement UV qui est la principale étape de désinfection. Le système utilise des longueurs d'ondes de causer d'importants dommages à l'ADN des micro-organismes, mais il n'offre aucune rémanence le long des conduites d'irrigation.
- Une solution chlorée est injectée la dernière demi-heure de chaque tour d'irrigation.

L'intérêt d'étudier ce site pilote était de prendre du recul sur son évolution dans le temps. En retraçant son histoire, cela a permis d'étudier l'impact de la REUT sur les pratiques d'irrigation individuelles et collectives, et l'impact réglementaire sur la conception du projet et sur son état actuel. Ce sont surtout les éléments portant sur l'aspect réglementaire qui sont restitués dans ce rapport.

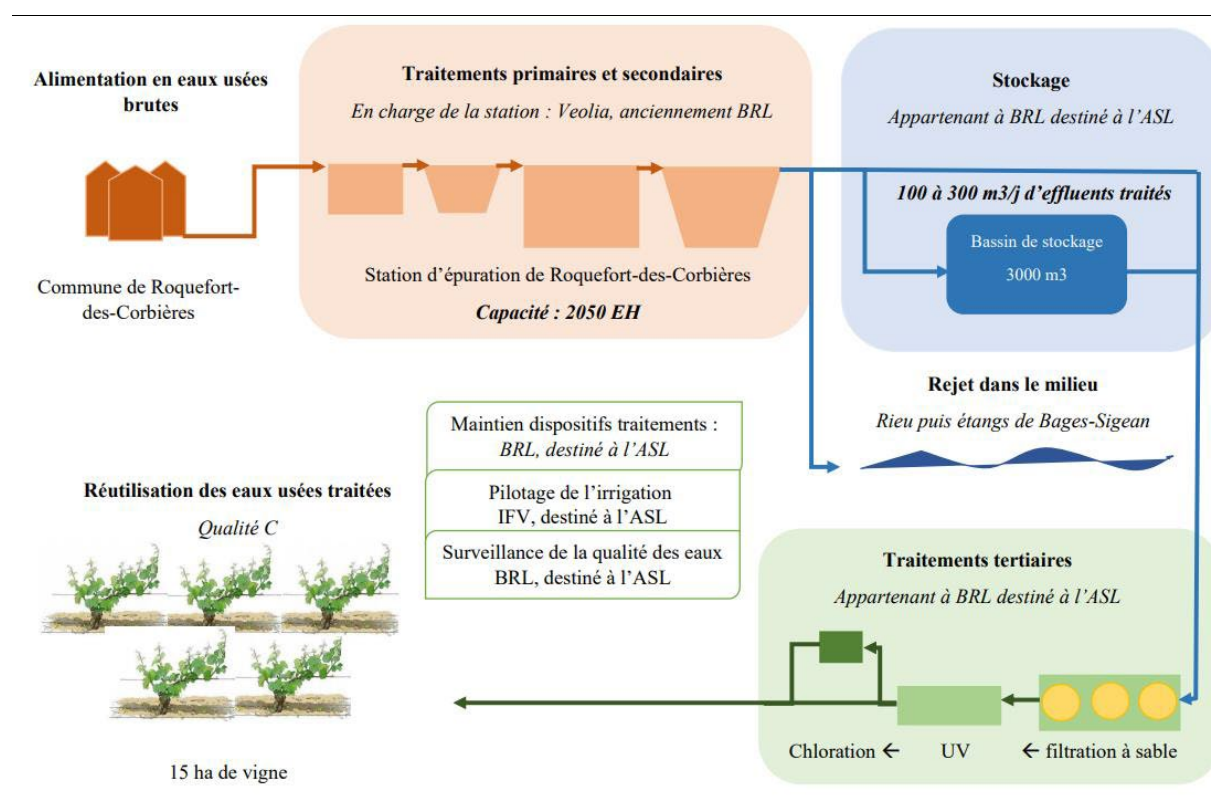


Figure 9 Schéma du dispositif de cheminement de l'eau au sein du projet de REUT de Roquefort-des-Corbières (Source: le Moniteur, repris dans le rapport Brites, 2021)

3.2 Plateforme expérimentale de Murviel-lès-Montpellier (Hérault)

La commune de Murviel-lès-Montpellier est située dans l'est de l'Hérault (34), à l'ouest de Montpellier. La STEP traite l'eau municipale qui représente les rejets d'environ 1800 habitants (INSEE, 2020), mais elle est dimensionnée pour 3000 équivalents habitants. Le traitement secondaire est basé sur des filtres plantés à aération forcée complétés par un traitement du phosphore.

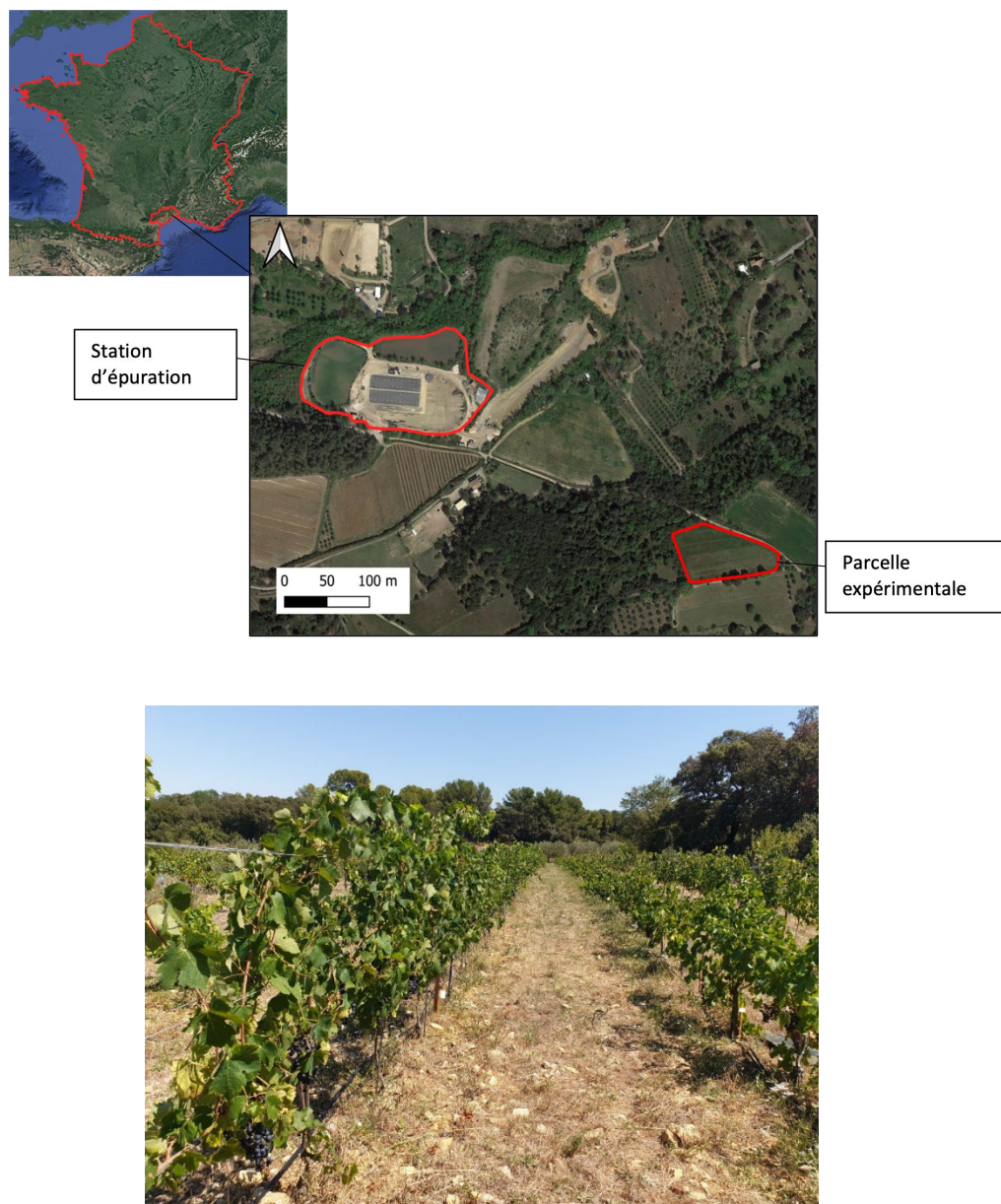


Figure 10. Plateforme de Murviel-lès-Montpellier.
(En haut, localisation de la plateforme. En bas, photo de la parcelle de vigne irriguée)

Depuis 2017, la plateforme expérimentale de Murviel-lès-Montpellier permet d'étudier la faisabilité technique et d'évaluer les impacts agronomiques, sanitaires et environnementaux d'une filière de réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole, dans le but de réduire la pression de pollution sur le milieu. Le travail expérimental porte sur l'acquisition de références à la fois : (1) en conditions contrôlées sous serre (bacs de sol) et avec différentes qualités d'eaux usées (eaux usées brutes au traitement poussé) dans l'enceinte d'une station d'épuration (2) en conditions réelles, sur une parcelle agricole de cultures annuelles et pérennes. La parcelle irriguée expérimentale couvre une surface de 0,5 ha et est occupée par 700 ceps environ. Les gaines d'irrigation sont équipées de goutteurs intégrés d'un débit nominal de 1,5 l/h et espacés d'un mètre (RIVULIS modèle D5000). Les goutteurs sont autorégulantes (plage de pression de fonctionnement entre 0,5 et 3,5

bars) et anti-siphon. L'irrigation de la parcelle est répartie en deux zones, la première irriguée par des eaux usées traitées directement prélevées à la sortie de la STEP de Murviel-lès Montpellier (75% de la surface, 1500m²), la deuxième est irriguée par des eaux provenant d'un forage (eaux claires, 25% de la surface, 500m²). Une dizaine de pieds de vignes sont également laissés en pluvial pour valider l'effet de l'irrigation. La zone eaux claires (EC) a été limitée en surface pour correspondre au volume de recharge de la nappe souterraine.

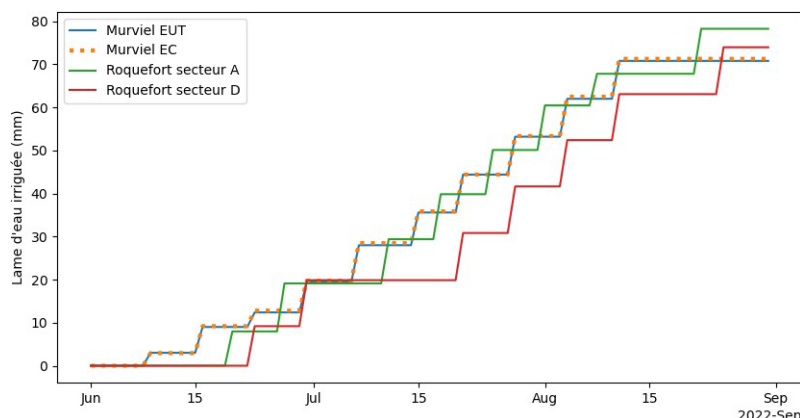


Figure 11. Bilan de la campagne d'irrigation pour l'ensemble des modalités sur les 2 périmètres.

En 2022, sur la zone expérimentale de Murviel-lès-Montpellier l'irrigation a commencé le 9 juin. Elle a été arrêtée le 11 août, un mois environ avant les vendanges. La lame d'eau irriguée sur la zone est de 71mm pour la partie test et la partie témoin. A Roquefort-des-Corbières, la réserve hydrique du sol est plus importante, elle a permis de débiter l'irrigation le 20 Juin et arrêté le 26 août. Les lames d'eau irriguées sur les secteurs A et D respectivement sont de 78 et 74mm environ. La figure 1.5 affiche les apports réalisés au cours de la campagne d'irrigation 2022 et leur rythme pour chaque modalité étudiée.

Afin d'étudier les impacts liés à la réglementation et son évolution, la trajectoire du site a été retracée selon le postulat que les EUT se singularisent des eaux brutes conventionnelles, et avec l'idée de tester notamment deux hypothèses :

- La réglementation oblige des traitements particuliers inhabituels pour les agriculteurs (surveillance de la qualité des eaux, gestion des systèmes de traitement)
- Les usagers de la ressource doivent changer leurs pratiques culturelles en fonction de la composition des eaux usées traitées.

Une enquête par entretiens semi-directifs (n=8) a été menée. L'échantillon se compose de viticulteurs hors projet, concepteurs du projet, technicien, collectivité, services d'Etat. Les principaux axes de la grille d'entretien sont les suivants¹⁴ :

- Les caractéristiques des exploitations : dans le but de déterminer la superficie de vignes consacrée à l'irrigation par rapport à la superficie totale exploitée ; caractériser les parcelles du projet (cépages, âge de la vigne ...).

¹⁴ Le protocole méthodologique est détaillé dans le rapport de stage issu de ce travail et mis en annexe.

- L'adaptation des pratiques culturales : afin de comprendre si les eaux usées traitées sont considérées comme des eaux dites « conventionnelles » ou bien si elles amènent un changement dans les pratiques.
- La gestion du projet : l'objectif est de mesurer l'implication des utilisateurs dans la conception puis la gestion actuelle ou future de ce projet pilote.
- Leur connaissance du projet : vise à sonder les connaissances des utilisateurs sur les dispositifs techniques et la réglementation ; évaluer l'appropriation du dispositif.

3.3 Le cas du site expérimental de IrriAlt'eau : irrigation expérimentale de la vigne (Aude)

En 2013, le projet IrriAlt'Eau est lancé. Il est le premier projet de réutilisation d'eaux usées traitées pour irriguer de la vigne en France. L'Unité Expérimentale de l'INRA Pech Rouge située sur la commune de Gruissan l'accueille. Gruissan est une commune du littoral audois située dans l'agglomération de Narbonne qui se caractérise par une forte prédominance de la viticulture. A cette époque, le projet IrriAlt'Eau est proposé comme une solution pour répondre au déficit hydrique en période estivale qui met en péril le vignoble gruissanais.

Ce déficit hydrique est interprété comme une des raisons de la baisse de la qualité des vendanges et du rendement. En 2010, le rendement moyen des 220 000 hectares de vignes en Région Languedoc-Roussillon étaient inférieur ou égal à ≤ 52 hl/ha, représentant une perte de 9% du rendement entre 2000 et 2006. La Cave Coopérative de Gruissan enregistre un rendement moyen de 31-37 hl/ha, nettement inférieur à la moyenne régionale (Agence Ad'Occ, 2019). Face à ce constat, le projet IrriAlt'Eau a pour ambition de répondre à trois enjeux : Préserver la ressource en eau ; valoriser les eaux usées traitées ; augmenter et sécuriser le rendement des vignobles « *pour assurer une activité économiquement viable* » (Agence de l'Eau RMC, 2019, p.2). A terme, l'objectif affiché est celui du développement de l'irrigation de la vigne à partir d'eaux usées traitées conformément à la réglementation en vigueur.

IrriAlt'Eau est un projet de recherche et développement impliquant six partenaires aux domaines de compétences complémentaires. Le développement du projet se structure en trois phases.

La première phase s'étend de 2013 à 2015. Elle concerne l'installation et la mise en fonctionnement de la « plateforme de référence » (Agence Ad'Occ, 2019), aussi nommée « plateforme expérimentale » (Agence de l'eau RMC, 2019). L'objectif de cette première phase est de : « tester la réutilisation d'eaux usées traitées à petite échelle et d'analyser les résultats afin d'étudier la viabilité du projet » (Agence de l'eau RMC, 2019, p.2).

La deuxième phase s'étend de 2016 à 2018. Il s'agit d'une phase « observatoire » (Agence Ad'Occ, 2019). L'objectif est de « *poursuivre et d'approfondir les expérimentations [...]. Il s'agit d'acquérir des données fiables sur plusieurs années, afin de comprendre les interactions eau-sol-plante, d'apprécier les risques et d'assurer la pérennité de la pratique* » (Agence de l'eau RMC, 2019, p.4)

La troisième phase a débuté en 2019. Le projet de R&D est terminé. IrriAlt'Eau entre dans une nouvelle phase d'expansion et d'ouverture au monde viticole gruissanais. Elle est appelée « démonstrateur » (Agence Ad'Occ, 2019) et « *correspond au déploiement progressif du projet sur une partie des 350 ha de la cave de Gruissan* » (Agence de l'eau RMC, 2019, p.5).

L'ambition de ce stage était de retracer la vie sociale de ce site dans l'idée de « rendre compte du changement d'échelle, depuis la construction d'un projet de laboratoire jusqu'à l'inscription de changements qui touchent l'ensemble de la société, sans renoncer à l'intérêt de suivre les acteurs, les ingénieurs notamment, et leurs pratiques concrètes et situées » (Rosental, 2009). Le questionnement portait sur les modalités d'ouverture du projet IrriAlt'Eau à la société en interrogeant les raisons d'une mise à distance des viticulteurs tout au long du processus de conception du projet et de mise en œuvre du dispositif. Dans ce rapport, nous relatons uniquement les résultats qui permettent d'éclairer les effets de la réglementation et de son évolution sur la trajectoire du site de Irrialt'eau.

La démarche méthodologie adoptée dans ce travail est qualitative. 14 entretiens ont été menés avec des acteurs impliqués dans le projet IrriAlt'eau. Cette technique de recueil de données a pour objectif de nourrir des connaissances factuelles tout en laissant délibérément à l'interlocuteur la possibilité de parler des aspects qui l'importent et qui sont d'autant plus éclairants pour comprendre les enjeux du projet, les positionnements des acteurs, et tant de perspectives qui seraient évincés des préoccupations de l'interviewer car non-spécialiste du projet alors même qu'ils sont indispensables pour la compréhension et l'analyse de la situation.

Le canevas d'entretien s'organise autour des axes suivants :

- La trajectoire du projet ;
- Le rôle des acteurs et leur évolution dans le temps ;
- Les enjeux liés à la création de connaissances scientifiques et technologiques ;
- La relation des viticulteurs au projet.

Les entretiens ont été menés avec :

- Les trois directeurs de l'INRA Pech Rouge qui se sont succédés jusqu'à 2021 ;
- Une ancienne chercheuse de l'INRA Pech Rouge en charge de la mise en place et des recherches agronomiques durant les deux premières phases d'IrriAlt'Eau ;
- Le directeur de Lbe de Narbonne en fonction en 2013 ;
- Un chargé de mission au sein de l'entreprise Véolia accrédité à la gestion du projet IrriAlt'Eau spécialisé dans la REUT ;
- Une chargée de mission au Développement agricole durable de l'Agglomération du Grand Narbonne préposée à la gestion et à la coordination du projet IrriAlt'Eau
- Une chargée de mission du service Eau et Assainissement de l'Agglomération du Grand Narbonne chargée de la coordination et du bon déroulement de la mise en place des traitements tertiaires à la station d'épuration ;
- Un élu de la mairie de Gruissan délégué à l'irrigation ;
- Le président de la Cave Coopérative de Gruissan ;
- Deux viticulteurs devant bénéficier de l'eau du projet IrriAl'teau (Un adhérent à la cave coopérative de Gruissan et un adhérent à la Cave coopérative de Coursan) ;
- Un viticulteur situé en-dehors du projet IrriAlt'Eau ;
- L'animatrice de l'ASA de Gruissan et présidente de l'union des associations syndicales d'hydraulique de l'Est Audois (ASE Aude).

3.4 Etude des projets « anciens » de REUT

La configuration des deux sites précédemment abordés n'est pas anodine. La pérennisation des sites dépend pour beaucoup de leur cadre expérimental et des apports financiers afférents à ce statut qui permettent des investissements potentiellement occasionnés par la réglementation (infrastructure de traitement), des prix de l'eau vendue en-deçà du prix réel, des dérogations, etc. C'est pourquoi, il nous a semblé intéressant d'aller enquêter des sites où la REUT est pratiquée depuis plus ou moins longtemps, mais surtout qui ne répondent au critère d'un site « expérimental » monté dans le cadre spécifique d'un partenariat R&D. Notre ambition était de placer en miroir les résultats obtenus présentés en partie 2 avec ces sites plus ordinaires de REUT.

20 projets « anciens », c'est-à-dire mis en place entre 1982 et 2005, ont été enquêtés :

- 10 dans le Centre Ouest de la France
- 4 sur les îles de Ré (Charente-Maritime) ou Noirmoutier (Vendée),
- 5 dans la Communauté d'Agglomération des Mauges (Maine-et-Loire),
- 1 à Sainte Pazanne (Loire atlantique).

Les tableaux 9 à 11 synthétisent les caractéristiques des sites et les personnes enquêtées. Tous les projets résultent de la volonté d'un élu local, un maire le plus souvent, parfois épaulé par un élu national. La plupart de ces sites ont été recensés dans l'étude de Boutin, Héduit et al. (2008).

Caractéristiques	Roquefort des corbières (34)	Lido Sete-Marseillan (34)	Noirmoutier (85) Salaisière 1	Noirmoutier (85) La Cassie 2	Ars-en-Ré (17)	La Flotte – île de Ré (17)	Le Mesnil en Vallée (49)	Chemillé (49)	Andrezé (49)	Le fuilet (49)	Chapelle st Florent (49)	Sainte Pazane (44)
Personnes interrogées	BRLe, IFV, 4 irrigants, 2 non irrigants, Elue, DDTM	Concepteur du projet, responsable exploitation	Président Com-Com île de Noirmoutier, Technicien Service Eau & assain. Ingénieur délégué, Dir ASA (ASDI)		Concepteur (eau 17), Resp. sect. SAUR Techn. station Président ASA Ars	Concepteur eau 17 Resp. sect. SAUR Techn Station DGS La Flotte Prés. ASA La Flotte	Cheffe service assainissement REUT Com. d'Agglo de Mauges, Chef service GEMAPI Com. d'Agglo de Mauges					Responsable Pôle Cycle de l'Eau
Date création	2018	Projet 2019	1982	1990	1984	2014	1994	2015	1997	1994	2001	2002
Motivations création	Irrigation vigne	Irrigation vigne (biseau salé) Substit. EauPot	Réduction rejets estivaux en mer & irrigation P. de T. (1976) eau pot + bassin récup drainage		Interdiction rejet 06-09 & Irrigation PdT (forages salés)	Maire => installer agris & circ. courts + Coop Pdt sur friche	Interdiction totale rejet la Thau	No rejet si Q<30 l/s Hyrôme	No rejet 05-07 Beuvron	No rejet 05-11 Trézence	No rejet 05-011 Evre	Diminuer Rejet lagune + irrigation
Système trait. avant reut	Natura2000 => boue activ + dénitrif+ depheos	2 lagunes aérées +.3 ex marais salant	1 : <1986 ; 2 : 2006 : lagunage puis Boue activ.. + clarif + 3 lagunes 20 ha (400 m3) pour 20 à 120 j de tps de séjour		Boue activ.. + clarif + Lagunage aéré – infiltration vers la nappe	Boue activ+ clarif + chlor (norme rejets milieu sensible)	Lagunes aérées	Boue activ + trait. phys/chi	Lagunes aérées	Lagunes aérées	Lagunes aérées	Boues activées
Système de traitement REUT	Bassin 3000m3 + filtre sable + UV + Chloe (colmatage)	bassin + filtre + électrodialyse ou osmose ?	lagune 3 : pompage en prof (E. coli inf 10x surface) <2006 : norme de rejet milieu vulnérable		< 2012 : envoi sur 2 lagunes 40 ³ m3 ASA > 2012 : + chlore avant envoi lagune	lagune 12 000 m ³ , 2016 => 2 tamis 20 & 40µ & UV avant pomp. agri 5,5 bars	- 1 dernière lagune (4 ^{ème}) faible profondeur = abatement et stockage. - Sur Mesnils bassin tampon avec eau de nappe en complément - 4 manques d'arrêté usage REUT != d'arrêté Step. Chemillé déposé					2 lagunes finition 11 000m3 10 j min
Qualité eau visée après 2010	Imaginé C mais contraint à A (ARS)	Imaginé C mais contraint à A (ARS)	>2006 qual A ; N et P réduits de 80 % ; normal : =>E.coli : 80, > fin juin car tps séjours <<. B en 2022		Qualité B (<10 ³ E. col, N<10µ = norme rejet milieu)	Qualité A (maraîchage),	Création : norme rejet qualité dans milieu vulnérable (MES, DCO, N) > 2010 : intégration pathogènes (E. coli) mais sans arrêté Qualité B					2022 B puis 2015 => A (E.coli <250)
Qualité eau norme EU visée	Qualité C	Qualité C	Qualité B (mais A sur Cassie à terme projet maraîchage)		Qualité B	Qualité B (gte à gte et maraîchage)	Qualité B mais difficile à atteindre sans modernisation					B (E. coli à 100 tenable ?
Fréq. Contrôle	Hebdom. (selon les années)	Hebdom.	2x/mois puis 1x/sem 03-08		Hebdom.	Hebdom	Demande DDTM après 2010 = E. coli ; 2014-2019 ? pas d'archives ; depuis 2020 : DDTM exige 2x/mois 4 paramètres					Hebdo pour E.coli
Qualité relevée	Pb abatement SBAS sortie bassin	Pb abatement SBAS sortie bassin	<80 E. coli	Peut > 10 ³ E. Coli (oiseaux)	<1000 E.col entrée bassin agri – 2 à 6000 sortie station	<40 E.coli après stat. pomp	Très variable E. coli entre 100 et > 1000.					
Lieu prélèvement	Sortie Stat Irri	Sortie Stat irr	Lagune 3 : stat. irrigation		Sortie stat. Irrigat.	Sortie stat. Irrigat	sortie station irrigation					lagune

Suivi Mil. recep	non	non	Non		Hydrogéol (nappe)	non	Non			Non
Nb irrigants initial.	9	1	> 70 agri dès début		14 - 15	7 : 3 Pdt, 1mar, 1 fleur 1 arbo 1 centre equ -	4 ASA – mélange eau 2 forages sur Mesnil. Autres non		individu	3
Nb irrigants actuel	9	1	1 ASA pour 2 sites : 25 irrig		4		À préciser < 5 par ASA		1	1 seul
Autres usagers	-	-	Foot, hydrocurage	1 maraîcher	Jardins particuliers	Com (hydroc. Esp.ve	Faible demande d'usages autres (stade, espaces verts) & partage de l'eau (peu périurbain). À terme pour abreuvements élevage ?			non
Qui a créé	BRLe	Dom Villeroy	Com Com (+ ASA)		Eau 17	Eau 17	Un élu/maire agriculteur qui trouve des agri volontaires			Inconnu
Qui a financé	AEMRC	Dom Villeroy	CC +AE +Dpt +ASA	CC +ASA	Dpt 17 + AELB	Com+ dpt+ Agence 945 K€	Step et lagune = Commune, Réseau = ASA + subvention			inconnue
Qui gère	BRLe+ASA	Dom Villeroy	Saur affermage		SAUR (affermage)	Saur (Affermage)	Com puis Com Com (2015) puis Com d'agglo en 2020			SAUR
Remarque	Appuis IFV, INRAE Pannes en 18,19, 20	Veolia +BE puis Suez en appui Irrig. avec eau potable >2018			Il y a aussi REUT indir. & informelle (pompage dans fossé rejet de Step)	Avenir : lutte incendie, extension	Création par extension d'irrigation. Pas de substitution. Il existe retenues collinaires et pompes classiques nappe/cours d'eau dans la zone (avec restriction si besoin)			Veolia au début => Archives ?

Tableau 9. : Caractéristique des sites pris en compte dans l'analyse des pratiques d'irrigation avec des EUT et personnes interrogées sur ces sites

Caractéristiques	Roquefort-des-Corbières (34)	Lido Sète-Marseillan (34)	Noirmoutier (85)	Noirmoutier (85)	Ars-en-Ré (17)	La Flotte – ile de Ré (17)	Le Mesnil en Vallée (49)	Chemillé (49)	Andrezé (49)	Le fuilet (49)	Chapelle st Florent (49)	Sainte Pazane (44)
Cap. traitement	2 050 EH	44 500 EH	49500 EH	18 000 EH	23 000 EH	36 000 EH	2 500 EH	8 000 EH	1 500 EH	250 Eh	1 900 EH	7 000 EH
Volume annuel pour irrigation		Max 300 ³ m3 sur 900 Step	110 m3 départ x 3 >2010 + 5 à 10 % eau potable pour tunnel		130 à 140 ³ m ³ /an sur 550 ³ m ³ épurés	150 m3/h max, parfois saturé	70 000 m3	49 000 m3	98 100 m3	40 000 m3	38 000 m3	13 200 m3 2 % du total
Sup. équipée/irriguée par an	15 ha équipés 15 ha irrigués	246ha à terme 92 ha 2021	250 ha en 82, 410 ha équipés aujourd'hui – 400 ha irrigués		140 équipés 65 irrigués	50 ha irrigables <40 irrigués/an	Pas encore suivi : estimé à 150 ha irrigués au total. Pas d'extension de réseau depuis le début,					50 ha irrigables
Cultures	Vigne IGP et vin de pays	Vigne IGP	PdT primeur et de saison (irri : + 20 à 50 % de rdt PdT)	Id + 1 maraîcher	Pomme de terre (rotation blé et eng. vert pas/peu irrigué 1 pépin. agrément	P de T (rotation blé pas/peu irrigué) Maraîc, arbo, fleurs	Maïs ensilage et parfois prairies. Zone spécialisée élevage bovin viande et lait (pas de fromage). 1 éleveur bio En 2022 quelques arrosages de céréales – d'autres productions pour marchés de proximité ?					Maïs ensilage
Période irrigation	Démarrage sur Sonde (mai-juin) arrêt août	Plant. Mar-oct Vigne/sonde mai à août	Mars –juin PdT + culture dérobée en été parfois arrosée. Rejets mer 10 j/mois en été		A l'année (pépinière) PdT : 03-05 primeur ; jusqu'en 07 saison	A l'année (ts les 2-3 j sur pdt si débit dispo (partage)	Avril à septembre volume utilisé > vol stocké. Souvent lagune vidée et temps de séjour très faible fin de saison (impact qualité).					3 mois été
Tech. irrigation	Tour eau/ilot Gte à Gte	Tour eau/ilot Gte à Ggte	Tour eau 3 j – Couv Intégrale 14x14. Conseil sur suivi sondes		Aspersions (couv. Int + enr.)	Aspersions (ramp, couv inté, enr	Aspersions par enrouleur. Tours d'eau et compteurs pour partage. GAG pour qualité C Europe inenvisageable sur maïs ensilage.					Aspersions et « drainage »
Précaution pour aspersion	Non pertinent	Non pertinent	Limiter angles d'arrosage Évite irrigation si vent (pistes cyclables)		Aucune même près habitation et vélos – arrêt si vent fort (hétérogénéité)	Bull munic : V<20 km/h ; pas distance (protestation 1 riverain aerosols)	Agriculteurs connaissent prescriptions (distance habitation et vent) mais applications ???					Rappelé dans arrêté
Précaution agri contre covid	Aucune	?	Hésitation départ (1 ^{er} confin) mais analyses rassurent		Aucune – pas de crainte	Gel hydroalcool – pas de crainte	Rien de particulier-pas d'arrêt de service. Irrig. ne demandent jamais les analyses, ils délèguent complètement les enjeux qualité					inconnus
Action si qualité <	Arrêt	Arrêt	1 à 2 X/an MES sur 1 ; MES et E.coli sur 2 => arrêts 2-3 j		Arrêt ... hors période forte demande	0 fois ; purge bornes pas utilisées	Système d'alerte en place. Si dysfonctionnement => tel dir Asa : arrêt. Pas arrivé en 3 ans. 1 incident Chemillé avant 2020= pas d'arrêt					arrêt
Dose apport	8x (4 -8 mm) puis 4x19 mm	Pilotage + partage débit	Calcul : 10 -13 min/3j. soit 800m3/ha an		20 mm/semaine mais pas compteur	10-20 mm/3 j	Non suivi encore. Estimé à 2 000 m3/ha-an sur maïs ensilage comme pour eau conventionnelle					
Prise en compte ferti-irrigation	Non (N et P proches 0)	Non	Non. Apports selon analyse sols 150-170 N & K, < P		Non. Apports selon analyse sol – 120N	Non N<10mg/l et P=0 (sinon algues)	Non – mais certains déterminent fumure à partir analyses de sols					inconnu
Enjeu norme Europe ?	Non	Non	En 2022 : DDAF passe B Fra car PdT consommée cuites		Niveaux indicateurs pathogènes >	Fréquence contrôle à accroître	Très fort : quoi faire en dehors curage réguliers & agrandir lagunes ? Analyse de risque ? Mesures barrières ? Tertiaire hors de portée => BE					Fort : qui paye ?
Adaptations aux nouvelles normes ?	RAS	RAS	Traitement désinfection complémentaire envisagée		Trait UV envisagé = 300K€ Curage bassins & 3 ^{ème} lagune Demande soutien à col ter et coop Pdt	Pas besoin Pas d'entrée de sel (diagnostic)	- Contraintes milieux à réévaluer + calendrier (soutien d'étiage) - si abandon REUT=> modernisation STEP quand même car normes rejets plus contraignants => Mise en conformité eaux mai-oct Reut pour éviter obligation mise aux normes rejets hiver. - Alternative = Infiltration et abandon REUT ?					A décider
Convention STEP-agri ?	Oui : partage et calendrier	Oui : partage & calendrier	Oui ; calendrier rejet/irrigation avec conchylic. & paludiers		Oui : calend. rempli. (pas engagé sur m3)	Réunion annuelle ASA-Com-Saur/prix	Oui : cal. Remplis. lagune favorable irrig (mai octobre) + vol mini + zéro interdiction irrig + prix =0. Qq différences (entretien lagune, analyses)					

Tableau 10. Éléments clés des usages agricoles et des pratiques d'irrigation avec des EUT

Caractéristiques	Roquefort-des-Corbières (34)	Lido Sete-Marseillan (34)	Noirmoutier (85) Salaisière 1	Noirmoutier (85) La Cassie 2	Ars-en-Ré (17)	La Flotte – ile de Ré (17)	Le Mesnil en Vallée (49)	Chemillé (49)	Andrezé (49)	Le fuilet (49)	Chapelle st Florent (49)	Sainte Pazane (44)
Coût d'Investissement <i>et d'exploitation</i> (financeurs)	362 K€ (dont 50 % par AERMC)	Inconnu	Station : 1,8M€ (par CC) Réseau 3,8 M€ (par Dpt + AE+ ASA) <i>Expl : 200k€</i>	Inconnu	Inconnu	945 K€ au total : - 279 bassin - 186 UV - 426 réseaux (Commune 53 %, CG 38 %, Etat 9 %)	Inconnu					Inconnu
Prix de cession de l'eau à l'ASA	100 €/ha/eau traitée	Inconnu	Gratuite y compris analyse (lagunage 10k€ pour com com).	Gratuite. Analyse payée par ASA	Com. facture directe adhérents	Gratuite bord de station irrigation (y compris analyses d'eau par commune). Si investissement à venir : partage des coûts sera sur la table					Gratuit y compris analyse	
Prix de l'eau pour agriculteur	+ 236 €/ha inv. bassin + 115 €/ha ASL = 0,75 €/m3 (2020)	Inconnu	=> 340€/ha irrig début puis 190€/ha fin emprunt + 0,37€/m3 soit 0,6€/m3 consommé	Forfait par ha irrigué 450 €/ha environ après fin emprunts. 25 ans à 1000 €/ha	75c €/m3 (2014 =50) (0€ fixe) Com déficitaire – UV déjà changé + Watts	Prix de l'eau mise sous pression par ASA inconnus					Inconnu	

Tableau 11. : Éléments économiques rassemblés sur les cas de REUT de l'échantillon

Des entretiens semi-directifs, auprès des producteurs d'eau (techniciens des collectivités, maîtres d'ouvrage ou délégataires des services d'assainissement) et les responsables agricoles. Les principales grilles d'entretien sont données en annexe. Elles abordaient principalement :

- L'histoire des projets et les motivations des porteurs à l'origine ;
- Les évolutions des procédés de traitement ou de gestion et leurs liens avec la réglementation et l'épidémie de Covid ;
- Le partage de la gestion de l'eau, de la production à la distribution, entre producteur d'eau et agriculteur ;
- Le partage des coûts d'investissement et de fonctionnement (dont la surveillance de la qualité) ;
- Les pratiques d'irrigation et leurs spécificités par rapport à des eaux conventionnelles, les changements éventuels et leurs motivations ;
- Les enjeux commerciaux éventuels sur les produits agricoles.

Ces entretiens ont été complétés par :

- Des entretiens semi-directifs auprès de la DDTM et l'ARS de l'Aude et des viticulteurs non raccordés au réseau (projet Roquefort-des-Corbières) ;
- Des visites de terrain (sauf Pornic) afin de mieux appréhender le procédé de traitement et la manière concrète dont l'eau passait de la responsabilité du producteur d'eau traitée aux irrigants ;

Le changement de cadre réglementaire en juin 2023 a joué de manière contrastée sur nos enquêtes auprès de porteurs de projets anciens. Certains étaient motivés pour nous rencontrer afin de partager leurs inquiétudes, espérant aussi des conseils sur les mesures à prendre. D'autres n'ont pas voulu nous recevoir, au motif que leurs élus avaient peur d'apparaître en retard dans leur plan d'adaptation. Enfin, à Mauges et Pornic, nous n'avons pas eu la possibilité d'interroger des irrigants concernés, le sujet de l'adaptation des réseaux et du partage des investissements à venir étant un sujet trop sensible entre les parties concernées.

Les données recueillies ont été croisées à un corpus documentaire composé de :

- D'arrêtés préfectoraux encadrant le fonctionnement des projets de REUT (mais pas de tous les projets, certains faisant défaut, d'autres ne nous ont pas été communiqués) ;
- Des données sur la qualité des eaux traitées, des analyses de sols et des données agronomiques sur Roquefort-des-Corbières, afin d'appréhender les effets de l'irrigation sur les cultures et les milieux ;
- Des documents de présentation des projets (pour les cas de La Flotte – île de Ré, Noirmoutier).

Les données analytiques et plus généralement les données chiffrées sont peu nombreuses et permettent difficilement d'étayer ou d'infirmes les propos de nos interlocuteurs. Cette lacune est particulièrement préjudiciable pour l'analyse des effets de la REUT sur les rendements ou les milieux (nous y reviendrons plus tard).

3.5 Méthode protocole

3.5.1 Etude des qualités physico-chimiques et indicateur *Escherichia Coli*

L'objectif était d'analyser les concentrations en macronutriments pour les vignes et les éléments participants au développement microbien responsable du colmatage biologique (biofilm). La fréquence des suivis était de tous les deux semaines sur Murviel-lès-Montpellier et Roquefort-des-Corbières. Le tableau 12 synthétise les paramètres physico-chimiques suivis dans les eaux sur les 2 cas d'étude et les méthodes d'analyse utilisées.

Éléments ciblés	Techniques utilisées	Unité
Ammonium	Spectrophotomètre et chromato-ionique	mg/l
Nitrate	Spectrophotomètre et chromato-ionique	mg/l
Nitrite	Spectrophotomètre et chromato-ionique	mg/l
Phosphate	Spectrophotomètre et chromato-ionique	mg/l
Demande Chimique en oxygène (DCO)	Spectrophotomètre et chromato-ionique	mg/l

Tableau 12 Les paramètres physico-chimiques suivis dans l'eau usée traitée et les méthodes d'analyse.

En laboratoire interne, l'eau usée traitée a également été analysée à l'aide du protocole IDEXX. Cette méthode nous a permis d'établir un suivi des concentrations des indicateurs *Escherichia Coli*.

3.5.2 Méthode d'analyse de l'efficacité de l'irrigation

Afin d'évaluer l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur les dispositifs d'irrigation. Nous avons étudié le potentiel bio-encrassement des goutteurs dans les 2 sites de REUT. Nous avons ainsi calculé des coefficients d'uniformité (CU) de l'irrigation au cours de la première et de l'avant dernière campagne sur les deux parcelles étudiées. Le coefficient d'uniformité permet de déterminer la variation de la distribution de l'eau dans les gaines de micro-irrigation, il est défini de la manière suivante :

$$Cu = \frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}} * 100$$

Avec, $\bar{q}$ le débit moyen des goutteurs et $\bar{q}_{25}$ le débit moyen du quart des débits les plus faibles.

Pour interpréter les résultats, nous considérons que si :

- $Cu > 90\%$: l'homogénéité de l'irrigation est satisfaisante, l'encrassement du

réseau est négligeable.

- $80\% < Cu < 90\%$: l'homogénéité est moyenne, le réseau commence à être encrassé.
- $Cu < 80\%$: l'homogénéité est faible, le réseau est fortement encrassé.

Il faut également garder à l'esprit que l'encrassement a des effets sur l'homogénéité des débits que s'il est déjà bien développé dans les goutteurs. Ainsi en complément, nous avons à la fin de la campagne d'irrigation pu prélever des tronçons, les ouvrir et réaliser des observations sur leur état interne des goutteurs. Nous avons choisi de faire 9 prélèvements par parcelle sur trois gaines au début, milieu et à la fin du réseau. Notre objectif est de vérifier s'il y avait un effet lié au temps de séjour et/ou aux conditions hydrodynamiques. Trois goutteurs et trois morceaux de conduite d'environ 90cm ont été échantillonnés par tronçon. Au laboratoire, les goutteurs ont été extraits de leur gaine, ouverts, puis observés au microscope numérique (Leica DVM6) pour noter la présence ou l'absence de matière dans les canaux d'écoulement.

4 Réglementations et choix de la filière de traitement

4.1 Etude du cas de Roquefort-des-Corbières

4.1.1 Trajectoire sociotechnique du projet de REUT de Roquefort-des-Corbières

Une frise chronologique retrace l'évolution du site de sa construction jusqu'à 2021 (Figure 12). Sept types d'événements rythment cette trajectoire : des événements climatiques, des étapes clés du déroulement du projet, des dysfonctionnements techniques, des textes réglementaires, des dispositifs de traitements envisagés puis modifiés, de l'organisation collective du projet et pour finir, des charges pour les viticulteurs évoluant au cours des années. Seuls les points relatifs aux effets de la réglementation sont repris et détaillés dans ce rapport.

En 2016, lors de la construction du projet pilote, la station d'épuration (STEP) de Roquefort-des-Corbières a été choisie en raison de trois points : sa performance technique, le fait qu'elle soit exploitée par le concepteur du projet de REUT, et la volonté d'un viticulteur de mettre de l'eau sur ses parcelles dans la commune.

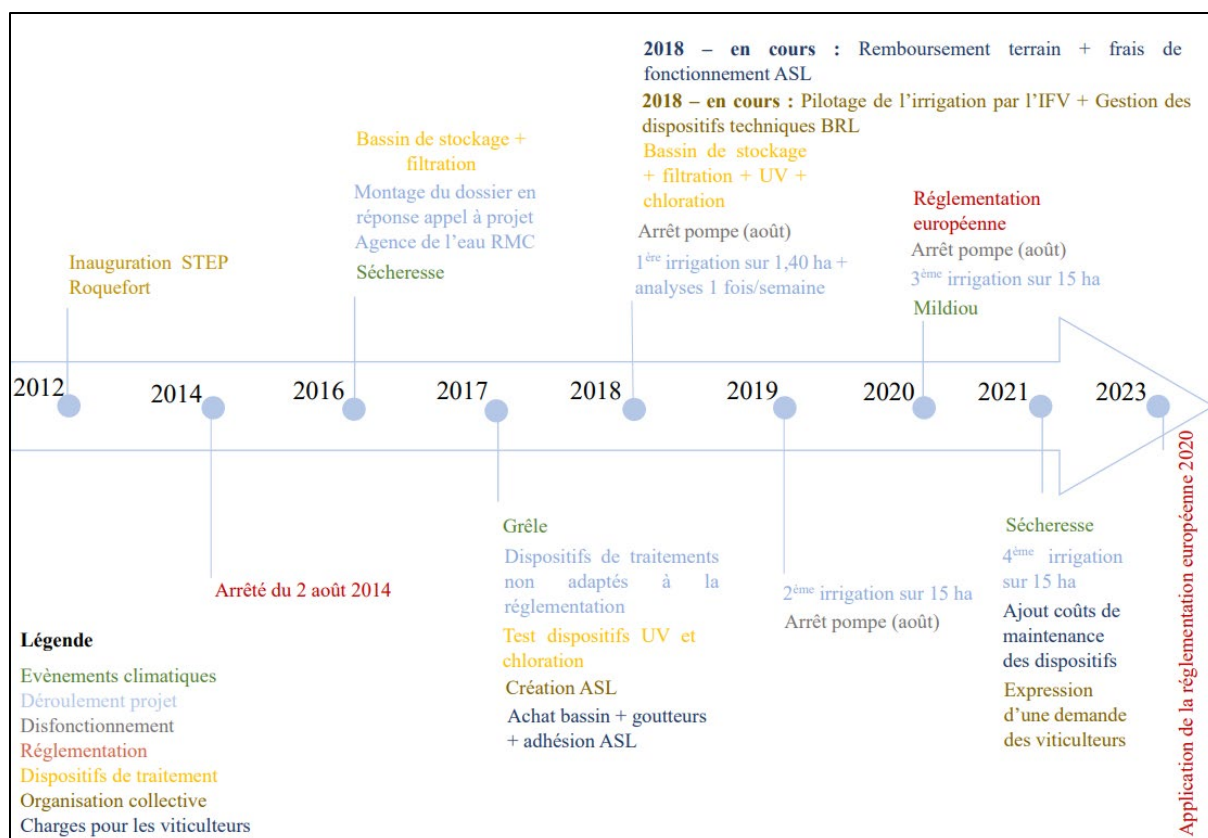


Figure 12 Trajectoire du site de Roquefort-des-Corbières de 2012 à 2023 (Source : Brites, 2021)

Le choix de coupler REUT et bassin de stockage

La station d'épuration de la commune de Roquefort-des-Corbières, construite en 2012, a une capacité nominale de 2050 équivalent habitant. Elle permet de traiter l'activité d'une commune de 1007 habitants, avec une pointe saisonnière estimée à 2000 habitants (Insee 2021). Du fait du rejet de la STEP dans le Rieu puis dans l'étang de Bages-Sigean, site classé Natura 2000, les eaux sont traitées de manière à limiter l'eutrophisation du milieu aquatique. En conséquence, elles subissent des traitements complémentaires de dénitrification et de déphosphoration, permettant leur conformité relative aux seuils exigés par la Directive Cadre n° 91/271/CEE du 21 mai 1991. Pour montrer l'efficacité des dispositifs de traitement de la STEP, l'ancien maire et actuel irrigant est allé jusqu'à boire l'eau usée traitée en sortie. Cet acte a marqué les esprits des participants présents lors de l'inauguration, comme ce fut le cas pour ce viticulteur rencontré qui trouve regrettable de voir une eau potentiellement buvable se « perdre » :

« Ce qui m'a fait surtout prendre conscience par rapport à la REUT, c'est lorsque le maire a inauguré la STEP, dernière génération, dernier cri, il disait. Il a même pris un verre à la fin, il a mis un peu de pastis, il est allé sous le tuyau qui sortait du ruisseau, il a bu l'eau, tellement elle était propre. Je me suis dit quand même, c'est dommage de voir toute cette eau non-utilisée. Il faudrait que l'on s'en préoccupe ».

Cependant, le volume en EUT est limitée en quantité : les volumes de production d'effluents traités de la STEP sont compris entre 100 et 300 m³/j. Avec des besoins de la vigne dans le Languedoc-Roussillon estimés entre 1 à 2 mm, cette quantité d'eau disponible aurait mené à l'irrigation d'une superficie de 4,28 ha seulement (BRL, 2017). De plus, au vu de la nature de

l'eau provenant des activités urbaines, le débit en sortie de STEP est variable : la nuit, il peut être très faible. Dans ce cas, le choix a été fait de construire un bassin dans le but de stocker une partie des eaux en sortie de station d'épuration, avant traitement tertiaire (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette infrastructure permet d'augmenter la quantité d'eau disponible et d'assurer un débit continu pendant les campagnes d'irrigation. Initialement, le concepteur du projet voulait irriguer une superficie de 6 ha mais les coûts du bassin ayant augmenté, il a été convenu, en accord avec la volonté du maire et viticulteur d'augmenter le périmètre à 15 ha. En conséquence, un bassin d'une capacité de stockage de 3000 m³ a été mis en place. La construction d'un bassin de stockage n'est pas systématique dans les projets de REUT. Dans ce cas, il a été mis en place pour équilibrer l'approvisionnement continu en eaux usées traitées en fonction des besoins de la culture pouvant être saisonniers, comme le cas de la vigne.

Lors des enquêtes, il s'est avéré que plusieurs acteurs sont conscients que la ressource en EUT peut être limitée et ne permettra pas d'irriguer la totalité des cultures qui en ont besoin :

« On est conscient que cette ressource ne résoudra pas tous les problèmes. Sur une station d'épuration, on va irriguer aux alentours de la station d'épuration. Mais on n'ira pas irriguer la vigne qui se trouve derrière le vallon de l'autre côté. Même si techniquement on y arriverait, le coût que ça représenterait par rapport au kilo de raisin qu'on récolterait serait démentiel. Si on arrive à faire 25 % sur un territoire de 1500 hectares, on aura pressé le citron au maximum. Il y aura 75% du vignoble qui ne sera pas irrigué » (viticulteur).

A l'avenir, pour augmenter le volume d'eau disponible, une des solutions évoquées par le concepteur du projet est d'augmenter la capacité de stockage :

« Je pense qu'il y a des gens qui sont contre l'agriculture irriguée. Qui sont contre donc, de mobiliser de nouvelles surfaces à la fois pour stocker de nouveaux volumes pour irriguer. Mais si on leur dit écoutez, ça c'est de l'eau qui était perdue, même si ce n'est pas le cas vraiment, cette eau là on va la récupérer, on la met dans un stockage, comme il n'y a pas suffisamment d'eau, on va en ajouter, mais le moins possible d'un système externe, qui peut être d'un réseau collectif. On aurait cette eau disponible en période basse, hiver-printemps. On pourrait à la fois prévoir des plans de remplissage de ces réserves avec la production de la station, uniquement l'hiver pour laisser de l'eau dans la rivière l'été. Puis utiliser l'eau soit d'un forage ou bien d'une ressource et d'arriver à compléter les deux choses. Niveau réglementaire, on reste sur de l'eau usée traitée, donc il faudrait sans doute traiter la totalité des volumes. Si c'est de la filtration et de l'UV, c'est jouable ».

Le choix de répartir au plus grand nombre : une surface irriguée de 15ha

La superficie irrigable a été définie d'abord dans un souci économique puis, dans un objectif de répartition de la ressource au plus grand nombre de viticulteurs pour un projet équitable. Cette zone a été choisie selon sa proximité avec la station d'épuration, limitant des coûts liés au déploiement du réseau d'irrigation, comme l'explique le concepteur du projet : *« Dès le début, je voulais un projet pas cher. C'est-à-dire que je savais où j'allais pour le projet technique. Si on voulait sortir de la zone actuelle, on aurait dû faire plus de linéaire de canalisation, des*

pompages plus importants... On rentre dans autre chose ». Dans ce cas, neuf viticulteurs de la zone se sont vu proposer de faire partie du projet.

De manière générale, la mise en place de projets d'irrigation avec une eau prélevée en rivière ou dans une retenue permet l'irrigation de 5 à plusieurs dizaines d'ha par exploitation, la surface équipée pouvant dépasser la moitié de la SAU (Tiercelin, 1998). En comparaison, la surface irriguée dans notre étude est très faible. Les concepteurs se sont adaptés à une offre dépendante de l'emplacement de la STEP.

Acceptabilité du projet : pas d'effets liés au COVID et nature expérimentale du projet

Pour la majorité des usagers de l'eau traitée, la nature de l'eau n'a pas posé de problème. La vision de cette eau n'a apparemment pas évolué dans un contexte de pandémie mondiale. La communication sur la probabilité de la présence du COVID dans les eaux n'a pas été entendue pour la majorité des agriculteurs, mis à part un. Cet usager craignait une mauvaise communication sur les vins irrigués avec des EUT. De plus, durant cette période, des journalistes se sont rendus sur site, afin de discuter de l'impact de la covid sur les vignes.

L'acceptabilité presque immédiate de la ressource s'explique en partie par le caractère « démonstrateur » du projet qui est considéré comme peu engageant et gage de confiance. L'ancienne maire l'exprime ainsi :

« De toute façon, il faut que ça marche car c'est un démonstrateur, c'est l'image du concepteur ». La conseillère municipale considère que « Du fait que ce soit un projet pilote, cela a été plus facile à accepter car on essaie et si ça ne marche pas, on peut décider de l'arrêter..., je crois en la science et je sais que ce projet est contrôlé par des scientifiques ».

Pas de besoins en eau exprimés, surtout une opportunité

Il est noté que les usagers actuels des EUT pratiquent la REUT sans avoir exprimé des besoins en eau particulier. En conséquence, la majorité des viticulteurs rencontrés considèrent qu'apporter de l'eau au sein de la zone était facultatif : *« Ce n'est pas un coin qui souffre trop, ils ont irrigué à l'endroit où il y en a le moins besoin dans le village »* nous dit l'un d'eux. En effet, cette zone se situe sur des terres à bonne productivité, avec une profondeur de sol permettant d'avoir une plus grande réserve utile que les terres situées sur les coteaux par exemple (Figure 13). Or, la pratique de REUT est dépendante de l'emplacement et de la localisation de la STEP qui se trouve le plus souvent sur des points topographiques bas :

« L'eau usée, il n'y a pas besoin de pression. Donc on la met où ? Dans un point bas du village, proche d'une rivière. Géologiquement, ce sont toujours des plaines et des choses riches, donc ce sont des endroits où il n'y a pas besoin d'eau » (conseiller IFV).

Néanmoins, du fait de l'absence d'apports en eau sur ce territoire, les viticulteurs ont préféré se saisir de l'opportunité du projet qui leur était offert. Le territoire ne bénéficie pas d'aménagements hydrauliques : le projet Aquadomia de BRL, développé dans le but « d'apporter des ressources en eau sécurisées, renouvelables, et accompagner le développement

des territoires dans une stratégie d'adaptation au changement climatique », s'arrête au niveau de Fleury d'Aude, à 45 km de Roquefort-des-Corbières.

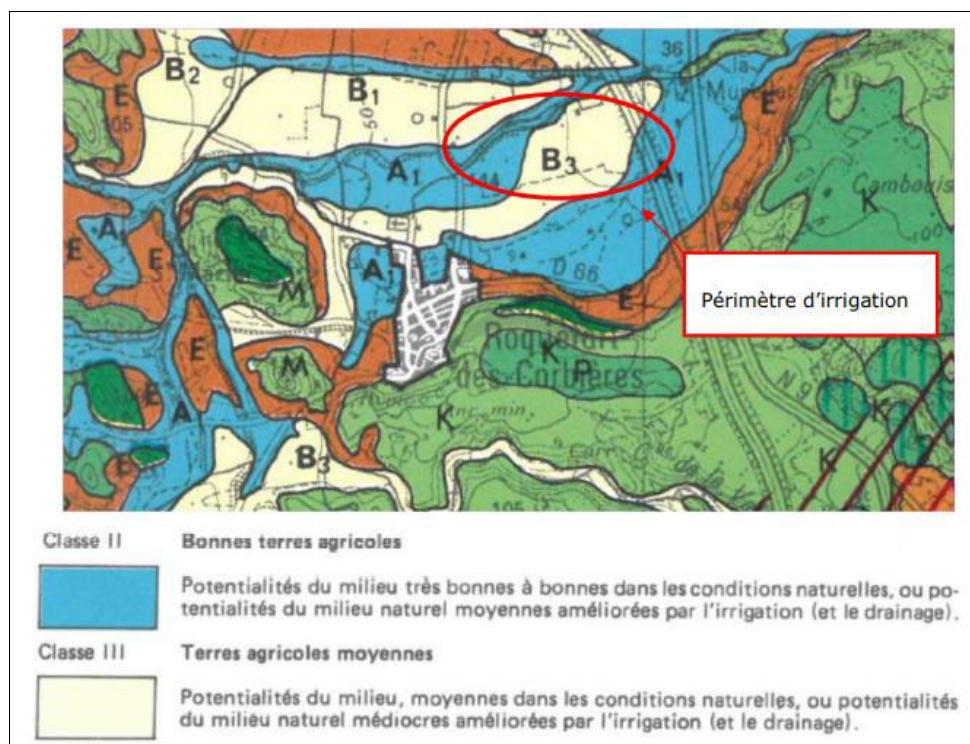


Figure 13. Caractéristiques pédologiques de la zone irriguée dans le projet de Roquefort-des-Corbières (BRL, 2017)

Bien que cette zone ait de bonnes caractéristiques géologiques, les années de sécheresse restent compliquées et tendent à s'accroître. Cela a été le cas en 2016 avec une pluviométrie de 139.3 mm contre une moyenne annuelle de 772 mm en 2019, année très pluvieuse (figure 14.). Les viticulteurs désignés ont tous accepté cette opportunité, les amenant à irriguer une toute petite partie de leur exploitation : 0.5 à 3 ha chacun, soit de l'ordre de 1 à 4% de leur SAU.

La création de cette ressource a mené à un besoin exprimé par les viticulteurs dont les vignes sont situées à proximité du périmètre irrigable : « l'eau est l'unique ressource qui permettra la pérennité de la filière viticole dans la zone. Il n'y a que l'eau qui permettra de maintenir le potentiel productif et qualitatif tel que l'on a aujourd'hui ». Ainsi, lors des entretiens avec deux viticulteurs hors projet, il s'est avéré qu'ils sont également intéressés par la ressource. Ils auraient aimé faire partie des bénéficiaires de cette EUT mais comprennent la manière dont le périmètre irrigable a été construit. En effet, les concepteurs ont fait en sorte que le maximum des viticulteurs puisse avoir accès à l'eau, qu'ils soient coopérateurs ou indépendants, bien que les surfaces allouées soient très faibles en comparaison à la surface totale exploitée par chaque viticulteur (environ 45 ha).

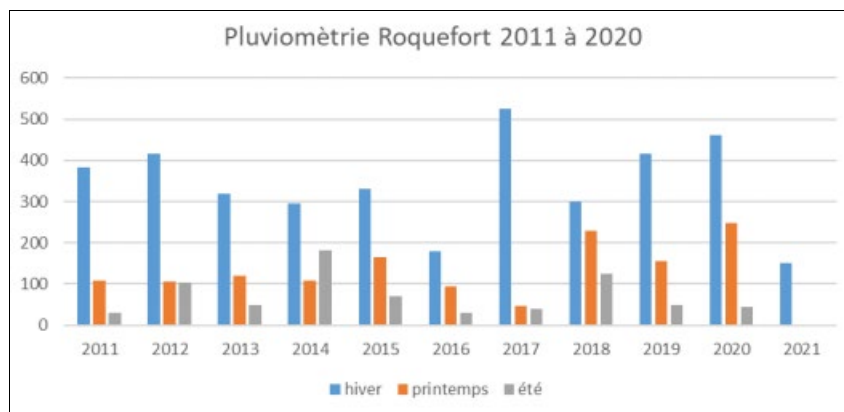


Figure 14. Pluviométrie sur Roquefort-des-Corbières de 2011 à 2021 (données IFV)

Gestion des tours d'eau et homogénéisation du parcellaire

Afin d'acheminer l'eau jusqu'aux parcelles, il a été nécessaire de dimensionner le réseau d'irrigation. Pour cela, le concepteur doit définir un débit et une pression en fonction du type d'irrigation permettant de déterminer la taille des canalisations. Au sein du projet de Roquefort-des-Corbières, il a été important de choisir un débit fixe pour tous les usagers afin de répartir équitablement une ressource en quantité limitée. En conséquence, les conduites sont de petites tailles pour un débit limité à 12 m³/h (BRL, 2017) et un besoin de pression estimé à 2,5 bars. Le système d'irrigation choisi est le goutte-à-goutte, imposé par la réglementation pour la réutilisation des eaux de qualité C.

Pour distribuer l'eau de manière équitable, compte tenu du volume de stockage limité, les concepteurs du projet ont voulu concevoir un réseau économe en eau et à moindre coût. Cela s'est traduit par la création d'îlots d'irrigation avec des superficies homogènes (1,11 ha à 1,55 ha), et la mise en place d'un système de distribution spécifique. Le regroupement de parcelles entre elles a permis la formation d'îlots d'irrigation plutôt homogènes en termes de superficie afin d'apporter une même quantité d'eau à chaque secteur (Figure 15). L'organisation des parcelles a été réalisée dans une optique d'efficacité comme l'explique ce viticulteur : « *les parcelles ont été regroupées de manière technique, selon le volume d'eau par rapport à la surface et au débit. La quantité d'eau administrée est la même sur toutes les parcelles. Ce sont des groupes homogènes* ». Afin de répartir la ressource en quantité égale sur chaque parcelle, une distribution de l'eau au tour d'eau a été mise en place. L'intérêt de cette pratique est, dans un temps donné, d'irriguer chaque îlot l'un après l'autre. Cette méthode permet d'utiliser l'eau au fur et à mesure, et non pas d'utiliser la totalité en un espace-temps réduit.

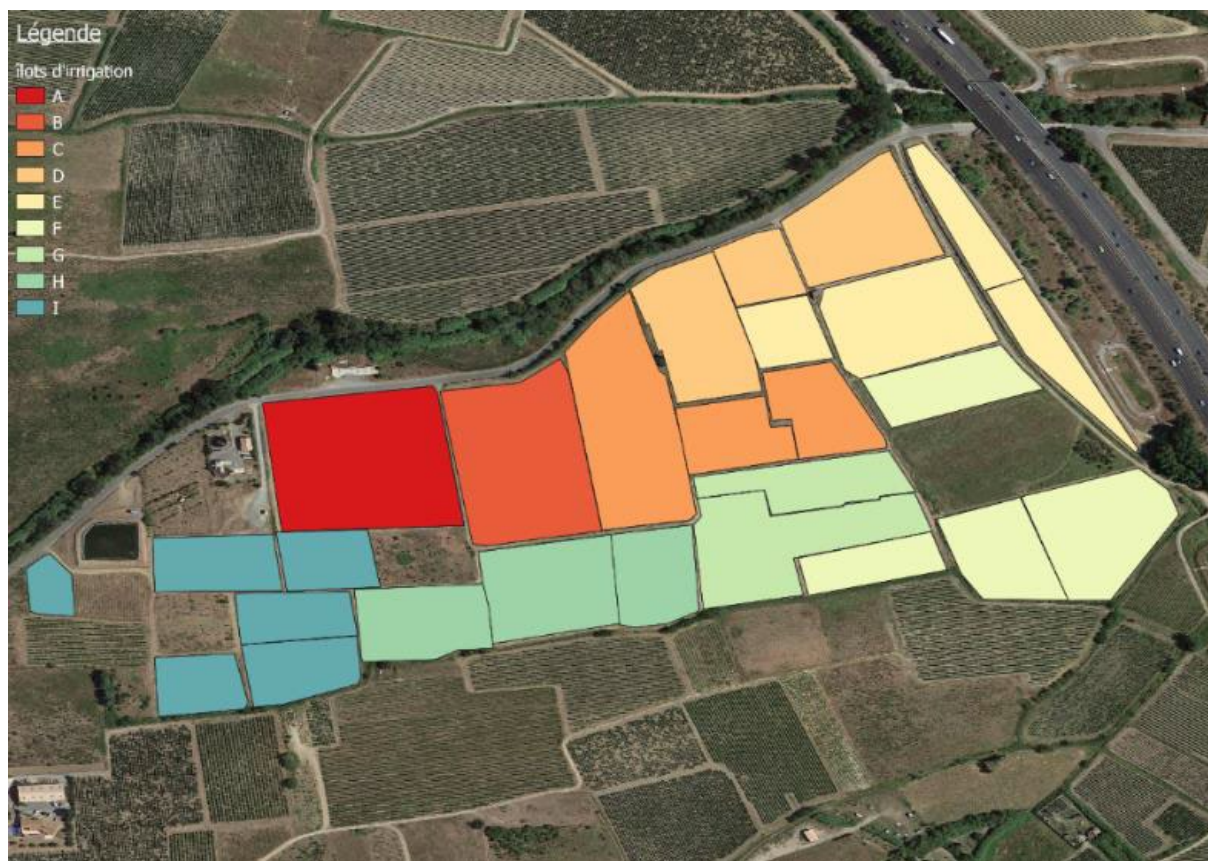


Figure 15. Regroupement des parcelles en îlot d'irrigation au sein du projet pilote de REUT de Roquefort-des-Corbières

Pilotage automatique de l'irrigation

Depuis la campagne d'irrigation de 2019, l'IFV supervise le pilotage de l'irrigation sur le projet. En fonction des besoins des cultures, des conditions climatiques et des contraintes techniques (temps de remplissage du bassin de stockage), il prévoit le déclenchement de l'irrigation et les doses à apporter (temps d'irrigation). Une fois ces paramètres choisis, il en fait part aux irrigants de l'ASL afin d'avoir leur avis. Il est à noter que ce mode d'organisation de l'irrigation pose des soucis car le dimensionnement du réseau d'irrigation ainsi que les règles de partage de l'eau n'ont pas toujours été adaptés aux choix des usagers. Le réseau d'irrigation du projet de Roquefort-des-Corbières a dû être dimensionné selon des contraintes quantitatives et économiques, limitant la maîtrise de l'irrigation individuelle (*voir rapport de stage*).

4.1.2 Effets des normes réglementaires sur le dispositif sociotechnique

Dispositifs envisagés à l'origine du projet

En 2017, BRL avait pour projet d'irriguer les vignes avec une eau de qualité C, catégorie minimale pouvant être utilisée pour la vigne selon l'arrêté français du 25 juin 2014 modifiant celui du 2 août 2010 relatifs aux EUT. Pour cet usage, la seule condition est de mettre en place un système de goutte-à-goutte. Pour parvenir à une qualité C des eaux usées traitées en sortie de STEP, deux filières de traitement étaient envisagées : le stockage et la filtration, comme l'explique le concepteur du projet :

« Une des idées au départ c'est que l'on a une petite station qui produit 100/150 m³/j donc on va devoir stocker. Est-ce que le fait de stocker ne va pas permettre de réduire les coûts de traitements ? On a déposé le dossier comme ça [...] Au début on envisageait le passage des eaux en lagune, pompage en surface et ensuite filtration et c'est tout ».

Lorsque le projet a été présenté aux services déconcentrés d'Etat, le traitement des eaux par stockage n'a pas été considéré comme un dispositif de traitement tertiaire dans un souci de variation de charges dans les eaux :

« Aussi bien l'Agence de l'eau et la DDTM nous a dit, nous on veut un abattement entre sortie de station et sortie de traitement tertiaire. Sauf, comment mettre en parallèle ce qui rentre dans une station d'épuration et les eaux de la lagune qui sont stockées pendant 20 jours ? Comme il y avait des variations de charges non négligeables sur la station d'épuration, on n'a pas pu démontrer la qualité de l'eau. Enfin, on n'a pas voulu prendre le risque. » (Concepteur BRL).

Ainsi, dans un premier temps, le projet de REUT n'a pas été autorisé par l'ARS de l'Aude car les eaux n'étaient pas conformes aux seuils exigés par la réglementation comme l'explique le concepteur:

« L'effet du stockage pendant quelques jours ; on a vu qu'il y a une amélioration de la qualité des eaux dans la lagune mais on n'a pas pu le faire. Donc on a dû changer notre fusil d'épaule. Comme en filtration directe on avait des dépassements de SBAS (Spores de bactéries anéorobies sulfitoréductrices), on a dû mettre un traitement complémentaire ».

Les résultats démontrant la non-conformité des eaux n'ont pas pu être utilisés dans ce rapport pour des raisons de confidentialité. Les SBAS est l'indicateur le plus contraignant dans le projet. En effet, ces spores de bactéries sont connues pour leur résistance aux traitements des eaux. Elles proviennent de bactéries sulfito-réductrices (ASR), notamment *Clostridium perfringens*, qui sont des organismes présents dans le tube digestif d'un grand nombre d'espèces animales (Carré, 2018). Ces bactéries sont responsables de pathologies graves, voire létales pour l'homme en cas de contamination d'une plaie profonde et de septicémies dans des cas de complications de plusieurs pathologies, notamment de cancer intestinal (ANSES 2012).

Adaptation des dispositifs à la réglementation française

Bien que les dispositifs envisagés aient été refusés par l'ARS à cause d'une variabilité de la qualité des eaux, les concepteurs du projet se sont adaptés en mettant en place des systèmes de traitement plus performants pour la validation de la qualité des eaux :

« L'ARS nous a dit qu'il y avait des dépassements d'abattement et nous ont dit : bon écoutez, ce n'est pas bon donc on ne peut pas vous autoriser. Par contre, vous avez une deuxième chance : vous avez trois mois, avec le traitement que vous voulez et des analyses toutes les semaines, pour nous prouver qu'avec un nouveau traitement vous arriverez à respecter la réglementation française » (Concepteur).

Il était exigé de montrer la conformité des eaux par des analyses réalisées de manière fréquente : une fois par semaine en entrée de STEP et sortie de traitement tertiaire pour tous les indicateurs microbiologiques demandés par l'arrêté de 2014. Cette forte fréquence n'est pas exigée dans la

réglementation. Habituellement, il est demandé d'analyser les eaux de qualité C une fois par mois. Mais, cette demande de la part de l'ARS permettait l'acceptation du projet de REUT.

Ainsi, dans le but d'avoir des eaux de qualité conforme à la réglementation, deux filières de traitement ont été ciblées à savoir la chloration et la désinfection UV : *« On a choisi deux filières : la chloration, on faisait des tests avec permanence de chlore dans des flacons puis on les analysait ; l'UV où on filtrait une partie (2 m³). A partir de là, on arrivait systématiquement aussi bien au chlore qu'à l'UV à obtenir les abattements demandés »* nous explique le concepteur. Ces deux types de traitements étaient une des solutions pour obtenir un abattement en SBAS conforme au seuil demandé.

Après avoir testé ces deux dispositifs, il est apparu qu'ils étaient aussi performants l'un que l'autre. Néanmoins, la désinfection UV a été retenue comme traitement complémentaire au stockage et à la filtration car les coûts et les impacts environnementaux étaient moindres : *« On a vu qu'en fait, puisque l'UV marchait, c'était quand même mieux pour les sols et puis même en termes de coût, c'était préférable de passer en UV. Donc on a équipé un UV de 20 m³ »*. Ainsi, au bout d'un an de collaboration avec les services instructeurs, le projet de REUT de Roquefort-des-Corbières a été accepté avec un dispositif de traitement tertiaire composé d'un bassin de stockage, une filtration à sable, la désinfection UV et, en fin d'irrigation, l'ajout de chlore pour limiter le colmatage des gaines. Cette installation a été mise en place du fait que le dispositif de chloration était déjà acheté pour tester la qualité de l'eau. D'ailleurs, il s'agit d'un point négatif pour la personne interrogée de la DDTM car selon elle, pour qu'un projet de REUT soit accepté, les concepteurs doivent prouver que les traitements envisagés fonctionnent. Ainsi, ils sont obligés d'utiliser de la trésorerie pour acheter des dispositifs et montrer la qualité finale est conforme. Ces dispositifs peuvent, finalement, ne pas servir si le projet est refusé.

Un nouveau réglementaire non contraignant, voir bénéfique

En 2021 (moment de l'enquête), les concepteurs du projet de Roquefort-des-Corbières ont dû s'adapter dans un contexte de changement réglementaire. La loi européenne de 2020, applicable en 2023, exige de nouveaux seuils de conformité des eaux. Cette nouvelle loi mesure uniquement la quantité en *Escherichia Coli* dans les eaux pour la partie physico-chimique des eaux. Pour le concepteur, cette réglementation permettrait d'abaisser les coûts d'analyse car il s'agirait de mesurer uniquement un indicateur microbiologique contre quatre actuellement. De plus, comme il l'explique, cela permettrait de ne plus avoir des problèmes de conformité des eaux par rapport à l'indicateur SBAS, résistant aux traitements :

« Je ne sais pas si vous avez vu les résultats mais il y a les SBAS qui sont problématiques dans certains traitements. Même avec l'UV, parfois l'abattement est un peu juste. D'ailleurs la réglementation européenne devrait changer ça [...] avec la réglementation européenne, il n'y aura plus aucun problème ».

Ainsi, nous pouvons observer que nos mesures sont conformes au passage de la réglementation européenne en 2023, avec une exigence d'un seuil pour la qualité C de 1000 NPP/100ml pour l'indicateur *Escherichia Coli* (Tableau 13). Ainsi, les analyses pour l'indicateur *Escherichia Coli* des eaux usées traitées effectuées le long de la filaire de traitement à Roquefort-des-Corbières ont montré un abattement de 3 log à 4 log de la sortie de la STEP, du bassin de stockage, du filtre à sable à la sortie UV.

	E.COLI			
	<i>NPP/100 ml</i>			
	< 1 000			
	Sortie STEP	Lagune	Filtre	U.V.
IDEXX 19/05/2021	4790	1790	310	24
IDEXX 25/05/2021	16640	630	2880	41
IDEXX 11/06/2021	10860	2280	1090	10,8
IDEXX 18/06/2021	13140	520	860	15,6

Tableau 13 Résultats des analyses des eaux usées traitées à Roquefort-des-Corbières pour l'indicateur Escherichia Coli en sortie de STEP, sortie de bassin de stockage, sortie filtre et sortie UV. Analyses réalisées avec la méthode IDEXX

Il apparaît qu'une adaptation à la réglementation européenne ne soit pas nécessaire, du moins selon les informations obtenues lors de notre projet, qui sont à approfondir. Ainsi, ces résultats restent à valider pour les 2 autres indicateurs de la nouvelle réglementation française. Mais pour le concepteur du projet, cette réglementation permettra une meilleure conformité des eaux, du fait de la non-considération des SBAS qui posent un problème. Selon lui, ce sont surtout les projets de REUT qui exigent une eau de qualité A qui sera plus compliqué, au vu des concentrations minimales demandées pour les Eschechia Coli :

« Pour la qualité C, je dis pas la qualité A, ce sera plus difficile que la qualité A d'aujourd'hui. La qualité C, si tu es autorisé pour rejeter dans le milieu avec la station d'épuration, tu es autorisé à irriguer en qualité C, j'exagère un peu. A condition qu'il n'y ait pas trop d'Escherichia Coli. Et la DBO qui ne soit pas trop mal. Aujourd'hui moi je me dis, si je n'ai plus ces SBAS à me préoccuper, c'est bon... Il n'y a plus de log. Sauf le A, tu as les logs encore, tu cumules tout. Les gens qui arrosaient en A aujourd'hui, ce n'est pas certains qu'ils y arrivent, ils seront obligés de modifier leurs installations ».

4.2 Etude de la trajectoire sociale du démonstrateur de Irrialt'eau

4.2.1 Quelques éléments sur les conditions de montage du projet

A l'origine, un double contexte réglementaire : irrigation de la vigne et REUT

A l'époque, les eaux usées traitées de la commune de Gruissan sont identifiées comme la seule ressource en eau disponible pour développer l'irrigation sur le territoire car comme l'explique un ancien directeur de l'UR de Pech Rouge, les eaux souterraines sont salées, le coût de distribution de l'eau brute la plus proche est jugé trop élevé et non sécurisé, et un projet d'extension du réseau d'eau brute est exclu. L'idée de mobiliser ces eaux répond également aux intérêts de deux chercheurs travaillant réciproquement dans deux laboratoires (Pech Rouge et

le LBE à Narbonne), désirant travailler ensemble sur un objet commun. La REUT permet d'établir cette collaboration, comme l'explique le directeur du LBE de l'époque :

« [...] En 2009 quand on a commencé à discuter avec le directeur de l'époque de Pech Rouge on s'est dit : « C'est quand même dommage parce que le Lbe c'est le meilleur labo de recherche de l'Aude et Pech Rouge c'est la meilleure unité expérimentale de toute l'Aude. Mais [...] comme on est dans deux départements différents on n'a pas l'habitude de travailler ensemble. Donc qu'est-ce qu'on pourrait faire pour travailler ensemble ? » On n'avait pas forcément des objets communs. Ceci étant, Pierre disait qu'avec le réchauffement climatique, la vigne allait avoir besoin d'eau en juillet et août quand il y a les touristes. Donc est-ce qu'on ne pourrait pas réfléchir à réutiliser les eaux issues des STEP ? Voilà c'était ça, le point de départ [...] Donc en terme sociologique, au départ c'est deux directeurs d'unité qui veulent travailler ensemble, qui cherchent un sujet, naturellement le thème arrive dans la discussion très rapidement et c'était parti, après on a cherché des sous et voilà. »

Cet intérêt réciproque à travailler ensemble se situe dans un contexte où la réglementation concernant l'irrigation de la vigne est en train de changer. En effet, l'irrigation de la vigne AOP (à Gruissan label La Clape et Corbières) est soumise à des restrictions réglementaires. En 2006, le décret du 4 décembre assouplit les conditions d'irrigation des vignobles aptes à la production de vins en AOP. Ce décret autorise l'irrigation de la vigne sur des périodes auparavant interdites pour les vignes classées en AOP, du 15 juin au 15 août sur dérogation si les conditions écologiques l'imposent. Irriguer la vigne pendant la période de véraison (période où elle connaît également le plus de stress hydrique les années sèches) était auparavant interdite. L'année 2009 est une année charnière dans le projet IrriAlt'Eau. La question de l'irrigation occupe une place de plus en plus importante dans la sphère décisionnelle de la Région Languedoc-Roussillon.

Le 22 avril 2009, se tient la réunion de démarrage du projet IrriAlt'Eau organisée par la commune de Gruissan. En plus d'irriguer la vigne, les élus s'engagent dans le projet, intéressés par développer la REUT à des fins d'arrosage des espaces verts de la commune comme l'atteste le titre du CR de la réunion : « *l'irrigation de la vigne et des espaces verts* ». Lors de cette réunion (cf. CR), le représentant de Véolia expose un état des lieux de la REUT en France. Le compte-rendu rend compte de la manière dont sont envisagées les normes réglementaires : il y fait état que l'installation du traitement tertiaire envisagé sur une STEP déjà existante n'a pas encore été faite, et que le ministère impose des normes « draconiennes » dès lors que le public a accès aux espaces verts à arroser et que ces normes sont arbitraires en l'absence de réglementation. Il est à noter qu'à cette époque, ce sont l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) et une commission spécifique qui autorisent l'installation d'un dispositif de REUT. Après ce compte-rendu, les usages à des fins urbains (type espaces verts) ne sont plus mentionnés.

Le 23 juillet 2009, l'INAO répond positivement à la demande d'irrigation de la vigne de Gruissan. La plateforme consiste à irriguer 1,5 hectares de vignes (Viognier et Carignan) sur le site de l'Unité Expérimentale de Pech Rouge avec des eaux de qualité différentes, correspondant au caractère d'une eau potable, une eau agricole, une eau usée traitée de qualité B et une eau usée traitée de qualité C (Agence de l'eau RMC, 2019).

Engagement des acteurs dans le projet : un consortium recherche, privé et cave viticole

En décembre 2013, un consortium est formé et regroupe 6 partenaires qui s'engagent à partager ressources et résultats : Véolia à travers la branche Véolia EAU (délégataire des stations d'épuration de Narbonne-Plage et de Gruissan) et Véolia Environnement Recherche et Innovation (VERI) (chargé d'établir un prototype de traitement tertiaire adapté) ; l'Unité Expérimentale de l'INRA Pech Rouge, spécialisée dans la viticulture et l'oenologie et le Lbe de Narbonne (Laboratoire de Biotechnologies de l'Environnement – INRAe) spécialisé dans le traitement et la valorisation des déchets ; la cave coopérative de Gruissan ; l'entreprise Aquadoc (spécialiste des réseaux d'irrigation), ainsi que l'agglomération du Grand Narbonne en tant que propriétaire des stations d'épuration concernées de Narbonne-Plage et de Gruissan. L'agence de développement économique de la région Languedoc-Roussillon Ad'Occ, accompagne et conseille le consortium dans l'établissement de leurs dossiers de demandes de financement (Agence Ad'Occ, 2019).

La répartition des rôles des différents partenaires au projet est la suivante (Figure 16):

La mairie de Gruissan s'engage à déposer les demandes d'autorisation pour un projet décliné en 4 scénarios : 1. Utiliser l'irrigation par goutte à goutte de nuit sur la vigne ; 2. Utiliser l'irrigation par goutte à goutte de jour sur la vigne ; 3. Arroser de nuit des vignes et espaces verts ; 4. Arroser de jour des vignes et espaces verts.

L'Inra s'engage à fournir un courrier précisant les besoins hydriques de la vigne.

Véolia doit réaliser une étude de faisabilité économique, technique et sociale du projet.

La Communauté du Grand Narbonne s'engage à apporter une aide financière aux agriculteurs « innovants » dans les procédés d'économie d'eau. La collectivité s'implique également dans le montage du dossier. Selon une chargée de mission au développement agricole durable du Grand Narbonne, le projet est envisagé comme une manière de soutenir le développement économique du territoire : *« c'est du maintien et du développement d'une activité économique agricole qui est majeure »*. Le Grand Narbonne s'engage financièrement dans le projet et participe à la recherche de financements complémentaires. La collectivité est impliquée dans le projet IrriAlt'Eau par le biais de son service « Politiques territoriales du développement durable » mais également par le service « Eau et Assainissement ». Par ailleurs, la collectivité est propriétaire des stations d'épuration et intervient sur le volet technique, réglementaire, administratif, comme l'explique la chargée de mission : *« Les collègues au service de l'eau ont aidé à monter tout le volet administratif, les autorisations nécessaires au développement de ce projet-là. »* En tant que propriétaire des STEP, la collectivité dispose d'un pouvoir décisionnaire sur les choix de gestion.

La Cave Coopérative de Gruissan est également un partenaire du projet. Le président de la Cave Coopérative est convaincu de l'intérêt d'irriguer la vignoble gruissanais. Il dit constater depuis une dizaine d'années sur ses parcelles, une mortalité croissante des souches et ce notamment à cause des conditions climatiques plus sévères. En 2017, il a commencé à irriguer ses vignes avec de l'eau potable pour maintenir son vignoble. Depuis, il a pu constater une amélioration en terme de mortalité ou de taille de baies. Mais selon lui, les vignerons du coin ne se sentent pas concernés par les impacts du changement climatique. Certains auraient même été réticents

au projet IrriAlt'Eau au vu du montant de l'investissement et craignent un prix de l'eau trop élevé. Il explique qu'il a fallu les « motiver » pour participer au projet. La demande d'irrigation n'émanant pas directement des viticulteurs, les dirigeants de la Cave Coopérative, convaincus de l'intérêt du projet, ont dû mettre en place une campagne de communication auprès des viticulteurs.

Selon Pauline, une chercheuse en CDD au sein de l'UE de Pech Rouge, chargée des recherches dans le cadre du projet IrriAlt'Eau, l'intérêt commun à ce partenariat de R&D était de « *savoir si c'était faisable ou pas techniquement de réutiliser les eaux* ».

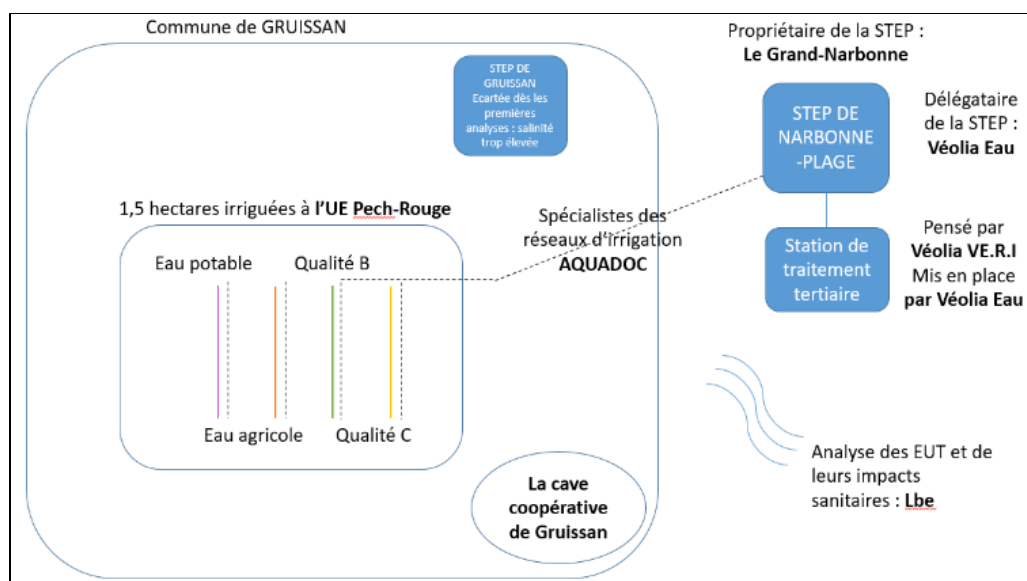


Figure 16. Répartition des rôles des différentes parties prenantes dans le projet IrriAlt'eau en décembre 2013 (conception : C. Ribo)

4.2.2 Du statut expérimental à celui de démonstrateur opérationnel : rôle de la réglementation dans un itinéraire de projet

Un statut expérimental : produire des connaissances dans un contexte d'écriture de la réglementation

A l'issue de la première réunion en avril 2009, la première étape consiste à obtenir une autorisation pour l'installation du dispositif de REUT. Si l'interdiction d'irriguer la vigne en AOP après le 1^{er} mai est levée, la réglementation pour l'utilisation des eaux usées traitées pour irriguer les vignes est encore floue. La régulation de cet usage nécessite des données scientifiques qui documentent les impacts sanitaires et environnementaux des EUT.

Pour cela, il s'agit d'obtenir une dérogation à titre expérimental pour l'installation d'un site pilote démonstrateur. Le site a pour vocation de produire des connaissances afin de tester empiriquement les choix réglementaires faits par ailleurs. La mairie de Gruissan initie les démarches le 7 août 2009 auprès de l'AFSSET et de la DRASS, qui l'invite à se rapprocher de la préfecture. La demande est transmise le 27 novembre 2009. En 2010, la réglementation

autour de la REUT se précise. L'arrêté du 2 août stipule que la REUT pour l'irrigation est soumise à une demande d'autorisation préfectorale, autorisée par un arrêté préfectoral, qui fixe les modalités d'irrigation avec des eaux usées traitées. L'Agglomération du Grand Narbonne, propriétaire des stations d'épuration de Gruissan et de Narbonne-Plage, se charge de déposer en préfecture le 24 juin 2013, un dossier de demande d'autorisation. De son côté, l'UE de Pech Rouge obtient des subventions régionales pour financer le dispositif expérimental dans le cadre de financements européens.

En juillet 2013, le projet IrriAlt'Eau débute. Le 11 juillet 2013, l'arrêté préfectoral n° 2013191-00010 a autorisé - dans le cadre d'un usage des eaux usées traitées pour l'irrigation au sein du démonstrateur IrriAlt'Eau - l'utilisation d'une eau de qualité B (conformément à l'arrêté du 02/08/2010), et d'une eau de qualité C à titre expérimental :

- Utiliser de l'eau de REUT issue de la station d'épuration de Narbonne-Plage
- De qualité B (conformément à l'arrêté ministériel du 2 août 2010)
- De qualité C à titre scientifique et expérimental
- Pour une durée de 3 ans (extrait)

Un statut expérimental : tester la qualité C hors réglementation

A l'origine, le site de Irrialt'eau a donc le statut de site expérimental. Matériellement, la plateforme se compose d'un prototype de procédé de traitement des eaux usées développés par Veolia Environnement Recherche et Innovation qui couple un processus de chloration et d'irradiation UV (INRA, 2020). La nouveauté pour l'entreprise était de développer un procédé industriel de traitement tertiaire sur une station d'épuration déjà existante et destinée à fonctionner à grande échelle. Le protocole expérimental consiste à irriguer 1,5 hectares de parcelles de vigne (Viognier et Carignan) de l'UE de Pech Rouge. Les campagnes d'irrigation sont menées de juin à septembre avec des eaux de qualité différente : Eau potable, eau de qualité B, eau de Qualité C, eau brute (Le Grand Narbonne, 2018).

Au sein de ce dispositif, le rôle de l'UE de Pech Rouge est de renseigner la faisabilité agronomique de l'irrigation de la vigne avec des eaux traitées en évaluant les impacts de leur usage sur les caractéristiques agronomiques de la plante (croissance), du vin (transferts de contaminant dans les grappes) et des sols (salinisation) :

« Coté agronomique, l'objectif était voir les impacts au niveau du sol, des infiltrations dans la nappe phréatique, au niveau de la plante, dans tous les compartiments, au niveau du fruit, vinifier ce raisin et voir ce qu'on trouve dans le vin au niveau chimique et organoleptique. Je menais toutes ces recherches depuis la coordination des travaux avec Véolia jusqu'à l'analyse des vins. On va dire au niveau de la qualité oenologique, au niveau du vignoble et s'il y avait des faits au niveau de la végétation ou pas, comment se développaient les vignes, des effets par rapport au sel qui arrive ou pas, si la vigne avait des difficultés pour absorber l'eau ou pas. Après on faisait des analyses aussi, de suivi des pesticides, des résidus de médicaments avec un labo privé. On recevait les analyses et on les interprétait, parce qu'on avait différents témoins pour pouvoir comparer. On envoyait certaines analyses à un laboratoire privé et on interprétait les résultats. » (Pauline, CDD agronome Pech Rouge)

Selon cette dernière, ces expériences ont conduit Véolia à adapter le procédé de traitement pour produire une eau qui correspondait mieux aux besoins de la vigne. En effet, si les eaux traitées étaient conformes à la réglementation, la vigne ne supportait pas l'apport trop important en chlore :

« Au début on savait faire de la qualité B avec un traitement d'UV et de chloration, et pour faire de la C uniquement de la chloration. Mais au fur et à mesure on s'est rendu compte qu'avec uniquement de la chloration on arrivait pas à faire de la qualité C. On pouvait mais on devait ajouter beaucoup de chlore mais au niveau agronomique on ne l'acceptait pas. Finalement à la fin pour arriver à faire de la B et de la C on devait ajouter de l'UV parce qu'uniquement avec de la chloration on y arrivait mais on ne l'acceptait pas au niveau des plantes ».

Un statut expérimental : réglementation et contraintes de métrologie

Le rôle de l'Unité de Recherche Lbe consistait à tester les impacts des eaux usées traitées dans le sol, les nappes, la plante, le vin ainsi que les effets de sa circulation dans les réseaux d'irrigation en mettant en place un suivi de recherche et de traçage de micropolluants et de résidus médicamenteux. Mais comme l'explique l'ancien directeur, les conditions d'expérimentation contraintes par les autorités compétentes, n'ont pas satisfait pas les chercheurs :

« Pour qu'on puisse cultiver le vin, faire du raisin, il fallait qu'il n'y ait pas d'effet, des médicaments par exemple. Nous, notre objectif c'était de voir l'effet des doses [d'eau] sur l'accumulation potentielle de ces micropolluants mais l'autorisation de l'ARS était de dire : « Vous pouvez utiliser [les EUT] si c'est dans les doses où il n'y a pas d'effet » donc en gros, nous toute notre recherche c'est de comprendre les relations de cause à effet, mais si l'effet est nul c'est-à-dire qu'il mesure toujours zéro quoi que tu fasses, tu peux utiliser le raisin mais on ne sait pas ce qu'il se passe parce qu'on mesure zéro donc... Et nous ça ne nous intéresse pas ça, de dire tu fais quelque chose qui n'a aucun effet, donc ok ça n'a aucun effet mais c'est pas forcément le plus passionnant. Donc pour des questions réglementaires on a fait toutes les analyses mais on n'a pas eu de question de recherche c'est-à-dire de savoir pourquoi il se passe ça. Voilà la frustration au niveau du Lbe elle est là. » (Pierre, ancien directeur du Lbe).

L'intérêt des membres du Lbe à participer à ce projet consistait à étudier le lien potentiel entre la quantité d'eau traitée utilisée pour irriguer et l'accumulation de micropolluants dans les sols et les plantes. Cependant, la décision préfectorale a retenu des conditions d'utilisation des EUT qui n'autorisait des quantités garantissant une certaine concentration en micropolluants non impactant pour le milieu récepteur. Les conditions d'expérimentation de IrriAlt'eau n'offraient donc pas la possibilité de développer les recherches dans ce domaine. Cependant, Pauline tempore le sentiment de « frustration » évoqué par Pierre dans son entretien, en précisant que le Lbe a pu développer un procédé d'analyse unique grâce à cette phase de pilote permettant de tracer la présence d'un micropolluant particulier dans le vin qu'on ne savait auparavant détecter que dans l'eau.

Du point de vu réglementaire, le projet innovant s'est vu soumis à certaines contraintes pour respecter le principe de précaution. Un ancien président de l'UE de Pech Rouge raconte :

« Les premières années, comme l'utilisation de ces eaux n'étaient pas autorisées on devait garder seulement l'échantillon de vendange pour les analyses, le reste de la parcelle on jetait la vendange. Donc on ne pouvait pas vinifier. Et la vinification se faisait dans une cave à part. Donc sur la cave à côté on a fait un petit atelier pour vinifier ces essais, c'est [Pauline] qui travaillait sur cette vinification à part des équipes de la cave parce qu'il ne fallait pas mélanger les équipements. Et après IrriAlt'Eau 1, la parcelle observatoire là on pouvait vinifier finalement ils ont accepté. »

La phase Observatoire : tester sur le temps long

La phase « Observatoire » avait pour objectif de confirmer les résultats obtenus précédemment et de stabiliser les connaissances acquises lors de la première phase de recherche afin d'affiner les stratégies d'irrigation, de confirmer l'innocuité sanitaire et agronomique de l'utilisation des eaux usées traitées, et la stabilité du procédé de traitement tertiaire des eaux. La phase « Observatoire » regroupe les mêmes acteurs du consortium initial. Elle est subventionnée par un financement public de la part de l'Agence de l'eau RMC. Cette nouvelle phase du projet bénéficie de moins de subvention que lors de la phase de lancement, notamment car l'aspect « innovation » du projet n'est pas reconnu par les bailleurs.

Le protocole est modifié. Les parcelles viticoles sur l'UE de Pech Rouge ne sont plus irriguées avec une eau de qualité B, mais uniquement avec celle de qualité C et une eau potable témoin. Ayant obtenu des résultats satisfaisants lors de la première phase de recherche, l'eau de qualité C – alors moins coûteuse en traitement que l'eau de qualité B - est privilégiée. Par ailleurs, plusieurs stratégies d'irrigation sont testées : aucune irrigation 0 m³/ha/an ; Irrigation modérée 450 m³/ha/an ; Irrigation intensive 900 m³/ha/an (Agence Ad'Occ, 2019). Par ailleurs, des travaux sont initiés sur les processus de « Ferti-irrigation ». Il s'agit de démontrer les intérêts agronomiques de l'irrigation de la vigne avec des eaux usées traitées de qualité C.

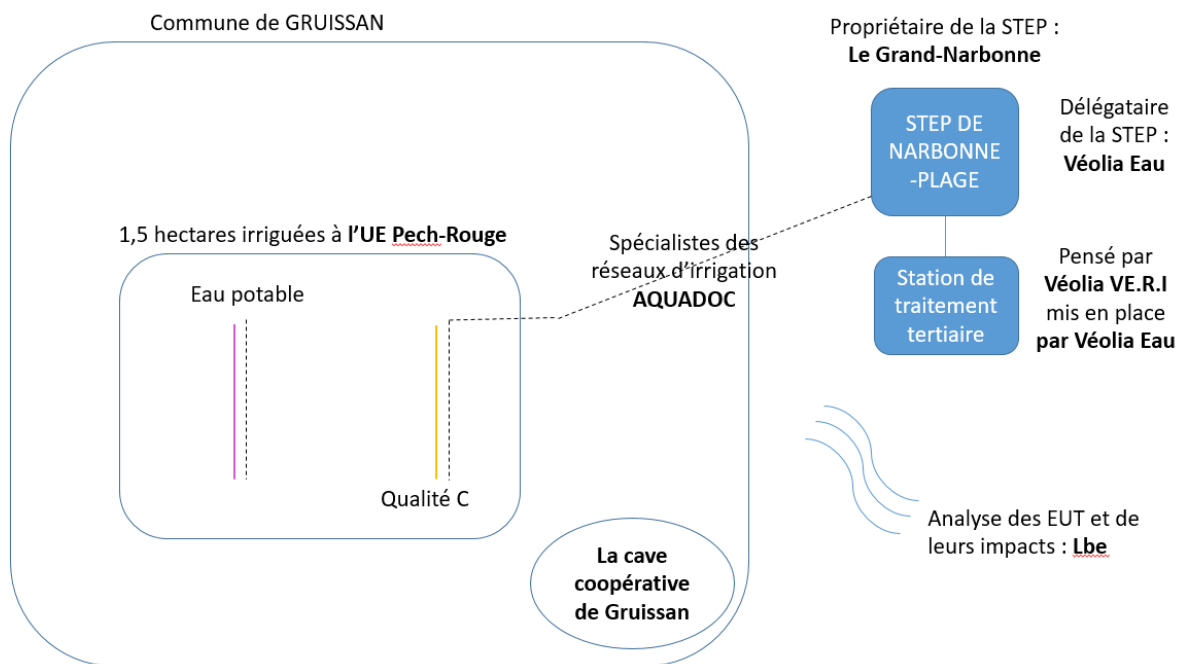


Figure 17. Schéma illustrant les modalités de l'expérimentation et la place des acteurs lors de la phase « Observatoire » du projet IrriAlt'Eau (2016-2018)

La phase Démonstrateur : renouvellement des autorisations

La phase d'ouverture du projet IrriAlt'Eau au monde viticole gruisanais est appelée « Démonstrateur IrriAlt'Eau » ou « IrriAlt'Eau 2.0 » (Préfecture région Occitanie, 2020). Cette nouvelle phase marque un tournant en termes de coordination puisque désormais ce sont l'ASA de Gruissan, constituée en 2019, et l'Agglomération du Grand Narbonne qui ont la charge de rendre opérationnel le projet. La phase appelée « démonstrateur » induit un changement d'échelle qui a pour but de tester et de démontrer la pertinence du projet dans des conditions réelles de production et de commercialisation du vin. La surface irriguée doit tout d'abord être tendue pour répondre aux besoins des viticulteurs. D'abord imaginé pour distribuer les eaux traitées sur plus de 200 ha, le projet est revu à la baisse. Finalement, ce sont 81,4 ha de vignes concernés, dont 46 ha qui appartiennent à l'INRAE, situés au sein de l'UE de Pech Rouge, et le reste à une poignée d'exploitants viticoles adhérents à la cave coopérative de Gruissan et de Coursan. Dans le cadre du « Démonstrateur IrriAlt'Eau » ou « IrriAlt'Eau 2.0 », on projette l'irrigation de 81,4 hectares à partir d'eaux usées traitées en station d'épuration grâce à un traitement tertiaire.

La sortie du projet de son cadre expérimental annule les autorisations préfectorales dérogatoires pour utiliser les eaux usées traitées pour l'irrigation de la vigne. Grâce aux phases de recherche et développement précédentes et leurs résultats, en juin 2020, l'agglomération du Grand Narbonne fait une nouvelle demande, pour une surface irrigable supérieure et hors d'un cadre expérimental. L'Arrêté préfectoral paru le 16 novembre 2020 autorise l'utilisation d'une eau de qualité C sur la base de la réglementation française.

L'eau utilisée est traitée pour devenir une eau de qualité C réglementaire (en accord à l'Arrêté 25.06.2014 modifiant l'Arrêté du 02.08. 2010), en vigueur pour le goutte-à-goutte (Le Grand Narbonne, 2018). L'eau traitée à la station d'épuration de Narbonne-Plage sera acheminée « via

un pompage et une canalisation jusqu'à une parcelle jouxtant la station d'épuration de Gruissan, sur laquelle se situera une bache tampon, l'unité de traitement tertiaire et une unité de surpression pour alimenter adducteur et réseau d'irrigation » (Le Grand Narbonne, 2018). Le dossier de demande d'autorisation préfectorale pour l'utilisation d'eaux résiduaires traitées de la Station d'épuration de Narbonne-Plage en quantité et qualité maîtrisées à des fins d'irrigation de la vigne sur la commune de Gruissan (Aude) stipule également l'intérêt d'utiliser ces eaux comme dernier recours pour sécuriser et sauvegarder des cépages résistants des variétés de Bouquet et de la collection ampélographique de Vassal dont l'Inrae à la charge et dont on prévoit la délocalisation de Sète à Gruissan dans les années à venir (Agglomération du Grand Narbonne, 2020).

Description de l'équipement d'irrigation pour l'extension du réseau d'irrigation du projet Irrialt'eau :

- Débit d'équipement des parcelles de vigne : Le débit d'équipement des parcelles sera de 7200 litres/ha/h en prenant comme hypothèse que :
- chaque parcelle sera équipée de 4500 goutteurs/ha (1 goutteur tous les mètres, espacement des rangées de vigne de 2,2 m),
- le débit par goutteur sera de 1,6 litre/h/u, soit l'équivalent d'une pluie de 0,72 mm/ha pendant une heure,
- La pression minimale aux bornes (point de desserte) sera de 5 bars
- Le dénivelé maximal d'une parcelle équipée sera de 15 à 20 m
- La distance maximale entre une borne et le départ du réseau goutte à goutte sera de 150 à 200m. « Les besoins en eau de la vigne sont fixés à 750 m³ /ha/an (75 mm/ha/an). » (Agglomération du Grand Narbonne, 2020)

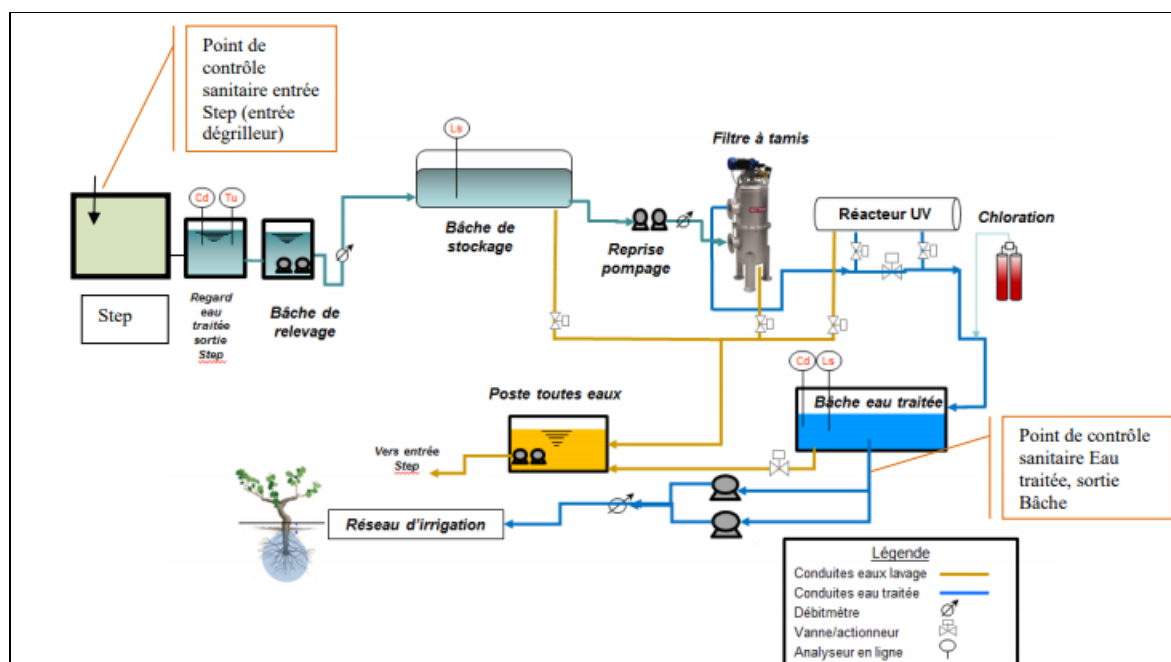


Figure 18. Schéma du procédé de traitement tertiaire développé dans le cadre d'IrriAlt'Eau.

SOURCE : « Dossier de demande d'autorisation préfectorale pour l'utilisation d'eaux résiduaires traitées de la Station d'épuration de Narbonne Plage en quantité et qualité maîtrisées aux fins d'irrigation de vignes sur la Commune de Gruissan (Aude) », de l'agglomération du Grand Narbonne datant de 2020

La phase Démonstrateur : anticiper le changement réglementaire européen

Au niveau du traitement tertiaire, la réglementation est en mutation avec l'arrivée de la réglementation européenne concernant l'utilisation des eaux usées traitées. Selon le chargé de projet à Véolia, elle prévoit un taux d'abaissement plus stricts des micropolluants. Alors, Véolia a décidé d'anticiper les contraintes techniques qu'imposerait, à terme, cette nouvelle réglementation, en modifiant la nature du filtre (billes de verre) de la station de traitement tertiaire par rapport au modèle développé dans les phases précédentes (tamis inox) pour garantir une eau de qualité C selon la nouvelle réglementation européenne. La qualité C européenne impose 2 log d'abattement supplémentaire à la qualité C française qui autorise la présence de 100 000 *E. coli* en sortie de STEP contre 1000 dans la réglementation européenne. Cette transition réglementaire et le choix d'anticiper les modifications en vue de la réglementation européenne ont peut-être été l'occasion d'une perte de connaissances ou de précision des connaissances de la part des acteurs du projet, car nous avons pu constater qu'à l'exception de notre interlocuteur chez Véolia, aucun des acteurs impliqués n'a su dire précisément quelle qualité d'eau serait finalement utilisée pour le développement de IrriAlt'Eau 2.0 naviguant entre la qualité B et la qualité C sans se référer à un cadre réglementaire français ou européen.

La phase Démonstrateur : adapter le projet pour recevoir des subventions

Si les procédés et la pratique de REUT faisaient figure d'innovation éligible aux subventions publiques lors du lancement du projet, en 2019, cela n'est pas suffisant. En 2019, le projet IrriAlt'Eau est rattaché à un programme régional global intitulé Littoral+ porté par le Conseil Régional d'Occitanie, et largement soutenu par son vice-président Didier Codorniou également maire de Gruissan, et avec le centre INRAe Occitanie-Montpellier comme partenaire. Le volet 2.1 du projet Littoral+ promeut la REUT : « *Eau alternative pour une meilleure résilience littorale : réutilisation d'eaux de qualité maîtrisée issues des unités d'épuration pour des usages à vocation agricole, touristique et de loisir* » (Le Grand Narbonne, 2018). Pour intégrer Littoral+, le dispositif IrriAlt'Eau a dû être réinventé, pour en faire un dispositif toujours innovant. Pour cela, une nouvelle dimension est ajoutée, il s'agit de développer une irrigation connectée et pilotée. Pour l'occasion, IrriAlt'Eau est renommée IrriAlt'Eau 2.0. La recherche de subventions pour pérenniser le site n'est pas neutre puisque le projet a été infléchi en conséquence. Désormais nommé IrriAlt'Eau 2.0, la justification donnée au projet a changé : ce qui fait innovation n'est plus la REUT, mais la mise en œuvre opérationnel d'outils pour une irrigation intelligente qui se veut raisonnée et économe.

Une de ces technologies innovantes d'irrigation connectée permet de réguler la consommation d'eau via des bornes de distribution installées dans les vignes (figure 8) et contrôlées par les agriculteurs depuis leur smartphone (par l'application sur smartphone « Andromède » proposée par l'entreprise Aquadoc), ainsi qu'un outil intelligent développé par la start-up EcoClimatSol, destiné à mesurer les données du sol et les besoins en eau de la vigne pour transmettre à chaque viticulteur, des préconisations d'irrigation sur mesure. Concrètement, ce virage donné au dispositif se matérialise par la mise à disposition de données climatologiques aux viticulteurs. L'entreprise Aquadoc – chargée d'installer le réseau d'irrigation – développe une application sur smartphone pour le pilotage de l'irrigation : « Andromède ». Une nouvelle start-up rejoint le projet : Ecoclimasol. Elle propose de recueillir des données par des stations météorologiques et capteurs afin de d'aider les viticulteurs à faire leurs choix d'irrigation (définition du besoin des plantes). Ecoclimasol travaille en coordination avec Véolia afin d'établir des préconisations concernant les

apports de nutriments supplémentaires, par rapport à la quantité déjà véhiculée par l'eau de REUT de la Step de Narbonne-Plage. Il s'agira alors d'introduire de nouvelles pratiques culturales pour ces futurs irrigants intégrés dans une démarche de formation à ces nouvelles technologies, ainsi que de sensibiliser les citoyens et touristes aux bénéfices de l'utilisation de cette ressource en eau « *alternative* » (Agglomération du Grand Narbonne, 2020).

La phase Démonstrateur : une logique d'irréversibilité non contrainte par la réglementation

En 2019, le projet est en place depuis 5 années. Il est discuté officiellement depuis 11 ans et officieusement réfléchi depuis presque vingt ans par l'ancien directeur de l'UE de Pech Rouge et son ami élu à la mairie de Gruissan. En outre, en 2019, le projet a déjà nécessité d'importants financements publics et privés. Il est une vitrine expérimentale d'innovation pour les membres du consortium et les collectivités locales impliquées. De ce fait, les acteurs se retrouvent autour de l'idée que le site doit être pérennisé malgré les difficultés financières rencontrées. Notre interlocuteur en poste depuis 2019 chez Véolia, et chargé du projet IrriAlt'Eau, affirme que la réussite du projet IrriAlt'Eau est un enjeu capital pour les membres du consortium. Selon lui, il s'agit de confirmer, de valider les prédictions établies durant les phases de recherche et développement afin de gagner en crédibilité.

Cette logique d'irréversibilité nous est aussi expliquée par Simon, directeur de l'UE de Pech Rouge :

« Il y a beaucoup de contraintes et de complexité, notamment par rapport aux montages financiers. Et alors la particularité du projet sur IrriAlt'Eau c'est qu'on est le premier avec une ampleur de 80ha. Là on a un coût de l'eau, pas donné, aujourd'hui on n'est pas au clair sur la rentabilité du projet, il y a quand même un côté démonstration de l'innovation. On a commencé, on va jusqu'au bout, mais est-ce que c'est viable, est-ce qu'économiquement ça tient la route... ? ».

L'équilibre financier du projet est précaire, il est surtout stabilisé grâce aux financements publics, eux-mêmes incertains. D'après l'expérience de la personne au service Eau et Assainissement du Grand Narbonne, Lise, les financements dans ce secteur sont extrêmement variables en fonction des dynamiques impulsées par les décisions politiques et les notions d'innovations offrent des opportunités financières à saisir rapidement car très succinctes et instables :

« Lise : ... Il n'y aura peut-être plus de financement.

Clara : ... donc ce sont des dynamiques qui sont lancées mais qui peuvent s'arrêter...

L : A tout moment. Après c'est souvent le cas des subventions dans le domaine de l'eau et de l'assainissement, généralement il y a des subventions pour lancer la dynamique avec des taux de subvention super intéressants et dès que c'est lancé ça devient obligatoire ou il n'y a plus d'autre solution, mais il n'y a plus de subvention. Donc les projets se font mais peut-être moins rapidement que prévus. Les nouvelles stations d'épuration, il y a une époque c'était subventionné à 60 ou 70% sachant qu'une STEP ça peut aller de 1 à 7 ou 10 millions, quand c'est subventionné à 50% ça favorise le lancement des travaux. La réglementation est devenue de plus en plus stricte au niveau des rejets, du coup les vieillissantes ne répondaient plus forcément aux normes il a fallu les réhabiliter. Le REUT effectivement là il y a des aides

régionales pour relancer la dynamique parce que c'était innovant mais si leur programme d'aide reste sur l'innovation, à terme ça ne serait plus de l'innovation la REUT, ça sera une chose commune, à moins que d'autres financeurs viennent sur ces projets. »

Pour Simon, l'INRAE s'est trop investie dans ce projet pour ne pas qu'il aboutisse, d'autant plus que l'institut est intéressé par la REUT à d'autres fins que l'irrigation du vignoble gruisanais :

« On est aussi sur un cas particulier du fait que l'Inra [devenue INRAE au 1^{er} janvier 2020] soit partie prenante, on va au bout de l'innovation. En plus, nous on a des enjeux qui dépassent ceux qu'on a évoqué. Il y a le transfert d'une collection mondiale de vignes : environs 20 ha qui aujourd'hui sont sur le secteur de Marseillan-Plage, dans du sable, avec la montée du niveau de la mer il faut déménager la collection, il y a eu l'idée de la mettre dans la Clape. Nous, on ne peut pas accueillir cette collection sans avoir accès à une ressource durable. Donc le fait d'avoir accès à l'eau de REUT rend possible ce projet-là. Ça fait 10 ans qu'on en parle et si dans 10 ans c'est fini ça sera bien. C'est une des raisons supplémentaires pour laquelle il est important pour l'INRAE de Pech Rouge que ça aille jusqu'au bout et qui va au-delà des intérêts de la cave coopérative. »

4.3 Etude des impacts de l'évolution réglementaire sur les « anciens » sites de REUT

Les résultats proviennent d'une lecture croisée des données recueillies sur l'ensemble des sites présentés ci-dessus et les cas de Marseillan et de Roquefort-des-Corbières.

4.3.1 Des conditions d'accès à l'eau plus favorables pour les systèmes anciens, mais souvent plus limitantes que pour des systèmes d'irrigation conventionnels

Entre les années 1980 à 2005, la principale motivation pour utiliser les eaux usées traitées est d'abord une contrainte de rejet (temporaire ou permanent) dans les milieux. Cette obligation a souvent permis aux agriculteurs d'être en position de force pour négocier des conditions favorables, intégrées dans des conventions entre le gestionnaire des STEP et l'ASA ou l'ASL regroupant les irrigants.

Cette position stratégique favorable du monde agricole s'est traduite notamment par :

- Une eau mise à disposition gratuitement au droit de la station d'irrigation agricole de mise en pression (8 cas sur 8) ;
- Un investissement dans le bassin de lagunage – stockage des eaux usées traitées à la charge de la collectivité en responsabilité de l'assainissement (8 cas sur 8) ;
- Le plus souvent, la prise en charge financière des analyses d'eau réglementaires pour pouvoir irriguer par la collectivité (2 à 4 k€/an – 7 cas/8) ;
- Généralement un calendrier de remplissage et vidange de la lagune de stockage favorable à l'irrigation (réservoir plein au démarrage de la saison d'irrigation) au détriment de la fonction de bassin complémentaire pour le pluvial, en cas d'orage qui inciterait à un remplissage minimal au printemps (5/8).

La création des projets récents (créés après 2013) a été d'avantage motivé par le développement de l'irrigation (3/4) avec des conditions moins favorables pour les irrigants :

- Les conditions d'accès à l'eau pour les agriculteurs demandeurs de l'eau sont contraintes par le système de traitement (débits et volumes limités par les obligations de débit minimum rejeté à l'étiage dans les milieux – sur Roquefort-des-Corbières et Marseillan par exemple, calendriers de remplissage et de vidange plus contraints, obligations de qualité des eaux plus strictes).
- Les conditions économiques sont moins avantageuses : le prix de l'eau intègre alors une partie du coût du traitement tertiaire (investissement et fonctionnement), des analyses réglementées des eaux.
- Ces éléments viennent s'ajouter au coût de la mise en pression et de distribution, seul à être pris en charge par les irrigants des vieux réseaux décrits précédemment. Le prix de l'eau à la borne d'irrigation atteint ainsi 75 c €/m³ à Ars-en-Ré et à Roquefort-des-Corbières, sans couvrir le total du coût de la mise à disposition d'une eau de qualité (bassin de stockage, filtration, UV, station de reprise, réseau de distribution). Le restant est soit à la charge de la commune (Ars) ou de gestionnaire (Roquefort-des-Corbières – dans le cadre du démonstrateur), avec des doutes sur la durabilité de cette situation. Dans ces deux cas, le prix actuel est proche du maximum acceptable par les irrigants, producteurs pourtant de cultures à valeur ajoutée élevée (pomme de terre, vigne).

Le cas de Chemillé fait exception dans ces conditions moins favorables pour les agriculteurs, car il a aussi été créé pour empêcher les rejets dans le milieu sensible. Les agriculteurs y ont négocié une convention favorable comme dans les autres projets anciens de la Communauté d'agglomération des Mauges.

Anciens ou récents, les cas étudiés font état d'offre en eau limitante pour les agriculteurs :

- Les tours d'eau sont la norme (11 cas/12), afin de partager les faibles débits et volumes des STEP en pleine saison d'irrigation, alors que dans les réseaux d'irrigation avec des eaux conventionnelles, les tours d'eau sont minoritaires et souvent réservés à des périodes de crise ;
- À l'exception de la station de la Salaisière qui traite les eaux d'une grande partie de la Communauté de Commune de Noirmoutier (capacité de 4 200 m³/j), les 9 autres systèmes ont composé avec des débits d'eau limités dès leur conception. Le choix a été alors de partager cette eau avec le plus grand nombre possible d'irrigants – car rare de Roquefort-des-Corbières, assumé par le maire, porteur du projet, dans un souci d'équité – soit en restreignant le nombre de bénéficiaires dans un souci d'efficacité économique, quitte à accepter les mécontentements des exclus. Ce choix a été clairement assumé sur un autre cas référencé dans la documentation technique sur la REUT, celui de Château Renault¹⁵ : *« Cela a été problématique pour les agriculteurs évincés. Il y a eu de la grogne et des discussions un peu houleuses, se souvient Georges Motteau (i. e des services d'eau de la Ville de Château-Renault). Mais nous ne regrettons pas du tout d'avoir réduit le nombre d'agriculteurs. Il y aurait eu seulement un peu d'eau pour chacun, cela aurait été ridiculement faible »* (Le Nouveau 2017) ;

¹⁵ Nous n'avons pu visiter ce site (2 agriculteurs irrigants pour 167 ha irrigués en 2012). Nous n'avons pas réussi à joindre les nouveaux responsables de la gestion de site, dont la gestion est passée de Suez à Véolia en 2022 et nos relances auprès de la municipalité sont restées sans réponse

- Pour atténuer cette contrainte en volume et débit disponibles, dans tous les cas étudiés, la dernière lagune avant la station de pompage fait aussi office de lieu de stockage, en plus de compléter le traitement de l'eau par les UV naturels. Un volume d'eau significatif est ainsi disponible en début de saison d'irrigation pour que la station de pompage puisse alimenter le périmètre irrigué avec un débit beaucoup plus important que le débit d'alimentation par les STEP, tant que la lagune n'est pas vidée. Mais ce bassin renchérit notablement le prix du système (deux tiers de l'investissement laissé à la charge des agriculteurs de Roquefort-des-Corbières par exemple).

4.3.2 Adaptation des systèmes de traitement à la réglementation : des choix techniques, mais aussi politiques et financiers pour les collectivités

Les systèmes les plus anciens ont connu toutes les évolutions réglementaires sur l'assainissement et sur la REUT, avec des conséquences inattendues. Les systèmes construits avant 2010 ont pu se mettre en place avec assez peu de contraintes de traitement tertiaire de l'eau. Ce traitement consistait en un simple lagunage-stockage complémentaire peu profond, sur une surface adéquate pour un temps de séjour de quelques semaines, réduit parfois à quelques jours en fin de période d'usage intense de l'eau (9 cas/9). Il se double parfois d'une chloration avant l'envoi dans cette lagune (2 cas/9) dans les systèmes de traitement des eaux usées sur boues activées.

La question de l'adaptation du traitement tertiaire à la nouvelle réglementation européenne peut se doubler dans certains cas de celle de la mise aux normes de la STEP en cas de renoncement à la REUT. En effet, il faudra alors rejeter dans des milieux vulnérables, alors que les normes de rejet en vigueur aujourd'hui sont plus exigeantes que celles qui prévalaient à la création du système STEP-REUT. Les collectivités sont donc obligées d'investir dans les deux scénarios : améliorer la qualité de l'eau pour respecter les nouvelles normes européennes pour la REUT, avec la question du partage de ce surcoût avec les agriculteurs ; améliorer la STEP pour respecter les normes en vigueur si la REUT est finalement abandonnée, car il faudra demander un dossier d'autorisation de rejet dans un milieu vulnérable, comme s'il s'agissait d'une nouvelle installation.

Les choix politiques des collectivités en charge de l'assainissement sont donc déterminants sur le devenir de ces systèmes anciens. Ce dilemme est particulièrement aigu sur les 5 systèmes de la Communauté d'Agglomération des Mauges et Sainte Pazane. Des études vont être lancées en 2023 pour identifier les options possibles. Si la REUT est maintenue, les élus sont pour un partage des coûts d'investissements avec les agriculteurs bénéficiaires de ces eaux. Ces derniers sont considérés comme des privilégiés puisqu'ils disposent aujourd'hui d'une eau gratuite en bord de station, sans payer de redevance à l'Agence de l'eau, et non soumise aux restrictions estivales, contrairement à leurs voisins prélevant dans les milieux. On peut supposer que les agriculteurs utilisant des EUT auront dans ce cas leur mot à dire sur les options de modernisation du traitement de l'eau ;

A Ars-en-Ré, la STEP ayant déjà été modernisée en 2012, la collectivité pourrait renoncer à la REUT et au traitement supplémentaire qui serait nécessaire pour respecter les normes en *E. Coli*. Les taux ne sont déjà pas conformes à la norme précédente lorsque l'eau est mise en pression à la station d'irrigation. Mais le président d'ASA mobilise ses réseaux pour un soutien financier et politique de la coopérative de pomme de terre et des élus locaux.

Pour les deux sites de Noirmoutier, deux stratégies ont été retenues par la Communauté de communes pour faire du maintien de l'agriculture sur son territoire une priorité. La première repose sur l'ajustement de la qualité requise dans l'arrêté d'autorisation de la REUT pour la pomme de terre à La Salaisière (2022). La DDTM a pris acte que cette production unique sur le périmètre ne se mangeait pas crue et a donc requis une qualité B (française) dans ce nouvel arrêté, en remplacement du A dans le précédent. Or les concentrations en *E. Coli* relevées ces deux dernières années à la station d'irrigation sont toutes inférieures au 100 UFC/100 ml requis pour atteindre la qualité B européenne, à condition de ne pas pomper en surface dans la lagune de stockage. Aucun changement n'est donc à programmer en visant la qualité B européenne. La seconde stratégie est l'investissement par la Communauté de Commune dans un traitement tertiaire complémentaire (ultrafiltration et UV probablement) pour La Cassie, afin d'arriver à une qualité A, mais en le justifiant aussi par le déploiement d'un projet de maraîchage en filière courte (projet PAT de la Com Com). Les agriculteurs ne seront donc pas mis à contribution financièrement pour ce traitement complémentaire qui sera entièrement financé par ailleurs. En outre, à terme, la communauté de Commune de Noirmoutier envisage d'améliorer la qualité du traitement de ces deux STEP pour réduire les rejets de polluants émergents (nouveaux enjeux touristiques et conchylicoles). Elle pourra ainsi substituer au maximum l'eau potable par des eaux issues des STEP modernisées pour les usages périurbains (arrosages des terrains de sports, borne anti-incendie, hydrocurage). Elle envisage même un jour, après changement de la réglementation, pouvoir injecter cette eau dans le réseau d'eau domestique, car l'eau potable vient d'un barrage situé à 70 km sur le continent, qui connaît des problèmes de remplissage.

Pour les systèmes récents, les situations face à ce changement réglementaire sont diverses :

- On ne nous a pas fait état de difficultés particulières pour le cas de Chemillé, pour une eau traitée sur boue activée avec un traitement physico-chimique (sans plus de précision) et un objectif de qualité B (arrosage par aspersion de maïs ensilage).
- Sur la Flotte, le maire avait choisi délibérément de fournir une eau de qualité A afin de faciliter l'installation de maraîchers : l'ultrafiltration et le traitement UV en sortie de bassin de stockage ont été proposés par le concepteur sans contre-indication des services instructeurs. Il ne devrait pas y avoir d'investissement supplémentaire.
- Pour les 2 projets récents d'irrigation en goutte à goutte de la vigne, les porteurs avaient prévu une qualité C, conforme à cet usage. Mais ils ont dû ajouter des traitements tertiaires plus onéreux (ultrafiltration, UV, électrodialyse ou osmose inverse) pour satisfaire aux exigences de niveau de rabattement en log des SBAS¹⁶ et/ou ARN F spécifiques, alors que les concentrations en sortie de STEP étaient déjà faibles.

¹⁶ Spores de Bactéries Anaérobies Sulfite-réductrices

5 Effets de la réglementation sur les pratiques et les milieux

Les premiers résultats montrent comment les acteurs des projets de REUT ont dû adapter la filière de traitement pour mettre en conformité les eaux traitées selon l'usage souhaité au fur et à mesure des modifications apportées aux textes réglementaires. Dans la partie qui suit, nous considérons que si les normes réglementaires ont vocation à modifier la qualité des eaux traitées, ces changements s'observent-ils sur les pratiques d'irrigation et les milieux ? De manière plus spécifique, on a cherché à interroger les effets d'utilisation des EUT sur les rendements car les bénéfices en nutriments de cette eau sont régulièrement promus. Par ailleurs, on a cherché à vérifier si la qualité des EUT avait un effet sur les milieux car les bénéfices pour l'environnement, liés à l'amélioration des techniques d'épuration, sont eux aussi régulièrement promus.

A partir des dires d'acteurs, nous avons étudié les rapports que les agriculteurs entretiennent à l'eau traitée à travers le recueil de leurs discours, de leurs connaissances et de leurs pratiques culturelles. Pour cela, nous avons notamment cherché à comprendre la spécificité d'irriguer avec des EUT par rapport à une eau brute classique. Ce travail repose sur l'étude réalisée par Morgane Brites sur le site de Roquefort-des-Corbières (présentée en partie 3) et le travail d'enquête mené par Patrice Garin et Nassim Ait Mouheb sur les cas anciens de REUT (présentée en partie 3). Le manque d'interaction avec les agriculteurs pour la moitié des sites de REUT étudiés incite à la prudence quant aux analyses sur les spécificités des pratiques d'irrigation avec des eaux usées. Nous avons abordé ce thème sur 6 cas, souvent avec le directeur d'ASA, parfois avec d'autres agriculteurs : 3 cas « récents » Roquefort-des-Corbières, Marseillan et La Flotte et 3 cas « anciens » : les deux de Noirmoutier et Ars-en-Ré. Pour les autres cas, les éléments présentés dans les tableaux de synthèse 2 et 3 sont issus des propos des gestionnaires des stations de REUT.

5.1 Effets des eaux usées traitées sur les pratiques agricoles et d'irrigation

5.1.1 Des pratiques d'irrigation ajustées à une ressource en eau qui reste limitée

Dès que la saison d'irrigation démarre, les débits appelés pour une irrigation à la demande sur un réseau collectif sont d'un ordre de grandeur bien supérieur à celui d'une station d'épuration, même celle d'une agglomération moyenne. Les calculs simplifiés ci-après donnent un éclairage sur les contraintes de gestion quantitative. En France, 93 % des stations d'épuration ont une capacité nominale de moins de 10 000 Équivalents Habitant¹⁷ (EH). Dans notre échantillon, 5 des 6 stations en zone littorale dépassent cette capacité pour faire face à l'afflux de touristes, essentiellement en été (Tableau 10). Mais nous prendrons l'exemple d'une station de 10 000 EH habitant pour illustrer notre propos :

- Une station de 10 000 rejette hors période d'orage de l'ordre de 1 500 m³/j (sur la base d'un rejet moyen de 150 l/j/EH).

¹⁷<https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/sante/la-pollution-de-l-eau-douce-ressources/article/l-assainissement-collectif-des-eaux-usees#La-capacite-des-stations-d-epuration-collectives>

- Un apport moyen d'irrigation c'est de l'ordre de 30 mm sur 1 ha de culture en aspersion avec un canon à enrouleur, soit 300 m³, à répéter tous les 7 j environ.
- En d'autres termes, en supposant que l'intégralité des eaux traitées de la station aille à l'irrigation, le volume journalier de la station permet un apport d'irrigation par aspersion sur 5 ha de cultures ; si un tour d'eau de 7 jours est réalisé entre îlots d'irrigation, ce qui est une pratique fréquente pour subvenir aux besoins en eau, cette station de 10 000 EH peut produire de quoi irriguer 35 ha de cultures en été.
- En 2020, une exploitation irrigante moyenne en France a arrosé 25,5 ha (Scotti, Loubier et al. 2023).
- Une STEP de 10 000 EH n'est donc pas en capacité de fournir de l'eau d'irrigation à 2 exploitations irrigantes de taille moyenne en France, en aspersion, sans contrainte de partage de l'eau et de limitation des surfaces irriguées.

Comme cela a été observé empiriquement, cette contrainte de disponibilité peut être contournée ou atténuée :

- avec du stockage hivernal (c'est le cas de tous les systèmes enquêtés), mais au prix d'un renchérissement du projet et de difficultés de gestion de la qualité de l'eau dans ces réservoirs ;
- en ajoutant à cette ressource des pompages en nappe (1 cas sur Le Mesnil), mais avec un questionnement sur la légalité de cette pratique au regard de la qualité des eaux dans le bassin où les deux sources d'eau sont mélangées ;
- en s'équipant en goutte-à-goutte et en irrigant des cultures moins exigeantes en débit de pointe et en volume saisonnier. C'est le cas pour l'irrigation de la vigne, mais n'élide pas entièrement la contrainte de volume, comme l'illustre le cas de Roquefort-des-Corbières où la station n'a pu desservir que 15 ha en goutte-à-goutte, alors que la plupart des exploitations cultivent entre 20 et 40 ha chacune. C'est aussi le cas sur les sites de cultures de pomme de terre où les apports sont plus réduits (10 à 12 mm tous les 3 jours, soit un peu moins que la norme de 30 mm par semaine pour les cultures de céréales ou de prairies) ;
- en recourant au tour d'eau entre irrigants en période de forte demande (11 cas sur 11) ;
- en limitant les superficies irrigables par exploitation (comme à Roquefort-des-Corbières) ou en maîtrisant le nombre de bénéficiaires (tous les autres cas de notre échantillon).

5.1.2 Une eau comme une autre pour les usagers : exemples de pratiques d'utilisation

Malgré les réserves méthodologiques spécifiés en partie 2 de ce rapport, les données recueillies sont toutes convergentes : ces eaux génèrent des contraintes particulières de gestion quantitative, par contre leurs qualités chimique ou sanitaire n'induisent aucune pratique particulière. Aucun des 4 directeurs d'ASA, des exploitants du site de Roquefort-des-Corbières pas plus que les gestionnaires des stations d'épuration des autres sites n'ont fait état de précautions particulières prises par les agriculteurs pour l'utilisation de ces eaux. Seul le directeur de l'ASA de la Flotte nous a mentionné qu'il faisait attention de ne « *pas se toucher le visage* » après avoir manipulé les systèmes d'irrigation. Sur Roquefort-des-Corbières, les agriculteurs ont rappelé l'innocuité de ces eaux en faisant référence au maire qui avait bu l'eau qui sortait de la station d'épuration lors de son inauguration publique. Sur les 4 sites de Noirmoutier et l'île de Ré, les directeurs d'ASA ont fait référence aux limitations d'usages de l'aspersion imposées par le décret de 2014 en cas de vent et déclarent ne pas irriguer près des

habitations. Certains ont même indiqué qu'il avait été proposé d'utiliser des rampes avec des asperseurs placés le plus au ras des cultures pour diminuer les aérosols, mais cet équipement est rare et les enrouleurs classiques prédominent. Les précautions sanitaires sont donc connues. Mais plusieurs faits nous conduisent à l'hypothèse que ces eaux sont en fait appréhendées sur le plan sanitaire comme équivalentes aux eaux conventionnelles :

Lors de la visite de terrain sur l'île de Ré au printemps 2023, nous avons pu constater des arrosages en aspersion sur des parcelles jouxtant les pavillons d'Ars-en-Ré et de la Flotte, ainsi que l'arrosage des nombreuses pistes cyclables où circulent plusieurs centaines de touristes tous les jours durant les vacances de Pâques. Aucune signalisation n'incite les cyclistes à des précautions particulières vis-à-vis de ces aspersions. Par ailleurs, dans une ASA « conventionnelle », quand des périurbains ont des parcelles dans le périmètre syndical de l'ASA, ils doivent s'acquitter de la taxe syndicale en contrepartie du droit d'utiliser cette eau. Mais cette possibilité n'est pas autorisée en cas de REUT, si l'eau n'est pas de qualité A. Cela n'a pas empêché l'ASA d'accorder ce droit à « plusieurs » périurbains, sans que l'on sache s'ils ont été avertis ou non des contraintes d'arrosage de leur pelouse ou de leur jardin. Enfin, un riverain s'est plaint au service d'assainissement de la Flotte parce que sa maison et son jardin étaient régulièrement arrosés par les asperseurs d'un agriculteur voisin. La réponse a consisté à le rassurer par les analyses d'eau.

Enfin, si des précautions ont été prises dans les stations pendant les épidémies de Covid (masques et parfois combinaisons pour protéger le personnel, incinération des boues), il n'a pas été mentionné d'action particulière des irrigants. Les irrigations de pomme de terre n'ont été suspendues à aucun moment sur les îles, même en pleine 1^{er} vague au printemps 2020.

5.1.3 Peu d'enjeux de commercialisation

Nulle part nos interlocuteurs ont fait état de réticences de la part des consommateurs à consommer des produits irrigués avec les eaux usées traitées. Dans le cas des vignobles, c'est un non-sujet, car les raisins des parcelles irriguées ne sont pas séparés des autres lors de la vinification et se retrouvent dans la grande masse des vins IGP, sans qu'un consommateur même curieux ne puisse se douter que le vin a été irrigué, et encore moins que l'irrigation a été faite avec des EUT. Dans les îles, l'origine de l'eau pour les pommes de terre ou le maraîchage local n'est pas cachée aux habitants. Par exemple, le projet de La Flotte a fait l'objet de nombreux articles dans le journal communal de 2010 à 2018, avec notamment des reportages lors des installations des premiers producteurs de pommes de terre, puis de la maraîchère et enfin de l'arboriculteur, mentionnant explicitement que c'était grâce à la REUT. A Mauges, l'origine de l'eau n'a pas été un sujet sauf pour le producteur en production biologique qui s'est finalement installé sans contrainte de ce point de vue.

Selon les acteurs rencontrés, ils ne connaissent pas de difficultés de commercialisation pour les produits arrosés avec ces eaux. C'était attendu dès lors que les productions n'étaient pas traçables géographiquement par les consommateurs (vin de pays, voir vin d'IGP, grandes cultures). Ce fut plus surprenant sur l'IGP - Label Rouge de la pomme de terre de Noirmoutier et à un degré moindre pour l'AOP de la pomme de terre de l'île de Ré. Sur l'île de Ré, des parcelles sont irriguées avec des eaux de nappe ou de l'eau potable. L'effet « dilution dans la masse » a pu jouer. À Noirmoutier, toutes les parcelles de pomme de terre sont irriguées avec les EUT, à l'exception de rares serres. Si on peut admettre que les consommateurs hors de ces îles ignorent l'origine de l'eau, d'autant que ce n'est mentionné nulle part dans les sites Web

de ces deux appellations, ce n'est pas le cas des habitants des collectivités qui communiquent beaucoup sur leurs investissements dans ce recyclage des eaux. Une enquête auprès des consommateurs locaux, résidents ou de passage reste à faire pour évaluer si cette population sensibilisée à la rareté des ressources en eau locales et à la qualité des eaux de baignades est plus encline que la population française à consommer des produits irrigués avec des EUT.

Il est à noter que les deux sites vantant les mérites de l'IGP label rouge de la pomme de terre de Noirmoutier¹⁸ ou l'AOP de l'île de Ré¹⁹ pour le consommateur français lambda mettent en valeur les engagements environnementaux des agriculteurs, limitant le recours aux pesticides, prenant soin des sols... mais rien sur l'eau si ce n'est le recours à des sondes capacitatives (mesure de l'humidité du sol) pour le pilotage de l'irrigation à Noirmoutier. Les affirmations selon lesquelles il n'y a pas de réticence des consommateurs sont donc à interpréter en tenant compte de ces omissions dans les plans de communication grand public.

5.1.4 Valorisation des nutriments : une pratique méconnue des agriculteurs ou alors peu convaincante

Rien ne semble distinguer les pratiques d'irrigation avec ces eaux traitées comparées à une eau conventionnelle. Le potentiel fertilisant des eaux traitées est ignoré, voire négligé dans les 12 cas analysés. Nous n'avons eu aucun témoignage d'une prise en compte des apports fertilisants des eaux usées dans les pratiques agricoles.

Aucun gestionnaire ou agriculteur interrogé n'a fait état d'un intérêt fertilisant potentiel des eaux traitées, y compris là où des systèmes les plus rustiques ont été mis en place et pour lesquels cet effet pourrait être sensible du fait d'une dégradation moindre des nutriments. Sur les îles, la fertilisation est raisonnée en apport minéral ou organique selon les analyses de sols en début de printemps et des besoins des pommes de terre. La coopérative ne donne aucune recommandation en relation avec la qualité des eaux d'irrigation. Les agriculteurs ne semblent pas connaître l'importance de ces apports potentiels. Les 4 directeurs d'ASA avec qui nous en avons parlé minimisent cet apport potentiel.

Focus sur le cas de Roquefort-des-Corbières

Sur le site de Roquefort-des-Corbières, pour tous les viticulteurs irrigants, la pratique de fertilisation est menée de la même manière sur les parcelles irriguées et non irriguées. Cependant, depuis le début du projet, certains viticulteurs ont changé leur pratique de fertilisation. Même si ce changement s'est réalisé dans toutes les parcelles qu'elles soient irriguées ou non, un des viticulteurs pense que l'apport d'eau mène à une augmentation des besoins en éléments nutritifs pour la plante. La possibilité d'éléments fertilisants dans les eaux est seulement envisagée par un des viticulteurs engagé dans le projet : « *Non, on ne le prend pas en compte. Mais il y a du phosphore et de l'azote. Il faut demander au concepteur* ».

Les analyses de nutriments dans les eaux d'irrigation confirment les dires d'acteurs à Roquefort-des-Corbières. Les eaux traitées y ont une faible teneur en azote et phosphore ce qui résulte de leur passage dans un système de dénitrification et déphosphoration au sein de la

¹⁸ <https://www.lanoirmoutier.com/enjeu/lenvironnement-agricole/>

¹⁹ <https://www.ilederepommedeterre.com/producteurs-pommes-de-terre-ile-de-re.html>

station d'épuration. Mais en comparaison à Murviel-les Montpellier dans le cas d'un traitement moyen poussé de l'azote, la concentration en nitrate a varié en sortie entre 20 mg/l à 30 mg/l. Après un traitement chlorure ferrique, les ortho- phosphates ont des concentrations inférieures à 1mg/l.

En effet, dans le cas de Roquefort-des-Corbières, le rejet des eaux usées traitées dans le Rieu puis dans l'étang des Bages, est soumis à une réglementation plus restrictive. Cet étang fait partie d'un complexe lagunaire Narbonnais, classé site Natura 2000, caractérisé comme zone sensible à l'eutrophisation par l'Arrêté du 9 février 2010. Ainsi, une concentration forte en azote et en phosphore dans les eaux peut créer des effets notables tels que la prolifération de producteurs primaires, capable de produire de la matière organique à partir de matière minérale (plantes aquatiques, algues, cyanobactéries), des phénomènes de toxicité ou d'anoxie (absence d'oxygène), des pertes de biodiversité (Pinay et al, 2018). Si on considère les apports moyens de 2020, chaque secteur a reçu une lame d'eau d'environ 60 mm. Parmi les éléments que la vigne prélève dans le sol, l'azote est celui qui influence le plus fortement son développement végétatif et reproducteur. Cependant, les besoins en azote de la vigne restent faibles. En effet, cette culture consomme entre 20 et 70 kg d'azote par hectare et par an (Delas, 2000), en fonction de la vigueur et du rendement. Seulement une faible fraction de ce prélèvement est exportée dans les raisins (une dizaine de kg/ha/an). Dans de nombreuses situations, la minéralisation de la matière organique du sol est capable de fournir cette quantité d'azote et une fertilisation azotée spécifique n'est pas toujours nécessaire (Van Leuven et Friant, 2011). Concernant la quantité de potassium, les eaux usées traitées couvrent une partie des besoins de la vigne (selon Delas 2000).

Ainsi, bien que la REUT soit perçue comme une source potentielle d'éléments fertilisants, on remarque que ceux-ci ne sont pas toujours présents dans les eaux (Condom et Declecq, 2015). Cela dépend de la charge en entrée mais surtout des dispositifs de traitement.

5.1.5 Des changements liés à l'irrigation plus qu'à la nature des eaux : enherbement et rendement (focus sur le cas de Roquefort-des-Corbières)

Depuis la mise en place de l'irrigation, les viticulteurs perçoivent une augmentation de la croissance des adventices dans leurs parcelles : « *l'impact terrible c'est l'herbe au pied des souches* » (viticulteur). Depuis longtemps, les viticulteurs travaillent le sol afin de limiter ces herbes dans les parcelles. Pour se faire, ils pratiquent en moyenne 4 à 6 labours afin de limiter la concurrence en eau avec la vigne. Entre les ceps, un des viticulteurs explique avoir toujours appliqué du désherbant mais il doit le faire plus souvent depuis que les vignes sont irriguées. C'est également le cas pour un autre viticulteur rencontré. En effet, malgré les aspects bénéfiques de l'enherbement pour la lutte contre l'érosion, il existe une concurrence avec la vigne. Celle-ci affecte la production de fruit avec une diminution des rendements pouvant varier de 10 à 45% (Chantelot et al. 2004). Pour un des viticulteurs rencontrés, les adventices ne sont pas un problème : « *il n'y a pas de grosse compétition entre la vigne et la plante car on n'apporte de l'eau. Je laisse parfois des herbes dans les parcelles, cela ne me dérange pas* ». Les avis convergent donc sur l'augmentation de l'enherbement sur le rang avec l'irrigation, mais les conséquences qui en découlent sur les pratiques de désherbage divergent selon les perceptions de la concurrence entre la vigne et les adventices.

L'ensemble des viticulteurs disent ne pas avoir remarqué de changement significatif sur le comportement de la vigne, expliquant un non-changement des pratiques culturales. La raison selon certains d'entre eux est la pluviométrie de ces dernières années qui ont été très pluvieuses (Figure 19) :

« Ce n'est pas le déficit hydrique qui est venu conforter les résultats de l'irrigation avec la REUT car il a plu suffisamment les dernières années pour ne pas avoir recourt à l'irrigation. Mais on a pu voir des choses se passer. Par rapport aux témoins avec 0 irrigation, 50 mm et 100 mm. On a pu observer des choses qui confirme que l'on peut espérer des productions régulières et une augmentation des rendements de 30% sans problème » (Viticulteur).

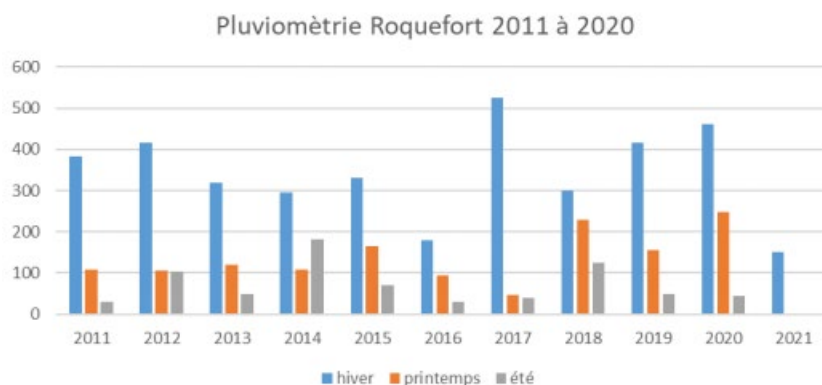


Figure 19. Pluviométrie sur Roquefort-des-Corbières de 2011 à 2021 (données IFV)

Ainsi, la seule différence évoquée par les viticulteurs, en plus de l'accroissement des adventices, est l'augmentation des rendements dans certaines circonstances :

« J'ai vu des changements au niveau des rendements. Là, le syrah, la première année je n'ai pas trop vu la différence comme ça a été une année pluvieuse (2019). Après, oui, au moins 30% de plus l'année dernière car cela a été sec au début (2020) » (viticulteur)

« D'après ce que Denis a pesé par rapport à ses expériences et nous, ce qu'on a ramassé sur le reste de la vigne, on a gagné 4 tonnes sur les 20 tonnes pour la vigne plantée en 2013. Ça fait 20% de plus par rapport à l'expérience qui n'était pas arrosée sur une année. Mais sinon, je ne saurais pas vous dire. Les raisins ne restent pas petits, peut-être moins sucrés. Il reste des feuilles sur les parcelles irriguées » (viticulteur)

A noter que ces effets ont été remarqué uniquement sur les jeunes vignes pour tous les irrigants : *« On a vu une augmentation du rendement sur la plantation d'1,5 ha, le reste c'est pareil. Dans les vieilles vignes, les racines sont profondes »* explique un viticulteur. Pour les vignes âgées de plus de dix ans, aucune modification n'a été perçue depuis la mise en place de l'irrigation.

Par ailleurs, l'augmentation des rendements est également observée par un viticulteur qui ne fait pas parti du projet de Roquefort-des-Corbières, qui a mis en place l'irrigation dans ses parcelles à côté de Narbonne. Depuis 3 ans, ses vignes sont irriguées à partir des eaux de débordement du canal de la Robine. Chaque année, le viticulteur a la possibilité d'ouvrir les

vannes deux fois pendant 12h. Les eaux se répandent par gravité, avec un système de submersion, différent du goutte-à-goutte : « *Moi je sais que l'on arrose très peu, deux fois, mais on fait le double de rendement lorsque l'on met de l'eau* ». Ce témoignage interroge que sur les conséquences de l'irrigation sur les rendements qui pourraient être similaires lorsque les eaux sont de nature usées, traitées ou brutes.

5.1.6 Etude de l'uniformité des débits des réseaux d'irrigation

Après 2 années et 4 années d'irrigation à Murviel-lès-Montpellier et Roquefort-des-Corbières respectivement, le calcul des coefficients d'uniformité a montré un maintien de l'état du réseau tout au long de la campagne. Le témoin eau claire et eaux usées traitées conserve des valeurs au-dessus de 90% du coefficient d'uniformité. On ne note pas de différences entre les positions début/milieu/fin des gaines d'irrigation. Après ouverture, l'intérieur des goutteurs échantillonnés à Murviel-lès-Montpellier n'était pas colmaté ni pour la partie témoin ni pour la partie eaux usée traitée après les cycles de 2021 et 2022. Il y a très peu de développement dans les chicanes (voir figure 20).

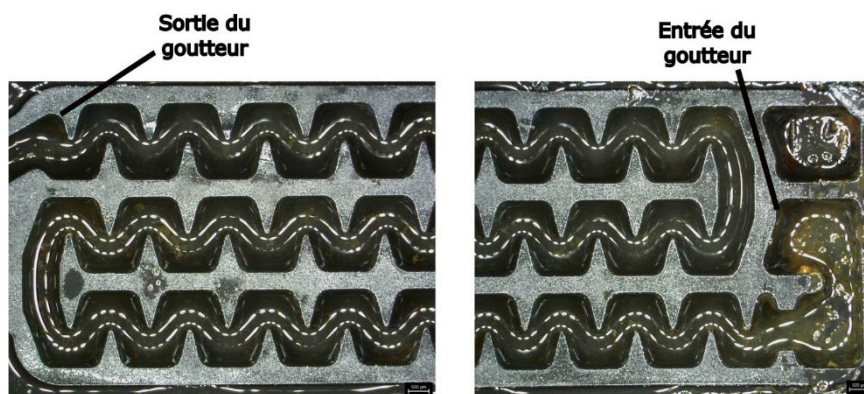


Figure 20. Photo du goutteur prélevé à la fin de la gaine 4 à Murviel-lès-Montpellier

Roquefort-des-Corbières, les observations réalisées sur les goutteurs de Roquefort-des-Corbières sont à l'image des résultats de l'uniformité, aucun début de colmatage n'a été observé dans les goutteurs échantillonnés. Quelques dépôts d'éléments en suspension sont observés dans les canaux des goutteurs, en particulier pour ceux situés en bout de ligne (Figure 21).



Figure 21. Photo d'un goutteur prélevé secteur D, rangée 4 en bout de ligne

Les valeurs d'uniformité calculées au cours de la campagne 2021-2022 ont montré que l'état du système était toujours non affecté par l'encrassement lié aux eaux usées traitées sur les deux parcelles étudiées. Les valeurs de débit sont équivalentes aux débits nominaux des goutteurs commerciaux. En complément, sur un certain nombre de goutteurs ouverts et observés au microscope numérique aucune observation du colmatage par du biofilm n'a été constaté. Du côté de la zone expérimentale de Murviel-lès-Montpellier, les goutteurs sont plus récents mais malgré la charge plus importante en nutriments dans l'eau usée traitée réutilisée, les valeurs d'uniformité restent largement supérieures à 90%.

Ainsi à travers nos suivis pendant deux années sur les deux cas d'étude, la qualité des eaux usées traitées, le type de goutteurs utilisés et les protocoles de nettoyage par chloration automatisée pendant 30 min à la fin de chaque cycle d'irrigation limitent les risques de colmatage pour les agriculteurs.

5.1.7 Impacts quantitatifs de la REUT sur le milieu récepteur

Au niveau de Murviel-lès-Montpellier, INRAE a adapté son programme d'irrigation aux conditions climatiques (ET_0 , pluviométrie) pour satisfaire à 100% les besoins des cultures (irrigation à 100% de l'ETM). Un croisement entre les volumes d'eau apportés et le suivi de l'eau dans le sol est réalisé afin d'obtenir des bilans hydriques à l'échelle de chaque sous-parcelle. En 2021 et 2022, sur la zone expérimentale de Murviel-lès-Montpellier l'irrigation a commencé en juin et elle a été arrêtée le 11 août, un mois environ avant les vendanges. La lame d'eau irriguée sur la zone eaux usées traitées était d'environ 100 m^3 en totalité pour les 0.15 ha de vigne. L'irrigation a été menée au rythme de deux fois par semaine puisque le sol est plus drainant. Pour la partie irrigation des arbres, un apport était de 23 m^3 en eaux usées traitées. Pendant la période d'irrigation de la parcelle agricole, la consommation en période de pointe est estimée à moins de $4\text{ m}^3/\text{jour}$. Ce débit impacte très faiblement les volumes rejetés journaliers dans l'exutoire ($300\text{ m}^3/\text{jour}$ en moyenne) et ainsi les débits du cours d'eau du ruisseau récepteur de la Pradaies.

Compte-tenu de la sensibilité du milieu récepteur sur la commune de Murviel-les-Montpellier à la pollution azotée et phosphatée, ainsi que de la charge en azote et phosphore en sortie de station, l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole est une voie intéressante pour valoriser les nutriments encore présents à des fins agronomiques, et ainsi limiter les quantités rejetées dans les masses d'eau de surface et souterraines lorsque les capacités de dilution par le milieu sont réduites.

A Roquefort-des-Corbières, de manière générale, l'irrigation débutait le 15 juin au 15 août, date limite autorisée pour l'irrigation de la vigne dans un contexte d'appellation IGP (IFV). La durée des tours d'eau variait selon les besoins des cultures, des données climatiques et suivis des capteurs d'humidité du sol. Les besoins de la vigne dans le Languedoc-Roussillon sont estimés entre 10 à $20\text{ m}^3/\text{ha}$ selon les années. Ainsi, les tours d'eau vont de 10h à 18h pour des apports de $80\text{ m}^3/\text{ha}$ à $14\text{ m}^3/\text{ha}$ par semaine. Sur le dossier de demande préfectorale d'autorisation, il est précisé que « les volumes utilisés pour le pilote seront au maximum de l'ordre de $6\,000\text{ m}^3/\text{an}$ sur une production totale annuelle de l'ordre de 60 à $80\,000\text{ m}^3$. En période de débit significatif, l'impact sera marginal, le débit de la station variant entre 1 et 2 l/s . De plus en période de

remplissage de la réserve, les prélèvements seront inférieurs à 10% de la production journalière²⁰.

Les prélèvements bien que limités vont contribuer à améliorer la qualité de l'eau du Rieu en limitant les effets anthropiques ». Ainsi, la faible teneur en azote et phosphore des eaux résulte de leur passage dans un système de dénitrification et déphosphoration au sein de la station d'épuration. En effet, le rejet des eaux usées traitées dans le Rieu puis dans l'étang des Bages, est soumis à une réglementation exigeante. Cet étang fait partie d'un complexe lagunaire Narbonnais, classé site Natura 2000, caractérisé comme zone sensible à l'eutrophisation par l'Arrêté du 9 février 2010.

L'utilisation agricole des eaux usées traitées permet ainsi de réduire le rejet direct des effluents. Par ailleurs, la vie aquatique est fortement impactée par les assecs naturels du Rieu. Pour éviter potentiellement un effet négatif d'un arrêt complet des rejets, il est proposé de maintenir un flux de 50 m³/j. Un dispositif de seuil a été mis en place à la sortie de la station de traitement permettant d'assurer ce minimum requis, le surplus permettant le remplissage du réservoir de stockage en eaux usées traitées. Selon les éléments récoltés pendant le projet, le niveau du débit d'étiage réservé pour le cours d'eau a été déterminé sans argumentations claires sur l'impact le milieu aquatique et la biodiversité. Jusqu'à ce jour, aucune évaluation à posteriori de la pertinence écologique du minimum de débit préconisé par l'autorisation préfectorale.

5.2 Particularités des EUT dans les pratiques d'irrigation

Sur ces systèmes anciens, vu des agriculteurs, l'eau de REUT est une eau banale quant à ses propriétés chimiques et sanitaires. Les pandémies de Covid n'y ont rien fait, pas plus que les changements réglementaires, jusqu'en 2023.

Pas utilisée comme une eau spécifique dans les cas anciens → cela amène à réfléchir au partage des responsabilités qui est au cœur des débats sur l'adoption des multiples barrières

À partir du point de pompage de la station d'irrigation, l'eau est gérée comme une ASA « conventionnelle » au point d'accepter que des périurbains l'utilisent s'ils viennent à s'installer sur le périmètre syndical alors même que la réglementation n'encadre pas des usages domestiques. Ce qui différencie les systèmes de REUT du point de vue agricole, ce sont avant tout les questions quantitatives. Il y a systématiquement obligation de partager une ressource limitée en débit et en volume par nature (bassin de stockage des eaux hivernales, surface irriguée ou nombre de bénéficiaires limités, tours d'eau en période de pointe), mais, en contrepartie, les agriculteurs ne sont pas soumis à des restrictions d'irriguer en période de sécheresse.

Dans la majorité des cas, les agriculteurs délèguent entièrement la gestion des risques au gestionnaire, ce qui peut expliquer que cela ne modifie pas leurs pratiques d'irrigation. Ce constat rappelle celui fait par Carr, Potter et al. (2011) et Keraita, Drachsel et al. (2010) dans leur revue de littérature sur les perceptions des risques sanitaires par les agriculteurs des EUT.

²⁰ <https://www.aude.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement-eau-foret-chasse-risques-naturels-technologiques/Eau/Assainissement/Reutilisation-des-eaux-usees-traitees/Reutilisation-des-eaux-usees-de-la-station-d-epuration-de-Roquefort-des-Corbieres>

6 Conclusions sur les effets de l'évolution des cadres réglementaires de la pratique de REUT

6.1 Faire co-exister les eaux usées traitées et la société : retour sur la trajectoire de l'élaboration des normes réglementaires encadrant la pratique de REUT

La première partie de ce rapport étudie la dynamique de mise au point des cadres réglementaires permettant la coexistence entre une matière pleine de vitalité (les eaux usées traitées) et la société. Elle révèle l'ancrage historique des eaux usées dans un format sanitaire-hygiéniste en France ainsi que les frottements induits par l'apparition de nouvelles pratiques et de nouvelles normes à l'échelle internationale. A ce titre, la trajectoire des approches d'évaluation des risques – conventionnelle, épidémiologique, prédictive – explique les ajustements répétés dans le choix des indicateurs et de la valeur des seuils, et pour fixer le risque tolérable lors de la mise en circulation d'une matière équivoque. Ces évolutions ont aussi participé à modifier les approches requises pour atteindre les niveaux de risque définis, centralisée ou distribuée tout au long de la circulation des eaux. Par ailleurs, les cadres réglementaires sont le résultat d'assemblages plus ou moins contraints de références et de principes issus de différents contextes et d'expériences.

L'étude montre que cette circulation dans le temps et l'espace ne se fait pas sans difficultés et la mise au point des cadres questionne la pertinence des références élaborées dans d'autres contextes socio-matériels. Elle ravive par ailleurs d'anciens débats non résolus, et pas toujours spécifiques à la REUT : cela concerne les effets cumulés dans le temps et dans les milieux, les effets cocktails entre molécules, le choix de la valeur de seuils ou de la métrique (application de l'abattement sur une eau de bonne qualité) ou bien encore l'adoption de certains proxys pour le suivi de risques (virus et chimique).

Ces critiques témoignent des difficultés qu'il y a à retenir et contenir tous les vecteurs de risques. Gouverner des matières équivoques implique d'écarter le cas échéant des types de risque, des voies d'exposition et donc des publics concernés, mais aussi des incertitudes et des critiques. Les facteurs de renoncement ou d'accommodation à une matérialité toujours débordante sont multiples : manque de données, métrologie coûteuse, agentivité propre des vecteurs de risques, prérogatives des agences sanitaires, urgence de l'opérationnalité, ou encore hiérarchisation des risques sanitaires, environnementaux et de pénurie. Ils sont rejoints en fin de période par la montée en puissance de l'argument sur les freins injustifiés imposés par la réglementation, dans un contexte global de « mise en cause » du droit de l'environnement (Blatrix, 2016).

La trajectoire étudiée souligne également l'évolution des indicateurs retenus pour les différents risques, et les qualités qui leur permettent d'assumer plus ou moins correctement ce rôle de témoins fiables. Elle illustre encore l'usage mais également l'insuffisance des normes « déjà-là » (Martinais, 2010) retenues comme proxys pour contenir le danger des eaux usées traitées, ainsi que le risque d'autonomisation des chiffres, en particulier ceux permettant la mise en équivalence des barrières à l'aune de leur capacité d'abattement.

Elle montre bien enfin la difficulté à concevoir des formats à même de contenir le « pouvoir du vivant » (Bennett, 2010) propre aux eaux traitées, qui, à chacune de leurs rencontres avec des supports matériels (traitement tertiaire, bassin de stockage, réseau d'irrigation, aérosols etc.) ou du vivant (sol, plante, cours d'eau, etc.), changent de comportement, se dégradent, se recomposent pour redevenir un danger en certaines occasions. Les cadres mis au point répondent à la volonté politique de faire entrer les EUT dans un schéma d'économie circulaire. Ils visent à enrichir le portefeuille de ressources en eau existant plus qu'à encadrer une demande de la société ou des risques déjà présents. De fait, actuellement, la REUT occupe le devant de la scène en termes d'adaptation à la problématique de la pénurie, loin devant la question de la sobriété par exemple. Cependant, on voit bien que la vitalité des eaux usées traitées met à mal les compromis existants et la recherche de consensus pour leur mise en circulation, entre les tenants de la garantie du risque sanitaire, ceux qui promeuvent l'invention d'une nouvelle ressource ou encore ceux qui œuvrent pour des alternatives éloignées d'un certain technosolutionnisme. Jusqu'ici les formats évoluent au sein d'arènes confinées. En effet, les eaux usées traitées ont du mal à pénétrer la société au point d'en faire débat. Mais les efforts récents d'institutionnalisation (accélération, massification) peuvent probablement susciter de nouveaux intérêts parmi des acteurs non experts, et amener à repolitiser cette eau pour débattre des finalités de la REUT et de la hiérarchisation des risques opérée sans eux.

6.2 Peu d'effets de l'évolution réglementaire sur la conduite des projets de REUT et sur les pratiques agricoles

L'étude de deux sites expérimentaux de REUT montre que l'évolution du cadre réglementaire a eu essentiellement des effets sur le choix de la filière de traitement. Ces choix ont soit traduit les exigences de qualité pour un usage d'irrigation de la vigne, soit une anticipation de la part des entreprises (Veolia et BRL) en charge de la partie traitement qui ont garanti une eau de qualité supérieure aux normes initiales.

Dans le cas du projet Irrialt'eau, le cadre réglementaire a encadré des choix dans la conduite des protocoles expérimentaux et la filière de traitement. Au moment de son démarrage en 2009, le dispositif classificatoire des qualités d'eau n'était pas encore stabilisé. Ainsi, une étude comparative de classes d'eau B et C pour irriguer la vigne est menée. Ces études ont permis de faire évoluer le cadre réglementaire : une classe C est désormais suffisante pour un tel usage. A propos des nouvelles normes issues des directives européennes, l'entreprise Veolia en charge du site a fait le choix avant leur application, d'anticiper les mutations réglementaires en optant pour un traitement délivrant une eau conforme à ces nouvelles directives.

Concernant le site de Roquefort-des-Corbières, au moment de la demande d'autorisation en 2013, la qualité C pour l'irrigation de la vigne est déjà acceptée. L'étude de ce site montre le rôle des services instructeurs dans la mise en application des normes réglementaires et des choix de traitement. On le voit à travers les échanges relatés par le maître d'œuvre du projet (BRL) qui s'est vu refuser l'option d'un bassin de stockage comme traitement tertiaire. Celui-ci n'a pas été validé par les services d'Etat, ce qui a conduit le maître d'œuvre à tester deux autres filières de traitement (UV et chloration) pour finalement en adopter une. Concernant le renouveau réglementaire suite aux décisions de l'Europe, le maître d'œuvre l'interprète comme positif car le traitement UV adopté présente des seuils limites pour l'indicateur SBAS (ce qui a limité l'adoption du bassin de stockage à l'époque). Pour lui, la réglementation européenne est

surtout problématique pour les projets qui exigent une eau de qualité A, pour laquelle le seuil de certains indicateurs (*E.Coli* en particulier) a été abaissé.

L'étude des sites « anciens » de REUT montre que jusqu'à la nouvelle réglementation européenne de 2023, la réglementation sur la REUT et son évolution n'ont pas perturbé le fonctionnement des périmètres irrigués. Quand des adaptations de traitement ont été opérées, notamment sur les systèmes les plus anciens dans les îles, elles l'ont été à l'initiative des gestionnaires des STEP. Il s'agissait avant tout d'améliorer l'efficacité du traitement des eaux rejetées dans des milieux vulnérables, dans la logique de ce qui a motivé en premier lieu ces installations anciennes : les restrictions sur les rejets dans des zones fragiles

Il est à noter que notre étude montre que le modèle économique est déterminant dans la trajectoire des sites de REUT. Tous dépendent en majorité de subventions publiques assurant les coûts d'investissement. Sur le temps moyen et long, les conditionnalités d'obtention de ces aides ont un impact non négligeable sur la conduite du projet et les choix sociotechniques. Par exemple, sur le site de Irrialt'eau, pour répondre aux besoins d'innovation auxquels la pratique de REUT ne répond plus dans les années 2010, il a été décidé de coupler la pratique de REUT à des outils de pilotage de l'irrigation « intelligents » considérés par le bailleur comme « innovants » afin d'assurer la pérennité du site. Dans le cas où le changement réglementaire engendre de nouveaux coûts, les porteurs de projet expriment connaître sans cela des difficultés pour absorber des coûts d'exploitation et de maintenance. La trajectoire du projet La Flotte l'illustre : il repose sur un système de traitement tertiaire aux UV pour une eau de qualité A requise pour du maraîchage. Dès la conception du projet, en 2010, le maire avait fait le choix politique d'installer des maraîchers sur les friches du village grâce à ces eaux usées. Il a assumé le choix d'une technologie coûteuse en faisant porter l'investissement par la commune, à hauteur de 53 %, et en prenant en charge une partie significative des coûts de fonctionnement annuels. Mais 10 ans après, la commune doit encore assumer ces charges récurrentes, d'autant que les charges de renouvellement du système UV sont significatives et que les maraîchers contestent à payer une eau trois fois plus chère que dans les ASA conventionnelles (75 c €/m³ contre 15 à 25 c €/m³), sans que ce prix ne couvre le coût complet. Ces difficultés ont été exprimées sur plusieurs autres sites. Des élus de certaines collectivités affirment continuer « quoiqu'il en coûte » d'assumer un projet politique fort, celui du soutien à l'agriculture locale (comme c'est le cas à Noirmoutier). Mais cette ambition politique est liée aux personnalités qui la portent, alors que les coûts de ces installations complexes sont durablement plus élevés que le prix payé par les irrigants. Le devenir de ces projets est donc particulièrement vulnérable aux résultats des élections locales.

Or, l'arrêt des projets n'est pas évident car arrêter l'usage des eaux usées traitées n'est pas une garantie de retrouver un équilibre budgétaire. Comme l'ont exprimé certains de nos interlocuteurs, la réglementation des rejets en milieu sensible (ce qui concerne tout particulièrement les projets « anciens ») exige aussi l'installation de procédés de traitement performants. La mise aux normes récente de la DERU va potentiellement exacerber ces difficultés de financement des rejets des stations d'épuration.

Concernant les relations entre porteurs de projet et services d'Etat, nous n'avons pas enquêté auprès des services de l'État concernés par les projets anciens. Mais nos interlocuteurs, porteurs de projet, ont témoigné d'un accompagnement bienveillant dans la mise en conformité lors d'un transfert de compétences (Mauges) ou en anticipation des changements réglementaires à venir (Noirmoutier). On peut faire l'hypothèse que cette posture est justifiée par la motivation initiale de la pratique de REUT qui était de réduire fortement les rejets problématiques dans des zones vulnérables (Mauges) ou avec des enjeux forts sur la qualité des eaux de baignades et la conchyliculture (îles).

En termes d'effets sur les pratiques, les eaux agricoles ont « profité » des améliorations techniques apportées par la pratique de REUT, dans la suite logique de l'effet d'aubaine de la création de réseaux pour les agriculteurs. Dans les cas étudiés et observés, la modernisation des traitements a été sans conséquence sur les agriculteurs, que ce soit en termes de coût²¹ ou de pratiques. En termes de gestion, du point de pompage à la station d'irrigation, l'eau est gérée comme dans une ASA « conventionnelle » au point parfois d'accepter que des périurbains l'utilisent s'ils viennent à s'installer sur le périmètre syndical alors même que la réglementation n'encadre pas des usages domestiques. Ce qui différencie les systèmes de REUT du point de vue agricole, ce sont avant tout les questions quantitatives. Il y a systématiquement obligation de partager une ressource limitée en débit et en volume par nature (bassin de stockage des eaux hivernales, surface irriguée ou nombre de bénéficiaires limités, tours d'eau en période de pointe), mais, en contrepartie, les agriculteurs ne sont pas soumis à des restrictions d'irriguer en période de sécheresse.

Dans la majorité des cas, les agriculteurs délèguent entièrement la gestion des risques au gestionnaire, ce qui peut expliquer que cela ne modifie pas leurs pratiques d'irrigation. Ce constat rappelle celui fait par Carr, Potter et al. (2011) et Keraita, Drachsel et al. (2010) dans leur revue de littérature sur les perceptions des risques sanitaires par les agriculteurs des EUT.

L'étude montre qu'en termes de rendement, celui-ci est plus corrélé à un nouvel accès à l'eau ou à une augmentation de la fréquentation d'irrigation qu'à la présence des nutriments contenus dans les eaux traitées. En termes d'impacts sur le matériel en goutte-à-goutte, les travaux menés suite aux campagnes d'irrigation à Roquefort-des-Corbières sur l'encrassement des goutteurs montrent que l'efficacité d'irrigation n'est pas impactée par le risque de colmatage grâce aux choix du dispositif d'irrigation et du protocole de nettoyage par chloration appliqué.

En conclusion, on peut dire que les cadres réglementaires ont eu pour effet direct de contraindre la filière de traitement pour mettre en conformité l'eau utilisée selon le dispositif classificatoire en vigueur au moment de l'installation des projets. Concernant les projets de REUT les plus anciens, l'utilisation des EUT répondait surtout à une problématique de pollution des milieux. Ce qui pose aujourd'hui question : il n'est pas évident d'arrêter un projet de REUT devenu plus réglementé dans le temps quand les rejets rejoignent des milieux sensibles car la réglementation sur ces rejets est elle aussi exigeante. Selon les dires d'acteurs recueillis dans ces travaux, les récentes mutations réglementaires liées aux directives européennes ont été soit anticipées par les concepteurs concernés qui ont fait le choix d'adopter le traitement en amont, soit continuent d'être soutenus politiquement et financièrement par un acteur politique local. L'étude sur les

²¹ Au moment de cette étude, l'irrigation des parcelles sur le site de Irrial'teau n'avait pas débuté. Pour aller plus loin sur cette question, le projet PARADE financé par le Défi Clé WOC Occitanie interroge le modèle économique du site de REUT Irrial'teau.

deux sites expérimentaux montrent que ce statut s'accompagne de subventions ou d'apports non négligeables, provenant de fonds publics (de type Europe) dans le cas de Irrialt'eau, et de l'entreprise BRL dans le cas de Roquefort-des-Corbières, qui ont permis ou permettent d'assurer la continuité des sites. Ces expériences témoignent que si le dispositif sociotechnique a été largement façonné par les normes réglementaires, sa pérennité dépend surtout d'un modèle économique fragile et précaire, que les nouveaux changements peuvent exacerber surtout dans le cas de projet de REUT nécessitant une eau de qualité A.

7 Valorisation des résultats du projet

7.1 Articles et chapitre d'ouvrage

McLennan, C., Rudi, G., Altchenko, Y., & Ait-Mouheb, N. (2024). Will the European Regulation for water reuse for agricultural irrigation foster this practice in the European Union?. *Water Reuse*, 14(2), 115-135.

Collard, AL., Barbier, R., Kurek, M. (en cours de révision, 2nd dépôt), Cohabiter avec une matérialité équivoque : le cas des eaux usées traitées, *Revue d'Anthropologie des Connaissances*

Collard, AL., Montginoul M., Ait Mouheb M., Harmand J. Les eaux usées traitées : réallouer ou laisser couler ? (Juin 2025) In Bouarfa, Montginoul, Pelte, Sauquet, (eds.), Comment partager l'eau en France ? Edition Quae

7.2 Rapports de stage

Morgane BRITES, 2021. Spécificité de l'eau usée traitée pour l'irrigation de la vigne dans le Languedoc-Roussillon. Istom. 66 p + Annexes. Encadrement Patrice Garin et Nassim Ait Mouheb.

Clara RIBO, 2021, Le projet IrriAlt'Eau : La trajectoire sociale d'un projet pilote d'irrigation de la vigne avec des eaux usées traitées. Université Jean Jaurès, Toulouse. Encadrement Anne-Laure Collard

7.3 Communications scientifiques

Collard, A. L., Garin, P., & Ait-Mouheb, N. (2023, January). Reclaimed Wastewater Reuse in Viticulture: Social and Physical Singularities of Water. In *13th IWA International Conference On Water Reclamation and Reuse*.

Anne-Laure Collard, 2022, "Ce que la "REUT" fait aux rapports que la société entretient aux eaux usées". Séminaire réseau INRAE-Reuse, 26 janvier 2022

7.4 Diffusion

L'expérience menée à Roquefort-des-Corbières a donné lieu à une fiche publiée par BRL dans <https://bonnespratiques-eau.fr/2022/01/11/reutiliser-les-eaux-usees-traitees-de-la-step-de-roquefort-des-corbieres-pour-irriguer-des-vignes/>

Synthèse de 4 pages du projet

2 fiches synthèse des stages (en annexe)

8 Bibliographie

8.1 Partie 1

- Articles de revue

D'Arcimoles, M. & Borraz, O. (2003). Réguler ou qualifier ? Le cas des boues d'épuration urbaines. *Sociologie du Travail*, 45, 45-62. <https://sciencespo.hal.science/hal-02138901>

Baechler, L. (2012). La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable. *L'Europe en Formation*, 365, 3-21. <https://doi.org/10.3917/eufor.365.0003>

Barbier, R. (2009). Le buveur d'eau et le recyclage des eaux usées. *Espaces et sociétés*, 139, 107-121. <https://doi.org/10.3917/esp.139.0107>

Bennett, J. (2010). *Vibrant matter: A political ecology of things*. Durham : Duke University Press.

Beveridge, R., Moss, T. & Naumann, M. (2017). A socio-spatial understanding of water politics: Tracing topologies of water reuse. *Water Alternatives* 10(1): 22-40. <http://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol10/v10issue1/340-a10-1-2>

Brissaud F., 1997. *Wastewater Reclamation and reuse in France*, Hydrosociences, MSE, Université Montpellier 2

Carr, G. Potter, R. Nortcliff, S. (2011), Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers. *Agricultural Water Management*.

Chantelot, E. Celette, F. Wery, J. (2004). Concurrence pour les ressources hydriques et azotées entre vigne et enherbement en milieu méditerranéen. 19èmes Conférence du COLUMA. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, 8-10 décembre 2004

Condom, N., Molle, B., Tomas, S., Olivier, Y., Audouard, M. & Granier, J. (2013). La réutilisation maîtrisée des eaux usées : approfondir les connaissances pour lever les freins et relever les défis. *Sciences Eaux & Territoires*, 11, 54-57. <https://doi.org/10.3917/set.011.0054>

Godet, J.L., Brissaud, F. (1991). Utilisation des eaux usées épurées en irrigation de nouvelles recommandations nationales. *Courants*, n° 9, 01/06/1991

Faby J.A., Brissaud F., (1997). La réutilisation des eaux usées épurées dans les schémas directeurs d'assainissement et dans certains cas, pour économiser l'eau, *Environnement & technique*, n. 168 p. 35-39.

Frioux S., (2013). *Les batailles de l'hygiène : villes et environnement de Pasteur aux Trente Glorieuses*, Paris, Presses Universitaires de France, 387 p.

Joly, P.B (2012). La fabrique de l'expertise scientifique : contribution des STS. *Hermès, La Revue*, 64, 22-28. <https://doi.org/10.4267/2042/48377>

Joly, P.B (2015). Le régime des promesses technoscientifique. *Sciences et technologies émergentes: pourquoi tant de promesses?*, Hermann, Editeurs des Sciences et des Arts

Keraita, B. Drachsel, P. Seidu, R. Amerasinghe, P. Olufunke, C.O. Konradsen, F. (2010). Harnessing farmers' knowledge and perceptions for health-risk reduction in wastewater irrigated agriculture. In: Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., Bahri, A. (Eds.), *Wastewater Irrigation and Health. Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries*. Earthscan/IWMI/IDRC, Ottawa, Canada, pp. 337–354.

Lazarova V., Cirelli G., Jeffrey P., Salgot M., Icekson N., Brissaud F., 2000. Enhancement of integrated water management and water reuse in Europe and the Middle East, *Water Science and Technology*, vol. 42 n. 1-2 p.193-202.

Lazarova V, Brissaud F. (2007). Intérêts, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. *Eau, industrie, nuisances*, n°299, 43-53.

Martinais, E. (2010). L'écriture des règlements par les fonctionnaires du ministère de l'Écologie: La fabrique administrative du Plan de prévention des risques technologiques. *Politix*, 90, 193-223. <https://doi.org/10.3917/pox.090.0193>

- Livres et ouvrages collectifs

Boudia, S. & Jas, N. (2019). *Gouverner un monde toxique*. Quae, Série « Sciences en questions »

Bouleau, G. & Guérin-Schneider, L. (2011). *Des tuyaux et des hommes : Les réseaux d'eau en France*. Éditions Quae. <https://doi.org/10.3917/quae.boule.2012.01>

Callon, M., Lascoumes, P., Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Le Seuil

Briand, C., Bressy, A., Ghassan, C., Deroubaix, J.-F., Deshayes, S., et al. (2018). *Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines ?* ARCEAU Ile-de-France ; AFB - Agence française pour la biodiversité. ISBN : 978-2-490463-00-8.

Fressoz, J.-B. (2012). *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*. Collection L'Univers historique, Le Seuil

Frioux, S. (2013). *Les batailles de l'hygiène : Villes et environnement de Pasteur aux Trente Glorieuses*. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.friou.2013.01>

Goffman, E. (1974). *Frame Analysis: An Essay on the Organization of the Experience*. Harper Colophon

Henry, E., Gilbert, C., Jouzel, J. & Marichalar, P. (2015). *Dictionnaire critique de l'expertise : Santé, travail, environnement*. Presses de Sciences Po. <https://doi.org/10.3917/scpo.henry.2015.01>

Jasanoff, S. (1990). *The fifth branch. Science advisers as policymakers*. Harvard University Press

Lascoumes, P. (1996). *Rendre gouvernable : de la "traduction au "transcodage". L'analyse des processus de changement dans les réseaux d'action publique*. La Gouvernabilité, CURAPP. Presses universitaires de France

Pestré, D. (2014). *Le gouvernement des technosciences : Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*. La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.pest.2014.01>

Vogel, S. (2012). *Is it Safe? BPA and the Struggle to Define the Safety of Chemicals*. University of California Press

- Thèses et mémoires

Carré, E. (2017). *Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation*. Thèse. Université de Lyon. <https://www.theses.fr/2017LYSEM018>

Lesterle, S. (2006). *Analyse bibliographique et critique en vue d'évaluer les DALY (Disability Adjusted Life Years) pour Cryptosporidium et Hépatite E et application à l'eau de distribution*. Mémoire. Ecole Nationale de la Santé Publique (ENSP). <https://documentation.ehesp.fr/memoires/2006/igs/lesterle.pdf>

- Rapports

Afnor. (2000). *Système de management de la qualité - indicateurs et tableaux de bord*. FD X50-171

Afssa (2008). *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à un projet d'arrêté fixant les prescriptions techniques, les modalités de mise en œuvre et de surveillance applicables à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires des collectivités territoriales pour l'arrosage ou l'irrigation de cultures ou d'espaces verts*. Saisine n° « 2001-SA-0075 »

Afssa (2010). *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des risques sur les effluents issus des établissements de transformation de sous-produits animaux de catégories 1,2 ou 3 à des fins de réutilisation pour l'irrigation des cultures destinées à la consommation humaine*. Saisine n° « 2009-SA-0288 »

Agence Française de Développement. BRL Ingénierie (2011). *La réutilisation d'eaux usées traitées : perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action*

Anses (2012). *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries*. Saisine n° « 2009-SA-0329 »

Anses (2012). *Note de cadrage sur la méthodologie de l'expertise collective à l'Anses*

Anses (2018). *Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail portant sur le projet de règlement relatif à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole adopté par la Commission européenne le 28 mai 2018*. Saisine n° « 2018-SA-0198 »

Anses (2020). *Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative au projet de décret relatif à l'utilisation des eaux de pluie et à la mise en œuvre d'une expérimentation pour encadrer l'utilisation des eaux usées traitées*. Saisine n° « 2020-SA-0125 »

Anses (2023). *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées [issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines] pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts*. Saisine n° « 2022-SA-0238 »

Association française des professionnels de l'eau et des déchets (2023). *Favoriser le recours aux eaux non conventionnelles : analyse des freins et leviers et recommandations du Groupe de travail de l'Astee*

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (2020). *Réutilisation des eaux usées traitées : Le panorama français*

Commission européenne, Joint Research Centre, Gawlik, B., Alcalde-Sanz, L. (2017). *Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge : towards a water reuse regulatory instrument at EU level*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/887727>

Conseil supérieur d'hygiène publique de France (1991). *Recommandations sanitaires concernant l'utilisation, après épuration, des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts*

Gouvernement français, France Nation Verte (2023). *53 mesures pour l'eau : plan d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau*

Haut Conseil de la santé publique (2022). *Avis relatif aux impacts sanitaires des politiques de substitution des eaux destinées à la consommation humaine dans les usages domestiques par des eaux « non conventionnelles »*

Institut national de l'économie circulaire (2018). *L'économie circulaire dans le petit cycle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées*

Ministère de l'écologie et du développement durable, Conseil des ministres du 26 octobre 2005 (2005). Plan de gestion de la rareté de l'eau. <https://www.vie-publique.fr/discours/159352-conseil-des-ministres-du-26-octobre-2005-le-plan-de-gestion-de-la-raret>

Ministère de la transition écologique et solidaire (2019). *Assises de l'eau : un nouveau pacte pour faire face au changement climatique*. Dossier de presse

Ministère de la transition écologique, Service des données et études statistiques en partenariat avec l'Office français de la biodiversité (2020). *Eau et milieux aquatiques : les chiffres clés*

Ministère de la transition écologique, Service des données et études statistiques (2022). *Bilan environnemental de la France : édition 2021*

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, Direction Eau et Biodiversité (2023). *Consultation du 07/06/2023 au 28/06/2023 sur le projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures et le projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage d'espaces verts*. <https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/projet-d-arrete-relatif-aux-conditions-de-a2861.html>

Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Boutin C., Héduit A. & Helmer J.-M. (2009). *Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées*. Convention de partenariat ONEMA - Cemagref de 2008

World Health Organization (1989). *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Report of a Scientific Group, Technical Report Series 778

World Health Organization (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture

- Réglementation et textes d'application

Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif 12

janvier 2001 à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.
https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000006870433/2020-09-11

Arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000019386409>

Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts, modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 et l'instruction interministérielle du 26 avril 2016.
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2010/8/2/SASP1013629A/jo/texte>

Arrêté du 25 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2014/6/25/AFSP1410752A/jo/texte>

Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 modifié par l'arrêté du 31 juillet 2020. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/7/21/DEVL1429608A/jo/texte>

Arrêté du 28 juillet 2022 relatif au dossier de demande d'autorisation d'utilisation des eaux usées traitées. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2022/7/28/TREL2126745A/jo/texte>

Arrêté du 30 juin 2023 relatif aux mesures de restriction, en période de sécheresse, portant sur le prélèvement d'eau et la consommation d'eau des installations classées pour la protection de l'environnement. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047784127>

Circulaire DGS/SD1.D./91 n°51 du 22 Juillet 1991 relative à l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts

Circulaire DGS/SD1.D./92 n°42 du 3 août 1992 : recommandations complémentaires concernant l'utilisation après épuration, des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts

Décret n°94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1-1 et L. 372-3 du code des communes.
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/1994/6/3/ENVE9420024D/jo/texte>

Décret n° 2021-807 du 24 juin 2021 relatif à la promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau, en application de l'article L. 211-1 du code de l'environnement.
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2021/6/24/TREL2035765D/jo/texte>

Décret n° 2022-336 du 10 mars 2022 relatif aux usages et aux conditions de réutilisation des eaux usées traitées. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2022/3/10/TREL2126743D/jo/texte>

Décret n° 2023-835 du 29 août 2023 relatif aux usages et aux conditions d'utilisation des eaux de pluie et des eaux usées traitées. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2023/8/29/TREL2313856D/jo/texte>

Directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>

Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
<http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>

Instruction interministérielle N° DGS/EA4/DEB/DGPE/2016/135 du 26 avril 2016 relative à la réutilisation des eaux usées traitées. <https://www.legifrance.gouv.fr/circulaire/id/40878>

Lignes directrices 2022/C 298/01 de la Commission européenne visant à soutenir l'application du règlement (UE) relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022XC0805\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022XC0805(01))

Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006068236>

Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/1992/1/3/ENVX9100061L/jo/texte>

Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2020/2/10/TREP1902395L/jo/texte>

Projet d'arrêté fixant du point de vue sanitaire les prescriptions techniques, les modalités de mise en œuvre et de surveillance applicables à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires des collectivités territoriales pour l'arrosage et l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. (2001). Document de travail.

Projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures. (2023). Document de travail. Soumis à la consultation publique par la Direction eau et biodiversité du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/projet_arrete_interministeriel_reut_irrigation_pour_consultation_public.pdf

Projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage d'espaces verts. (2023). Document de travail. Soumis à la consultation publique par la Direction eau et biodiversité du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/projet_arrete_interministeriel_reut_espaces_verts_pour_consultation_public.pdf

Projet de décret codifiant les dispositions relatives aux usages et aux conditions de réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de pluie et modifiant l'article R. 211-23 du code de l'environnement. Document de travail. Soumis à la consultation publique par la Direction eau et biodiversité du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/decret_reut2_version_legistique_codifiee_v2.3_pour_consultation_public-2.pdf

Règlement (UE) 2020/741 du Parlement européen et du Conseil du 25 mai 2020 relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau. <http://data.europa.eu/eli/reg/2020/741/oj>

8.2 Partie 3 et 4

Carr, G., et al. (2011). "Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers." *Agricultural Water Management* **98**(5): 847-854.

- Carré, E. (2017). *Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation*. Thèse de doctorat. Université de Lyon.
- Keraita, B., et al. (2010). Harnessing farmers' knowledge and perceptions for health-risk reduction in wastewater- irrigated agriculture. *Wastewater Irrigation and Health. Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries*. P. Drechsel, Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., Bahri, A. (Eds.). Ottawa, Canada, Earthscan/IWMI/IDRC : 337–354.
- Le Nouveau, N. (2017). Fiche n° 6 : Réutiliser les eaux usées traitées en agriculture : cas de Château-Renault. Collection "Expérience et pratiques" du Cerema. C. T. e. ville. Lyon, Cerema : 12 p.
- Scotti, A., et al. (2023). L'irrigation en France. Etat des lieux 2020 et Évolution. R. f. -C. PTGE, INRAE
- Tiercelin J-R. *Traité de l'irrigation*. Tec & Doc Lavoisier, 1998. 1011 pages.

9 ANNEXES

9.1 Annexe Partie 1

<i>Rapports techniques généraux</i>	<i>Recommandations et expertises</i>
Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Boutin C., Héduit A. & Helmer J.-M. (2009). Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées. Convention de partenariat ONEMA - Cemagref 2008	OMS (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Report of a Scientific Group, Technical Report Series 778
Agence Française de Développement (2011). La réutilisation d'eaux usées traitées : perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action	CSHPF (1991). Recommandations sanitaires concernant l'utilisation, après épuration, des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts
Institut national de l'économie circulaire (2018). L'économie circulaire dans le petit cycle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées	OMS (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Volume 2: Wastewater Use in Agriculture
Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (2020). Réutilisation des eaux usées traitées : Le panorama français	Afssa (2008). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à un projet d'arrêté fixant les prescriptions techniques, les modalités de mise en œuvre et de surveillance applicables à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires des collectivités territoriales pour l'arrosage ou l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. Saisine n° « 2001-SA-0075 ».
European Commission, Joint Research Centre , Gawlik, B., Alcalde-Sanz, L. (2017). Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge : towards a water reuse regulatory instrument at EU level, Publications Office.	Afssa (2010). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des risques sur les effluents issus des établissements de transformation de sous-produits animaux de catégories 1,2 ou 3 à des fins de réutilisation pour l'irrigation des cultures destinées à la consommation humaine. Saisine n° « 2009-SA-0288 »
	Anses (2012). Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries. Saisine n° « 2009-SA-0329 »
	Anses (2018). Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail portant sur le projet de règlement relatif à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole adopté par la Commission européenne le 28 mai 2018. Saisine n° « 2018-SA-0198 »

	Anses (2020). <i>Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative au projet de décret relatif à l'utilisation des eaux de pluie et à la mise en œuvre d'une expérimentation pour encadrer l'utilisation des eaux usées traitées</i> . Saisine n° « 2020-SA-0125 »
	Anses (2023). <i>Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au projet d'arrêté relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées [issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines] pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts</i> . Saisine n° « 2022-SA-0238 »

Annexe tableau 1. Littérature grise mobilisée pour l'analyse bibliographique de la réglementation de l'eau usée traitée

Numéro d'entretien	Structure professionnelle de la personne enquêtée	Profil ou discipline de la personne enquêtée
E1	Laboratoire de recherche	Chercheur(e) en génie des procédés
E2		Chercheur(e) en microbiologie
E3		Chercheur(e) en génie des procédés
E4		Ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés
E5		Ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en génie des procédés
E6		Chercheur(e) en génie des procédés
E7		Chercheur(e) en génie des procédés
E8		Chercheur(e) en microbiologie et génie des procédés
E9		Chercheur(e) en hydrogéologie
E10		Ingénieur(e) agronome et chercheur(e) en chimie organique
E11		Chercheur(e) en génie des procédés
E12	Ministère en charge de l'environnement (MTECT)	Chargé(e) de mission ; juriste
E13	Ministère en charge de la santé (MASA)	Chargé(e) de mission

Annexe tableau 2. Echantillon d'acteurs

<i>Thèmes généraux</i>	<i>Sous-thèmes</i>
Présentation biographique	Discipline scientifique
	Thématiques de recherche
Activité de recherche en lien avec l'eau usée traitée	Caractéristiques de l'activité (principale/ponctuelle ; projet de recherche, expérimentations, rédaction de rapport technique...)
	Problématique de recherche interrogée sur l'eau usée traitée
Avis expert sur la réglementation de l'eau usée traitée (indicateurs, valeurs-seuils, unités de mesure, contraintes d'usage)	Pertinence des paramètres de la réglementation au regard du domaine d'expertise
	Mise en relation de l'évolution des paramètres avec l'état des connaissances et des techniques de la discipline
	Appréciation de la protection sanitaire et environnementale permise par la réglementation
Connaissance de la fabrique réglementaire	Connaissance des textes composant le corpus réglementaire
	Regard rétrospectif sur la construction de la réglementation (acteurs, moteurs, freins, obstacles, leviers)
	Lien de l'enquêté(e) aux sphères de production de la réglementation (ministères, agences sanitaires) : groupe de travail, audition, discussions informelles...

Annexe tableau 3. Guide d'entretien auprès des chercheur(e)s

<i>Thèmes généraux</i>	<i>Sous-thèmes</i>
Présentation biographique	Formation initiale
	Expérience professionnelle antérieure
	Caractéristiques du poste occupé (échelon bureaucratique, date d'arrivée, missions générales)
Missions relatives à la mise en règlement de l'eau usée traitée	Textes réglementaires concernés

	Objectifs de la mise en règlement (contexte politique et juridique)
	Rôle dans la rédaction et compétences mobilisées
Organisation de la mise en règlement	Pilotage (initiative, type de structuration)
	Coordination avec les autres Ministères (partage des tâches, points d'attention, type de relation)
	Organisation au sein du Ministère (partage des tâches, points d'attention, type de relation)
Processus de rédaction juridique	Séquencement de la mise en règlement (étapes de rédaction, modifications, validation...)
	Points de discussion majeurs (choix rédactionnels et arbitrages à réaliser)
Mobilisation des savoirs scientifiques et techniques	Types d'expertises intégrées (professionnels de la filière, recherche publique, agences sanitaires...)
	Canaux de circulation privilégiés (type de canaux et sens de circulation : sollicitation, réaction...)

Annexe tableau 4. Guide d'entretien adressé aux rédacteur(rice)s de la réglementation

9.2 Annexe : 2 fiches de synthèse des travaux d'étudiants

Réglementer les eaux usées traitées : pratiques et connaissances (REGUL'Eaux)
(2021-2025 - AERMC/INRAE)

La trajectoire sociale d'un démonstrateur de réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de la vigne. *Le projet IrriAlt'Eau dans l'Aude*

Fiche synthétique des résultats du stage Master 2 Anthropologie – Clara RIBO

Encadrement : Anne-Laure Collard - UMR GEAU, INRAE

Contexte et problématique : En 2013, le premier démonstrateur pilote de réutilisation d'eaux usées traitées en France, IrriAlt'Eau, est installé sur le site expérimental de l'Unité Pech Rouge INRA. En 2019, son « déploiement progressif » est planifié auprès de viticulteurs de Gruissan (Aude). Or cette phase d'ouverture à la société interroge et préoccupe ceux en charge de pérenniser le démonstrateur : les viticulteurs ciblés comme usagers finaux vont-ils utiliser l'eau traitée et se saisir du projet ? Cette préoccupation a été le point de départ de la réflexion de ce stage. A quel projet et pratique, il est attendu que les viticulteurs adhèrent ? L'hypothèse est que les rôles du démonstrateur IrriAlt'eau ont varié dans le temps (Rosental, 2009).



Figure 1. A gauche. Panneau informatif à l'entrée du démonstrateur. A droite. Une borne d'irrigation connectée

Méthode : Le stage retrace la vie sociale du démonstrateur IrriAlt'eau (2000-2019) pour identifier l'évolution des arguments le justifiant, leurs effets sur le dispositif technique (choix du traitement, design du réseau d'irrigation) et des interventions des acteurs concernés. Le matériau empirique se base sur la littérature grise et des entretiens qualitatifs avec les partenaires du projet : Agglomération du Grand Narbonne, Veolia, chercheurs, techniciens et ingénieurs de recherche, viticulteurs, coordinateur d'ASA, élu.

Résultats : Cette étude montre l'évolution des rôles donnés au démonstrateur de REUT, d'un outil de démonstration de la preuve, à un dispositif hybride de persuasion ouvert au public à des fins de promotion et de diffusion. Tout au long de ce processus, les viticulteurs sont « oubliés » et conviés à rejoindre le projet au moment où le rôle opérationnel donné au démonstrateur ne peut se concrétiser sans eux.

L'élaboration du site démonstrateur débute dans les années 2000. Il traduit des intérêts partagés par l'INRA, un élu, la Région et la cave coopérative autour de la question de la pénurie d'eau et de la pérennisation du secteur viticole de Gruissan. Le démonstrateur devient opérationnel en 2013. Il doit apporter la preuve de l'innocuité des eaux traitées conformément à une qualité C (réglementation 2010). Un protocole expérimental atteste du faible taux de contaminants des eaux vers la plante et le sol. Le démonstrateur atteste de la faisabilité technique de mettre à disposition une eau sans risque. La faisabilité sociale est elle aussi garantie dans une étude d'acceptabilité. Une période d'observation s'ouvre ensuite (2016-2018) au cours de laquelle le rôle du démonstrateur est étendu pour devenir un support de démonstration de l'utilité de « la REUT » comme une réponse aux enjeux du changement climatique. L'acteur industriel s'appuie sur les premiers résultats issus de son partenariat avec la recherche pour la promouvoir (ouverture du site au public, communication, etc.), et persuader ailleurs de l'utilité de ces eaux. Les partenaires académiques sont quant à eux peu satisfaits, parfois contraints dans la production de leurs connaissances. En 2019, ce qui fait innovation doit être repensé pour capter des subventions publiques. La REUT ne suffit plus. Le démonstrateur devient alors un support de déploiement d'un système innovant de pilotage automatique et connecté de l'irrigation. Les subventions obtenues, il est attendu des viticulteurs - non irrigants pour la plupart et souvent vieillissant - de se mobiliser pour utiliser l'eau et la piloter à distance. Les viticulteurs sont alors conviés à s'investir dans un projet élaboré et pensé sans eux.

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

Fiche synthétique des résultats du stage d'ingénieur Agronome (Istom) réalisé par Morgane BRITES
Encadrement : Nassim AIT MOUHEB et Patrice GARIN - UMR GEAU, INRAE

Contexte et problématique : La Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) est l'une des voies pour développer l'irrigation des cultures en zone de tension sur la ressource, notamment l'arrosage de la vigne sur l'arc méditerranéen. Des projets émergent dans l'ex-Languedoc-Roussillon, où la multiplication des sécheresses intenses affecte le vignoble, dans des territoires parfois sans autre ressource en eau. En quoi cette eau se différencie-t-elle des ressources plus conventionnelles pour les agriculteurs et les gestionnaires des réseaux ? Génère-t-elle des pratiques d'irrigations particulières ? Pose-t-elle des questions spécifiques de gestion des réseaux ? Les agriculteurs ont-ils des réserves à l'usage de ces eaux liées à leur qualité sanitaire, notamment en période de covid ? En quoi les évolutions réglementaires en cours perturbent les réseaux en place ?



Figure 1. Périmètre irrigué avec des eaux usées traitées à Roquefort-les-Corbières (Aude)

Méthode : Ce travail repose sur la réalisation d'enquêtes sur deux projets pilote, situés à Roquefort-des-Corbières et à Marseillan. Des irrigants, des concepteurs et des gestionnaires des réseaux, des services de l'État instruisant les projets ont été interrogés. Il s'agissait de retracer la genèse de ces réseaux, les contraintes pour le partage de l'eau et les pratiques d'irrigation liées à la faible disponibilité de la ressource, l'incidence de cette irrigation sur les autres pratiques agricoles (fertilisation, enherbement) voire les rendements, les incertitudes sur le partage des coûts de l'eau.

Résultats : La réglementation induit une gestion hors de portée des agriculteurs (surveillance de la qualité des eaux, gestion des systèmes de traitement). En effet, les eaux usées traitées sont la seule eau régie par des réglementations sur sa qualité. Cela implique des contraintes techniques, avec l'ajout de dispositifs de traitement et de surveillance de la qualité des eaux. Les connaissances vis-à-vis de ces systèmes de traitement, des analyses de la qualité des eaux, des réglementations à suivre sont éloignées des pratiques des agriculteurs, contribuant à une dépendance vis-à-vis du « traiteur d'eau » et des incertitudes sur la fiabilité du service. Les agriculteurs doivent avoir recours à une ingénierie particulière, non liée au monde agricole, engendrant des coûts supplémentaires. En outre, les débits et volumes sont très limités en sortie des STEP rurales et doivent être partagés avec les milieux. Cela exacerbe les enjeux d'équité entre les rares bénéficiaires de l'eau et ceux qui en sont exclus, et entre les usagers. La coordination sur l'irrigation est plus complexe qu'avec un réseau conventionnel : choix collectif sur le matériel d'irrigation, homogénéisation des pratiques d'irrigation et tours d'eau imposés par les contraintes hydrauliques.

Par contre, aucune spécificité des pratiques culturales liée à la qualité des eaux usées traitées n'a été identifiée. A Roquefort-des-Corbières, bien qu'il reste une petite partie d'éléments nutritifs dans les eaux, la notion de fertigation n'a pas été retenue par les viticulteurs. Le travail du sol ainsi que les traitements phytosanitaires n'ont pas été modifiés avec l'arrivée de l'irrigation par ces eaux. Les agriculteurs considèrent les eaux usées traitées comme une eau banale une fois qu'elle est arrivée dans leur parcelle. Les motifs sanitaires, y compris la crise COVID n'ont jamais été évoqués dans les entretiens comme un risque particulier. Pour le moment, les agriculteurs n'ont pas noté de colmatage sur les dispositifs d'irrigation. Sur les rendements, leurs évaluations sont variables, de non perceptibles à accroissement significatif, selon l'année et le cépage. La plupart d'entre eux regrettent des apports trop restreints et étalés sur la campagne, faute de ressource. Ils aimeraient pouvoir reproduire les 30 mm d'une pluie de printemps, pour une bonne fructification, puis l'équivalent d'un orage pour remplir les baies à la maturation.

10 Tables

10.1 Table des figures

Figure 1. Schématisation d'une filière de traitement pour une pratique de REUT.....	23
Figure 2 : principe général de catégorisation réglementaire de l'eau usée traitée	27
Figure 3 : Exemple de catégorisation sur les qualités A et B d'après la réglementation française de 2010.....	28
Figure 4 : typologie des scénarios d'utilisation de l'eau usée traitée en agriculture, classées selon le mode d'irrigation (OMS, 2006)	37
Figure 5 : scénarios permettant d'atteindre l'objectif de DALY par combinaison de barrières (OMS, 2006).....	37
Figure 6 : textes réglementaires spécifiques à la REUT et expertises produites par les agences sanitaires	48
Figure 7 : contribution de la réglementation sur les boues et sur les rejets pour la réglementation de l'eau usée traitée.....	60
Figure 8. Pilote de Roquefort et répartition des secteurs en 2022.....	97
Figure 9 Schéma du dispositif de cheminement de l'eau au sein du projet de REUT de Roquefort-des-Corbières (Source: le Moniteur, repris dans le rapport Brites, 2021	98
Figure 10. Plateforme de Murviel-lès-Montpellier.	99
Figure 11. Bilan de la campagne d'irrigation pour l'ensemble des modalités sur les 2 périmètres....	100
Figure 12 Trajectoire du site de Roquefort-des-Corbières de 2012 à 2023 (Source : Brites, 2021) ...	111
Figure 13. Caractéristiques pédologiques de la zone irriguée dans le projet de Roquefort-des-Corbières (BRL, 2017)	114
Figure 14. Pluviométrie sur Roquefort-des-Corbières de 2011 à 2021 (données IFV)	115
Figure 15. Regroupement des parcelles en îlot d'irrigation au sein du projet pilote de REUT de Roquefort-des-Corbières.....	116
Figure 16. Répartition des rôles des différentes parties prenantes dans le projet IrriAlt'eau en décembre 2013 (conception : C. Ribo)	122
Figure 17. Schéma illustrant les modalités de l'expérimentation et la place des acteurs lors de la phase « Observatoire » du projet IrriAlt'Eau (2016-2018).....	126
Figure 18. Schéma du procédé de traitement tertiaire développé dans le cadre d'IrriAlt'Eau.	127
Figure 19. Pluviométrie sur Roquefort-des-Corbières de 2011 à 2021 (données IFV)	139
Figure 20. Photo du goutteur prélevé à la fin de la gaine 4 à Murviel-lès-Montpellier	140
Figure 21. Photo d'un goutteur prélevé secteur D, rangée 4 en bout de ligne	140

10.2 Tables des tableaux

Tableau 1 : profil professionnel des personnes enquêtées	18
Tableau 2 : usages autorisés en 2001 en fonction de la qualité d'eau usée traitée (projet d'arrêté français).....	19
Tableau 3 : usages autorisés en 2010 en fonction de la qualité d'eau usée traitée (arrêté français) ..	20
Tableau 4 : usages agricoles autorisés en 2020 en fonction de la qualité d'eau usée traitée (règlement européen).....	20
Tableau 5 : principales contaminations susceptibles d'être transmises par l'eau usée traitée.....	22
Tableau 6 : objectif indicateur des paramètres de qualité d'eau usée traitée	26
Tableau 7 : évolution des catégories d'eau usée traitée en fonction des réglementations	54

Tableau 8 : récapitulatif des contributions sur les projets de textes relatifs à la REUT en 2023	88
Tableau 9. : Caractéristique des sites pris en compte dans l'analyse des pratiques d'irrigation avec des EUT et personnes interrogées sur ces sites.....	105
Tableau 10. Éléments clés des usages agricoles et des pratiques d'irrigation avec des EUT	106
Tableau 11. : Éléments économiques rassemblés sur les cas de REUT de l'échantillon.....	107
Tableau 12 Les paramètres physico-chimiques suivis dans l'eau usée traitée et les méthodes d'analyse.....	109
Tableau 13 Résultats des analyses des eaux usées traitées à Roquefort-des-Corbières pour l'indicateur Escherichia Coli en sortie de STEP, sortie de bassin de stockage, sortie filtre et sortie UV. Analyses réalisées avec la méthode IDEXX	119

10.3 Tables des encadrés

Encadré 1. Utilisation de la QMRA	36
Encadré 2. Codes relatifs à l'eau usée et à son assainissement.....	81
Encadré 3. Structuration de l'expertise sur l'eau usée traitée au sein de l'Anses	92

