

Rapport de stage de MASTER 1

EAU-RESSOURCE 2015

Etat des lieux des projets de réutilisation des eaux usées traitées existants à la Réunion et définition de ratios technico- économiques de faisabilité d'un projet de REUSE

Réalisé par : Elisa ELOFER

Maître de stage : CIMBARO Yohann, chef du service de lutte contre les pressions polluantes de l'Office de l'eau Réunion

Tutrice : Valerie BORRELL de l'Université de Montpellier

Juillet 2015



Liste des sigles et glossaire

AC : Assainissement Collectif

AEP : Alimentation en Eau Potable

ARS : Agence Régionale de Santé

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CIRE : Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène en 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DEAL : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DRASS : Directions Régionales des Affaires Sanitaires et Sociales

DSP : Délégation de Service Public

eH : Equivalent Habitant

ETM : Elément Trace Métalliques

EU : Eaux Usées

EUT : Eaux Usées Traitées

FEDER : Fonds Européens de Développement Régional

ha : Hectare

MES : Matière En Suspension

Ngl : Azote Global

ORS : Observatoire Régional de Santé

Pt : Phosphore total

REUSE : Réutilisation des eaux usées

SAPHIR : Société d'aménagement de périmètres hydro-agricoles de l'Ile de La Réunion

SAU : Surface agricole utile

STEP : Station d'Épuration

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées Traitées

UFC : Unité Formant Colonie

UV : Ultra-Violet

Table des figures et des tableaux

FIGURE 1: SCHEMA DE PRINCIPE DE LA FILIERE COMPLEMENTAIRE REUSE DANS UNE STEU.....	4
FIGURE 2: IMPLANTATION DES STATIONS D'EPURATION DE PLUS DE 1500 EH	8
FIGURE 3 : GOLF DE BASSIN BLEU	12
FIGURE 4: LOCALISATION DES 4 STEU CONCERNEES PAR LE PROJET REUSE	16
TABLEAU 1: NORMES DE REJET POUR DES STATIONS RECEVANT UNE CHARGE INFERIEURE OU EGALE A 120 KG/J DE DBO5	5
TABLEAU 2: NORMES DE REJET POUR DES STATIONS RECEVANT UNE CHARGE SUPERIEURE A 120 KG/J DE DBO5	5
TABLEAU 3: NORMES SUR L'AZOTE ET LE PHOSPHORE LORS D'UN REJET EN ZONE SENSIBLE	5
TABLEAU 4 : REPARTITIONS DES EXPLOITATIONS AGRICOLES EN 2010 SOURCE : SDAGE 2013.....	10
TABLEAU 5: BILAN DES PRELEVEMENTS A USAGE INDUSTRIEL PAR ORIGINE DE L'EAU SOURCE : SDAGE 2013	13
TABLEAU 6: CARACTERISTIQUES DES 4 STEU CONCERNEES PAR LE PROJET REUSE	15
TABLEAU 7: CAPACITE NOMINALE DE TRAITEMENT EN EQUIVALENT HABITANT (EH)	16
TABLEAU 8: PERFORMANCE EPURATOIRE DE LA STEU DU PORT	20

Table des matières

Introduction	1
1. La réutilisation des eaux usées : enjeux et contexte réglementaire	2
1.1. Un concept en pleine expansion.....	2
1.2. Etat de la ressource en eau à la Réunion	2
1.3. Définition de la REUSE.....	3
1.4. La réglementation relative à la réutilisation des eaux usées traitées	4
1.5. L'assainissement collectif à la Réunion.....	8
1.6. Avantages, bénéfices, et contraintes, défis à relever dans le cadre de la REUSE	9
2. Les usages potentiels de l'eau usée traitée sur le territoire réunionnais	10
2.1. Valorisation agricole.....	10
2.2. Usages urbains	12
2.3. Arrosage des golfs	12
2.4. La valorisation industrielle	13
2.5. Quelques prescriptions particulières issues de la réglementation.....	14
3. Etat des lieux et analyses techniques des projets existants	15
3.1. Les 4 projets de REUSE à la Réunion	16
3.2. Filière de traitement des EUT des quatre STEU	28
3.3. Analyse technique des équipements et des procédés de traitement REUSE.....	28
3.4. Perspective de REUSE sur les STEU de l'île.....	29
3.5. Destination et usages des eaux usées traitées.....	31
4. Différentes typologies de process de la file complémentaire REUSE	34
4.1. Les procédés membranaires de filtration pour la file complémentaire REUSE	34
4.2. Les systèmes de désinfection	38
4.3. Les niveaux de traitement minimum pour un usage donné.....	42
4.4. Caractéristiques techniques des membranes de filtration	38
5. Etude de la viabilité économique d'un projet de REUSE	43
5.1. Aspect tarifaire de l'eau disponible actuellement pour satisfaire les besoins.....	43
5.2. Coût de revient de la file REUSE supporté par la collectivité	45
5.3. Evaluation du coût du m ³ d'eau de REUSE à la Réunion pour 3 projets existants	51
5.4. Elaboration d'un ratio de rentabilité de l'eau de REUSE	52
6. Analyse et maîtrise des risques d'exploitation.....	53
6.1. Identification des défaillances possibles dans le système	53
6.2. Organisation du suivi sanitaire.....	54
Conclusion.....	56
Bibliographie	57

Introduction

La démographie galopante, l'augmentation des besoins en eau, le changement climatique que connaît l'île de la Réunion sont autant de facteurs qui, souvent combinés, conduisent à des situations de crise autour de la ressource en eau et de son partage. C'est dans un contexte de vulnérabilité de la ressource, que la REUSE s'inscrit dans une démarche de développement durable car elle permettrait de substituer de l'eau prélevée dans le milieu naturel (par captage ou par pompage) par de l'eau épurée qui aurait été rejetée en mer. Le principe est simple, les eaux usées sont récupérées en sortie de station d'épuration, et réutilisées pour divers usages : irrigation de cultures, arrosage d'espaces verts, usages industriels, etc.

Grace à ce nouveau procédé de réutilisation des eaux usées traitées les maîtres d'ouvrages de stations d'épuration devront mettre en place des techniques de revalorisation des eaux. Cependant, une opération de REUSE à des fins d'irrigation présente des risques sanitaires et environnementaux.

L'arrêté du 2 Aout 2010 modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 fixe les exigences réglementaires relatives à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduelles urbaines pour l'irrigation. Au sens du présent arrêté, l'irrigation désigne l'apport artificiel en eau pour des cultures ou des espaces verts.

Quatre communes de l'île de la Réunion se sont, d'ores et déjà positionnées comme actrices moteur de la démarche puisqu'elles ont engagé des travaux sur leur station d'épuration afin de fournir une eau dont la qualité sera compatible avec le projet de REUSE. Un marché de maîtrise d'œuvre pour les études techniques de construction d'une conduite de refoulement des eaux épurées jusqu'aux usagers a déjà été engagé pour certaines d'entre elles.

L'enjeu de protection de la santé publique induit par la réutilisation des eaux usées traitées représente également pour les collectivités, des contraintes sur les aspects technologiques nécessitant une attention particulière pour le choix de la filière de traitement et une grande fiabilité d'exploitation des installations.

L'Office de l'Eau a souhaité engagé une étude qui vise à améliorer les connaissances techniques des projets de REUSE existants à la Réunion et établir des ratios technico-financiers afin de définir les potentialités de faire de la REUSE sur l'ensemble des stations d'épuration (STEU) du département. Ce rapport a pour but, d'aider les communes à engager la réalisation d'une filière complémentaire REUSE afin de valoriser les eaux usées de leur STEU. Dans ce cadre, des outils techniques, financiers ont été mis en place afin de faciliter la prise de décisions.

Pour accompagner les collectivités dans leur politique de gestion de la ressource, au sein de laquelle la réutilisation des eaux usées occupe une place de choix, nous allons proposer de multiples solutions techniques qui répondent aux exigences de sécurité et de qualité sanitaire exigé par la réglementation et qui pourra constituer un document d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage. Ce rapport s'intéresse à la réutilisation des eaux usées issues de la station d'épuration à la Réunion à des fins d'irrigation de parcelles agricoles, d'arrosage d'espaces verts et d'usage industriel essentiellement.

1. La réutilisation des eaux usées: enjeux et contexte réglementaire

1.1.Un concept en pleine expansion

La préservation des ressources en eau est bien comprise aujourd'hui comme relevant d'une triple exigence : humaine, environnementale et économique.

Dans des pays où le stress hydrique est une problématique permanente, la question de la réutilisation des eaux usées traitées a rapidement été abordée afin de déboucher sur des applications concrètes. Les nations pionnières en termes de réutilisation se situent pour beaucoup d'entre elles sur le pourtour méditerranéen comme la Tunisie, l'Israël et l'Espagne. La surconsommation des ressources hydriques a aussi conduit des états américains comme la Californie à se tourner vers ce mode d'approvisionnement en eau.

Au niveau du territoire français, la réutilisation des eaux usées traitées est un concept encore jeune. En 1996, le premier projet de réutilisation a été mis en place à Clermont-Ferrand pour irriguer des cultures de maïs et de betteraves avec les eaux de la station clermontoise. Depuis, d'autres projets ont vu le jour sur le territoire français et sont pour la plupart destinés à une réutilisation en irrigation agricole ou pour des parcours de golf.

Compte tenu des périodes de sécheresse que connaît l'île de la Réunion à certaines périodes de l'année, la réutilisation des eaux usées sur le département serait un bon moyen pour limiter les prélèvements dans la ressource en eau qui s'avère être de plus en plus vulnérable.

1.2.Etat de la ressource en eau à la Réunion

La répartition des ressources en eau est frappée d'inégalités spatiales et temporelles. La partie Est appelée aussi « côte au vent » est soumise aux alizés et reçoit plus de 70% de la pluviométrie annuelle. La partie Ouest dite « côte sous le vent » est quant à elle, semi-aride.

L'île connaît également une forte variation saisonnière, avec une saison des pluies de novembre à avril, et une saison sèche de mai à octobre.

Globalement, La Réunion ne manque pas d'eau ; l'île dispose de ressources potentielles très importantes : les précipitations annuelles représentent près de 9 milliards de m³ et le volume d'eau de ruissellement et d'infiltration est estimé à 6 milliards de m³. Face à cette ressource, les besoins journaliers sont estimés à près de 1,5 millions de m³ répartis entre la fourniture d'eau potable à la population, l'irrigation et l'industrie.

En théorie, les besoins peuvent donc être satisfaits, mais des déficits apparaissent localement et/ou temporairement. De plus, l'eau, au cours de son parcours dans le sol ou dans les rivières, se charge de différents polluants d'origine naturelle et/ou anthropique.

Ainsi, la REUSE, en regard du fort potentiel de réutilisation des eaux usées à la Réunion et des phases de stress hydrique clairement marquées à certaines périodes de l'année, constitue une excellente alternative au prélèvement dans la ressource, et permet de s'engager dans une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages.

1.3.Définition de la REUSE

Le concept de la REUSE recouvre deux notions complémentaires : le traitement, puis la réutilisation proprement dite d'eaux usées. Les eaux usées sont les eaux rejetées par les usages domestiques et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Dans le cycle de l'assainissement de l'eau « classique », on peut distinguer les étapes de traitement suivantes :

- le **pré traitement** et le **traitement primaire** qui comprends le dégrillage (élimine les déchets volumineux), le dessablage (qui permet d'extraire les sables), le déshuilage (qui débarrasse l'eau de ses corps gras) et la décantation primaire (la boue est récupérée au fond du bassin)
- le **traitement secondaire** par voie biologique ou physico-chimique qui permet la transformation de la majeure partie de la pollution dissoute en boue biologique
- la **clarification** consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques
- le **traitement tertiaire** (si rejet en zone sensible) : élimination de l'azote et du phosphore
- rejet dans le milieu naturel

La REUSE propose de récupérer tout ou une partie des eaux usées clarifiées (le plus souvent en sortie de clarificateur), de les traiter éventuellement une nouvelle fois par des méthodes physiques et de les valoriser pour toutes sortes d'usages. On constate que la REUSE agit à deux niveaux : premièrement, elle évite les rejets d'eau issue de stations d'épuration dans le milieu naturel sans valorisation, et deuxièmement, elle constitue une ressource en eau supplémentaire pour satisfaire des besoins.

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires liés à une valorisation des eaux et des traitements nécessaires à mettre en œuvre. La réglementation relative à la réutilisation des eaux usées traitées donne les prescriptions techniques, sanitaires à respecter en vue de limiter les risques et les impacts sur la santé et l'environnement et d'engager aux mieux une politique de gestion intégrée de la ressource en eau.

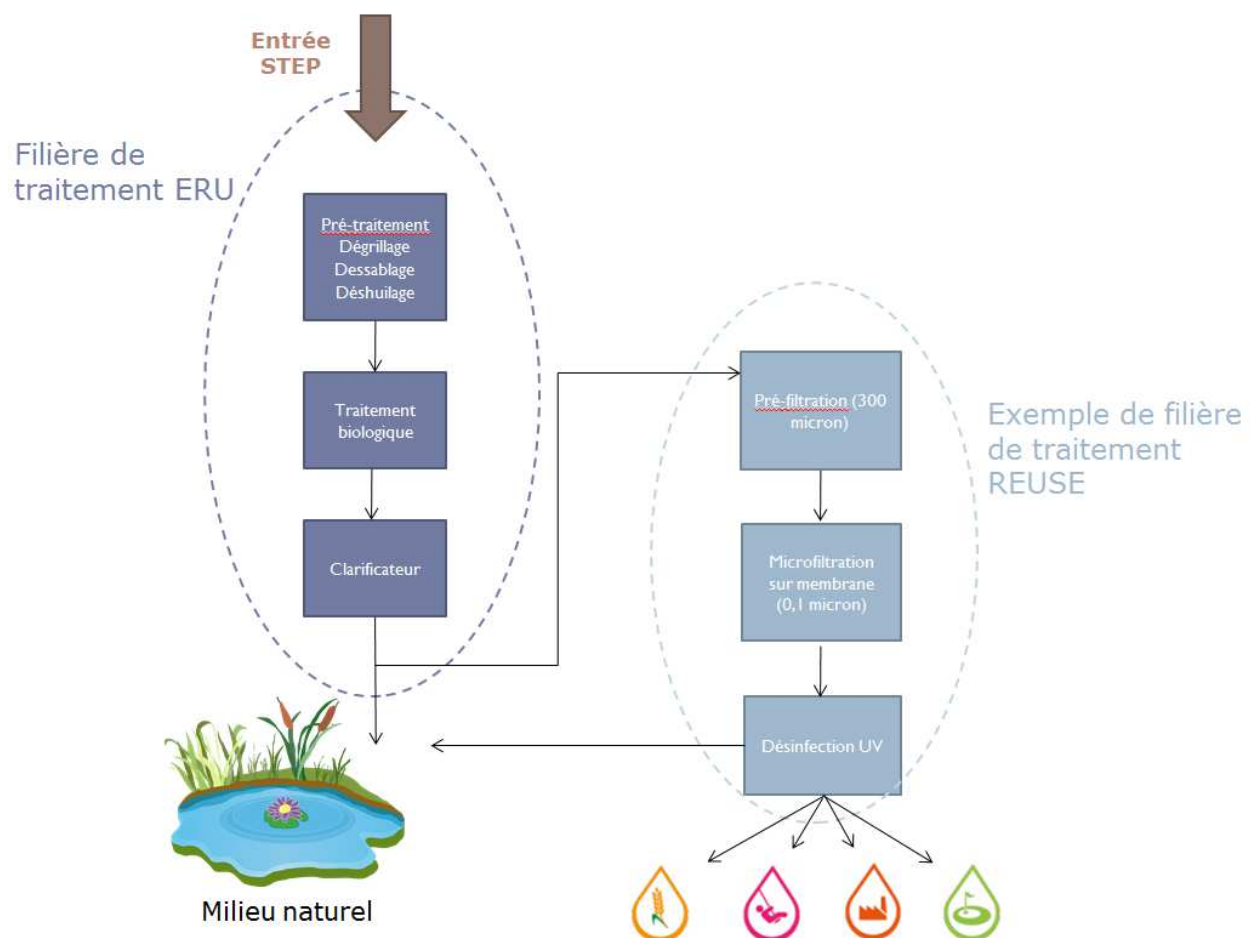


Figure 1: Schéma de principe de la filière complémentaire REUSE dans une STEU

1.4. La réglementation relative à la réutilisation des eaux usées traitées

1.4.1. Rappels sur la réglementation sur les rejets des STEU

En France, les normes de rejets des effluents urbains en sortie de station d'épuration sont fixées par l'arrêté du 22 juin 2007 consolidé au 14 juillet de la même année. Les paramètres contrôlés, quelle que soit la zone de rejet, sont la Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (DBO5), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les Matières en Suspension (MES).

Selon la charge de pollution organique reçue par la station et selon le paramètre considéré, le rendement minimum de traitement à atteindre diffère. En effet, la législation distingue deux cas de figures :

- les stations d'épuration devant traiter une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 120 kg/j de DBO5
- les stations d'épuration devant traiter une charge brute de pollution organique supérieure à 120 kg/j de DBO5

Dans le premier cas, seul le paramètre DBO5 doit respecter une performance en termes de concentration. Les deux autres paramètres (DCO et MES) doivent respecter un rendement minimum (Tableau 1).

Tableau 1: Normes de rejet pour des stations recevant une charge inférieure ou égale à 120 kg/j de DBO₅

Paramètres	CONCENTRATION à ne pas dépasser	RENDEMENT minimum à atteindre
DBO ₅	35 mg/l	60 %
DCO		60 %
MES		50 %

Dans le deuxième cas, les trois paramètres sont soumis à des performances en termes de rendement et de concentration (Tableau 2).

Tableau 2: Normes de rejet pour des stations recevant une charge supérieure à 120 kg/j de DBO₅

Paramètres	CHARGE BRUTE de pollution organique reçue en kg/j de DBO ₅	CONCENTRATION à ne pas dépasser	RENDEMENT minimum à atteindre
DBO ₅	120 exclu à 600 inclus	25 mg/l	70 %
	> 600		80 %
DCO	Toutes charges	125 mg/l	75 %
MES	Toutes charges	35 mg/l	90 %

Si le rejet s'effectue en zone sensible à l'eutrophisation, (ce qui est le cas pour 6 STEU de l'île dont Etang-Salé), deux paramètres supplémentaires doivent être pris en compte dans la qualité de l'eau épurée : l'azote global et le phosphore total. La concentration maximale admissible dans le rejet de ces deux paramètres dépend de la charge brute de pollution organique reçue par la station d'épuration (Tableau 3).

Tableau 3: Normes sur l'azote et le phosphore lors d'un rejet en zone sensible

Paramètres	CHARGE BRUTE DE POLLUTION organique reçue en kg/j de DBO ₅	CONCENTRATION MAXIMALE à ne pas dépasser	RENDEMENT minimum à atteindre
Azote global NGL	600 exclu à 6 000 inclus	15 mg/l	70 % (si charge ≥ 600 kg/j)
	> 6000	10 mg/l	
Phosphore total PT	600 exclu à 6 000 inclus	2 mg/l	80 % (si charge ≥ 600 kg/j)
	> 6 000	1 mg/l	

Pour certaines communes ou agglomérations, le respect de ces normes et notamment celles sur le phosphore les obligent à se doter de traitements complémentaires dans leur station d'épuration. Ces traitements sont appelés traitements tertiaires.

Cependant, ces traitements tertiaires peuvent également servir à affiner le traitement de l'eau afin de réaliser une réutilisation directe de celle-ci en sortie de station.

Si, comme nous l'avons souligné dans la première partie, beaucoup de pays se sont tournés vers cette nouvelle ressource en eau, la France a attendu l'année 2010 pour faire paraître un premier arrêté relatif à l'utilisation des eaux usées urbaines traitées en irrigation agricole et d'espaces verts. Ce premier arrêté a ensuite été revu et corrigé pour aboutir à une nouvelle version datée du 25 juin 2014.

1.4.2. L'arrêté du 2 Août 2010

Un nouveau texte encadrant les projets de réutilisation a été élaboré en 2010 fixant un cadre d'application plus précis et renforçant les principes de précautions énoncé par l'OMS. Il s'agit de 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 ». Cet arrêté vient parachever le travail administratif qui est mené depuis quelques années en France à propos de la REUT. Ce texte est relatif à la valorisation principale concernant les EU, puisqu'il est dédié à l'irrigation et qu'il concerne à la fois les cultures et les espaces verts.

On distingue deux catégories principales d'informations et de dispositions dans ce document :

- les étapes concernant l'instruction d'une demande pour l'agrément d'un projet de REUT
- des valeurs réglementaires sur (i) le niveau de qualité sanitaire des EUT, (ii) les contraintes sur le type de zones à irriguer et (iii) les distances à respecter entre zone de valorisation et espaces à protéger.

Le texte de loi fait une distinction entre quatre classes de cultures et y associe les modes d'irrigation et fréquences d'analyse (Annexe 1).

On reprend ci-dessous cette classification de A à D, en notant que la catégorie A est la plus exigeante en terme de qualité sanitaire :

- A** : cultures maraîchères consommées crues – arbres fruitiers et pâturages irrigués par aspersion – espace ouvert au public
- B** : cultures maraîchères consommées après cuisson – céréales et fourrages – cultures florales, arbustes et pépinières avec aspersion
- C** : cultures céréalières fourragères – cultures florales pépinières et arboriculture fruitière sans aspersion
- D** : forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public.

Des références très précises (suivi E.Coli, MES, Phages ARN spécifiques, etc. ...) sont édictées sur la surveillance des eaux de sortie de station d'épuration et le gestionnaire de la station est clairement désigné pour assurer ce suivi et pour en envoyer l'information au préfet. C'est également l'exploitant de la station d'épuration qui est en charge de diffuser les résultats auprès des utilisateurs aval. Par contre sur le suivi de sols, la responsabilité incombe à l'exploitant agricole qui est soumis à une obligation stricte de traçabilité.

Sur les contraintes d'usages, l'annexe II affine en quelque sorte la classification en quatre catégories puisqu'elle détaille, ce qui n'existait pas auparavant, les modes d'irrigation pour la série de onze classes de cultures répertoriées ; on note que les golfs sont expressément nommés dans cette liste.

Par « nature d'activités à protéger » le législateur a étendu le champ des situations : la conchyliculture, la baignade et l'abreuvement du bétail figurent dans la liste.

En conclusion, il est apparu que ce texte d'arrêté a pris en compte les retours d'expérience des précédentes années et a renforcé les principes de précaution. Sur le plan opérationnel, il fixe un cadre d'application très précis. Dans ses attendus, il rappelle que l'appui des agences spécialisées est déterminant pour la bonne mise en œuvre de la REUT et d'autre part il fait référence explicitement au code de la Santé, au code de l'Environnement et au code des Collectivités Territoriales, rappelant de la sorte le côté interdisciplinaire de la REUT.

1.4.3. L'arrêté du 25 juin 2014

Sur la base de l'expertise de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, l'arrêté fixe les prescriptions techniques, s'appliquant aux maîtres d'ouvrage et aux exploitants des stations de traitement des eaux usées et des systèmes d'irrigation, pour l'utilisation d'eaux, issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines, à des fins d'irrigation ou d'arrosage de cultures ou d'espaces verts. Cet arrêté apporte de nouvelles dispositions, notamment :

- pour les systèmes d'irrigation ou d'arrosage par aspersion : il supprime le dossier de demande d'expérimentation, fixe des prescriptions techniques particulières et complète les informations à renseigner dans le programme d'irrigation ;
- il précise des prescriptions techniques relatives à la conception et à la gestion du réseau de distribution, au stockage des eaux usées traitées ainsi qu'à l'entretien du matériel d'irrigation ou d'arrosage ;
- il modifie, dans le cadre du programme de surveillance de la qualité des eaux usées traitées, la fréquence de suivi périodique de vérification du niveau de qualité sanitaire des eaux usées traitées ;
- il mentionne une règle spécifique, relative aux niveaux de qualité sanitaires des eaux usées traitées, pour les stations de traitement des eaux usées montrant un faible niveau de charge des eaux brutes ;
- il précise la procédure à suivre en cas de modification des éléments constitutifs du dossier d'autorisation.

S'agissant des dispositions pratiques, le dossier de demande d'autorisation adressé au préfet en quatre exemplaires doit décrire entre autre :

- Le contexte de l'irrigation dans la zone ;
- La station d'épuration dans tous ses paramètres de process et de performances (filiales eau et boues) ;
- Le milieu récepteur ;
- Les conditions climatiques ;
- Le cadre administratif, pédologique, agronomique, hydro agricole des parcelles à irriguer,
- Les protocoles d'information aux publics concernés ;
- Les conditions exactes de suivi (qui en fait doivent scrupuleusement reprendre les dispositions du texte de l'arrêté).

L'arrêté est disponible sur le site de www.legifrance.gouv.fr

1.4.4. Spécificité réglementaire des eaux de REUSE à la Réunion

Un blocage réglementaire de principe reste actuellement à lever pour la Réunion : en effet, les sols volcaniques de l'île sont naturellement riches en éléments traces métalliques (ETM) tels que le nickel et le chrome et dépassent les seuils réglementaires prévus pour autoriser l'irrigation par des eaux usées. Les études menées par le CIRAD et le BRGM ont permis d'établir un fond géochimique local de référence, de montrer l'absence de migration des ETM vers les plantes irriguées par des eaux usées et l'absence de transfert vers les nappes souterraines. Sur la base de ce constat, les services de l'Etat (DEAL-DAAF-ARS) ont alerté les ministères de l'écologie et de la santé en charge de la réglementation REUSE, afin que soit prise une disposition réglementaire rectificative permettant aux préfets de déroger à ces valeurs limites concernant les ETM, à l'instar de ce qui se pratique déjà pour l'épandage des boues de station d'épuration.

Compte tenu du fort potentiel de cette ressource à la Réunion, un programme de recherche et développement a été établi entre/par le CIRAD et l'Office de l'Eau Réunion. Ce programme qui débouchera sur la réalisation d'une étude dérogatoire de portée départementale (prévu pour juillet 2015) permettra de (i) mutualiser les efforts en synthétisant les éléments de recherches

scientifiques établis entre 2008 et 2014 et (ii) de simplifier les démarches administratives de chaque porteur de projets.

Ce point ne constitue pas, dans son principe, une difficulté particulière identifiée et devrait, à priori, être résolu prochainement. Ainsi, aujourd'hui, les 4 stations d'épuration concernées par les projets de REUSE sont en attente d'une autorisation vis-à-vis de ces ETM leur permettant d'engager les démarches administratives de demande d'autorisation préfectorale de réaliser de la REUSE sur leur site.

1.5.L'assainissement collectif à la Réunion

D'après les données du Schéma Départemental d'Assainissement de la Réunion, 21 collectivités sur 24 disposent d'un système de gestion collective des eaux usées (collecte et traitement) communal et intercommunal.

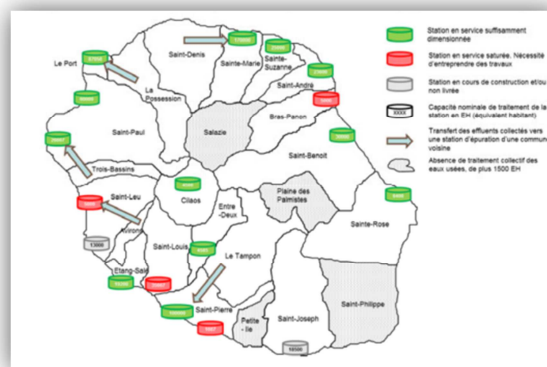
Le traitement des eaux usées des communes de Petite Ile, la Plaine des Palmistes et Salazie est assuré exclusivement par de l'assainissement non collectif.

Il existe aujourd'hui 16 stations de traitement des eaux usées en fonctionnement à la Réunion, et pour 2 autres les travaux sont engagés (la commune de Saint Joseph et la commune de Saint-Leu (Bois de Nèfles)).

Concernant, la compétence « traitement », l'exploitation des STEU est assurée pour environ 31% en régie (5 stations d'épuration), 56% en délégation de service public (9 stations d'épuration) et 13% en concession (2 STEU).

A la Réunion, les réseaux sont séparatifs et l'origine des eaux arrivant à la station d'épuration sont des eaux d'origine :

- Domestiques
- Industrielles
- Matières de vidanges
- Matières de curage : réseaux et poste EU
- Graisses extérieures : restaurant, fosse graisse de particuliers, etc.



Les collectivités ont mené à bien des projets d'envergure ces dernières années. Toutefois, le développement des activités anthropiques et la vulnérabilité des milieux récepteurs rendent nécessaire la poursuite de projets encore plus performants.

La rénovation des ouvrages (réhabilitation ou nouvelle construction) est particulièrement marquée sur les 3 dernières années. Les filières de traitement restent conventionnelles (boues activées).

1.6. Avantages, bénéfices, et contraintes, défis à relever dans le cadre de la REUSE

Les bénéfices et les avantages de la REUSE sont les suivants :

- économie d'eau potable de bonne qualité, qui peut être mobilisée pour des usages domestiques,
- fiabilité d'adduction d'eau pour l'irrigation en cas de sécheresse, avantages économiques considérables dans le cas de sécheresses ou pénurie en eau qui peuvent altérer d'une manière importante la qualité des gazons (arrosage d'espace vert), nuire à toutes productions agricole et générer les pertes de revenus très élevés,
- la présence de nutriments et d'oligo-éléments dans les eaux recyclées peut diminuer, voire rendre inutile l'utilisation des engrais chimiques, ou de fertilisants, d'où des avantages économiques et environnementaux importants pour les collectivités, les agriculteurs,
- image écologique améliorée avec la protection de la ressource et de l'environnement qui s'inscrit dans la politique du développement durable,
- diminution du taux d'exploitation des nappes souterraines et un meilleur contrôle de l'intrusion saline dans les zones côtières,
- disponibilité de l'eau même en période de restriction.

Comme tous les projets d'ingénierie, cette nouvelle pratique présente certaines contraintes :

- contraintes règlementaire strictes (Arrêté du 2 Août 2010 modifié par l'Arrêté du 25 juin 2014),
- nécessité de prévoir d'autres voies de rejet des eaux recyclées lors de période sans irrigation,
- nécessité de prévoir une capacité de stockage car le taux d'irrigation doit être adapté au besoin des usagers,
- besoin de financement du traitement de la file complémentaire REUSE des effluents secondaires et du système de distribution,
- coût de maintenance (nettoyage des équipements, utilisation de réactifs, ...)
- nécessité de réaliser un dossier de demande d'autorisation à adresser au préfet suite à un suivi pendant 6 mois des performances épuratoire de la STEU,
- exigences de suivi de la qualité microbiologiques (santé publique) et chimiques (impacts agronomiques et environnementaux) des eaux recyclées,
- caractéristiques du site compatible avec le projet,
- évolution de la qualité des sols : régulation du pH, variation de la qualité des eaux, adaptation des programmes de fertilisation, adaptation de la fréquence des tontes, incidences sur l'état et l'entretien du réseau d'arrosage,
- contrôles permanents contre les risques sanitaires,
- information du public et du personnel,
- mise en place d'un programme de surveillance réalisé par l'exploitant de la STEU.

2. Les usages potentiels de l'eau usée traitée sur le territoire réunionnais

En France, les eaux usées traitées sont réutilisées généralement pour les usages :

- agricoles (irrigation);
- industriels (circuits de refroidissement, lavages);
- collectifs (lavages des voiries et des véhicules municipaux, arrosage des plantations, des parcs et des terrains de sports, alimentation des réseaux incendie).

D'autres usages ont été développés dans le monde, qui pourront être envisagés à plus ou moins long terme à la Réunion, en fonction de l'évolution des règles sanitaires et des politiques à mener pour économiser l'eau et préserver durablement les ressources d'eau douce. On peut citer:

- l'alimentation des réserves d'eau (retenues) pour la production d'eau potable;
- la recharge des aquifères;
- la construction de barrières hydrauliques souterraines pour empêcher, en zones côtières, l'intrusion d'eau de mer dans des aquifères surexploités.

La recharge maîtrisée des aquifères est une alternative économique, écologique et complémentaire aux retenues et transferts d'eau.

Ainsi, quasiment tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la REUT. En effet, pour autant qu'on accepte de payer le prix, toute eau usée est potentiellement réutilisable.

La classification qui suit permet d'y voir plus clair en matière d'utilisations des EUT à la Réunion.

2.1. Valorisation agricole

C'est actuellement, en volume, l'usage principal de REUT à travers le monde ; les modalités de mise en œuvre sont multiples : il existe des périmètres irrigués exclusivement avec des EUT, des périmètres mixtes (certains irrigants s'alimentent au réseau EUT et d'autres sont autonomes), des dispositifs avec stockage ou transfert amont etc...

Au-delà des considérations hydrauliques, agricoles ou financières propres à tout périmètre irrigué, la particularité forte d'une valorisation avec des EUT est la dimension sociale et sociologique d'acceptabilité par les usagers ainsi que les particularités agronomiques associées à la qualité des EUT.

A La Réunion, la Surface Agricole Utile (SAU) est restreinte et occupe seulement 18% du territoire soit 42 813 ha (Recensement agricole 2010). En terme de valeur de production, deux postes constituent l'essentiel de la production agricole : la canne à sucre et les fruits et légumes. On estime que la canne à sucre consomme en moyenne : 17m³/ha.

D'après les prescriptions réglementaires, l'irrigation de cultures maraîchères, fruitières et légumières non transformées par un traitement thermique industriel adapté n'est possible qu'à moins d'atteindre une classe de qualité A.

Tableau 4 : Répartitions des exploitations agricoles en 2010
Source : SDAGE 2013

	Nombre d'exploitations	%
Canne à sucre et grandes cultures	2 865	37,8 %
Maraîchage et horticulture	1 208	15,8 %
Cultures fruitières	918	12,1 %
Bovin lait	92	1,2 %
Bovin viande	289	3,8 %
Ovins, caprins et autres herbivores	108	1,4 %
Élevages hors-sol	566	7,3 %
Polyculture, polyélevage	1 571	20,6 %
TOTAL	7 623	100 %

La production est assurée par environ 7600 exploitations sur le département.

La production de canne à sucre est le pilier de l'agriculture de la Réunion et surtout de son économie elle est cultivée sur près de 25 000ha. La filière canne à sucre-sucre-rhum est celle qui emploie le plus de personne sur l'île, elle est cultivée par 38% des exploitations (Tableau 4).

- L'irrigation agricole :

La Réunion connaît des périodes de sécheresse sévère, et les cultures et les élevages ont besoin d'un approvisionnement en eau sécurisé.

Le Conseil Général a lancé depuis de nombreuses années plusieurs projets d'aménagements hydrauliques de grande envergure. L'objectif étant d'approvisionner les zones les plus sèches de l'île afin de parvenir à une distribution équilibrée et équitable de l'eau sur toute La Réunion, et pour l'ensemble des usagers (Annexe 5). A l'échelle de l'île :

- La micro-région Sud a bénéficié des premiers aménagements hydrauliques départementaux avec la mise en œuvre des périmètres irrigués du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos, représentant près de 9 000 ha équipés. Ce projet a été financé par le département (conseil général). L'exploitation a été confiée à la Saphir (Société d'aménagement de périmètres hydro-agricoles de l'Ile de La Réunion) ;

- Afin d'accompagner le développement économique de la micro-région Ouest, le Département de La Réunion a lancé un grand projet de transfert des eaux (ILO) dans le courant de l'année 1998. Il s'agit en effet de transférer les eaux captées dans l'Est et d'alimenter la côte Ouest de l'île confrontée à des déficits hydriques annuels chroniques, aggravés par une pression anthropique toujours plus forte (accroissement démographique, irrigation, eau potable, etc.).

Les périmètres du Bras de Cilaos, du Bras de la Plaine et d'ILO cumulent près de 97 % des prélèvements d'eau dédiés à l'agriculture. Les volumes prélevés en 2013 sont de l'ordre de 50 millions de m³.

Enfin, l'eau potable issue du réseau AEP des collectivités permet à certains agriculteurs d'irriguer leurs cultures.

Ainsi à la Réunion, les parcelles agricoles sont irriguées par des eaux issues de ressources bien distinctes :



2.2. Usages urbains

Les collectivités peuvent également faire le choix de réutiliser les eaux usées traitées à des fins d'usages urbains, permettant ainsi de faire profiter à tous les habitants de la valorisation des effluents domestiques. Dans cet usage figurent :

- l'irrigation d'espaces verts (par réseau spécifique), dont la gestion incombe le plus souvent à la collectivité ;
- l'irrigation de complexe sportif (stade, terrain de sport, etc...) ;
- l'alimentation de plans d'eau récréatifs ;
- le lavage des rues et des marchés (à l'instar de ce qui se pratique dans certains ports avec des aiguades alimentées en eau de mer).

2.3. Arrosage des golfs

On pourrait classer l'irrigation des golfs dans la catégorie des valorisations agricoles ou d'espaces verts en s'en tenant au strict point de vue technique ; mais en ce qu'elle s'adresse à un secteur privé qui met en jeu des logiques de rémunération auprès d'utilisateurs aisés, il s'en déduit des facilités de recouvrement des coûts qui lui confèrent un caractère spécifique.

On compte 3 parcours de golf sur le territoire, concentrés essentiellement sur la partie ouest et nord de l'île :

- Le golf de Bassin bleu est situé sur la commune de Saint-Gilles les Hauts ;
- Le golf club du Colorado à la Montagne est localisé dans les hauts de Saint-Denis. C'est un terrain de golf 9 trous situé à 600 m d'altitude dans les hauteurs de Saint-Denis de la Réunion ;
- Le golf club bourbon situé dans la forêt d'Étang-Salé. Le parcours de golf possède 18 trous et s'étend sur 75 ha.



Figure 3 : Golf de bassin bleu

Hormis le golf club bourbon d'Étang Salé, les deux autres golfs sont localisés dans les « hauts », c'est-à-dire loin du littoral et des stations d'épuration communales respectives. La desserte en eau usées traitées des golfs de Saint-Gilles-les-Hauts et de Saint-Denis (la Montagne) engendrerait des coûts conséquents en terme de réseau de distribution et de poste de refoulement pour acheminer l'eau de la STEU jusqu'aux golfs.

Ainsi, le golf club bourbon d'Étang Salé serait le seul à pouvoir réutiliser et valoriser les eaux de la station d'épuration de sa commune.

L'arrosage du golf bourbon d'Étang-Salé est, à ce jour, arrosé de manière automatique par aspersion. Le système d'arrosage se met en marche exclusivement la nuit, suivant un cycle précis défini au préalable par le directeur de l'établissement. La consommation moyenne est de 1100 m³/jour, avec des pics lors de la saison sèche entre mi-novembre et mi-avril. Le golf est actuellement irrigué par des eaux brutes d'irrigation fournis par une Société d'Economie Mixte (SEM) : la Saphir. La vocation de cette SEM est de capter et de distribuer l'eau pour un usage principalement agricole. La saphir distribue, à partir de barrages construits sur deux principales rivières, le Bras de la Plaine et le bras de Cilaos, environ 80 millions de m³ d'eau chaque année. Les galets et le sable que les rivières transportent sont éliminés avant le stockage dans les différents réservoirs avant d'être revendu aux consommateurs. La saphir se tourne donc principalement vers les agriculteurs et la culture de la canne à sucre mais possède également d'autres clients tels que les collectivités ou le golf.

Ces eaux brutes sont achetées à la Saphir au tarif de 0.16 €/m³ et sont réservées exclusivement à l'arrosage du parcours.

Actuellement, le golf club de bourbon ne possède aucun obstacle d'eau sur le parcours. La volonté principale est donc d'intégrer au mieux des bassins de rétention d'eau permettant d'obtenir des obstacles naturels sur certains trous du parcours en utilisant les eaux usées traitées de la station d'épuration d'Etang-Salé.

Il s'agit d'améliorer ce golf sur trois points :

- économiquement, en achetant une eau moins chère ;
- esthétiquement, en intégrant les bassins de stockage de cette eau au parcours ;
- sportivement, puisque ces bassins serviront d'obstacles d'eau sur différents trous et renforceront la difficulté de l'ensemble du parcours.

Afin de répondre au mieux à ces besoins, le traitement complémentaire REUSE de la station d'épuration est prévu pour délivrer un débit de 70 m³/h tout au long de la journée pour un débit total de 1200 m³/j.

Dans le projet d'extension et de modernisation de la station d'épuration de l'Etang-Salé qui a eu lieu en 2012, le bâtiment membranaire dédié à la réutilisation est prévu pour doubler les équipements et ainsi pouvoir traiter un débit de 140 m³/h. Cette augmentation de débit permettra de répondre à la demande des autres utilisateurs référencés en cas de nouveaux besoins.

2.4. La valorisation industrielle

L'île de la Réunion importe une grande partie des biens qu'elle consomme, ce qui explique le faible développement industriel du département. Les plus grosses entreprises industrielles sont situées dans les secteurs de l'agroalimentaire (boisson, industrie sucrière, laitières...) et des biens de consommations. Les applications de la valorisation de l'eau de REUSE pour des usages industriels sont nombreuses. La REUT dans le cadre des circuits de refroidissement, utilisation en eau de process constitue des exemples fréquents.

Les industriels du département utilisent, 8% du volume d'eau distribué via les réseaux publics d'alimentation en eau potable (soit 3,7 millions de m³/an). Une dizaine d'industries dispose de son propre prélèvement en eau souterraine ou en eau de surface, pour un volume d'environ 8,8 million de m³/an. Ces prélèvements « autonomes » représentent 70 % de la totalité des prélèvements d'eau à usage industriel de La Réunion.

La tendance générale de ces prélèvements est à l'augmentation, avec une augmentation d'environ 25% en une décennie. Le développement industriel de l'île, et l'agrandissement et la création de certaines structures telles que le port ou la construction de la nouvelle route du Littoral devrait confirmer cette tendance dans les années à venir.

A ce jour, la réglementation en vigueur ne cible pas la réutilisation des eaux usées traitées pour les industriels. On comprend aisément, compte tenu du champ des possibilités dans ce domaine (circuit de refroidissement, eau de lavage, eau de process,...) qu'il est difficile de dresser une liste de recommandations. Pour autant, les deux aspects que sont :

- la comptabilité de la qualité de l'eau avec son devenir (qualité physico-chimique et bactériologique) ;
- les précautions sanitaires vis-à-vis des personnes potentiellement exposées ;

restent pertinents mais sont à analyser au regard de l'utilisation de l'eau traitée envisagée.

Tableau 5: Bilan des prélèvements à usage industriel par origine de l'eau
Source : SDAGE 2013

Origine de l'eau	Milieux	Prélèvement en m ³ /an
Réseau de Distribution	Eaux de surface	2 862 810
	Eaux souterraines	870 317
	TOTAL	3 733 127
Prélèvement "autonome"	Eaux de surface	3 712 341
	Eaux souterraines	5 077 098
	TOTAL	8 789 439
TOTAL des prélèvements à usage industriels		12 522 566

2.5. Quelques prescriptions particulières issues de la réglementation

La réutilisation des eaux usées à des fins d'usages agricoles ou d'arrosage d'espaces verts (urbains ou golf) s'inscrit dans le cadre réglementaire de protection de la santé publique et de l'environnement. Elle concerne aussi bien les normes de qualité des eaux utilisées, que les distances minimales à respecter entre les zones irriguées avec des eaux usées traitées et les activités ou les milieux à protéger.

La réglementation en vigueur impose la présence de panneaux à l'entrée des espaces verts qui devront en particulier "être installés de manière à informer le public de l'utilisation d'eaux usées traitées". Ces panneaux devront également rappeler aux utilisateurs "les bonnes règles d'hygiène de manière à ne pas être exposés aux éventuels contaminants présents dans les eaux usées traitées (...) et leur interdire l'accès au site pendant l'irrigation et jusqu'à deux heures après l'irrigation". Le gestionnaire du réseau de distribution des eaux usées traitées doit s'assurer que les canalisations sont repérées de façon explicite par un pictogramme «eau non potable» à tous les points d'entrée et de sortie des vannes et des appareils.

Pour rappel, la catégorie dont les normes associées sont les plus exigeantes (catégorie A) vise l'irrigation de cultures maraîchères non transformées et l'arrosage d'espaces verts ouverts au grand public (tels que les golfs).

Outre, les contraintes de distances de sécurité définies en annexe I, l'irrigation par aspersion intègre désormais "le facteur vent". L'arrêté précise par ailleurs "des prescriptions techniques relatives à la conception et à la gestion du réseau de distribution, au stockage des eaux usées traitées ainsi qu'à l'entretien du matériel d'irrigation ou d'arrosage" (purges, vidanges, rinçage sous pression etc.), de telle manière qu'il ne dégrade pas la qualité de l'eau.

Dans le cadre du programme de surveillance de la qualité des eaux usées traitées, la fréquence de suivi périodique de vérification du niveau de qualité sanitaire des eaux usées traitées est désormais fixée à deux ans. Le texte précise enfin la procédure à suivre en cas de modification des éléments constitutifs du dossier d'autorisation.

La réglementation interdit également l'irrigation des cultures et des espaces verts à l'intérieur d'un périmètre de protection rapprochée de captage d'eau destinée à la consommation humaine, tel que défini à l'article L. 1321-2 du code de la santé publique ainsi qu'à l'intérieur d'une zone définie par arrêté du maire ou du préfet, dans laquelle la réutilisation d'eaux usées traitées a un impact sanitaire sur un usage sensible de l'eau. Après avis d'un hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique, l'interdiction peut être dérogée.

3. Etat des lieux et analyses techniques des projets existants

Sur les 16 stations d'épuration > 1500 eH présentes à la Réunion, quatre possèdent les équipements de traitement nécessaires à obtenir une eau de qualité A en vue de faire de la REUSE. Il s'agit de :

- La STEU de Cambaie située sur la commune de St-Paul ;
- La STEU du SIAPP située sur la commune du Port recueillant les effluents de 2 communes (Le Port et la Possession);
- La STEU de Grand-Prado située sur la commune de Sainte-Marie recueillant les effluents de 2 communes (Saint-Denis et Sainte-Marie) ;
- La STEU d'Etang Salé située sur la commune d'Etang Salé.

Ce sont, pour la plupart, des stations d'épurations récentes (moins de 3 ans) ou qui ont été réhabilitées récemment et qui respectent tout à fait les normes de rejets des eaux résiduaires urbaines (ERU) selon l'arrêté du 22 juin 2007. Les caractéristiques des 4 STEU sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Caractéristiques des 4 STEU concernées par le projet REUSE

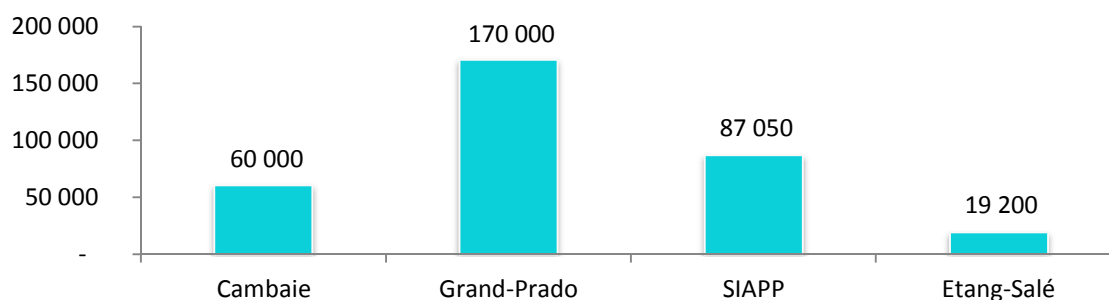
	Le Port	Etang Salé	CDE Cambaie	Grand-Prado
Collectivité ou maître d'ouvrage	Le SIAPP	L'Etang Salé	La Créole	La CINOR
Commune d'implantation	Le Port	Etang Salé	Saint-Paul	Sainte-Marie
Nombre de commune raccordés à la station	2	1	1	2
Nom de la ou des communes rejetant sur la station	Le Port et la Possession	Etang Salé	Saint-Paul	Saint-Denis et Sainte-Marie
Mode de gestion	DSP - Affermage - VEOLIA EAU	DSP - Affermage - VEOLIA EAU	Régie (La Créole)	DSP - Concession - VEOLIA EAU
Date de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation	21/10/2008	17/06/2010	24/07/2009	11/01/2012
Date de mise en service	31/12/1991	01/04/2012	17/07/2012	01/04/2013
Date de réhabilitation	2010	2012	/	/
Code national SANDRE	109740700001	109740400001	109741500001	109741100002
Capacité nominale (eH)	87 050	19 200	60 000	170 000
Débit de référence (m³/j)	17 895	3 455	12 400	32 200
Débit moyen entrant en 2013 (m³/j)	9 388	1 218	4 097	18 830
Débit de pointe par temps sec en 2013 (m³/j)	9 129	1 181	3 894	18 540
Débit de pointe par temps de pluie en 2013 (m³/j)	17 269	2 230	9 246	26 003
Exigence de traitement selon l'arrêté préfectoral	Bactériologique	Azote et Phosphore (zone sensible)	Azote et Phosphore (zone sensible)	Bactériologique (Arrêté) et Azote, Phosphore, (contractuel)
Type du milieu de rejet	Eau côtière	Infiltration dans le sol	Infiltration dans le sol via 12 drains	Eau côtière
Dépôt du dossier de demande d'autorisation d'exploitation de la file REUSE	Oui (2015)	Non	Non	Non
Utilisation actuelle de la file REUSE	A l'arrêt	Oui	Oui	Oui

Concernant la compétence traitement, l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées est assurée pour la commune de :

- Saint-Paul en régie (La créole)
- St Denis/Ste-Marie en DSP - Concession (Grand Prado 360° - VEOLIA)
- Le SIAPP en DSP - Affermage (VEOLIA)
- Etang-Salé en DSP - Affermage (CISE)

La capacité nominale de traitement des quatre stations diffère d'une STEU à l'autre :

Tableau 7: Capacité nominale de traitement en équivalent habitant (eH)



3.1. Les 4 projets de REUSE à la Réunion

Les 4 STEU concernées par le projet de REUSE sont réparties de la façon suivante sur le territoire réunionnais :



Figure 4: localisation des 4 STEU concernées par le projet REUSE

Les différentes filières de traitement des eaux usées traitées, les données techniques et financières de chaque STEU sont résumées dans des fiches « de synthèse » référencées en Annexe 2.

3.1.1. Projets de REUSE de la station d'épuration du Port

3.1.1.1. Dispositifs du projet et objectifs

Au milieu des années 2000, l'extension de la station d'épuration de la ville fait surgir l'idée de la REUSE. Elle est finalement conçue sur la technologie des bioréacteurs à membranes, qui permet une ultrafiltration des eaux usées traitées, avec un abattement microbien remarquable. En 2013, la voie d'un projet pilote attribué à VEOLIA, a été ouvert avec le choix d'un procédé d'affinage très performant, l'osmose inverse, de nature à produire une eau réutilisable de qualité supérieure aux exigences réglementaires. Ce principe de double filtration membranaire (ultrafiltration et osmose inverse en traitement complémentaire d'affinage REUSE) représente à ce jour le traitement d'eau le plus poussé, utilisé au niveau mondial pour des expériences de REUSE allant jusqu'à l'usage 'eau potable'.

Une première phase pilote a été menée pendant 6 mois en 2013 pour un montant estimé à 600 000€.

Afin d'étudier l'efficacité du projet de réutilisation des eaux usées un pilote expérimental mené par le groupement BRLi / SCP / SEC MO / SOGREAH a été mis en œuvre, entre les mois de mars et de juillet 2013. Les travaux ont consisté à évaluer la qualité des effluents en entrée et en sortie de STEU ainsi qu'en sortie d'osmose inverse (OI) et en sortie d'irrigation. Aussi, une parcelle a été consacrée à l'évaluation de l'efficacité de différents systèmes d'irrigation avec de l'eau claire et de l'eau issue de la filière de traitement REUSE.

Ce pilote expérimental a permis d'évaluer la qualité des eaux d'un point de vue physico-chimique et bactériologique. En complément une étude spécifiquement sur la teneur en perturbateurs endocriniens, dont les résidus médicamenteux et les substances hormonales a été menée.

Le résultat de ces analyses montre que le traitement tertiaire OI + chloration permet d'obtenir une qualité d'eau de type A+, supérieur au niveau A, défini dans l'arrêté du 2 août 2010.

De plus, sur les parcelles d'irrigations "tests", les résultats n'ont pas montrés de différence significative entre les secteurs arrosés à l'eau claire et ceux arrosés avec de l'eau épurée et traitée. Les différents systèmes d'irrigation (goutte à goutte et asperseurs) ne provoquent pas non plus de différences mesurables.

Ainsi, en avance par rapport à la réglementation et contrainte de suivre les exigences de qualité préconisées par l'ARS (avant 2014), la ville du Port s'est fixé des objectifs très sévères en termes de qualité des eaux, basés sur les normes d'eau potable et qu'elle a qualifié de A+. Le pilote a donné de très bon résultat d'abattement de la pollution physico-chimique, bactériologique et virale avec en sortie, une eau exempte de toute pollution, ce qui a conduit à la décision d'étendre le projet à l'échelle de la ville.

3.1.1.2. Scénario REUSE



STEU du Port



Rejet en eau côtière

Exploitant : VEOLIA

Capacité : 87 000 eH

Traitement : Boues activées + membrane d'ultrafiltration + UV



Traitement supplémentaire :

Osmose Inverse + Chloration

Production d'eau de REUSE :

6000 m³/j



Cuve de
stockage : 20 m³

700 000 m³/an



Autres usages :
Alimentation de la zone
industrielle



Arrosage des espaces
verts de la ville : 67 ha

3.1.1.3. La file « Eau » des EUT

Le traitement de la STEU comporte actuellement quatre étapes de traitements :

- **Un prétraitement.** Il est assuré par quatre dégrilleurs/compacteurs suivis de trois dessableurs/déshuileurs.
- **Un traitement biologique.** Après avoir transité par un bassin tampon, l'eau brute est envoyée sur six tamis rotatifs puis est ensuite dirigée vers les deux files de traitement biologique par boue activée. Elles sont chacune composées d'un bassin d'aération et d'un bassin anaérobie.
- **Un traitement tertiaire par filtration membranaire.** Il se compose de quatre cellules d'ultrafiltration, elles-mêmes équipées de quatorze racks de seize modules chacun.
- **Un traitement final.** Il consiste en une désinfection par UV avant le rejet en mer.

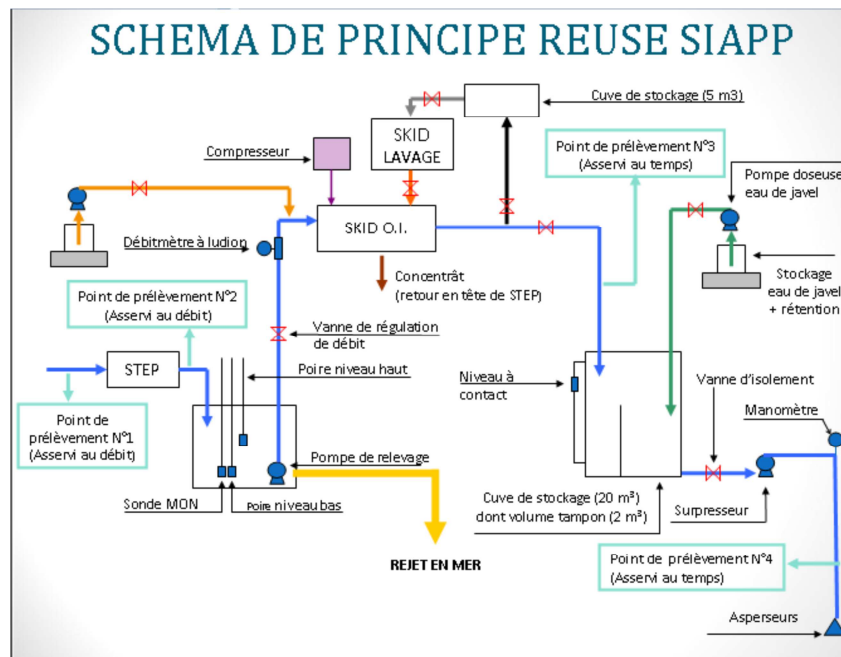
Une filière de **traitement expérimentale osmose inverse + chloration** à la javel a été retenue suite à une proposition de VEOLIA en réponse à l'appel d'offre lancée par la ville du Port pour le projet de mise en œuvre d'une installation de REUSE.

L'installation pilote se compose :

- D'une pompe de relevage en amont pour alimenter le pilote d'OI en eau brute à traiter (sortie de STEU).

L'équipement du pilote d'osmose inverse est constitué de :

- Du pilote d'OI avec :
 - o Un skid de filtration, comprenant une cuve de stockage d'eau brute de 500L avec deux préfiltres à 400µm, une pompe de gavage, un préfiltre à 5µm, une pompe haute pression et deux tubes de pression comportant six membranes ;
 - o Un skid de rinçage / lavage, équipé d'une cuve de 400L avec agitateur et d'une pompe de circulation.
- D'une cuve de stockage d'eau traitée (20 m³) avec injection d'eau de javel pour la désinfection.
- Un réseau de canalisations jusqu'au terrain d'irrigation.



La totalité des effluents de la ville du Port subissent un traitement poussés de microfiltration + de désinfection UV avant même de subir le traitement d' « affinage » de la file REUSE.

D'après les données d'autosurveillance et les analyses réalisées par la STEU dans le cadre du dossier de demande d'autorisation de réaliser la REUSE, les paramètres de qualité de l'eau en sortie de STEU « classique » (hors REUSE), puis en sortie de STEU après la file REUSE sont les suivants :

Tableau 8: Performance épuratoire de la STEU du Port

	Unités	Entrée STEU	Sortie STEU « file classique »	Sortie STEU Osmose Inverse « file REUSE »	Niveau de qualité A d'une eau REUSE selon l'arrêté du 25 juin 2014	Adéquation de la qualité sanitaire de l'effluent au regard de la réglementation (niveau de qualité A)
MES	mg/L	Entre 150 et 300	2,0	<2	< 15	OUI
DCO	mg/L	Entre 600 et 700	28,2	Entre 9 et 13	<60	OUI
E.Coli	UFC/100ml	Entre 10^7 et 3.10^7	12	0	<= 250	OUI
Entérocoques fécaux	n/100ml	10^6	6	0	>= 4 (abattement en log)	OUI
Phages ARN F- spécifiques	n/100ml	10^4	<5	0	>= 4 (abattement en log)	OUI
Spoires de bactéries anérobies sulfito- réductrices	n/100ml	-	< LQ	< LQ	>= 4 (abattement en log)	OUI

En conclusion, on retient que l'effluent de sortie STEU «file REUSE» est de nature à respecter le critère de qualité A de l'arrêté 2010. Aucun germe pathogène n'a été détecté en sortie de traitement. Il faut souligner que le projet d'Osmose Inverse + chloration a été mis en place bien avant les premiers textes réglementaires relatifs aux exigences de qualité sanitaire de l'eau de REUSE. Les exigences de traitement fixés ont été très stricte.

Cependant, on s'aperçoit que l'eau en sortie STEU « file classique », semble également respecter tout les paramètres de qualité nécessaire à l'atteinte d'une eau de qualité A. Il ne serait donc a priori, pas nécessaire de mettre en place un traitement d'affinage supplémentaire « REUSE » aussi poussé.

Ainsi, le traitement complémentaire par osmose inverse et chloration montre un gain de sécurité dans la maîtrise de la qualité d'eau d'irrigation. L'eau produite est de qualité : « eau potable » sur les critères microbiologiques à titre de comparaison (arrêté du 11 janvier 2007).

3.1.1.4. Etat d'avancement du projet de REUSE

Aujourd'hui le projet pilote est à l'arrêt et aucune eau de REUSE n'est produite sur la station d'épuration.

Conformément à l'annexe III de l'Arrêté du 2 Août 2010 et suite au projet pilote expérimental mené sur une durée de 6 mois, la station d'épuration du Port a constitué son dossier de demande d'autorisation qu'elle a soumis au préfet en septembre 2014. Elle est en attente d'une réponse de la part des services de l'état (ARS et de la Police de l'eau du département) pour engager les travaux des équipements de REUSE. Les résultats très satisfaisant du projet pilote mené pendant 6 mois par la commune, ont encouragé les élus à équiper la file REUSE des mêmes équipements (Osmose Inverse + chloration) dimensionné pour un débit moyen en sortie de 6000 m³/j.

Ce projet a été retenu au titre des « Investissements d'Avenir – Ville de demain » instruit par la Caisse des Dépôts et des Consignations. Accord cadre : Accompagnement financier de l'AFD. La Ville envisage également un financement au titre du FEDER 2014-2020.

3.1.1.5. Estimation du coût

Le montant des études et des travaux du projet pilote expérimental s'élève à environ 600 000€. Des aides financières ont été accordées à la collectivité et ont subventionnées le projet pilote de REUSE à hauteur de 13.8 % par l'Office de l'eau.

Une estimation AVP a été réalisée en 2009 et évalue le montant d'investissement de la file complémentaire REUSE à 3,2 Millions d'euros hors réseau d'irrigation. Si le processus d'osmose inverse basse pression est retenu, une nouvelle évaluation financière sera nécessaire.

3.1.2. Projet de REUSE de la station d'épuration d'Etang Salé

3.1.2.1. Contexte

En 2009, la station d'épuration (STEU) de la commune de l'Etang-Salé d'une capacité de 6000 EH, est mise en demeure pour la non-conformité de son système d'assainissement au regard de la charge polluante reçue estimée à 10 000 EH, provenant principalement des effluents résiduels industriels. Un projet d'extension et de modernisation de cette STEU a été étudié. La situation géographique particulière de cette STEU impose de nombreuses contraintes réglementaires et techniques pour son extension et sa modernisation (zone sensible azote et phosphore). Lors des différentes études réalisées, une solution de rejet particulière, pour 1/3 des débits, a été envisagée. Il s'agit d'apporter un traitement supplémentaire à cette partie du débit sortant grâce à une filtration membranaire (microfiltration). Ce traitement de finition permet d'obtenir une eau de meilleure qualité susceptible d'être utilisée pour l'irrigation du Golf d'Etang Salé.

3.1.2.2. Scénario « REUSE »



STEU d'Etang-Salé



Rejet : Infiltration dans le sol

Exploitant : VEOLIA
Capacité : 19 200 eH
Traitement : Boues activées + clarificateur



Traitement supplémentaire :
Préfiltration + membrane de microfiltration
Production d'eau de REUSE :
2 040 m³/j



Cuve de stockage
de 2500 m³



Irrigation du golf
d'Etang-Salé : 75 ha

3.1.2.3. La file « eau » de l'EUT

Le traitement de la STEU comporte actuellement trois étapes de traitements :

- **Un prétraitement.** Il est assuré par un dégrilleur grossier, puis fin ($> 6\text{mm}$) ;
- **Un traitement biologique.** Les effluents sont ensuite acheminés vers la file de traitement biologique par boue activée dans laquelle la pollution azotée, carbonée et phosphorée y est traitée ;
- **Un traitement de clarification.** Il est assuré par un clarificateur à fond conique qui permet de séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques.

La file complémentaire REUSE est composée des équipements suivants, à savoir :

- D'une unité de **filtration membranaire** :
 - o Un pré-filtre dont le pouvoir de coupure est évalué à 500 microns
 - o 2 skids de filtration membranaire SIEMENS dotés d'un seuil de coupure de 0,04 microns
- D'une **cuve de stockage** de l'eau de REUSE pour le rétro-lavage des membranes

A noter qu'à ce jour les effluents qui transitent à travers la file complémentaire REUSE (à savoir 1/3 du débit d'entrée), n'est pas valorisé et rejoint le milieu de rejet de la file « classique ». De plus, les équipements de désinfection UV des EUT n'existent pas à ce jour.



3.1.2.4. Etat d'avancement du projet de REUSE

A ce jour la STEU d'Etang-Salé réutilise les eaux de REUSE sur son site en tant qu'eau de service à hauteur de $100\text{ m}^3/\text{j}$. L'autre partie des eaux usées traitées est redirigée vers le milieu de rejet pour être infiltrées dans le sol. Certaines fibres de modules membranaires sont hors d'usages et doivent être changées dans le cas où la collectivité veuille concrétiser son projet de REUSE, ainsi le débit de production d'eau de REUSE est limité.

Le projet ne semble pas être au centre des préoccupations et reste en attente pour le moment. Aucun dossier de demande d'autorisation de réaliser la REUSE n'a été établi.

3.1.2.5. Aspect financiers

Une étude réalisée en 2010 par M. D. SALUT, ingénieur stagiaire à la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Réunion, sous la tutelle de M. D. CAREIL, chef du Service des Equipements Publics Ruraux, a conclu à la faisabilité technico-économique d'un projet de Réutilisation des Eaux Usées Epurées pour l'irrigation par aspersion des terrains du golf de l'Etang Salé.

Les investissements liés au projet REUSE peuvent se décomposer en trois sous parties d'ouvrages :

- **Traitement tertiaire membranaire**

Le traitement tertiaire membranaire est inclus dans le projet d'extension et de modernisation de la STEU. Celui-ci est financé à hauteur de 36 % par l'Europe, l'Etat, la Région et l'Office de l'eau, 12 % par l'industriel et 52 % par la commune. A ce jour, cette partie d'investissement est supportée en totalité par la commune.

- **Poste de refoulement vers golf**

Le poste de refoulement devra être intégré dans l'enceinte de la STEU étant donné la situation géographique et l'emplacement en zone EBC de celle-ci. Il est donc recommandé de construire cet ouvrage à proximité et en phase avec le poste de refoulement de l'exutoire final. Le marché concernant ces postes sera unique et intégrera la répartition financière adéquate entre les deux parties. Cette intégration permettra également une meilleure exploitation lors du fonctionnement de la STEU.

- **Réseau refoulement vers golf**

Une partie de ce réseau se situe dans l'emprise de la STEU ainsi que sur le chemin d'accès. Un phasage des travaux avec la pose de l'ensemble des canalisations et conduites sous le chemin d'accès doit être établi afin d'optimiser et d'éviter les perturbations ultérieures au chantier. Cette partie d'investissement doit donc être confirmée lors de cette étape des travaux. La plus longue partie, reliant le chemin d'accès de la STEU au point haut du golf, pourra être réalisée ultérieurement suivant le passage retenu sous la route nationale.

3.1.3. Projet de REUSE de la station d'épuration de Cambaie

3.1.3.1. Contexte

La Station de Traitement des Eaux Usées (STEU) de la ville de Saint-Paul était arrivée à sa limite de capacité. Il a donc été décidé de construire en 2012 un complexe de dépollution des eaux à Cambaie.

L'évolution démographique de la Commune de Saint-Paul a nécessité la création d'une station de traitement des effluents d'une capacité actuelle de 60 000 EH, extensible à 90 000 puis 120 000 EH. Ce nouvel équipement est un réel investissement en faveur de l'amélioration des conditions de vie des habitants et de la qualité de l'environnement. Les élus ont également souhaité y instaurer la REUSE.

3.1.3.2. Scénario de REUSE



STEU de Cambaie

Exploitant : La Créole (Régie)

Capacité : 60 000 eH

Traitement : Boues activées + clarificateur



Traitement supplémentaire :

Préfiltration + Membrane de microfiltration + UV

Production d'eau de REUSE :

5 600 m³/j



Rejet : Infiltration dans le sol



Autres usages :
Alimentation de la zone industrielle avoisinante

Arrosage des espaces verts de la ville : 67 ha

3.1.3.3. La file « eau » de l'EUT

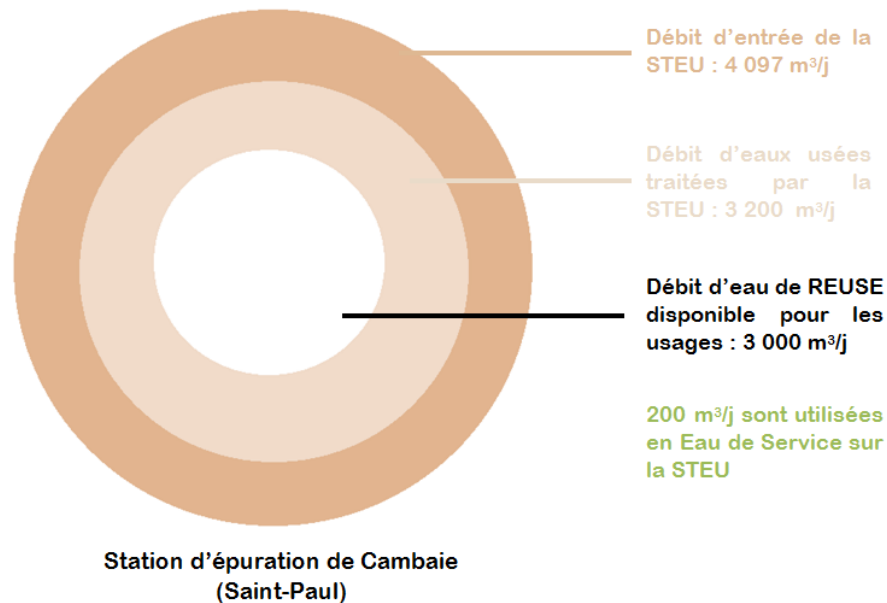
Les effluents qui arrivent sur la station d'épuration passent par différentes étapes de traitement avant d'arriver sur la file complémentaire REUSE, à savoir :

- **Un prétraitement.** L'effluent subit un dégrillage grossier (> 25 mm) puis un dégrillage fin (> 6 mm)
- **Traitement biologique.** Les eaux arrivent sur deux files traitement en parallèle de traitement biologiques dans des bassins d'aération à boues activées.
- **Un clarificateur.** Il est assuré par un clarificateur à fond conique qui permet de séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques.

Une partie des effluents clarifiés va alors être dirigée vers la file de traitement complémentaire REUSE (capacité nominale 5 600 m³/j) et subir différents traitements :

- Une pré-filtration membranaire (seuil de coupure 300 micron)
- Une microfiltration sur membrane (seuil de coupure de 0,1 micron)
- Une désinfection UV grâce à un jeu de deux rampes en série.

Un réseau primaire d'acheminement d'eau de REUSE est déjà existant. La longueur est estimée à 3000 ml.



3.1.3.4. Etat d'avancement du projet de REUSE

A ce jour la STEU de Cambaie, valorise 160m³/h des effluents en eau de REUSE qu'elle utilise en eau de service. Le dossier de demande d'autorisation de réaliser la REUSE sur le CDE de Cambaie n'a pas encore été établi.

3.1.3.5. Aspects financiers

Le montant d'investissement (génie civil et équipement) a pu être calculé à partir du DPGF (Décomposition du Prix Global Forfaitaire). Ce montant s'élève à 1 585 000€ et a été subventionné à hauteur de 60%. Attention, ce montant ne prend cependant pas en compte le montant d'investissement des réseaux.

3.1.4. Projet de REUSE de la station d'épuration de Grand-Prado

3.1.4.1. Contexte

La CINOR a décidé de construire une station d'épuration intercommunale des eaux usées sur le site du Grand Prado à Sainte-Marie, intégrant les systèmes de transfert amont et aval des eaux usées en provenance des communes de Saint-Denis et de Sainte-Marie. Elle souhaite mettre en œuvre la réutilisation des eaux épurées de la station de traitement au profit de l'irrigation des parcelles agricoles, des espaces verts et de l'approvisionnement en eau des industriels de la CINOR. Cette orientation s'inscrit, à la fois dans le cadre des dispositions de l'article 5.4 de l'arrêté d'autorisation de la STEU du 26 octobre 2007, et d'une concertation étroite avec les milieux agricoles et les industriels du sucre, avec l'appui des services de l'état, en particulier, la DIREN, la DAF et la DRASS.

3.1.4.2. Scénario de REUSE



STEU du Grand-Prado



Rejet en eau côtière

Exploitant : VEOLIA

Capacité : 170 000 eH

Traitement : Boues activées + clarificateur + désinfection UV



Traitement supplémentaire :

Préfiltration + filtration
membranaire de microfiltration

Production d'eau de REUSE :
2 000 m³/j



Bâche de
stockage de l'eau
de REUSE : 300
m³

700 000 m³/an



Alimentation de la zone
industrielle



Arrosage des espaces
verts de la ville : 67 ha

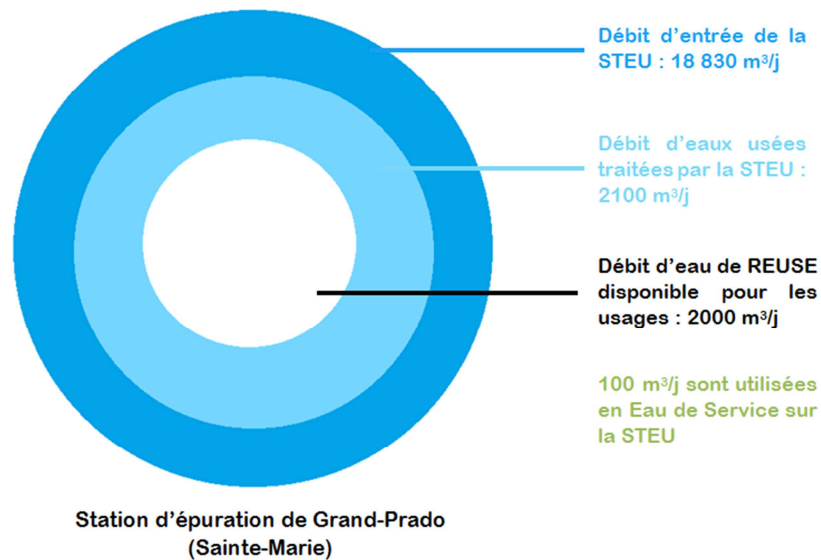
3.1.4.3. La file « eau » de l'EUT

Le traitement de la STEU comporte actuellement quatre étapes de traitements :

- **Un prétraitement.** Il est assuré par un dégrillage grossier (>25 mm), puis fin (>3mm).
- **Un traitement biologique.** Après avoir transité par un bassin tampon, l'eau brute est dirigée vers les deux files de traitement biologique par boue activée. Elles sont chacune composées d'un bassin d'aération et d'un bassin anaérobie.
- **Une clarification.** Les effluents sont ensuite redirigés vers 2 clarificateurs afin de séparer l'eau clarifiée des boues.
- **Un traitement tertiaire à tamis rotatif.** Il se compose de quatre files en parallèles. Les tamis rotatif ont un pouvoir de coupure de 10 micron.
- **Un traitement final.** Il consiste en une désinfection par UV avant le rejet en mer.

Une filière de traitement complémentaire « REUSE » vient affiner le traitement des effluents après la désinfection UV, elle se compose :

- D'une préfiltration (seuil de coupure 300 microns)
- D'une microfiltration (pouvoir de coupure 0,1 µm)



3.1.4.4. Etat d'avancement du projet de REUSE

A ce jour, la STEU de Grand-Prado réutilise les eaux usées traitées sur site en tant qu'eau de service. Aucun dossier de demande d'autorisation de réaliser de la REUSE n'a encore été établi.

3.1.4.5. Aspects financiers

Le montant des investissements a été estimé à 690 000€ pour les équipements de membranes et à 167 000€ pour le génie civil.

En ce qui concerne la maintenance de la file REUSE, le délégataire (VEOLIA) a souhaité prendre un contrat de maintenance avec le fournisseur des membranes (PALL) pour un montant de 9 000€/an comprenant une visite annuelle et une assistance à distance en continue. Le montant des dépenses annuelles allouées à la consommation de réactif et à la consommation électrique s'élève à 12 000€/an.

3.2.Filière de traitement des EUT des quatre STEU

Les procédés de traitement choisis de la filière complémentaire REUSE de chacune des quatre STEU a été synthétisé dans le tableau ci-dessous. Le choix de la filière et les performances des installations permettent, in fine, d'obtenir à priori une eau de qualité sanitaire « A ».

	Le Port	Etang Salé	Saint-Paul (Cambaie)	Grand-Prado
Type de traitement	Boues activées	Boues activées	Boues activées	Boues activées
Filière de traitement (conception)	Moyenne charge	Faible charge	Faible charge	Faible charge
Prétraitements	dégrillage grossier (> 25 mm) dégrillage fin (> 6 mm) tamisage (1 mm)	dégrillage grossier (> 25 mm) dégrillage fin (> 6 mm)	dégrillage grossier (> 25 mm) dégrillage fin (> 6 mm)	dégrillage grossier (> 25 mm) dégrillage fin (> 3 mm)
Traitement secondaire	Boues activées + Bioréacteur à membrane (ultrafiltration) + désinfection UV	Boues activées + clarificateur + lit d'infiltration sur sable	Boues activées + clarificateur	Boues activées + clarificateur + membrane à tamis rotatif (seuil de coupure 10µm) + désinfection UV
Traitement complémentaire REUSE	Osmose inverse + chloration	Filtration membranaire de microfiltration	Préfiltration (pouvoir de coupure 300 µm) + Microfiltration membranaire (pouvoir de coupure 0,1µm) + désinfection UV	Préfiltration (pouvoir de coupure 300 µm) + Microfiltration membranaire (pouvoir de coupure 0,1µm)
Niveau de qualité sanitaire des eaux de REUSE	A	A	A	A

3.3.Analyse technique des équipements et des procédés de traitement REUSE

Lors des visites qui ont été réalisées sur les 4 stations d'épuration concernées par le projet de REUSE, il a été établi une analyse technique des différents équipements relatifs à la facilité d'accès des équipements en place particulièrement pour la maintenance, le remplacement de pièces, etc...

Equipe- ments STEU	Pompe d'ali- mentation	Débitmètre	Pré-filtre	Membrane de microfiltration	Robinet d'ana- lyse	Rampe de dé- sinfection UV	Injection de réactifs
Cambaie	 Accessibilité 	 Accessibilité 	 Accessibilité  Maintenance  (en cours de résolution— nouveau système)	 Accessibilité 	 Accessibilité 	 Accessibilité 	 Accessibilité 
Grand-Prado	 Accessibilité 	 Accessibilité 	 Accessibilité  Maintenance  (présence d'UV en amont)	 Accessibilité 	 Accessibilité 	 Accessibilité (traitement II) 	 Accessibilité 
Etang-Salé	 Accessibilité 	 Accessibilité 	 Accessibilité  Maintenance  (présence d'algues)	 Accessibilité 	 Accessibilité 		 Accessibilité 

Au vu des opérations de maintenance à réaliser régulièrement sur les pré-filtres, le remplacement des modules membranaires tous les 7 ans, les prélèvements d'eau de REUSE (au robinet) pour réaliser les analyses. Il est important, pour aboutir, à un projet optimum d'anticiper et de faire les bons choix lors de la réalisation des travaux de la file REUSE.

3.4.Perspective de REUSE sur les STEU de l'île

D'après les données d'autosurveillance 2014, nous avons pu extraire les données suivantes de chaque STEU de l'île :

- Débit de référence de la STEU
- Débit moyen d'entrée
- Saturation hydraulique moyenne (%)
- Concentration en DCO journalière moyenne annuelle en sortie de STEU
- Concentration en MES journalière moyenne annuelle en sortie de STEU
- Départs de boues constatés ou prévisibles
- Adéquation entre la qualité du rejet (hors bactériologie) et les exigences règlementaire en matière d'irrigation au vu de l'arrêté du 25 juin 2014

Nom de la STEU	Commune	Débit de référence (m³/j)	Débit moyen d'entrée en 2014 (m³/j)	Saturation hydraulique moyenne (%)	Concentration en DCO moyenne journalière en sortie (mg/L)	Concentration moyenne en MES journalière en sortie (mg/L)	Qualité des eaux de sortie insuffisante - départs de boues constatés ou prévisibles	Adéquation entre la qualité du rejet (hors bactériologie) et les exigences réglementaire en matière d'irrigation
Bras-Pranon	Bras-Pranon	1200	1500	125	251	183	Oui	Non
Brûlé Marron	Cilaos			50	101	65	Oui	Non
Entre-Deux	Entre Deux	1000	568,8	57	41	13	Non	Oui
Etang-Salé	Etang Salé	3455	1486	43	42	14	Non	Oui
Cimetière	Les Avirons	900	1851	206	233	91	Oui	Non
Le Port	La Possession	17895	10158	56	27	2	Non	Oui
Pierrefonds	Le Tampon	24000	10774	45	37	16	Oui	Non
Ermitage	Les Trois-Bassins	7500	4330	58	30	2	Non	Oui
Saint-André	Saint-André	6400	3631	57	35	13	Oui	Oui
Saint-Benoit	Saint-Benoit	6900	2755	40	32	8	Non	Oui
Grand-Prado	Saint-Denis	32200	19903	62	27	5	Non	Oui
Saint-Joseph	Saint-Joseph							
Saint-Leu Cimetière	Saint-Leu	900	1851	206	233	91	Oui	Non
Le Gol	Saint-Louis	7350	4358	59	273	183	Oui	Non
Grand-Prado	Sainte-Marie	32200	19903	62	27	5	Non	Oui
Cambaie	Saint-Paul	12400	4253	34	30	3	Non	Oui
Ermitage	Saint-Paul	7500	4330	58	30	2	Non	Oui
Grand-Bois	Saint-Pierre	400	316	79	487	181	Oui	Non
Pierrefonds	Saint-Pierre	24000	10774	45	37	16	Oui	Non
Sainte-Rose	Sainte-Rose	1375	178	13	44	12	Non	Oui
Trois-Frères	Sainte-Suzanne	4420	1814	41	60	4	Non	Non
Niveau de qualité sanitaire des eaux usées traitées pour une eau de qualité A					< 60	< 15		

D'après l'annexe II de l'Arrêté du 25 juin 2014, les paramètres DCO et MES sur les eaux de REUSE doivent être présents en concentration < 60 et < 15 mg/L respectivement. Les données qui apparaissent correspondent aux résultats d'analyses de l'eau en sortie de STEU « filière classique ». On peut donc imaginer qu'en ajoutant une filière complémentaire d'affinage, les STEU en vert seront capable d'obtenir à coup sûr une eau de qualité A au niveau des paramètres physico-chimiques en sortie de file REUSE.

La saturation hydraulique, la constatation de départs de boues récurrent de certaines STEU (en orange) et le dépassement les valeurs de concentration en DCO et MES par rapport au niveau de qualité A exigé par l'arrêté, semble traduire le fait qu'il soit difficile pour ses STEU de réaliser la REUSE et que la priorité doit être accordé à atteindre la conformité au vu du traitement « classique » des effluents entrant.

Pour qu'un projet de REUSE voit le jour, il est tout d'abord conseillé aux collectivités et aux élus d'apprécier les opportunités. Pour cela, nous avons dégagé 4 étapes incontournables à prendre en considération :

Étape 1 : Performance de la station et destination pressentie des eaux usées traitées,

Étape 2 : Analyse des standards, normes et règlements existants afin de déterminer les traitements requis et les besoins de stockage,

Étape 3 : Comparaison du choix réalisé avec les systèmes existants, besoin en équipements et infrastructures, disponibilité des terres, contraintes technico-économiques et financières,

Étape 4 : Acceptation sociales et culturelles.

Ces éléments, une fois pris en compte, ne doivent pas constituer un frein dans la mise en place de projet et sont au contraire un moyen de percevoir tous les aspects à prendre en compte dans la mise en place de la REUSE sur le territoire.

3.5. Destination et usages des eaux usées traitées

La destination des eaux usées traitées des quatre STEU varie d'une station d'épuration à l'autre en fonction des besoins et des usages. L'eau usée traitée est actuellement, soit :

- utilisée en eau de service sur la STEU pour l'entretien, la maintenance des équipements (rétro-lavage des membranes, préparation aux polymères, etc...) ;
- rejetée sans être valorisé dans le milieu naturel au même titre que l'eau de sortie de la filière « classique » ;
- valorisée pour différents usages localisés à proximité de la STEU (irrigation de parcelles agricoles, arrosage des espaces verts, usages industriels).

L'objectif étant de maximiser la part d'EUT qui sera valorisé au profit des différents usagers.

3.5.1. Usages actuels

A ce jour, aucune de ces quatre stations d'épuration valorise ces EUT. En effet, pour qu'une valorisation soit possible, il faut que le maître d'ouvrage ait déposé un dossier de demande d'autorisation d'exploiter et que ce dossier ait été admis puis validé par le préfet.

Ainsi actuellement, les 3 stations d'épuration qui possèdent une file de traitement REUSE en service (Cambaie, Grand-Prado, Etang-Salé) réutilisent l'eau usée traitée en tant qu'« eau de service » notamment pour l'irrigation des espaces végétalisés de la STEU, le nettoyage des équipements, cette eau est également utilisée pour la préparation des polymères. Elle remplace ainsi l'eau industrielle qui est l'eau en sortie de clarificateur utilisé par les exploitants des STEU

pour les mêmes usages. L'EUT ayant subi un traitement d'affinage ainsi qu'une désinfection, représente moins de risque sanitaire de contamination par d'éventuels germes pathogènes pour l'exploitant.

3.5.2. Projet de réutilisation des eaux usées traitées

Les eaux usées urbaines traitées peuvent être réutilisées à différentes fins : irrigation de plaines agricoles, d'espaces verts, nettoyage des surfaces urbaines ou encore pour des recharges de nappes lors de la lutte contre les biseaux salés (Condom & al., 2012). La réutilisation en milieu industriel est aussi répandue.

3.5.2.1. Perspective d'usages de l'eau de REUSE issu de la STEU du Port

Ces dernières années, l'urbanisation et l'aménagement de la cité maritime du Port s'est accompagné d'une politique de développement environnemental considérable, ce qui en fait aujourd'hui une cité verdoyante.

Dans ce projet de REUSE, la collectivité souhaite donc valoriser ses eaux usées traitées pour répondre à la demande en matière d'irrigation de ses espaces verts essentiellement. Ils occupent une superficie totale de 196 040 m². Ils forment un point remarquable de la ville du Port par leur emprise au sol, leur abondance et leur diversité, et font l'objet d'un entretien très intensif. Ils ont une fonction essentiellement paysagère ; de par leur situation, ils peuvent se subdiviser en trois catégories, ronds-points, espaces linéaires, arrêts de car.

Les consommations en eau ont atteint de l'ordre de 1 100 000 m³/an en 2013 soit une consommation journalière moyenne de l'ordre de 3 000 m³/jour. L'analyse des consommations d'eau pour les espaces verts montre que seule l'irrigation du parc boisée et du cimetière paysager représente près de 40 % de la consommation totale.

Les parcelles identifiées sont des parcelles actuellement occupées par des espaces verts et équipées de matériel d'irrigation, sur lesquelles l'eau usée traitée viendra en substitution de l'eau potable comme ressource d'arrosage. Elles couvrent une surface de 67 ha.

Les industriels situés à proximité de la station d'épuration de la ville du Port sont également des usagers potentiels de l'eau usée traitée.

3.5.2.2. Perspective d'usages de l'eau de REUSE issue de la STEU d'Etang-Salé

La commune d'Etang-Salé ne semble pas vouloir concrétiser quelconque projet de réutilisation de ses eaux usées traitées. Le projet d'irrigation du golf d'Etang-Salé est également en suspend.

3.5.2.3. Perspective d'usages de l'eau de REUSE issue de la STEU de Cambaie

La commune de Saint-Paul souhaite dans un premier temps, réutiliser les EUT pour irriguer ses espaces verts et notamment le complexe sportif. Elle souhaite également irriguer et alimenter la zone industrielle située à proximité.

3.5.2.4. Perspective d'usages de l'eau de REUSE issue de la STEU de Grand-Prado

Les eaux usées traitées issues de la station d'épuration du Grand-Prado ont toujours eu pour volonté d'être valorisé pour divers usages : irrigation des parcelles agricoles (canne à sucre), arrosage des espaces verts et alimentation des industriels.

A ce jour, il n'existe aucun besoin réel exprimée en terme de réutilisation d'eau de REUSE sur la commune de Sainte-Marie.

La mairie de Saint-Denis à quant à elle, réaliser une étude de pré-faisabilité technico-économique pour la réalisation d'un réseau de transfert des eaux de sortie de la station d'épuration du Grand-Prado vers le ventre ville de Saint Denis, et plus précisément vers le parc de la Trinité (cœur vert familial).

La ville de Saint-Denis a besoin d'irriguer des espaces verts d'une superficie globale de 25 hectares. Par conséquent, la quantité d'eau nécessaire suivant la pluviométrie et l'ETP (évapotranspiration) de la zone, serait de 150 m³/j.

Il est prévu dans le cadre de ce projet de construire les ouvrages suivants :

- Un réservoir de stockage des eaux en sortie de la STEU (200 m³)
- Un local technique 20m²
- Un surpresseur
- Un réseau en PEHD250 (longueur 6600m)
- Une chambre de vannes 12m²

L'ensemble des prestations (études, travaux, génie civil, équipements techniques, etc...) s'élève à 2 642 000€ HT.

3.5.2.5. Synthèse des usages eau de REUSE

A ce jour, les filières REUSE des STEU de Cambaie, Grand-Prado et Etang Salé sont en fonctionnement et traitent un débit moyen cumulé journalier de 350 m³/j. La valorisation actuelle (2015) et future des EUT des quatre communes est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

	Le Port	Etang Salé	Saint-Paul (Cambaie)	Grand-Prado
En 2015	File REUSE à l'arrêt	Lavage du dégrilleur grossier, Lavage de la fosse de stockage des matières de vidange, Dépoussiérage de la désodorisation, Rétro-lavage des skids membranaire	Irrigation des espaces verts du site CDE Cambaie, Curage des réseaux, Préparation aux polymères Rétro-lavage des skids membranaire	Lavage des sols Préparation aux polymères Rétro-lavage des skids membranaire
Projet futur	Irrigation des espaces verts de la commune: parc boisé, terrain sportif, espaces verts communaux Alimentation de la zone industrielle : Industrie HOLCIM, EDF, chantier de la nouvelle route du littoral	Aucun	Arrosage du stade de foot de Saint-Paul Irrigation des axes mixtes	Usages agricoles essentiellement (canne à sucre) Arrosage d'espaces verts (dont Parc de la Trinité- Saint-Denis) Usages industriels
Niveau de qualité sanitaire exigé pour satisfaire les usages futurs	A	-	A	A

Les projets de REUSE, atteints à plus ou moins long termes, sont caractéristiques des besoins en eau de chaque commune. La localisation géographique de la station est un facteur d'importance dans le choix de destination des eaux traitées dans la mesure où la réalisation de réseau primaire et secondaire d'acheminement jusqu'aux usagers renferme une incidence financière et technique remarquable.

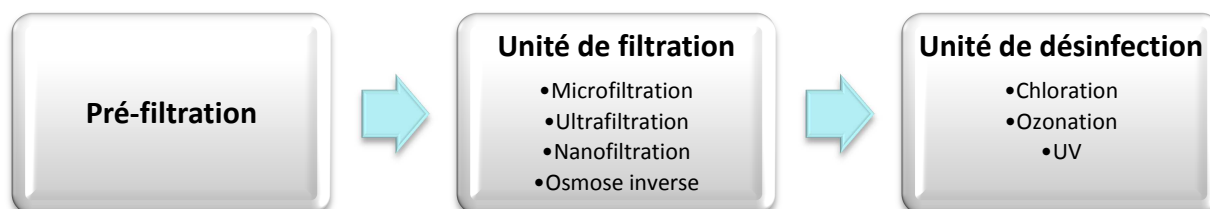
4. Différentes typologies de process de la file complémentaire REUSE

Selon l'objectif final prévu pour les eaux usées traitées, les critères de qualité ne sont pas les mêmes que lors d'un rejet direct en sortie de STEU. Ainsi, il y a une obligation de mettre en place un traitement complémentaire REUSE et de choisir le ou les procédés qui sont les plus adaptés vis-à-vis de la réutilisation désirée et de la qualité de l'effluent en sortie de station.

Connaissant les caractéristiques de notre effluent en sortie du traitement secondaire et la qualité d'eau à atteindre pour la réutilisation en fonction des usages souhaités, il suffira de choisir les traitements complémentaires adaptés (Annexe 2). Ainsi, pour satisfaire les usages souhaités, les élus communaux devront suivre la démarche suivante pour définir le process de traitements REUSE le plus adapté :



Le process retenu en fin de traitement secondaire peut être configuré de multiples façons en termes d'équipements de filtration puis, de désinfection :



Au vu de la qualité de l'effluent obtenu après le traitement secondaire et de l'unité de filtration choisi, la phase de pré-filtration peut être inutile et ne pas être intégrée dans la filière de traitement.

4.1. Les procédés membranaires de filtration pour la file complémentaire REUSE

La filtration est un procédé de traitement destiné à clarifier un liquide contenant des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. Cette phase de traitement a pour but :

- d'éliminer les très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute et/ou issues de la floculation ;
- d'éliminer les bactéries, la couleur et la turbidité de l'effluent.

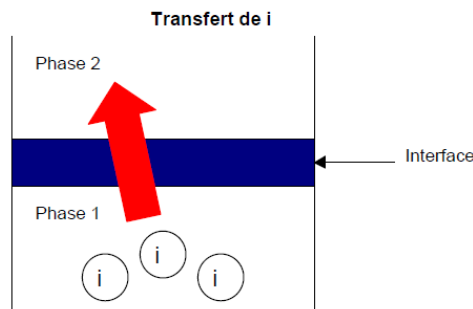
La principale caractéristique des techniques de séparation membranaires est de mettre en œuvre des systèmes polyphasés constitués par :

- le fluide à traiter ;

- le fluide traité (une solution à dépolluer, une eau à dessaler...) ;
- la membrane.

Ces systèmes en fonctionnement sont hors d'état d'équilibre et vont tendre de matière spontanée vers un nouvel état d'équilibre. Cette évolution implique obligatoirement un transfert de matière et d'énergie au niveau de la surface de contact entre les deux phases, c'est à dire au niveau de l'interface, sous l'effet des contraintes imposées au système.

Lors du transfert de l'espèce i entre les deux phases 1 et 2, la membrane joue le rôle d'interface :



La barrière (physique ou chimique) constituée par la membrane va jouer le rôle d'interface sélective entre les deux phases. Le transfert de matière d'une phase à l'autre va dépendre de l'intensité de la contrainte appliquée de part et d'autre de cette interface. Cette contrainte a pour but d'accélérer le processus de séparation. Elle peut être :

- un gradient de pression (ΔP) ;
- un gradient de potentiel électrique ($\Delta \phi$) ;
- un gradient de potentiel chimique ($\Delta \mu_i$) ;

	Ionophores*	Poreuses	Denses
gradient de potentiel chimique ($\Delta \mu_i$)	Dialyse Ionique	Dialyse Moléculaire (Hémodialyse)	Osmose
un gradient de potentiel électrique ($\Delta \phi$)	Electrodialyse	Electro-Ultrafiltration	Electro-osmose
un gradient de pression (ΔP)	Piézodialyse	Micro-, Ultra-, Nano-filtration**	Osmose inverse

- * Ionophores : molécules des membranes responsables des transferts ioniques
- ** nanofiltration : membranes intermédiaires entre poreuses et denses

Pour synthétiser, on peut affirmer que les techniques séparatives à membranes sont des procédés physiques de séparation qui utilisent les propriétés de tamisage moléculaire d'une membrane poreuse balayée par le liquide contenant les constituants à séparer.

Chaque filtre est caractérisé par sa capacité de rétention, c'est-à-dire l'espace intergranulaire. A chaque passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate, les pertes de charge augmentent fortement. Il est alors nécessaire de réaliser un retro lavage pour assurer la régénération du filtre.

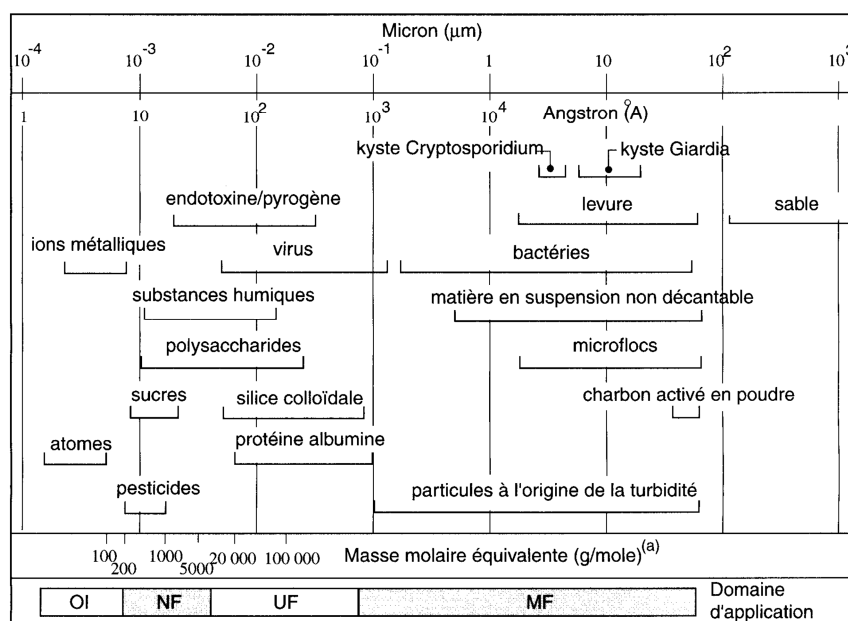
4.1.1. Les différentes filières de filtration

Les différentes filières de filtration utilisées pour la REUSE en vue d'atteindre une eau de qualité capable de satisfaire la majorité des usages sont : la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse.

Les membranes permettent de filtrer et d'éliminer toutes les MES, tous les micro-organismes et toutes les substances qui s'y adsorbent. Seules subsistent les matières dissoutes. L'efficacité

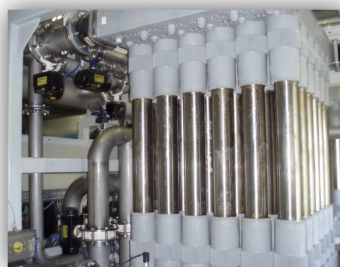
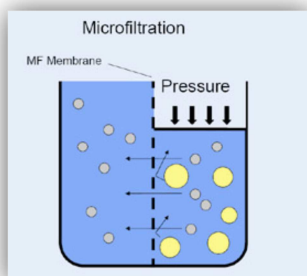
épuratrice d'une membrane dépend de son « seuil de coupure ». Selon Lazarova (2003), un seuil de coupure de 0,035 μm permet de désinfecter de manière quasi-totale. Les autres avantages d'un traitement par membranes sont une réduction considérable de la surface nécessaire pour le site de traitement (moins 50 % de surface totale au sol et moins 40 % du volume d'un bassin biologique, toujours selon Lazarova) et une automatisation poussée de l'usine. Par contre, les membranes nécessitent d'être nettoyées régulièrement pour continuer à être efficaces. De plus, le traitement par membranes est un procédé dont le coût est élevé. La filtration est très efficace pour l'élimination des micro-organismes, d'autant plus que ceux-ci sont gros. L'osmose inverse, qui est une technique de filtration encore plus fine, et qui permet de séparer également les substances dissoutes, est tout aussi efficace.

Le tableau ci-dessous présente le champ d'application des différentes techniques de filtration classique et des différentes techniques de séparation par membrane.



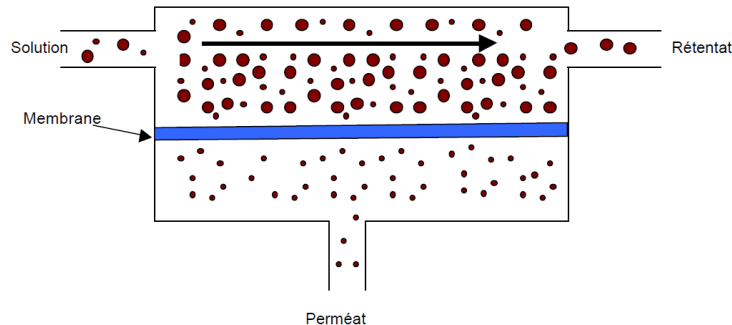
4.1.2. La microfiltration tangentielle

On utilise des membranes avec des pores de taille comprise entre 0,1 et 10 μm . Les membranes de micro-filtration éliminent toutes les bactéries. Une partie de la contamination virale est retenue par ce procédé, bien que les virus soient plus petits que les pores de la membrane de micro-filtration.



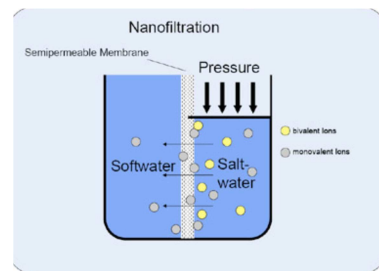
4.1.3. L'ultrafiltration

Pour une élimination complète des virus, il est nécessaire d'avoir recours à une ultra-filtration. Les pores d'une membrane d'ultra-filtration permettent d'éliminer les particules de 0,001 à 0,1 μm . L'ultra-filtration peut être appliquée comme prétraitement de l'eau avant une nano-filtration ou une étape d'osmose inverse.



4.1.4. La nanofiltration

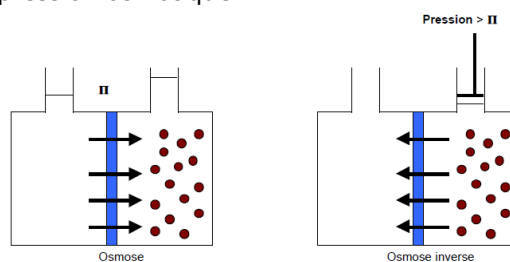
Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 $\text{\AA}$). Cette technique est principalement utilisée pour l'élimination des substances organiques, telles que les micro-polluants, et les ions polyvalents. Les membranes de nano-filtration ont une rétention modérée des sels monovalents.



4.1.5. L'osmose inverse

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires.

La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique.



La pression osmotique Π est d'autant plus importante que la concentration est élevée et que la masse molaire est faible.

4.1.6. Comparatifs des membranes de filtration

Ainsi, il est possible d'envisager différentes techniques de filtration pour la file complémentaire REUSE en fonction des usages souhaités et de la qualité de l'effluent obtenu en sortie de traitement secondaire. On peut résumer les caractéristiques et performances des différentes techniques de filtration dans le tableau ci-dessous :

	Microfiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Osmose Inverse
Matériau le plus utilisé	Polysulfoné	Polysulfoné	Polyamide	Polyamide
Diamètre des pores (µm)	0,4 à 10 µm	0,003 à 0,2 µm	0,001 à 0,003	< 0,0005
Caractéristiques	Elimine toutes les bactéries et une partie des virus	Elimine toutes les bactéries et tous les virus	Elimination des substances organiques, (micro-polluants, et les ions polyvalents)	Laisse passer uniquement le solvant et arrête tous les ions
Pressions (kPa)	35 à 350	175 à 1 000	1 000 à 3 100	1 400 à 3 100
Post-traitement	Non	Non	évent. reminéralisation	reminéralisation

Il est à noter que dans le cas d'une réutilisation en irrigation agricole, les procédés de nanofiltration et d'osmose inverse ne sont pas appropriés à moins d'envisager un post-traitement de reminéralisation. En effet, même si leur capacité à abattre les populations bactériennes et virales est très importante, ils éliminent également les ions et la quasi-totalité de la matière organique qui rendent la réutilisation des eaux usées intéressantes car ils sont nécessaires à la croissance des plantes. Ces deux procédés restent, en revanche, très intéressants lors d'une réutilisation des eaux en milieu industriel.

4.2. Les systèmes de désinfection

Les procédés comme l'osmose inverse, l'ultrafiltration et la nanofiltration, permettent d'éliminer la plupart des pathogènes, bactéries, parasites et virus de l'eau usées. Mais à la sortie de la filière de traitement REUSE jusqu'à l'usager il peut y avoir une nouvelle contamination. Il est donc nécessaire d'ajouter une étape de désinfection. Elle élimine et empêche tout développement de pathogènes lors de la réutilisation. Les caractéristiques principales d'un procédé de désinfection sont les suivantes :

- Etre efficace sur les microorganismes pathogènes
- Ne pas engendrer la formation de sous-produits indésirables
- Etre non dangereux pour la santé et l'environnement.

La désinfection comporte deux étapes aux effets différents : l'effet germicide, c'est-à-dire la destruction de germes, et l'effet rémanent qui garantit la qualité bactériologique de l'eau jusqu'au consommateur. Elle est possible grâce à différents systèmes de désinfection tels que :

- la chloration,
- l'ozonation,
- le rayonnement UV.

4.2.1. La désinfection par chloration

La méthode la plus ancienne de désinfection est l'utilisation de chlore. Le chlore est injecté directement dans les eaux usées. Il peut être utilisé sous forme de chlore gazeux, hypochlorite de sodium et bioxyde de chlore. Cet oxydant très puissant permet l'élimination de la plupart des microorganismes pathogènes même à faible dose. En effet, il endommage les membranes des cellules. C'est une technique très facile à mettre en place et peu coûteuse. Toutefois, la désinfection des eaux usées par chloration peut avoir un impact négatif sur la faune et flore aquatique (toxicité du chlore résiduel). De plus, les réactions entre le chlore et les matières organiques restantes dans les eaux peuvent former des sous-produits organochlorés, parfois cancérigène.

Pour éviter ces effets non désirés, une étape de déchloration est ajoutée. Elle consiste en l'ajout de bioxyde de soufre (SO_2). Le temps de réaction entre lui et le chlore résiduel est très rapide et permet de bloquer les effets toxiques vis-à-vis de la vie aquatique. Par contre, cette réaction fait diminuer la concentration en O_2 dissous, elle augmente les coûts et ne permet pas l'élimination des sous-produits potentiellement cancérigène.

4.2.2. La désinfection par l'ozone

L'ozone est un gaz oxydant très puissant, qui permet de dégrader la matière organique et d'éliminer les principales sources pathogènes présentes dans l'eau. En effet, son potentiel d'oxydation est de 2,07. Il est nettement supérieur à celui du chlore qui n'est que de 1,35. Il peut oxyder les bactéries et les virus. Les propriétés de l'ozone sont les suivantes, il est désinfectant, désodorisant, respectueux de l'environnement et purificateur.

La désinfection par l'ozone se déroule comme suit. L'eau en sortie de STEU est stockée dans une cuve tampon. Elle sera ensuite pompée pour passer à travers un ou plusieurs filtres à tamis pour ensuite être introduite dans une « chambre d'impact ». C'est dans cette chambre que sera injecté l'ozone. Un mélange parfait entre l'ozone et l'eau est alors réalisé. C'est un générateur d'ozone qui produit l'ozone nécessaire au traitement. Il n'y a pas d'utilisation de produits chimiques. Il faut juste de l'air et de l'électricité. Environ 10 g/h/m³d'eau d'ozone est suffisant pour éliminer l'ensemble des pathogènes avec un temps d'exposition est d'une heure. A la sortie de ce traitement, l'eau peut être rejetée dans le milieu naturel ou être réutilisée.

Comparé aux autres traitements de désinfection, l'ozone est très performant et très efficace pour l'élimination des virus. Il a une très bonne efficacité sur l'inactivation des virus. Cependant, il ne permet pas de détruire tous les micro-organismes présents dans l'eau comme par exemple les parasites cryptosporidium, giardia et toxoplasmose. De plus, en raison du coût élevé de ce type de désinfection (équipements volumineux et cher) et la toxicité de l'ozone (mesures supplémentaires obligatoires), il est actuellement peu utilisé.

4.2.3. La désinfection par l'UV

Les rayonnements UV sont des ondes lumineuses de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. Leur pouvoir germicide dépend de la longueur d'onde émise. Ce sont les UVc compris entre 200 et 280 nm qui sont les plus germicides.

La source d'émission UV utilisée en désinfection est la lampe à vapeur de mercure. Il s'agit de lampes à arc électrique qui provoque l'excitation des atomes de mercure, puis l'émission de radiations par retour à leur état fondamental.

Les UV permettent donc d'éliminer les bactéries et les virus. Ils éliminent même les formes les plus résistantes comme les spores bactériennes ou les kystes. Des recherches ont montrés que les UV détruisaient 1,8 fois plus de spores de Clostridium perfringens que le chlore (Whitby et al.,1985). La dose est alors définie par le produit de l'intensité UV par le temps d'exposition des germes aux rayonnements. L'efficacité de la désinfection par UV dépend des paramètres de fonctionnement et de la qualité de l'effluent. Les plus importants sont :

- **Le temps d'exposition** : Le temps d'exposition est fonction du débit et donc de la vitesse de passage de l'effluent dans l'installation. Il faut considérer le temps d'exposition moyen aux rayonnements UV qui est fonction de la conception hydraulique du chenal. Le volume du réacteur doit être utilisé au maximum, en évitant les zones mortes pour profiter au mieux de l'énergie UV.

- **L'intensité UV émise par les lampes** : L'intensité UV nominale est fonction du nombre de lampes allumées. L'intensité reçue par l'effluent diminue avec l'éloignement par rapport à la lampe, notamment par dissipation de l'énergie dans un volume plus grand.

- **Les matières en suspension** : Les rayons UV sont peu pénétrants de ce fait, les MES peuvent fournir une protection aux micro-organismes pour plusieurs raisons : le rayon n'atteint pas la bactérie libre parce qu'une particule lui sert de protection, la pénétration sera également incomplète ou nulle si la bactérie est adsorbée à une particule. Une teneur en M.E.S supérieure à 25 mg/l limite les performances de la désinfection par UV basse pression. Par contre, la filtration de l'effluent les améliore.

- **La turbidité** : Elle intègre les MES et les matières dissoutes. On peut conclure que plus le traitement d'épuration en amont de la désinfection UV est efficace, plus les performances de la désinfection sera grande.

Après un procédé par UV, la qualité de l'eau correspond à la norme A d'après la révision de l'arrêté du 25 juin 2014, la réutilisation des eaux est donc possible. Ainsi l'avantage principal de la désinfection par UV, est qu'il y a une absence de sous-produits toxiques et qu'il n'y a pas de stockage de produits dangereux. De plus, l'emprise au sol est contrairement à l'ozonation. La désinfection par UV est très efficace (+ de 99,99%) contre les salmonelles (fièvre typhoïde), salmonella enteritidis (gastroentérite), cholerae de vibrio (choléra), tuberculose de Mycobacterium (tuberculose), pneumophila de Legionella (Légionellose), virus de la grippe, de poliomyélite, et Hepatitis. Il s'agit du procédé le plus préconisé en désinfection.

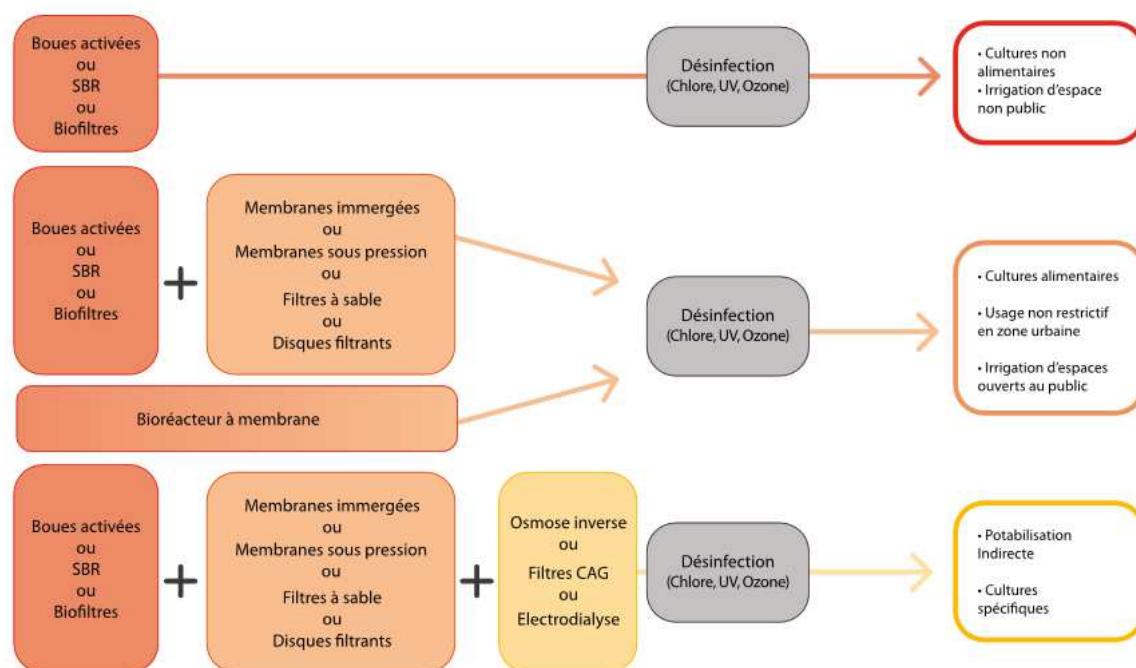
4.2.4. Comparatif des différents procédés de désinfection

Le tableau ci-dessous présente les avantages, faiblesses, opportunités et menaces de chaque système de désinfection.

Procédés	Avantages	Faiblesses	Opportunités	Menaces
Chloration	- coût faible - efficace pour l'élimination bactérienne	- peu efficace pour l'élimination de virus - nécessite d'importantes mesures de protection pour le personnel de la station d'épuration - réaction du chlore avec les matières organiques → formation de sous-produits organo-chlorés (potentiellement cancérogènes)		la désinfection des eaux usées au chlore peut avoir un impact significatif sur la vie aquatique à cause de la toxicité, aiguë et chronique, du chlore résiduel.
Chloration-déchloration	technique bien maîtrisée et relativement simple	- peu efficace pour l'élimination de virus - risques pour le personnel de la station d'épuration et pour la sécurité publique lors du transport - coût moyen	ce moyen de désinfection est moins dommageable que la simple chloration	il ne permet toutefois pas d'empêcher la formation de sous-produits organochlorés et les problèmes associés.
Ozonation	- action rapide et efficace sur les bactéries et les virus - faible propension à générer des produits secondaires indésirables - ne nécessite aucun transport de produits chimiques - plus sécuritaire pour le personnel que la chloration	coûts élevés d'investissement et d'exploitation	même si l'ozone résiduel est très toxique pour la vie aquatique, il est rarement trouvé en quantité significative après la désinfection des eaux usées car l'ozone résiduel réagit très rapidement avec les différentes substances contenues dans les eaux	
Rayonnement UV	- absence de formation de produits secondaires indésirables - aucun ajout de produit chimique - simplicité d'exploitation - sécurité d'exploitation - très efficace pour inactiver les virus	coût moyen		efficacité diminue quand MES augmente
Lagunage	- les impacts sur les coûts d'investissement et d'exploitation sont faibles - les impacts sur la sécurité du personnel et du public, et sur l'environnement sont nuls	- n'est pas en soi une méthode de désinfection (les micro-organismes entériques humains survivent difficilement dans un tel environnement) - forte emprise au sol		

4.3. Les niveaux de traitement minimum pour un usage donné

Une fois les usages clairement identifiés et le débit journalier d'eau nécessaire pour satisfaire l'ensemble des besoins, il est possible de « penser » la file de traitement REUSE en fonction de la destination des eaux usées traitées et de la filière de traitement secondaire déjà présente. Une proposition technique de filières de traitement possible en fonction des usages souhaités est présentée ci-dessous :



5. Etude de la viabilité économique d'un projet de REUSE

5.1.Aspect tarifaire de l'eau disponible actuellement pour satisfaire les besoins

En fonction des usages de l'eau à la Réunion évoqués précédemment (Cf. 2.), l'origine et la tarification de la ressource peut varier. A la Réunion, les prélèvements sur la ressource en eau pour les usages agricoles et industriels représentent 1/3 des prélèvements globaux sur l'île.

Pour que les projets de REUSE suscitent un intérêt financier, le coût au m³ de l'eau réutilisée en fonction des usages devra être comparé :

- Pour l'irrigation des espaces verts municipaux et pour les usages industriels raccordés au réseau d'assainissement, au tarif actuel de l'eau potable;
- Pour les usages agricoles, au tarif actuel de l'eau brute provenant des projets hydro-agricoles du département (Bras de la Plaine, Bras de Cilaos de la SAPHIR et projet ILO).

5.1.1. Tarification AEP communale

En matière de tarification des services d'eau et quel que soit le mode de gestion choisi, le rôle décisionnaire des collectivités est affirmé. Celles-ci déterminent le tarif applicable en fonction des charges du service qui dépendent tant des coûts d'investissement que de fonctionnement. Le budget communal pour les services d'eau doit être autonome, les recettes équilibrant les dépenses. La structure tarifaire du service est constituée de la manière suivante :

- une part fixe, l'abonnement qui correspond à la mise à disposition du service ;
- une part proportionnelle, variable en fonction du volume d'eau consommé par l'utilisateur ;
- la redevance sur le prélèvement d'eau dans le milieu, les redevances pour pollution et la taxe sur la valeur ajoutée (TVA).

A partir du coût moyen de la facture d'un foyer (abonné domestique) consommant 120 m³ d'eau par an, l'Office de l'Eau a calculé la moyenne départementale du prix de l'eau hors assainissement (toutes communes confondues) qui s'élève à 1,23 € TTC/m³ en 2014 (Annexe 3).

Dans le cadre du projet de REUSE, nous avons étudié la tarification AEP qui s'applique pour les communes concernées. Les tarifs de l'eau potable distribuée aux compteurs verts et de l'eau potable qui vont servir de comparatif au coût de la réutilisation s'établissent au 1er janvier 2014 à :

		Tranches semestrielles de tarification pour la part variable du prix de l'AEP											
Volume consommé en m ³		0	60	100	120	160	180	240	300	360	480	Max	
Commune	Tarification part fixe/an												
Etang Salé	20,22 €	0,5519 €			0,8902 €			1,2371 €			1,5672 €		
Port	29,00 €		0,2596 €			0,6192 €			0,8237 €			0,9883 €	
St Paul	13,94 €			0,4533 €			1,1961 €			1,8308 €		2,0414 €	
Ste Marie	33,44 €			0,7873 €		1,0205 €		1,2114 €			1,6100 €		
Moyenne	24,15 €	0,5130 €		0,6559 €	0,7458 €	0,9315 €	0,9792 €	1,1171 €	1,3754 €	1,4579 €	1,4991 €	1,5517 €	
		0	60	100	120	160	180	240	300	360	480	Max	

5.1.2. Tarification AEP communale à usage agricole

La tarification progressive, (paragraphe précédent) conçue à l'origine dans un but de protection de la ressource, permet de mettre à disposition des consommateurs de l'eau potable à bas prix pour leurs besoins vitaux, puis d'augmenter progressivement le tarif afin de favoriser un comportement économe. Les petits consommateurs bénéficient d'un tarif moindre, les gros consommateurs sont incités à faire attention sous l'effet d'une forte pression tarifaire.

Cependant, certaines communes ont fait le choix de mettre en place une tarification spéciale pour les gros consommateurs d'eau (autre que les habitants) qui sont souvent des usagers industriels ou des agriculteurs.

A ce jour, sur les 4 communes concernées, seul la commune de Saint-Denis a mis en place une tarification spéciale pour l'eau potable délivré par le réseau AEP à usage agricole au tarif de 0,3197€/m³.

5.1.3. Tarification départementale de l'eau brute destinée à l'irrigation agricole

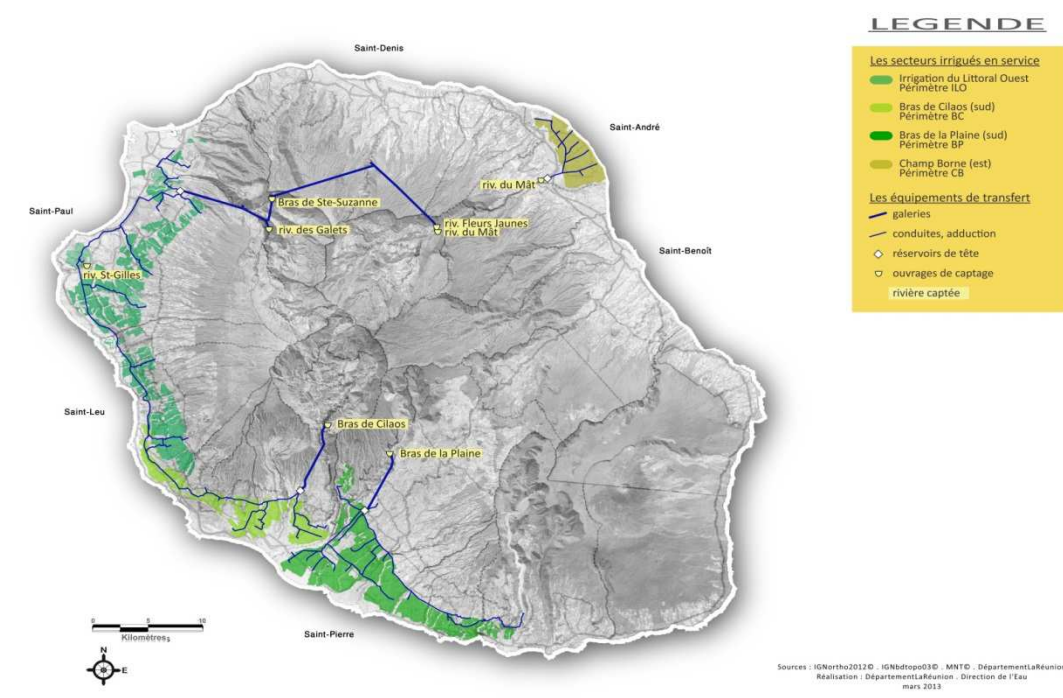
Le département s'est lancé il y a quelques années dans des projets ambitieux d'aménagements hydro-agricoles pour subvenir aux besoins en eau, dans les régions de l'île souffrant de stress hydrique à certaines périodes de l'année. Pour mémoire, nous avons évoqué précédemment (Cf 2.1.) les projets irrigués du bras de la Plaine, bras de Cilaos, projet ILO.

Une tarification spéciale est appliquée à l'échelle du département en fonction des régions : sud, ouest et est.

La tarification des services Départementaux de livraison d'eau brute en € TTC/m³ s'applique comme suit :

Périmètres irrigués	Ouest	Sud	Est	Nord
Eau d'irrigation	0,0822	0,0845	0,0683	Sans objet

Les périmètres irrigués sont découpés sur le territoire de la façon suivante :



La commune de Saint-Paul irrigue ses parcelles agricoles avec de l'eau brute au tarif de 0,0822€/m³ (périmètre Ouest). Cette tarification avantageuse rentre bien évidemment en concurrence avec le coût de l'eau de REUSE.

Aujourd'hui, les trois ressources d'eau citée précédemment satisfont les principaux besoins des usagers de l'eau à la Réunion et le coût de ces ressources s'avère clairement évalué.

Néanmoins, une nouvelle ressource, l'eau issue de stations d'épuration pourrait à terme satisfaire une partie des usages. Cependant, une étude financière pertinente se doit d'être menée afin de déterminer un coût (€) du m³ qui nous permettra ensuite d'établir un ratio de rentabilité.

5.2. Coût de revient de la file REUSE supporté par la collectivité

Certains coûts et bénéfices, d'un projet de REUSE, non marchands sont difficilement monétarisables comme les impacts environnementaux, la satisfaction des individus...

A contrario, les coûts d'investissements, d'exploitation et de maintenance sont facilement identifiables et quantifiables car ils sont observables et marchands. Les postes financiers identifiés dans la mise en œuvre d'un projet REUSE, sont les suivants :

- o Filière de traitement REUSE (génie civil + équipements de REUSE)
- o Bassin de stockage des eaux de REUSE avant valorisation
- o Maintenance des équipements et exploitation (remplacement des équipements, consommation électrique, utilisation de réactifs, ETP,...)
- o Analyse des eaux de REUSE (fréquence conforme à l'Arrêté)
- o Réseau de canalisations de la STEU jusqu'aux usages (réseau primaire et secondaire)

Les majeures parties des éléments à considérer pour une analyse compétente des impacts économiques sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Eléments de l'analyse des impacts économiques		
<i>La REUT conduit à considérer l'eau comme une ressource à valoriser et non plus seulement comme un déchet à évacuer. La notion de bénéfices à évaluer va constituer le fil conducteur des questions à se poser</i>		
	Thème principal	Données détaillées à recueillir
investissements	Ouvrages d'épuration, de désinfection ; stockage et distribution des EUT	Génie Civil, conduites, pompes, filtres, appareils de régulation, automatismes
	Charges financières du projet	Subvention, emprunts (taux, durée), aides particulières
Coûts de fonctionnement	Pour tous les ouvrages identifiés	O&M, Energie, Personnel, intrants ; fiches d'intervention fréquentes et exceptionnelles
Eléments divers à collecter	population	Celle du Bassin Versant de la station d'épuration ; Celle concernée par la REUT ; Perspectives démographiques ; % des ménages sous le seuil de pauvreté
	Volumes d'eau	Entrant et sortant de la station d'épuration ; Rejetés au milieu naturel ; distribués selon usages
	Eau et population	Besoins en eau potable par habitant ; tarification eau potable ; redevance assainissement ; niveau de recouvrement ; capacité des usagers à payer
Spécificités de la REUT	Pour toutes les formes de REUT	Recettes attendues ; connaissance de la pénurie et impact de la REUT sur cette pénurie ; nombre d'emplois créés ; Chiffre d'Affaire et valeurs ajoutés ; bénéfices non marchands ; dépenses évitées ; dommages économiques associés à un traitement insuffisant des EU ; avantages perdus ou auxquels on a renoncé
	REUT en agriculture	Surfaces agricoles irriguées ; besoins en eau par type de culture ; revenu agricole par ha et par culture ; valeur ajoutée par ha ; pérennité agricole ; dynamique du secteur : nombre de bénéficiaires ; accompagnement professionnel ; gains de superficies cultivées ; évolution de l'activité agricole à Court Terme et Moyen Terme ; redevance eau agricole
Description organisationnelle	Par type d'ouvrage ou par projet	Maîtrise d'ouvrage identifiée ; opérateur identifié ; structure de distribution Eaux Usées Traitées ou de service
	Formation du personnel	Pour la station d'épuration ; pour la gestion administrative du projet ; pour la protection du Milieu Naturel

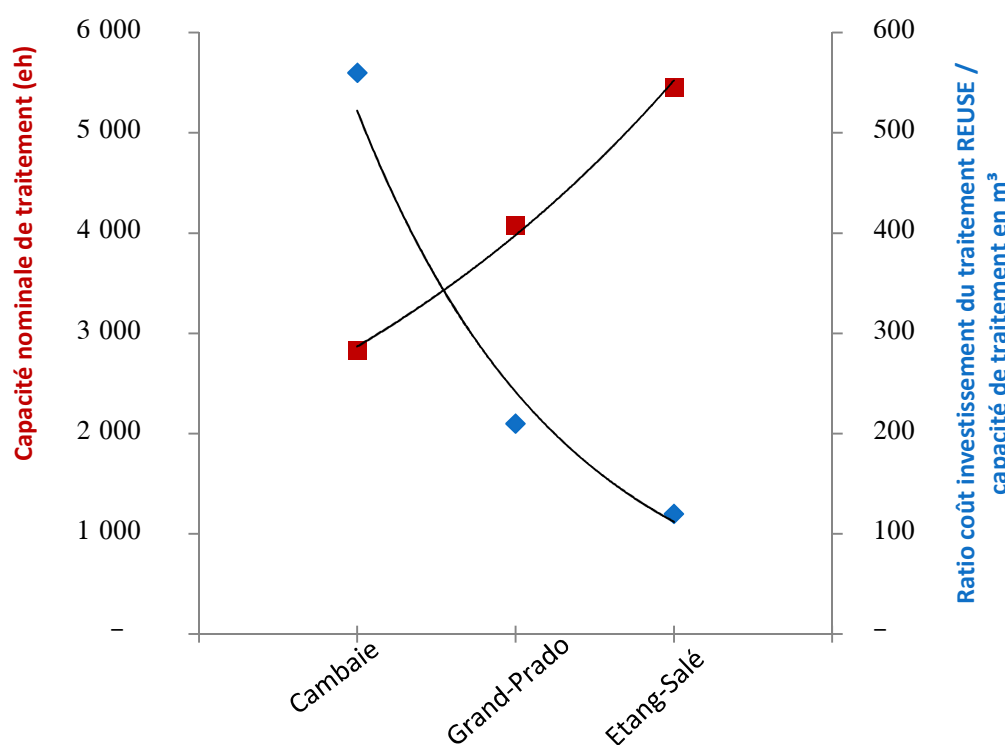
Ainsi, un projet de REUSE représente un coût pour la collectivité qui souhaite valoriser ses eaux usées traitées. L'analyse des coûts d'investissement et de maintenance que devra supporter la collectivité a pour finalité d'apprécier la rentabilité du projet (identification du coût de revient du m³ d'eau REUSE).

5.2.1. Calcul des coûts d'investissements

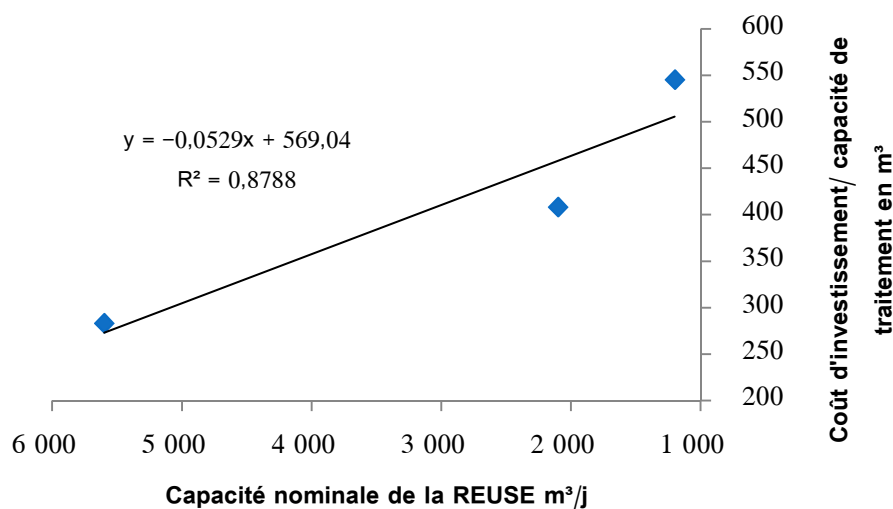
Afin d'avoir une vision du coût de la REUSE dans un contexte locale, nous nous sommes référées aux données financières d'investissement de la STEU de Cambaie (Saint-Paul), de Grand-Prado et d'Etang-Salé :

	Cambaie	Grand-Prado	Etang-Salé
Détail Investissement REUSE			
Coût investissement traitement (membrane +UV) file REUSE TTC	1 585 365,00	857 000,00	654 324,44
Coût investissement réseau global (réseau primaire, secondaire) file REUSE TTC	480 000,00		451 326,87
Coût investissement (refoulement+ réseau primaire) file REUSE TTC			177 649,22
Coût investissement (réseau secondaire) file REUSE TTC			238 320,25
Cout global "projet REUSE" hors subvention	2 065 365,00	857 000,00	1 105 651,31
Subvention allouée (membrane)	951 219,00		271 927,68
Hauteur des subventions / cout global (%)	60%		25%
Détail des investissements de traitements (hors réseau)	traitement tertiaires + ouvrages annexes	équipement + génie civil	membrane + PR + UV
Total investissement supporté par la collectivité (€ TTC)	1 114 146,00	857 000,00	833 723,63
Capacité nominale de traitement de la file REUSE			
Capacité nominale de la REUSE en m ³ /j	5 600	2 100	1 200
Ratio coût investissement du traitement REUSE / capacité de traitement en m ³	283	408	545

Le coût d'investissement ramené à la capacité nominale de traitement de la file REUSE nous a permis de définir un ratio et de dresser les graphiques suivants :



D'après le graphique, on peut voir que la rentabilité économique sur les coûts d'investissements est d'autant plus importante que la capacité nominale de production d'eau de REUSE de la station d'épuration est élevée.



La droite de régression linéaire, nous a permis d'obtenir une équation de droite : $y = -0,0529x + 569,04$. Cette équation, nous permet d'avoir une estimation du coût des investissements de la file complémentaire REUSE (y) en fonction de la capacité nominale (m³/j) de production d'eau de REUSE (x).

Au vu de la valeur du coefficient de régressions linéaire : $R^2 = 0,8788$ de la droite, le calcul des coûts d'investissements semblent pouvoir se baser sur l'équation de la droite.

Trouver les conditions de l'équilibre économique et financier de la réutilisation : l'équilibre financier du dossier est parfois difficile à obtenir, et doit être étudiée au cas par cas. De plus, il peut être difficile de faire la part de ce qui ne relève que du dispositif de réutilisation. On retiendra que :

- les bénéfices environnementaux pour le milieu naturel induits par la réutilisation, peuvent justifier la contribution financière publique, au titre des externalités positives du projet. Le projet privé de Cambaie a ainsi bénéficié de plus de 60 % de subvention, y compris de l'Union européenne.
- le tarif de l'assainissement perçu auprès de populations urbaines productrices d'eaux usées, peut inclure l'amortissement de l'investissement et le fonctionnement du traitement tertiaire nécessaires à la réutilisation.

Au minimum, il est souhaitable que la volonté de payer permette de couvrir les coûts d'exploitation, les remboursements des prêts résiduels et les provisions pour renouvellement. Ainsi, les modalités de financement des projets de réutilisation peuvent être synthétisées par le tableau suivant :

	Type de financement	Principale source de financement	Finalité du financement
Investissement	Subventions	Etat	Externalités positives (préservation de l'environnement, adaptation au changement climatique)
	Autofinancement	Producteurs d'eaux usées puis revenus du projet pour le remboursement	Application du principe pollueur/payeur via le tarif de l'assainissement
	Prêts concessionnels	Bailleurs de fonds/ Etat	Externalités positives (préservation de l'environnement, adaptation au changement climatique)
	Prêt à taux de marché	Secteur privé	Diminution du coût des facteurs (golfs, espaces verts résidentiels, création de valeur foncière,...)
Fonctionnement	Autofinancement	Revenus du projet	Equilibre financier de l'activité (agriculture, maraichage, golfs,...)
	Prêt à taux de marché		
Maintenance/ Renouvellement	idem investissement	idem investissement	

La clé de répartition du plan de financement entre la puissance publique, au titre de la gestion de la ressource en eau, le pollueur au titre du principe pollueur-payeur et l'utilisateur final de l'eau recyclée, est donc définie en fonction de chaque situation.

5.2.2. Calcul des coûts d'exploitation

Il existe plusieurs types de coûts d'exploitation :

En phase d'exploitation, il faut considérer la consommation énergétique nécessaire à l'opération de la ligne de traitement, ainsi que la station de pompage assurant l'acheminement de l'eau de la STEU jusqu'à son lieu de réutilisation.

Il faut aussi prendre en compte les coûts engendrés par la consommation de réactif chimique de la ligne de traitement complémentaire.

Le montant des dépenses liées au renouvellement des équipements membranaires et UV est à prendre en compte.

Enfin, il ne faut pas oublier les opérations de maintenance et d'entretien effectué par l'exploitant/technicien sur la station d'épuration.

5.2.2.1. Montant des dépenses liés au renouvellement des équipements

D'après les retours d'expérience, la durée de vie des procédés de traitement membranaire est estimée à 7-8 ans. Après cette durée écoulée, il n'est pas rare de devoir changé tout ou une partie des modules membranaires.

La durée de vie des systèmes de désinfection est également à considérer. On estime que pour un jeu de rampe de désinfection UV, la durée de vie s'élève à 10 ans.

5.2.2.2. Evaluation de la consommation énergétique

L'opération de la ligne de traitement tertiaire et le transfert de l'eau jusqu'aux usagers induit des dépenses énergétiques. Les tarifs appliqués en 2015 s'élèvent à 0.13€ TTC/kwh (données issues du site www.reunion.edf.com).

- Au niveau des technologies de traitement, on peut estimer :

Pour la STEU d'Etang-Salé, une consommation annuelle électrique de 95 200 kwh/an, soit 0.016€/m³ d'eau traitée, pour l'intégralité du système de traitement « REUSE ».

Pour la STEU de Cambaie, une consommation annuelle électrique de 199 000 kwh/an, soit 0.019€/m³ d'eau traitée pour l'intégralité du système de traitement « REUSE ».

En moyenne nous avons donc considéré, qu'il soit judicieux de prévoir 0.02€/m³ d'eau traitée en terme de coût provenant de la consommation électrique pour les équipements de REUSE.

- Au niveau de l'acheminement de l'eau de REUSE jusqu'aux usagers :

Il faut prendre en considération les coûts liés à la consommation électrique des pompes de refoulement des eaux recyclées de la sortie de STEU jusqu'au bassin de stockage (usagers).

Ces coûts, seront, proportionnellement liés à la distance d'acheminement de l'eau mais également à la topographie.

5.2.2.3. Evaluation de la consommation de réactifs

Plusieurs produits chimiques sont utilisés tout au long de la file de traitement REUSE. Ces réactifs sont utilisés soit lors du lavement physico-chimique des systèmes membranaires, soit en sortie de STEU pour limiter le développement éventuel de pathogènes lors du stockage des eaux de REUSE. Généralement il s'agit d'hypochlorite de sodium (eau de javel), d'une solution acide (ex : H₂SO₄) et parfois d'une solution basique.

Ces réactifs ne sont pas sans incidence financières et sont à prendre en compte dans les coûts annuels d'exploitation.

Pour la STEU d'Etang Salé, le coût annuel de consommation de ces réactifs est estimé à environ 3 000€.

Pour la STEU de Cambaie, le coût annuel de consommation de ces réactifs est estimé à environ 1 500€.

La différence de coût entre les 2 STEU peut s'expliquer par le fait que la station d'épuration de Cambaie a fait le choix de produire elle-même (sur site) l'eau de javel à partir de chlorure de sodium (sel). Ainsi l'achat de sac de sel, revient moins cher à la fabrication que l'achat de solution de javel prêt à l'emploi.

5.2.2.4. Coût de maintenance et d'entretien

Les systèmes de préfiltration (si existant), de filtration membranaire et de désinfection nécessitent des interventions de maintenance et d'entretien. D'après les retours d'expérience des stations d'épuration réalisant à ce jour de la REUSE, il faut compter en moyenne 1h d'entretien minimum par semaine.

Ces opérations d'entretiens consistent à éliminer la présence éventuelle d'algues dans les systèmes de préfiltration, nettoyer les cuves et appareillage de fabrication de réactifs, s'assurer de l'intégrité de toute la file de traitement + désinfection. Le temps de maintenance moyen a été estimé à 1h/semaine.

En appliquant la tarification en vigueur au 1 janvier 2015 du smic horaire (9.61€ brut), le montant annuel du coût de maintenance de la file REUSE est de :

53 (nb de semaines annuelles)*9.61€ = 509.33€/an.

Il faut bien évidemment prendre en compte, que la maintenance des systèmes membranaires demande d'avoir des compétences techniques et pratiques particulières.

La station d'épuration du Grand-Prado a par exemple souscrit un contrat d'assistance auprès de la société du système membranaire en place (PALL) pour un montant de 9 000€/an comprenant une visite annuelle et une assistance à distance en continue.

5.2.2.5. Analyse des eaux de REUSE

L'Arrêté du 2 août 2010 (modifié au 25 juin 2014) dit qu'en fonction de la classe de qualité à atteindre, une fréquence d'analyse des eaux de REUSE est imposée de la manière suivante et devra être réalisé pendant chaque saison d'irrigation :

Paramètres	Fréquence d'analyses pour un usage requérant à minima une eau de qualité sanitaire (1)			
	A	B	C	D
Matières en suspension (mg/l)	1 par semaine	1 tous les 15 jours	1 par mois	
Demande chimique en oxygène (mg/l)				
Escherichia Coli (UFC/100ml)				
(1) Selon le tableau de l'annexe II.				

Les autres paramètres de l'Annexe II de l'Arrêté sont à analyser tous les deux ans en entrée et en sortie de STEU, il s'agit des :

- Entérocoques fécaux
- Phages ARN-spécifiques
- Spores de bactéries sulfito-réductrices

La limite de qualité à respecter pour ces 3 paramètres s'exprime en abattement en log, ainsi un prélèvement en entrée et en sortie REUSE devra être réalisé pour apprécier l'abattement.

D'après l'Arrêté du 25 juin 2014 : « Les analyses de la qualité des eaux doivent être réalisées par un laboratoire accrédité, pour les paramètres et les différents types d'eaux considérés, selon la norme ISO/ CEI 17025, par le comité français d'accréditation ou par tout autre organisme d'accréditation équivalent européen signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. ».

A la Réunion, il existe quelques laboratoires accrédité COFRAC et pouvant analyser la majeure partie des paramètres physiques et bactériologiques citée précédemment. Seuls les Phages-ARN spécifiques doivent être conditionnés puis envoyés en métropole pour être analysés.

Les données internes à l'Office dont nous disposons nous ont permis d'évaluer le coût moyen annuel des analyses pour une eau de qualité sanitaire A à environ 5000€/an. Les prix nous ont été fournis par le laboratoire QWALILAB localisé à la Possession (97 419).

Les phages ARN-spécifiques peuvent être analysés par le laboratoire EUROFINS situé en France mais devront respecter certaines préconisations en termes d'échantillonnage, de condition de transport et de temps d'analyse après prélèvement. D'après les données transmises par l'ARS, tous les échantillons devront être analysés dans un délai maximum de 24h et devront être transportés et conservés à une température de 4°C.

Paramètres	Fréquence	Lieu de prélèvement	Prix HT (€) d'un prélèvement	Prix TTC (€) d'un prélèvement	Prix TTC (€) total
MES	1/sem	Sortie REUSE	18	19,53	19,53
DCO	1/sem	Sortie REUSE	30	32,55	32,55
E.Coli	1/sem	Sortie REUSE	37	40,15	40,15
Entérocoques	1/tous les 2 ans	Entré STEU + Sortie REUSE	37	40,15	80,30
Spores de Bactéries sulfito-réductrices	1/tous les 2 ans	Entré STEU + Sortie REUSE	14	15,19	30,20
Phages-ARN spécifiques	1/tous les 2 ans	Entré STEU + Sortie REUSE	120 + transport vers métropole	130,2 + transport vers métropole	260,4
Total (€/an)					= 5073,5

5.3.Evaluation du coût du m³ d'eau de REUSE à la Réunion pour 3 projets existants

D'après les données internes à l'Office et que nous avons pu recueillir auprès des collectivités/maitre d'ouvrage, nous avons pu évaluer le coût (€) du m³ REUSE en fonction des besoins estimés, de la STEU de Cambaie (Saint-Paul), d'Etang-Salé (Annexe 10) et de Grand-Prado (Sainte-Marie). Les débits d'EUT de la commune d'Etang-Salé qui ont été utilisés pour calculer ce ratio ne sont pas d'actualité et s'appuient sur des projets d'irrigation exprimés en 2011 (Rapport de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Réunion-Damien SALUT, stagiaire). A l'heure actuelle la collectivité d'Etang-Salé ne semble plus vouloir satisfaire de réel besoin et semble découragée face aux procédures à engager auprès des services de l'état pour voir aboutir la REUSE sur son site.

Cependant, le ratio a tout de même été calculé pour ces trois collectivités avec une durée d'amortissement de 15 ans et nous permet d'évaluer à ce jour pour la commune de :

- Saint-Paul, le coût TTC/m³ REUSE à 0,191€ pour un besoin exprimé de 1 500 m³/j
- Etang-Salé, le coût TTC/m³ REUSE à 0,196€ pour un besoin exprimé de 1 200 m³/j
- Grand-Prado, le coût TTC/m³ REUSE à 0,157€ pour un besoin exprimé de 1 300 m³/j

Cette évaluation nous permet de faire une comparaison avec les tarifs en vigueur appliqués à :

- L'eau potable délivrée par les réseaux AEP des collectivités
- L'eau d'irrigation des services départementaux

Collectivité	Prix du service public d'eau potable pour une consommation d'eau de 120m ³ /an (€ TTC/m ³)	Eau d'irrigation des services départementaux (périmètre ILO et Bras de Cilaos) (€ TTC/m ³)	Eau de REUSE (€ TTC/m ³)
Saint-Paul	0,684	0,0822	0,191
Etang-Salé	0,84	0,0845	0,196
Sainte-Marie	1,21	-	0,157

Ainsi, comme nous pouvons le constater, le m³ d'eau de REUSE en sortie de STEU représente un coût bien inférieur au tarif de l'eau potable en vigueur pour les communes de Saint-Paul, d'Etang Salé et de Sainte-Marie. L'eau de REUSE aurait un énorme avantage à être utilisé pour les communes qui utilisent d'eau l'eau potable issu du réseau AEP en tant qu'eau d'irrigation pour ses espaces verts par exemple ou pour les industriels.

Cependant, l'eau de REUSE s'avère être plus chère que l'eau d'irrigation issue des périmètres hydroagricole des services départementaux.

Il est important de souligner que dans le cadre de cette étude, les coûts obtenus après calcul sont à utiliser avec précaution et après analyse pertinente de tous les paramètres pris en compte (notamment la durée d'amortissement, coût des réactifs, coût de maintenance, etc..). De plus, le coût a été calculé sans prendre en compte la revente éventuelle aux usagers de l'eau de REUSE. Il est bien évident que ce paramètre aura un impact considérable sur le caractère rentable ou non du projet de REUSE pour la collectivité.

Le calcul du ratio de l'évaluation du m³ d'eau de REUSE de la commune du Port avec le procédé d'Osiose Inverse ne peut être calculé de façon pertinente étant donné que le projet pilote réalisé à petite échelle ne permet pas d'évaluer efficacement les coûts d'exploitation, de maintenance.

Cependant, en prenant uniquement en compte le coût d'investissement (3 200 000€ AVP 2009), le montant des réseaux (1 170 000€), le coût des analyses (5 073€), les besoins actuels en eau d'irrigation des espaces verts de la ville (700 000m³/an), le coût du m³ d'eau de REUSE s'élève à : 0.42€/m³ (durée d'amortissement de 15 ans).

5.4.Elaboration d'un ratio de rentabilité de l'eau de REUSE

Un outil informatique sous format Excel de calcul de rentabilité local a été réalisé par l'Office de l'eau (Annexe 4). Ce ratio moyen d'évaluation du coût (€) du m³ d'eau de REUSE, calculé dans un contexte local réunionnais, peut être appliqué à l'échelle de toute l'île pour les élus qui souhaitent réaliser la REUSE sur leur commune.

Cet outil informatique, est accessible en libre téléchargement sur le site de l'Office de l'Eau (www.eaureunion.fr) et permet aux collectivités d'apprécier les moyens techniques et les équipements à prévoir en fonction des usages souhaités (et donc du niveau de qualité à atteindre). De plus, cet outil permet d'évaluer la rentabilité économique d'un tel projet en prenant en compte les tarifs d'eaux préférentiels déjà en vigueur pour certains usages (eau brute départementale pour les usages agricoles notamment).

Afin d'établir un ratio du coût du m³ d'eau REUSE, le montant des investissements a été calculé sur une durée d'amortissement de 15 ans.

6. Analyse et maîtrise des risques d'exploitation

6.1. Identification des défaillances possibles dans le système

Les défaillances dans le système de réutilisation des eaux usées peuvent intervenir à différentes étapes :

- **Au niveau du traitement membranaire**

En cas de défaillance des membranes, on observe un bref pic de turbidité puis un retour à un niveau de turbidité comparable à la situation normale, du fait de colmatage des fibres de filtration. Pendant ce laps de temps (moins d'une heure), plusieurs paramètres peuvent constituer des alertes. Ils sont retenus comme des indicateurs de surveillance de cette étape de production d'eau usée traitée.

Indicateurs de surveillance : baisses de pression ponctuelles dans le dispositif de traitement membranaire (pression transmembranaire), signal UV lié à l'augmentation de matière organique dans l'effluent (si capteur UV en sortie STEU).

o Techniques de nettoyage des membranes

Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible de perméabilité, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes. Les différentes techniques de nettoyage sont :

- Le rinçage ;
- Le rétrolavage à l'eau ou à l'air. Les fréquences des rétrolavages varient de 15 à 60 minutes tandis que leurs durées varient de 30 s à 3 minutes ;
- Le nettoyage mécanique avec une balle de mousse (uniquement pour les modules tubulaires et pour le colmatage dû à la Matière Organique Naturelle des eaux de surface) ;
- Le nettoyage chimique de la membrane (trempage et / ou circulation nettoyante).

Il est important aussi de procéder à des désinfections périodiques des systèmes membranaires (circuits / compartiment d'alimentation et de perméat). Les notices d'emploi détiennent des recommandations précises.

- **Au niveau du traitement tertiaire / osmose inverse**

C'est la minéralisation de l'eau en sortie de traitement qui indiquera une défaillance du fait de la capacité de rétention des sels dissous par les membranes d'osmose inverse.

Indicateurs de surveillance : mesures de conductivité, pH, température, perméabilité, réjection de la conductivité, pressions, débits, temps de fonctionnement.

- **Au niveau du stockage**

Une recontamination de l'effluent traité est possible au niveau des stockages, même si leur volume et le temps de séjour de l'eau sont limités. Indicateur : E.Coli.

Jusqu'à ce stade, le principe du système est de pouvoir renvoyer les flux d'eau en tête de station d'épuration, lorsque les indicateurs indiquent une non-conformité. Un maillage avec le réseau AEP (avec clapet antiretour) est nécessaire pour prendre le relais de l'irrigation.

Afin de pouvoir réagir rapidement en cas de contamination, il serait précautionneux de réaliser un échantillonnage périodique d'E.Coli au niveau du stockage, et une analyse simplifiée par des tests rapides (12h). La fidélité de ces tests rapides devra être vérifiée une fois par trimestre avec la méthode normalisée.

- **Au niveau du système de distribution**

Le risque est une détérioration du système, par usure ou malveillance, ou une recontamination. Aucun indicateur en lecture instantanée n'est utilisable. Les mesures de E.Coli en extrémité du dispositif d'irrigation ne peuvent pas être fiables (contamination par le milieu extérieur).

Pour la surveillance 'sanitaire' au niveau du réseau de distribution, la seule option est une inspection visuelle régulière du réseau, ainsi que des mesures préventives de type purges.

Le retour en tête de STEU est la mesure générale applicable en cas de dysfonctionnement du système de traitement (secondaire et tertiaire).

6.2.Organisation du suivi sanitaire

6.2.1. Importance de l'organisation pour une gestion durable du projet

A l'issue des démarches administratives le préfet prendra un arrêté portant autorisation de réutiliser des eaux usées traitées pour l'arrosage d'espaces verts et des usages industriels et fixant du point de vue sanitaire les prescriptions techniques et les modalités de mise en œuvre et de suivi applicables.

Des conventions seront établies entre le gestionnaire de l'ouvrage de traitement tertiaire, la commune et les différents utilisateurs pour une mise en application en fonction des objectifs fixés (prescriptions techniques, modalités de mise en œuvre, suivi).

Une procédure de gestion des non conformités sur résultat partiel sera mise en place à cet effet entre la DRASS, les laboratoires agréés par le ministre chargé de la santé et les responsables locaux.

6.2.2. Objectif du suivi sanitaire

Dans ce contexte, il apparaît donc très important de bien identifier :

- Quels seront les acteurs de l'assainissement, leur relation avec les différents maîtres d'ouvrage, l'auto-surveillance à laquelle ils vont s'engager ?
- Quels seront les utilisateurs et leur relation avec d'une part la commune, d'autre part le gestionnaire de l'ouvrage de traitement tertiaire ; quelle sera l'auto-surveillance à laquelle ils seront soumis ?
- Quels organismes ou laboratoires agréés sont susceptibles d'effectuer des contrôles inopinés de la qualité des effluents valorisés ?
- Quel organisme indépendant peut suivre des impacts possibles sur l'hygiène publique ?

6.2.3. Acteurs sanitaires impliqués dans le projet

6.2.3.1. Les acteurs du suivi sanitaire scientifique en matière d'hygiène publique

Les acteurs identifiés sont :

- L'Observatoire Régional de la Santé (ORS) de la Réunion qui fait partie des 26 ORS créés dans les années 80 dont l'objectif est d'améliorer l'information sur l'état de santé et sur les besoins des populations régionales, dans le cadre d'une mission d'aide à la décision ; l'ORS est une association régie par la loi du 1 Juillet 1901.
- La Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie (CIRE). La mission de l'InVS¹ est relayée en région par les Cellules inter-régionales d'épidémiologie ; placées sous la responsabilité scientifique de l'InVS et installée au sein des Directions Régionales des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS), la CIRE représente l'Invs.
- Le réseau Sentinelles est un système de surveillance nationale qui permet, depuis novembre 1984, le recueil, l'analyse et la redistribution en temps réel de données épidémiologiques issues de l'activité des médecins généralistes libéraux, des pharmaciens et biologistes. Il s'intègre aux dispositifs de surveillance mis en place par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS).

6.2.3.2. L'acteur du suivi sanitaire réglementaire en matière d'hygiène publique

Il demeure au sein de la DRASS, le service santé et environnement. Des contrôles mensuels pourront être réalisés à la diligence de ce service de la DRASS en complément de l'auto surveillance de l'exploitant.

Ce service, chargé de la police sanitaire, est habilité :

- pour contrôler le dispositif mis en place,
- pour vérifier les résultats fournis par l'exploitant,
- pour procéder ou faire procéder par un laboratoire agréé toute visite ou tout contrôle avec prélèvements et analyses afin de s'assurer du respect des limites de qualité définies.

Le coût sera à la charge de l'exploitant. La DRASS assurera aussi, par le biais des résultats d'analyses de l'eau brute des forages AEP, une vigilance vis-à-vis des risques de pollution des captages destinés à la consommation en eau potable.

¹ L'Institut de Veille sanitaire (Invs) est un établissement public de l'Etat, placé sous la tutelle du ministère chargé de la santé. Il a pour mission de surveiller l'état de santé de la population et d'alerter les pouvoirs publics en cas de menace pour la santé publique. La mission de l'Invs se décline dans tous les champs d'action de la santé publique : maladies infectieuses, effets de l'environnement sur la santé, risque d'origine professionnelle, maladies chroniques...

Conclusion

La gestion intégrée de la ressource en eau est primordiale pour la protection des écosystèmes de l'île et de son patrimoine naturel qui constituent un des principaux attraits touristiques de l'île. C'est également un défi sur le plan sanitaire, compte tenu d'une part du dynamisme démographique du département, et des différents usages des ressources en eau douce de l'île (prélèvements pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation des parcelles agricoles, etc.).

Entreprendre un projet de REUSE est une démarche longue et délicate. Les eaux usées brutes sont très concentrées en polluants et leur utilisation présente un risque sanitaire potentiel élevé.

Mais il existe des traitements suffisamment puissants pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants, et donc le risque sanitaire, à un niveau acceptable. La qualité obtenue est même parfois meilleure que celle d'approvisionnements plus conventionnels (rivières, sources, etc.). Les eaux usées épurées permettraient de couvrir toute une gamme de besoins : agriculture, usages industriels, domestiques, etc. Chaque besoin a des exigences différentes en terme de qualité.

A la réunion, 4 stations d'épurations veulent s'engager dans des opérations de valorisation de leurs eaux usées et possèdent pour 3 d'entre elles les équipements leur permettant d'atteindre le niveau de qualité A imposé par la réglementation de l'Arrêté du 25 juin 2014. La 4^{ème}, la STEP du Port, pilote dans les projets de REUSE sur le département, s'est engagée très tôt sur des opérations de REUSE alors que la réglementation n'était pas encore en vigueur et souhaite sortir une eau quasiment potable au moyen d'un osmoseur.

L'état des lieux des projets existant nous a permis de conclure que cette pratique comporte bien des avantages environnementaux liés principalement à la diminution des rejets d'eaux usées dans l'environnement et à la baisse des prélèvements dans les eaux de surface et les nappes souterraines. Toutefois, la réutilisation comporte aussi certaines limites et contraintes majeures, dont les risques pour la santé et l'environnement, ainsi que les coûts élevés de mise en place des projets. La réalisation d'une analyse économique sur des projets de réutilisation d'eaux usées traitées met en évidence l'adéquation de la méthode face aux objectifs recherchés: porter un jugement sur la rentabilité économique des projets et rechercher des leviers d'action pour favoriser leur émergence.

Un calcul du coût de revient du m³ REUSE nous a permis d'apprécier le caractère rentable de l'eau de REUSE pour les usagers industriels par exemple, au regard des prix appliqués pour l'eau potable AEP de la collectivité. Cependant, des tarifs préférentiels des services départementaux sont déjà en vigueur sur certaine région de l'île pour l'eau d'irrigation de parcelles agricoles et entre en concurrence avec le prix de l'eau de REUSE. Toutefois, il faut souligner que notre analyse économique ne prend pas en compte le prix de vente de l'eau usée traitée aux usagers.

Différents traitements sont possibles pour obtenir des eaux réutilisables. L'application d'un ou plusieurs traitements dépend de la qualité de l'eau résiduaire traitée (et par conséquent de la filière utilisée en amont au sein de l'installation de traitement) et de la destination de l'eau. Ainsi, en regard du fort potentiel de réutilisation des eaux usées à la Réunion et des phases de stress hydrique clairement marquées à certaines périodes de l'année, il serait très intéressant pour les 12 autres STEU de l'île d'envisager la REUSE. Ainsi, grâce à la définition de ratio technico-économique, de la mise à disposition d'un outil informatique Excel, les élus et pouvoirs publics, dispose d'une aide à la décision quant à la mise en place d'un projet de REUSE sur leur station d'épuration.

Bibliographie

Agence Française de développement, *Réutilisation des eaux usées traitées – Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action*, 91p.

ANSES, *Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et lavage des voiries*, 150p.

BRGM, *Contraintes et modalités hydrogéologiques de la réutilisation des eaux usées traitées de la future station de la CINOR – Site de Sainte-Marie*, 163p.

Commissariat général au développement durable, *Le point sur la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation*, 4p.

DEAL, 2013 - *Rapport Industrie et Environnement à la Réunion*, 39 p.

DEAL, 2013 – *Etat des lieux 2013 du district hydrographique de la Réunion*, 51 p.

Département de la Réunion – *Le plan départemental de l'eau et des aménagements hydrauliques*, 42p.

La Créole, *Rapport d'activité 2012 – Services Publics d'Assainissement des Eaux Usées et de l'Eau Potable de Saint-Paul*, 78 p.

Office de l'Eau - *Chronique de l'eau n°28 (23 janvier 2014), n°43 (6 janvier 2015), n°44 (12 janvier 2015)*.

Office de l'Eau – *Rapport d'activité 2013*, 29p.

Rapport de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Réunion – *REUSE de la Station d'épuration d'Etang Salé pour un usage d'irrigation* - Damien SALUT, 64p.

CIRAD, *Réutilisation des eaux usées (REUSE) à la Réunion*,
<http://agents.cirad.fr/index.php/frederic+feder/Reuse>

FARMES, *La réutilisation des eaux usées épurées en toute simplicité*,
http://www.farmex.fr/sites/default/files/brochures/Farmex_eaux_usees.pdf

Légifrance- *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*.
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000276647>

Légifrance- *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*
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022753522&dateTexte=&categorieLien=id>

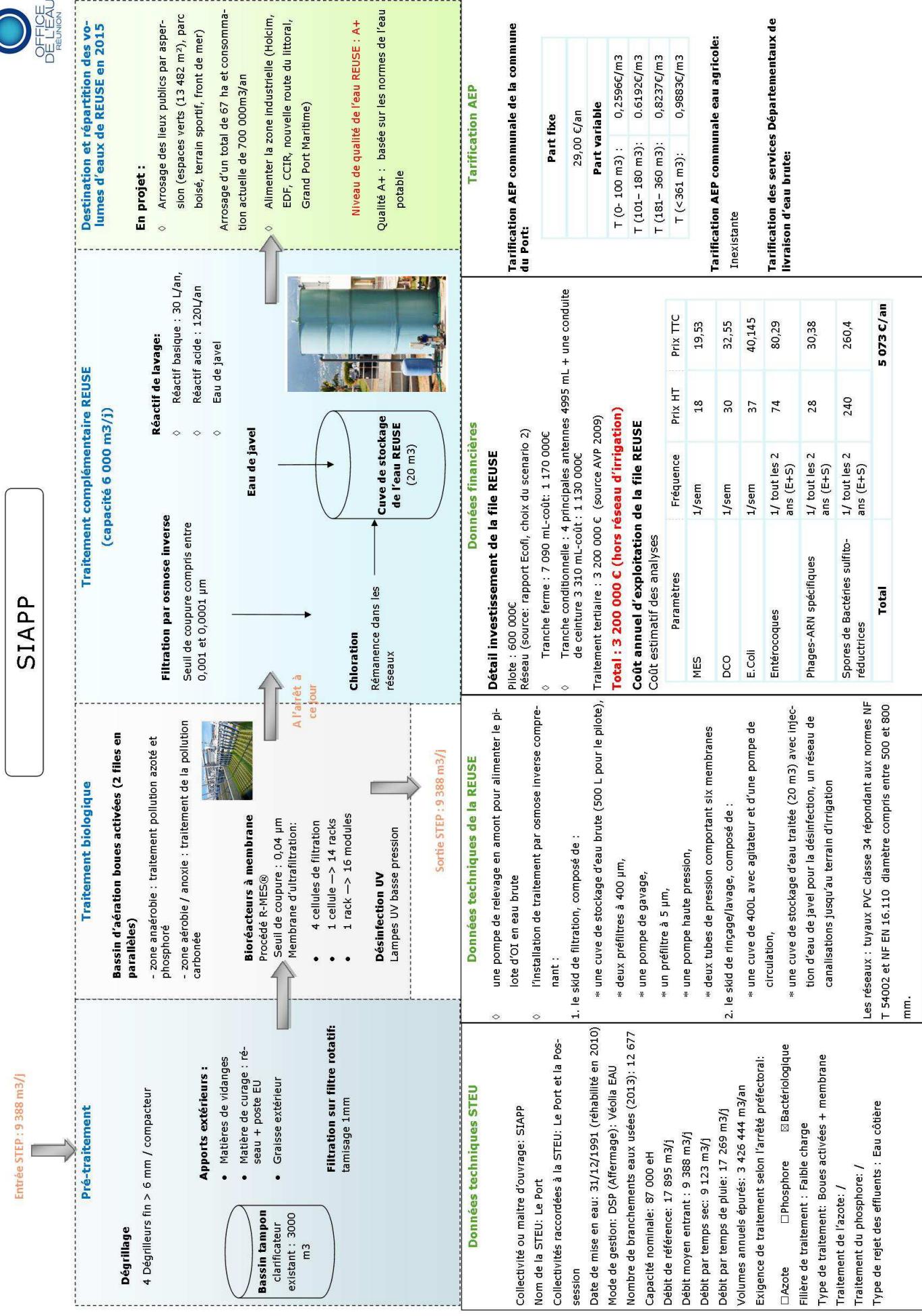
Légifrance - *Arrêté du 25 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts*
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029186641&categorieLien=id>

Annexes

ANNEXE 1: CONTRAINTES D'USAGES DES EAUX USEES TRAITEES SOURCE ARRETE DU 25 JUIN 2014	59
ANNEXE 2: FICHES DE SYNTHESE DES 4 PROJETS DE REUSE A LA REUNION	60
ANNEXE 3: NIVEAU DE QUALITE A ATTEINDRE EN FONCTION DU TYPE D'USAGE ET FILIERE DE TRAITEMENT POSSIBLE A METTRE EN PLACE	64
ANNEXE 4: PRIX DU SERVICE D'EAU POTABLE ET D'ASSAINISSEMENT POUR LES COMMUNES DU DEPARTEMENT	65
ANNEXE 5: OUTIL D'AIDE A LA DECISION D'UN PROJET DE REUSE PROPOSE AUX ELUS	66

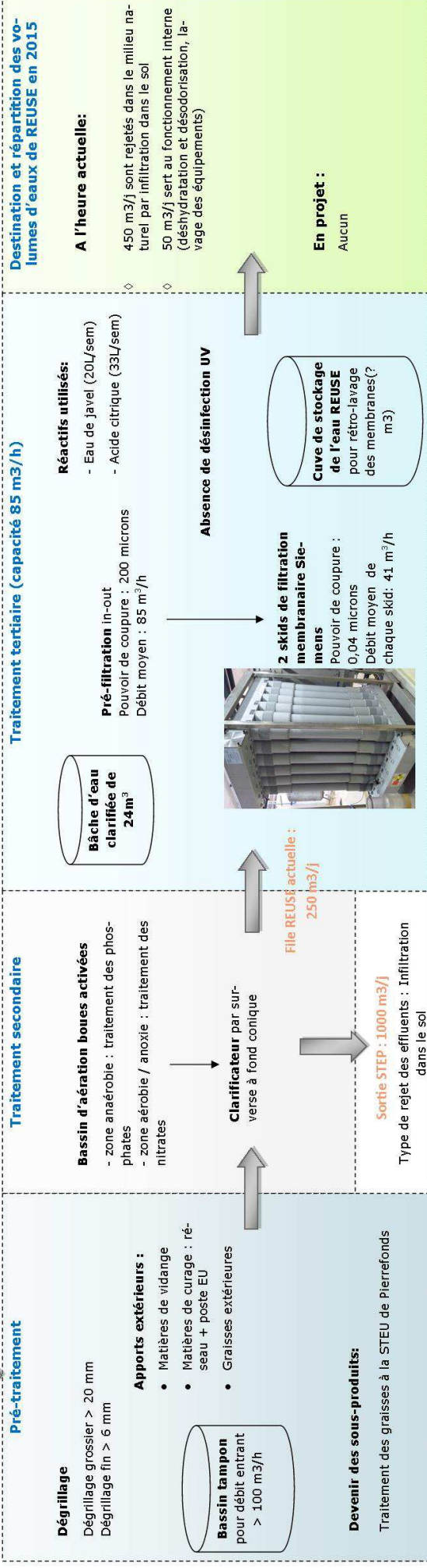
*Annexe 1: Contraintes d'usages des eaux usées traitées
Source arrêté du 25 juin 2014*

TYPE D'USAGE	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Cultures maraîchères, fruitières et légumières non transformées par un traitement thermique industriel adapté (excepté cressiculture (1))	+	-	-	-
Cultures maraîchères, fruitières, légumières transformées par un traitement thermique industriel adapté	+	+	-	-
Pâturage (2)	+	+ (3)	-	-
Espaces verts ouverts au public (4)	+ (5)	-	-	-
Fleurs vendues coupées	+	+ (6)	-	-
Pépinières et arbustes et autres cultures florales	+	+	+ (6)	-
Fourrage frais	+	+ (3)	-	-
Autres cultures céréalières et fourragères	+	+	+ (6)	-
Arboriculture fruitière	+	+ (7)	+ (8)	-
Taillis à courte rotation ou à très courte rotation, avec accès contrôlé du public	+	+	+ (6)	+ (6)
Forêt, hors taillis à courte rotation avec accès contrôlé du public	-	-	-	-
+ autorisée,- interdite. (1) La réutilisation d'eaux usées traitées est interdite pour la cressiculture. (2) En cas d'aspersion, les animaux ne doivent pas être au champ au moment de l'opération et les abreuvoirs, au cas où ils seraient arrosés, doivent être rincés avant utilisation. (3) Sous réserve du respect d'un délai après irrigation de 10 jours en l'absence d'abattoir relié à la station de traitement des eaux usées et de 21 jours dans le cas contraire. (4) On entend par espace vert, notamment : les aires d'autoroutes, cimetières, golfs, hippodromes, parcs, jardins publics, parties communes de lotissements, ronds-points et autres terre-pleins, squares, stades, etc. (5) Irrigation en dehors des heures d'ouverture au public, ou fermeture aux usagers pendant l'irrigation et deux heures suivant l'irrigation dans le cas d'espaces verts fermés ; irrigation pendant les heures de plus faible fréquentation et interdiction d'accès aux passants pendant l'irrigation et deux heures suivant l'irrigation dans le cas d'espaces verts ouverts de façon permanente. (6) Uniquement par irrigation localisée, telle que définie à l'article 2. (7) Interdite pendant la période allant de la floraison à la cueillette pour les fruits non transformés, sauf en cas d'irrigation au goutte à goutte. (8) Uniquement par goutte à goutte.				

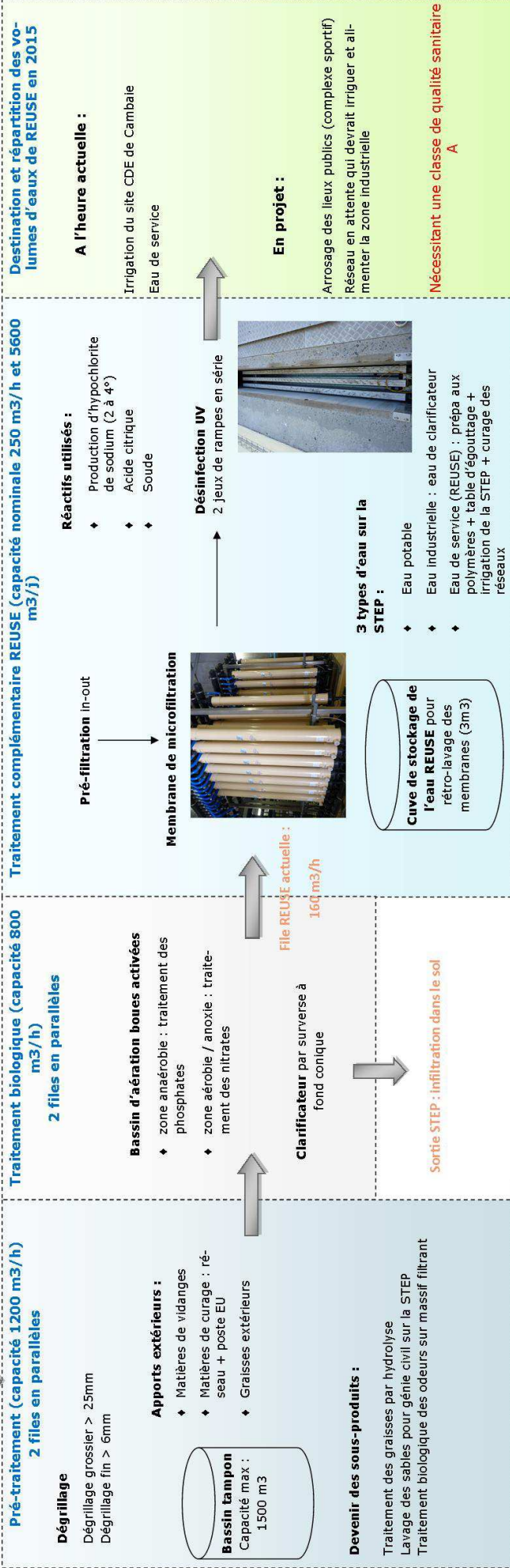


Etang-Salé

Entrée STEP : 1 218 m³/j



Données techniques STEU		Données techniques de la REUSE		Données financières		Tarification AEP																																													
Collectivité ou maître d'ouvrage: Etang-Salé Collectivités raccordées à la STEU: Etang-Salé Date de mise en eau: 01/04/2012 Mode de gestion: DSP-Affermage-Veolia EAU Capacité nominale: 19 200 eH Débit de référence: 3 455 m3/j Débit moyen entrant : 1 218 m3/j Débit de pointe par temps sec : 1 181 m3/j Débit de pointe par temps de pluie : 2 230 m3/j Volumes d'eau annuels épurées (m3/an): 445 075 Exigence de traitement selon l'Arrêté préfectoral : ☒ Azote ☒ Phosphore ☐ Bactériologique Filière de traitement : Faible charge Type de traitement : Boues activées Traitement de l'azote : Biologique Traitement du phosphore : Biologique et physico-chimique (injection de FeCl3) Type de rejet des effluents : Infiltration dans le sol		Equipements: ♦ ? pompes d'arrivées d'alimentation des skids de membrane (? m3/h) ♦ 2 postes de préfiltration (seuil de rétention 200µm— Q: 85 m3/h) ♦ 2 racks de membrane (seuil de coupure 0,04 µm— Q: 82 m3/h) Surface totale de filtration 5000 m² Décolmatage des membranes toutes les 22 min par envoi d'air Aujourd'hui 10 modules de membrane sur 33 sont cassés (âge des membranes : 3 ans)		Détail investissement de la file REUSE Source DAF de la Réunion Membrane : 566 516 € HT (subventionné à hauteur de 48%) soit, un montant de 294 588 € HT à payer par la commune Poste de refoulement : 163 732 € HT Canalisation : 219 650 € HT UV : 36 548 € HT (inexistant à ce jour) Total : 715 000 € HT Détail d'exploitation annuel de la file REUSE (électricité comprise) Membrane : 19 181 € HT Poste de refoulement : 3 629 € HT UV : 3 066 € HT Coût estimatif des analyses: <table><tr><th>Paramètres</th><th>Fréquence</th><th>Prix HT</th><th>Prix TTC</th></tr><tr><td>MES</td><td>1/sem</td><td>18</td><td>19,53</td></tr><tr><td>DCO</td><td>1/sem</td><td>30</td><td>32,55</td></tr><tr><td>E.Coli</td><td>1/sem</td><td>37</td><td>40,145</td></tr><tr><td>Entérocoques</td><td>1/ tout les 2 ans (E+S)</td><td>74</td><td>80,29</td></tr><tr><td>Phages-ARN spécifiques</td><td>1/ tout les 2 ans (E+S)</td><td>28</td><td>30,38</td></tr><tr><td>Spores de Bactéries sulfito-réductrices</td><td>1/ tout les 2 ans (E+S)</td><td>240</td><td>260,4</td></tr><tr><td>Total</td><td></td><td></td><td>5 073 €/an</td></tr></table> Total : 30 000€/an		Paramètres	Fréquence	Prix HT	Prix TTC	MES	1/sem	18	19,53	DCO	1/sem	30	32,55	E.Coli	1/sem	37	40,145	Entérocoques	1/ tout les 2 ans (E+S)	74	80,29	Phages-ARN spécifiques	1/ tout les 2 ans (E+S)	28	30,38	Spores de Bactéries sulfito-réductrices	1/ tout les 2 ans (E+S)	240	260,4	Total			5 073 €/an	Tarification AEP communale de la commune d'Etang-Salé: <table><tr><th>Part fixe</th><td>20,22 €/an</td></tr><tr><th>Part variable</th><td></td></tr><tr><td>T (0– 60 m3) :</td><td>0,5519 €/m3</td></tr><tr><td>T (61– 180 m3):</td><td>0,8902 €/m3</td></tr><tr><td>T (181– 300 m3):</td><td>1,2371 €/m3</td></tr><tr><td>T (<301 m3):</td><td>1,5672 €/m3</td></tr></table> Tarification AEP communale eau agricole: / Tarification eau agricole départementale: périmètre irrigué du Bras de Cilaos : 0,0845€/m3		Part fixe	20,22 €/an	Part variable		T (0– 60 m3) :	0,5519 €/m3	T (61– 180 m3):	0,8902 €/m3	T (181– 300 m3):	1,2371 €/m3	T (<301 m3):	1,5672 €/m3
Paramètres	Fréquence	Prix HT	Prix TTC																																																
MES	1/sem	18	19,53																																																
DCO	1/sem	30	32,55																																																
E.Coli	1/sem	37	40,145																																																
Entérocoques	1/ tout les 2 ans (E+S)	74	80,29																																																
Phages-ARN spécifiques	1/ tout les 2 ans (E+S)	28	30,38																																																
Spores de Bactéries sulfito-réductrices	1/ tout les 2 ans (E+S)	240	260,4																																																
Total			5 073 €/an																																																
Part fixe	20,22 €/an																																																		
Part variable																																																			
T (0– 60 m3) :	0,5519 €/m3																																																		
T (61– 180 m3):	0,8902 €/m3																																																		
T (181– 300 m3):	1,2371 €/m3																																																		
T (<301 m3):	1,5672 €/m3																																																		

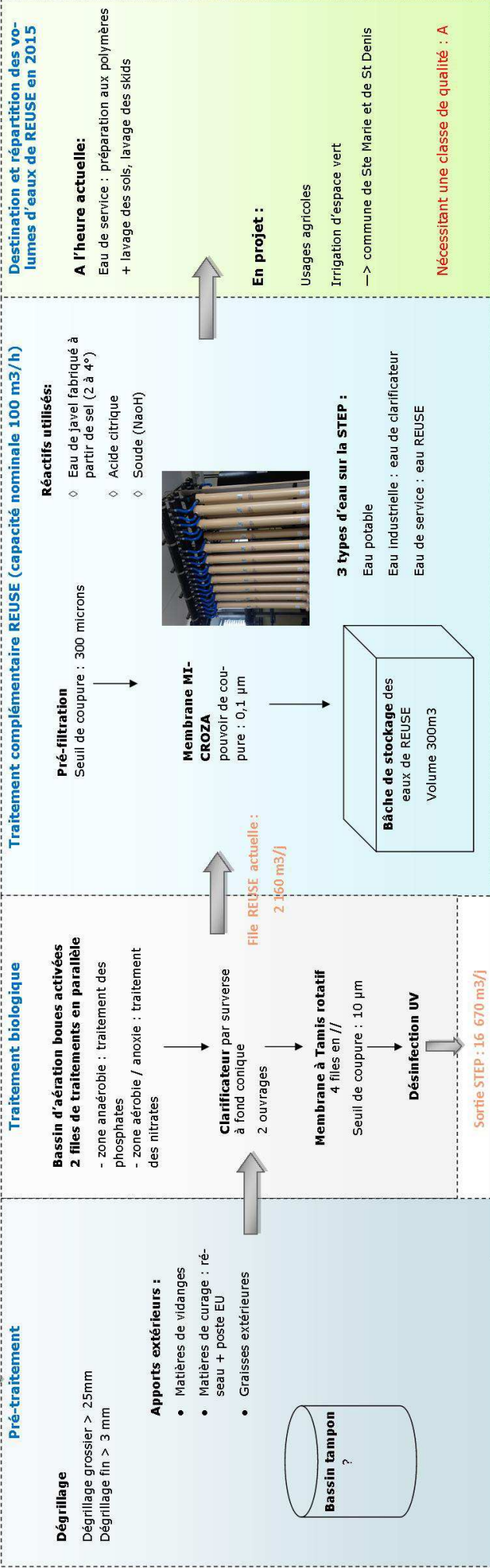


Données techniques STEU	Données techniques de la REUSE	Données financières	Tarification AEP																																												
Collectivité ou maître d'ouvrage: La Créole Collectivités raccordées à la STEU: Saint-Paul Date de mise en eau: 17/07/2012 Mode de gestion: Régie (La Créole) Nombre de branchements EU (2013): 17 915 Capacité nominale: 60 000 eh Débit de référence: 12 400 m3/j Débit moyen entrant : 4097 m3/j Débit par temps sec: 3 894 m3/j Débit par temps de pluie: 9 246 m3/j Volumes annuels épurés (2013): 2 m3/an Exigence de traitement selon l'arrêté préfectoral: ☒ Azote ☒ Phosphore ☐ Bactériologique Filière de traitement : Faible charge Type de traitement : Boues activées Traitement de l'azote: biologique et physico-chimique Traitement du phosphore: biologique et physico-chimique Type de rejet des effluents : infiltration dans le sol via 12 drains (3 drains/an en service)	Equipements: 4 pompes d'arrivées d'alimentation des skids de membrane (Q: 150 m3/h) 2 postes de préfiltration (seuil de rétention 300µm — Q: 150 m3/h) 2 racks de membrane (seuil de coupure 0,1µm— Q: 300 m3/h) Surface totale de filtration 5000 m² - Réacteur UV Réseau d'alimentation actuel en eau de REUSE: Réseau primaire : 1 100 ml (rapport d'act. 2013) Nombre de branchements : 3	Coût investissement de la file REUSE actuel Traitement tertiaire : 1 468 366 € Ouvrages annexes : 116 999€ Réseau REUSE : 220 000€ Total : 1 805 365 € Coût annuel d'exploitation de la file REUSE Maintenance / nettoyage des pré-filtres : 552 €/an Consommation de réactifs : 1.7 T/an soit 1 500€/an Consommation électrique : 200 000kwh/an soit 26 000€/an Coût estimatif des analyses: <table><tr><th>Paramètres</th><th>Fréquence</th><th>Prix HT</th><th>Prix TTC</th></tr><tr><td>MES</td><td>1/sem</td><td>18</td><td>19,53</td></tr><tr><td>DCO</td><td>1/sem</td><td>30</td><td>32,55</td></tr><tr><td>E.Coli</td><td>1/sem</td><td>37</td><td>40,145</td></tr><tr><td>Entérocoques</td><td>1/ tout les 2 ans (E+S)</td><td>74</td><td>80,29</td></tr><tr><td>Phages-ARN spécifiques</td><td>1/ tout les 2 ans (E+S)</td><td>28</td><td>30,38</td></tr><tr><td>Spores de Bactéries sulfito-réductrices</td><td>1/ tout les 2 ans (E+S)</td><td>240</td><td>260,4</td></tr><tr><td>Total</td><td></td><td></td><td>5 073 €/an</td></tr></table> Total : 33 052 €/an	Paramètres	Fréquence	Prix HT	Prix TTC	MES	1/sem	18	19,53	DCO	1/sem	30	32,55	E.Coli	1/sem	37	40,145	Entérocoques	1/ tout les 2 ans (E+S)	74	80,29	Phages-ARN spécifiques	1/ tout les 2 ans (E+S)	28	30,38	Spores de Bactéries sulfito-réductrices	1/ tout les 2 ans (E+S)	240	260,4	Total			5 073 €/an	Tarification AEP de la commune de St Paul <table><tr><th>Part fixe</th><td>13,94 €/an</td></tr><tr><th>Part variable</th><td></td></tr><tr><td>T (0- 120 m3) :</td><td>0,4533€/m3</td></tr><tr><td>T (121- 240 m3):</td><td>1,1961€/m3</td></tr><tr><td>T (241- 480 m3):</td><td>1,8308€/m3</td></tr><tr><td>T (<481 m3):</td><td>2,0414€/m3</td></tr></table> Tarification AEP communale eau agricole Absence Tarification des services Départementaux de li- vraison d'eau brute Projet ILO (Salazie et Mafate) : Eau d'irrigation (secteur ouest): 0,0822 €/m3	Part fixe	13,94 €/an	Part variable		T (0- 120 m3) :	0,4533€/m3	T (121- 240 m3):	1,1961€/m3	T (241- 480 m3):	1,8308€/m3	T (<481 m3):	2,0414€/m3
Paramètres	Fréquence	Prix HT	Prix TTC																																												
MES	1/sem	18	19,53																																												
DCO	1/sem	30	32,55																																												
E.Coli	1/sem	37	40,145																																												
Entérocoques	1/ tout les 2 ans (E+S)	74	80,29																																												
Phages-ARN spécifiques	1/ tout les 2 ans (E+S)	28	30,38																																												
Spores de Bactéries sulfito-réductrices	1/ tout les 2 ans (E+S)	240	260,4																																												
Total			5 073 €/an																																												
Part fixe	13,94 €/an																																														
Part variable																																															
T (0- 120 m3) :	0,4533€/m3																																														
T (121- 240 m3):	1,1961€/m3																																														
T (241- 480 m3):	1,8308€/m3																																														
T (<481 m3):	2,0414€/m3																																														

Grand-Prado

PR Eaux brutes

Entrée STEP (2013): 18 830 m³/j



Données techniques STEU (2013)		Données techniques de la REUSE		Niveaux de qualité bactériologique des eaux de REUSE		Données financières		Tarification AEP	
Collectivité ou maître d'ouvrage: CINOR		Equipements:				Coût investissement actuel de la file REUSE		Tarification AEP de la commune de Sainte-Marie	
Nom de la STEU: Grand-Prado		◆ ? pompes d'arrivées d'alimentation des skids de membrane (? m3/h)		Paramètres		Equipements : 690 000 €			
Collectivités raccordées à la STEU: Saint Denis et Sainte Marie		◆ ? postes de préfiltration (seuil de rétention 300µm— Q: ? m3/h)		Résultats		Génie civil : 167 000 €			
Date de mise en eau: 01/04/2013		◆ 2 racks de membrane (seuil de coupure 0,1µm— Q: ? m3/h)		Escherichia Coli					
Mode de gestion: DSP—Concession-Veolia EAU				<1 UFC/100 ml					
Nombre de branchements eaux usées:				Bactéries coli-formes					
◆ Saint-Denis: 55 048				<1 UFC/100 ml					
◆ Sainte Marie: 5 031				Entérocoques intestinaux					
Capacité nominale: 170 000 eH				Salmonella spp					
Débit de référence: 32 200 m3/j				Absence					
Débit moyen entrant: 18 830 m3/j									
Débit de pointe par temps sec: 18 540 m3/j									
Débit de point par temps de pluie: 26 003 m3/j									
Volumes annuels épurées (2014): 7 182 942 m3									
Exigence de traitement contractuel:									
◆ Azote Cmax: 10mg/L Rend min: 70%									
◆ Phosphore Cmax: 1mg/L Rend min: 80%									
Fillière de traitement: Faible charge									
Type de traitement: Boues activées									
Traitement de l'azote: Traitement biologique									
Traitement du phosphore: Traitement biologique et physico-chimique									
Type de rejet des effluents: Eau côtière									

Annexe 3: Niveau de qualité à atteindre en fonction du type d'usage et filière de traitement possible à mettre en place

Paramètres	Niveau de qualité			
	A	B	C	D
Type d'usage	Cultures maraîchères, fruitières et légumières non transformées par un traitement thermique adapté Espaces verts ouverts au public	Cultures maraîchères, fruitières et légumières transformées par un traitement thermique adapté (canne à sucre)	Cultures florales, pépinières et arboriculture fruitière sans aspersion	Forêt d'exploitation avec accès contrôlé du public
- MES (mg/L) - DCO (mg/L)	<15 <60	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'irrigation		
- E.Coli (UFC/100ml) - Entérocoques fécaux - Phages ARN-Spécifiques (abattement en log) - Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (abattement en log)	<= 250 >=4 >= 4 >= 4	<= 10 000 >=3 >=3 >=3	<= 100 000 >=2 >=2 >=2	- >=2 >=2 >=2
Filière de traitement REUSE possible	Boues activées + Pré-filtration + Ultrafiltration + Désinfection UV	Boues activées + Microfiltration + Chloration	Lagunage de finition	-

Annexe 4: Prix du service d'eau potable et d'assainissement pour les communes du département

COMMUNE	Prix des services publics d'eau potable et d'assainissement collectif pour une consommation d'eau de 120m3/an sur les 24 communes (en euros TTC au 1er janvier 14)	Prix des services publics d'eau potable et d'assainissement collectif pour une consommation d'eau de 120m3/an sur les 21 zones en assainissement collectif (en euros TTC au 1er janvier 14)	Prix du service public d'eau potable pour une consommation d'eau de 120m3/an sur les 24 communes (en euros TTC au 1er janvier 14)	
Avirons	1,71 €	1,71 €	1,46 €	
Bras Panon	1,72 €	1,72 €	0,67 €	
Cilaos	1,84 €	1,84 €	1,48 €	
Entre Deux	2,59 €	2,59 €	1,34 €	
Etang Salé	2,79 €	2,79 €	0,84 €	
Petite Ile	1,37 €		1,37 €	
Plaine des Palmistes	1,32 €		1,32 €	
Port	1,63 €	1,63 €	0,60 €	
Possession	2,55 €	2,55 €	1,44 €	
St André	2,34 €	2,34 €	1,19 €	
St Benoit	2,51 €	2,51 €	1,27 €	
St Denis	2,56 €	2,56 €	1,01 €	
St Joseph	1,67 €	1,67 €	1,315 €	
St Leu	2,50 €	2,50 €	1,39 €	
St Louis	1,72 €	1,72 €	0,98 €	
St Paul	2,46 €	2,46 €	0,684 €	
St Philippe	1,89 €	1,89 €	1,62 €	
St Pierre	1,93 €	1,93 €	1,057 €	
Ste Marie	2,76 €	2,76 €	1,21 €	
Ste Rose	1,70 €	1,70 €	1,18 €	
Ste Suzanne	2,75 €	2,75 €	1,12 €	
Salazie	1,78 €		1,78 €	
Tampon	1,95 €	1,95 €	1,527 €	
Trois Bassins	2,97 €	2,97 €	1,64 €	
Moyenne	2,13 €	2,22 €	1,69 €	1,23 €
Minimum	1,32 €	1,63 €	0,60 €	0,60 €
Maximum	2,97 €	2,97 €	2,97 €	1,78 €

FORMULAIRE D'ETUDE DE COÛT	
Formulaire d'aide à la décision pour les collectivités sur les projets de REUSE de Microfiltration	
Commune	Saint-Denis - Grand-Prado ▼
Nom de la STEP	Grand-Prado
Débit de référence (m3/j)	32200
Débit moyen d'entrée en 2014 (m3/j)	19903
Saturation hydraulique moyenne (%)	62
Concentration moyenne journalière en sortie de DCO (mg/L)	27
Concentration moyenne journalière en sortie en MES (mg/L)	5
Départ de boues potentiel	Non
Adéquation entre la qualité du rejet (hors bactérie) et les exigences réglementaire en matière d'irrigation	Oui
Durée d'amortissement (ans)	15
Type d'usage	Espaces verts ouverts au public
CLASSE DE QUALITE A RESPECTER : ➔	A
NIVEAU DE QUALITE SANITAIRE DES EAUX TRAITEES USEES	
Matières en suspension (mg/l)	< 15
Demande chimique en oxygène	< 60
Escherichia coli	≤ 250
Entérocoques fécaux	≥ 4
Phages ARNF-spécifiques	≥ 4
Spores de bactéries anaérobies sulfite réductrices	≥ 4
CONTRAINTES DE DISTANCE	
Plan d'eau	20 m
Bassin aquacole	20 m
Conchyliculture	50 m
Baignades et activités nautiques	50 m
Abreuvement du bétail	50 m
Cressiculture	50 m
FREQUENCE DE SURVEILLANCE DES EAUX TRAITEES	
Matières en suspension (mg/L)	1/semaine
Demande chimique en oxygène	1/semaine
Escherichia coli	1/semaine
Simulation d'un projet de REUSE	
Les besoins en eau de REUSE	
Besoin en eau pour les cultures (m3/j)	2000
Besoin en eau pour les espaces vert (m3/j)	2000
Besoins en eau pour les industriels (m3/j)	0
Besoin en eau REUSE (m3/j)	4000
Adéquation entre la quantité d'eau disponible pour la REUSE et les besoins estimé	Oui
Taille maximum du process à mettre en œuvre (capacité nominale) (m3/j)	4000
	limité aux besoins
Coût eau brute départementale (€/m3)	0