

Regards croisés sur trois projets de réutilisation des eaux usées en France

J. BERAUD*, P. DOLLET et J.C. LACASSIN

Société du Canal de Provence et d'aménagement de la région provençale, le Tholonet, CS 70064, 13182 Aix-en-Provence Cedex 05, France

*Auteur de correspondance : jacques.beraud@canal-de-provence.com

Résumé – Cet article apporte des éléments de réflexion sur l'application de la réglementation de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) en vigueur en France à l'hiver 2013/2014, à travers trois projets contrastés. Il ressort de cette comparaison que deux approches sanitaires sous-tendent la réutilisation des eaux usées :

- une approche technologique qui vise un traitement poussé (ultime ?) de l'eau, en s'appuyant sur des procédés membranaires en plein développement,
- une approche systémique qui intègre l'abattement microbiologique tout au long du cycle de l'eau, de la station d'épuration au végétal.

Le premier projet est situé à Moissac-Bellevue (83) commune du Parc naturel régional du Verdon. La valorisation des eaux est rustique, dans un contexte agricole de polyculture à dominante de production fourragère. L'intérêt du site est que l'eau en sortie de station d'épuration traverse un vallon sec sur un linéaire de 2 km avant d'atteindre les zones agricoles ; une épuration naturelle de l'eau se déroule sur ce trajet. Le deuxième projet est situé à Bonifacio (2A). L'eau issue d'une station d'épuration bioréacteur à membranes (BRM), mise en service en 2012, doit être valorisée sur le golf de Spérone, situé à 7 km, en substitution de ressources conventionnelles fragiles provenant de barrages. Les sols du golf présentent localement un dépassement des valeurs seuils en éléments-traces-métalliques, qui requièrent une demande de dérogation. Le troisième projet est situé dans la Ville du Port (île de la Réunion). La station d'épuration, mise en service en 2012, fonctionne également avec un BRM. L'eau doit être utilisée pour une irrigation d'espaces verts très fréquentés, aussi un traitement d'affinage par osmose inverse a été testé en pilote pendant l'année 2013 et validé pour le projet définitif. Le site interroge sur les enjeux de qualité d'eau pour des usages sensibles. Il en ressort que de nombreux aspects de la réglementation actuelle peuvent venir freiner les projets de REUT et que leur réussite n'est envisageable qu'avec des besoins hydriques locaux avérés, une bonne concertation des acteurs locaux et la pugnacité d'un maître d'ouvrage. La parution en juin 2014 d'un nouveau modificatif à la réglementation vient encore faire évoluer le cadre des projets en cours et confirme la difficulté de passer du stade projet à la réalisation.

Mots-clés : Réutilisation des eaux usées, bioréacteur à membrane, osmose inverse, lagunage, épuration naturelle, irrigation, éléments traces métalliques, évaluation des risques sanitaires

Abstract – Assessing wastewater reuse feasibility: lessons from three various projects in France.

The current article provides focuses on practical application of the French treated wastewater reuse regulations (up to date in winter 2013/2014), based on three projects. Two sanitarian approaches mainly drive wastewater reuse projects:

- technology, which guarantees advanced treatment (ultimate?) in order to avoid tight obligations for the following use of water,
- systemic vision, which considers purification through successive steps along water cycle, from the treatment plant up to the final vegetal product.

The first project is located in Moissac-Bellevue, South East France. The reuse scheme is simple and practical, and aims at irrigation of mix farming patterns, mainly forage. The principal interest is that the treated wastewater is disposed in a seasonal stream, dry in summer, where a natural purification occurs before the water reaches the farming areas, 2 km downstream. The second project is located in Bonifacio, Corsica. Treated water from the new membrane bioreactor wastewater treatment plant is to be used for the golf of Spérone, 7 km away. Locally, soils of the golf course have a

medium-high amount of traces elements, due to geological reasons. The project had to deliver a scientific expertise proving that this feature does not represent an environmental risk. The third project is located in Le Port city, in the French La Reunion Island (Indian Ocean). The city pluviometry is average-low and unevenly distributed from one month to another. Growing this coastal city parks and gardens, which are socially important, requires important amounts of irrigation water, poorly available. The project explores advanced purification technologies such as double membrane, in order to guarantee the safe use of treated wastewater in a very sensitive area. The level of treatment deserves question and debate as it is not foreseen by French regulation of reuse. Among the main conclusions on the different projects are the following:

– Itinerary of water in the seasonal stream from the treatment plant to the farming areas provides a 1.5 to 2 log reduction for bacteriological organisms, and 1 log more if a storage pond is included downstream as a regulation / maturation component of the scheme. Taking into account these steps of natural purification in the cycle would allow to increase water quality, and thus to extend possible uses of water. In this case, natural media would be considered as part of the wastewater reuse process.

– Current regulation applies sewage sludge rules on trace elements to wastewater reuse. As a result, wastewater reuse is forbidden on soils which trace elements concentration is higher than limits, unless scientific expertise demonstrates the absence of risk. Considering the usually very low concentrations of trace metals in treated wastewater, often similar to nearby conventional water, the environmental risk of wastewater irrigation is obviously controlled, and the required expertise seems unnecessary.

– Current regulation is organized on 4 classes of water, the stricter of which (quality A) is theoretically suitable for all uses, including vegetables growing and parks and gardens irrigation. But whatever the water quality, sprinkling irrigation is still restrained, and distance to sensitive human presence remains. The absence of a highly purified water class in the current system does not allow to rise important regulatory interdictions. Thus, regulation seems unsuitable for sensitive uses, such as public parks and gardens, stadium, sites of close perimeters protection for drinking water and indirectly induces a race to highly technological solutions.

Think local. Succeeding of wastewater reuse projects requires strong involvement of the local authority, and a real local need of alternative water resource.

French regulations, still under construction as shown by new publications in June 2014, do not favor yet emergence of realisations.

Keywords: Wastewater reuse, membrane bioreactor, reverse osmosis, maturation pond, natural purification, irrigation, trace elements, evaluation health risk

L'objectif de cet article est de partager des réflexions, un regard croisé, sur trois projets de REUT « contemporains », dans lequel la Société du Canal de Provence (SCP) accompagne des communes et d'autres acteurs du territoire, agriculteurs, golf, Parc naturel.

Cadre réglementaire : des premières réflexions françaises sur la « Réutilisation des eaux usées traitées » à la parution de l'arrêté interministériel de 2010

Fin des années 1980 : l'époque est marquée par une vague de mise aux normes ou d'amélioration des stations d'épuration (STEP). Le gisement croissant de sous-produits de l'assainissement (eaux traitées et boues) incite les collectivités à trouver des débouchés, et l'État à mettre en place des réglementations spécifiques.

Sollicitée par des collectivités provençales pour l'émergence et l'accompagnement de leurs projets de réutilisation des eaux usées traitées, la SCP a mis à disposition les compétences multiples et complémentaires de son activité de Société d'Aménagement Régional (SAR) : techniques hydrauliques (génie civil, canalisations, pompage, filtration), irrigation, agronomie, génie environnemental

et sanitaire... Plusieurs réalisations se sont concrétisées en Provence (Porquerolles, Cogolin, St Paul-lès-Durance, Charleval, ...).

En parallèle, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF, aujourd'hui ANSES) rédigeait les recommandations nationales de 1991, pierre angulaire de la réflexion française en matière de REUT (CSHPF, 1991).

Une approche multithématique débouchant sur des interrogations multiples

Il aura fallu attendre plus de 20 ans pour que cette première esquisse de cadre réglementaire français se concrétise avec la parution de l'arrêté interministériel du 2 août 2010 (Ministères en charge de la Santé et de l'Environnement). L'émergence de crises et débats sanitaires variés (vache folle, OGM, sang contaminé, amiante...) comme l'absence d'urgence (la France, d'un point de vue global, ne manque pas d'eau) ont clairement retardé la parution de ce texte encadrant les projets de REUT. En conséquence, la pratique est encore rare en France (une trentaine de réalisations), mais d'un réel intérêt en fonction des situations locales.

Encart Moissac-Bellevue

État du projet	Essais expérimentaux / pilote
Commune	Moissac-Bellevue (83)
Région géographique	Arrière-pays provençal, Parc naturel régional du Verdon
Station d'épuration	Régusse (capacité nominale 6 000 EH) - débit journalier réel 450 m ³ /j Boues activées classiques - mise en service 2011
Traitement complémentaire	Milieu naturel, stockage / lagunage
Valorisation des EUT	Agriculture : prairies, céréales, maraîchage
Enjeux	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien et développement de l'agriculture en zone rurale - Capacité épuratoire et cycle de l'eau dans un système naturel - Adaptation des techniques d'irrigation à la ressource et aux productions

Moissac Bellevue est située dans une petite vallée agricole du Haut-Var. Cinq exploitants agricoles y sont installés, sur une SAU (surface agricole utilisée) de l'ordre de 80 ha, et pour des productions variées (prairie de fauche associées pour partie à l'élevage ovin, céréales, maraîchage, osier, vigne, arboriculture). Interrogés dans le cadre de l'étude, 4 exploitants estiment que l'eau est le facteur limitant de la production, le 5^e, viticulteur, étant moins concerné.

La zone est à l'écart des ressources provençales en eau agricole, mobilisées par les associations d'irrigants (ASA) ou par les réseaux sous pression de la SCP. Les puits et retenues modestes installés au sein des exploitations ne suffisent pas à satisfaire les besoins potentiels. Les rendements céréaliers sont irréguliers, le nombre de fauches des prairies (valorisées en circuit court auprès des éleveurs ovins ou des centres équestres) aléatoire, et la production maraîchère limitée.

Face à la déprise agricole observée dans le Haut Pays Varois, le Parc naturel régional du Verdon s'est donné comme orientation dans sa nouvelle charte, définie pour la période 2008-2020, de préserver les espaces agricoles. La mobilisation d'une nouvelle ressource en eau contribuerait à cet objectif.

Or à 1 km en amont de Moissac-Bellevue se trouve la commune voisine de Régusse et sa STEP de 6000 EH. Cette STEP rejette dans le vallon des Portes Rouges un débit de l'ordre de 450 m³/j. La spécificité du vallon est de n'être, hors rejet de la STEP, en eau qu'en saison humide, donc, sauf orage, à sec pendant la période estivale. Marqué en trait pointillé sur la carte IGN, il disparaît même de la carte en traversant une partie des terres agricoles de Moissac, pour réapparaître en contrebas.

C'est dans ce contexte qu'une approche partenariale autour du projet pilote de réutilisation des eaux usées s'est mise en place, associant : la mobilisation des agriculteurs locaux, le soutien du Parc du Verdon, l'accompagnement technique de la SCP, et l'attention des services de l'État, intéressés dans l'acquisition de références sanitaires sur un cas de terrain original. Le projet, initié en 2012, progresse pas à pas. Il est à ce jour axé sur l'acquisition de références sanitaires.



Vue de la plaine agricole et du village de Moissac-Bellevue (83).
Moissac Bellevue plains and village (SE France).



Création d'une lagune temporaire à Moissac, en vue d'un test d'irrigation.
Lagooning pond as storage and water purification experiment in Moissac (SE France).

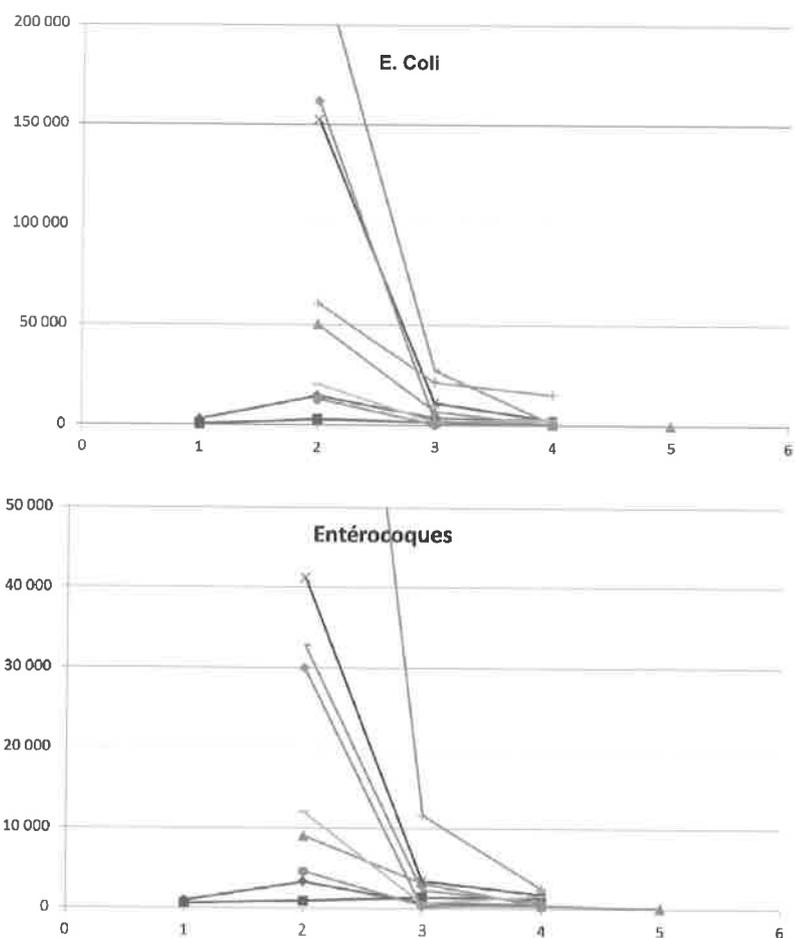


Fig. 1. Évolution des concentrations en microorganismes bactériens au long du trajet de l'eau dans le vallon sec sur 9 campagnes de prélèvements entre 2012 et 2013 (exprimé en UFC (unité formant colonie) / 100 mL); point de mesure n° 1 = amont rejet, n° 2 = aval rejet, n°s 3 et 4 = 1 et 2 km en aval.

Fig. 1. Bacterial parameters evolution along the seasonal stream after treated waste water release, in 9 samplings (unit = Colony forming unit (CFU) per 100 mL); point n° 1 = 500 m upstream WWTP disposal, n° 2 = disposal, n° 3 and 4 = 1 km and 2 km downstream.

Deux approches de la REUT se dessinent :

- la montée en puissance de nouveaux « process » de traitement de l'eau d'une part, aussi bien dans l'assainissement que dans l'affinage de l'eau après traitement (approche technologique) (ECCR, 2006),
- le principe de gestion du risque par barrières sanitaires successives, soit en traitement de l'eau, soit en pratiques et contraintes d'exposition (approche systémique) (FAO-WHO, 2006).

Ces deux approches répondent à des contextes et besoins locaux différents. Elles sont complémentaires, et font l'objet de discussions actuellement dans le groupe de travail international élaborant la future norme ISO. Les projets analysés

dans cet article correspondent selon les cas à l'approche technologique ou systémique.

MOISSAC-BELLEVUE : UTILISATION DU TRAJET DE L'EAU DANS LE MILIEU NATUREL COMME UN MAILLON DU SYSTÈME ÉPURATOIRE

Le principe du projet de Moissac-Bellevue (83) est un schéma de REUT rustique, s'appuyant sur les mécanismes d'épuration naturelle de l'eau. La STEP rejette en période estivale dans un vallon sec, siège de mécanismes d'épuration physico-chimique (UV, O₂) et de compétition

microbienne, qui provoquent un abattement de la concentration au moins sur certains marqueurs sanitaires (SCP, 2012, Moissac-Bellevue).

Suivre les mécanismes d'épuration naturelle pendant le trajet de l'eau dans un vallon sec

Deux campagnes d'analyse ont été réalisées sur la période qui correspondrait à la saison d'irrigation (mai à septembre), en 2012 et 2013 (fig. 1). L'objectif était d'évaluer ce pouvoir épurateur du milieu naturel, depuis le rejet de la STEP (point de mesure n° 2), puis à 1 km (n° 3) et 2 km en aval (n° 4). Un point de mesure a été ponctuellement prélevé à l'amont de la STEP (n° 1) mais avec des débits, soit très faibles soit nuls. Un dernier point de mesure (n° 5) correspond à un test ponctuel de bassin de stockage. Les prélèvements et l'analyse des échantillons ont été assurés par le Laboratoire d'Analyse des Eaux (LAE) de la SCP.

Chaque tournée de prélèvement a été accompagnée d'un jaugeage du vallon au niveau des points de prélèvement, jaugeage qui a confirmé l'absence de débit en amont de la STEP en période estivale.

L'arrêté du 2 août 2010 définit quatre niveaux de qualité sanitaire des EUT (A, B, C et D, de la meilleure à la moins bonne qualité) sur la base d'analyses des eaux usées traitées portant sur deux paramètres physico-chimiques (MES et DCO) et quatre paramètres microbiologiques (Entérocoques fécaux, E. Coli, Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et Phages ARN-F spécifiques).

Dans le cadre du suivi sanitaire dans le vallon sec en 2012 et 2013, seuls quatre de ces paramètres ont été analysés (MES, DCO, Entérocoques fécaux et E. Coli). Sur l'ensemble des 10 campagnes de prélèvements, les tendances qui se dégagent sont les suivantes.

- Du point de vue des paramètres physico-chimiques :
 - o Le rejet en sortie de STEP a été de qualité A sur tous les prélèvements de l'année 2012 (MES < 15 mg/L et DCO < 60 mg O₂/L); cette qualité s'est ensuite préservée sur les points de mesure n° 3 et n° 4, en aval du rejet.
 - o En revanche, sur 2013, le rejet en sortie de la STEP n' a pas atteint la qualité A dans 4 des 5 cas ; les points de mesure n° 3 et n° 4 en aval non plus.
 - o On en déduit que le parcours de l'eau dans les 1 ou 2 km de vallon sec ne permettent pas un abattement notable des paramètres physico-chimiques MES et DCO.
- Du point de vue de la microbiologie :
 - o L'unité de mesure est l'UFC / 100 mL, soit unité formant colonie par 100 mL d'eau prélevée.

- o Les résultats de la mesure de septembre 2012 sont incohérents par rapport aux 9 autres, avec des concentrations très élevées, et une contamination croissante le long du trajet de l'eau ; la météo était très pluvieuse ce jour-là, et on peut raisonnablement poser l'hypothèse que la pluie a joué un rôle dans ces valeurs aberrantes (dysfonctionnement de la STEP, relargage de boues, lessivage ?); cette observation est importante, mais les analyses de septembre 2012 sont écartées pour l'interprétation des tendances.
- o Le rejet en sortie de STEP est en moyenne (sur 9 des 10 prélèvements) de l'ordre de 8×10^5 pour les concentrations en E. Coli et 3×10^5 pour Entérocoques ; ceci correspond à un abattement de 2 log environ par rapport aux concentrations usuelles en entrée de STEP.
- o Sur les points de prélèvement aval, les concentrations moyennes en E. Coli et Entérocoques sont respectivement de 9×10^4 et 3×10^4 au point n° 3 (+ 1 km) et 3×10^4 et 1×10^4 au point n° 4 (+ 2 km) ; l'abattement supplémentaire est donc d'1 log entre les points n° 2 et n° 3 puis encore 0,5 log jusqu'au point n° 4.

L'épuration naturelle, balance risques / intérêts et interrogations. . .

La lecture des résultats, qui ne recouvrent que 10 campagnes de mesure et une partie seulement des paramètres définissant la qualité sanitaire de l'eau, amène les commentaires suivants :

- Si l'on admet que la concentration en E. Coli et entérocoques dans les eaux brutes en entrée de STEP est de l'ordre de 5×10^7 UFC / 100 mL (valeurs usuelles de la biblio), les abattements dans le système STEP + vallon sont de 3 log pour le point n° 3 (rejet + 1 km) et 3,5 log le point n° 4 (rejet + 2 km).
- Le premier kilomètre parcouru par l'eau dans le vallon sec contribue, en termes d'abattement des paramètres bactériens, deux fois plus efficacement à l'épuration que le kilomètre suivant.
- Le système épuratoire constitué par le vallon n'est pas verrouillé, comme en témoigne le cas du 21 septembre, qui vraisemblablement correspond à un épisode de pollution ponctuelle ou de contamination du vallon.

Plusieurs questions restent en suspens sur la problématique de la maîtrise des risques sanitaires dans le projet de REUT :

- Quels seraient les résultats de l'épuration naturelle sur les paramètres sanitaires manquants ? Les analyses réglementaires marqueurs de la charge virale et parasitaire devront être réalisées dans le cadre de la prolongation du suivi. De même, des références sur les polluants

Encart Le Port La Réunion

État du projet	Pilote aspersion, dossiers réglementaires
Commune	Le Port (île de la Réunion)
Région géographique	Océan Indien
Station d'épuration	Station d'épuration par bioréacteur à membranes, mise en service 2012. 50 000 EH
Traitement complémentaire	Pilote d'osmose inverse + chloration
Valorisation des EUT	Rejet provisoire en mer. Objectif (depuis 1990) de réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage des espaces verts communaux
Enjeux	<ul style="list-style-type: none"> - Climat tropical, préoccupation sanitaire accrue (kystes de parasites) - Usage intensif des espaces verts : exposition maximale - Aquifères sous-jacents à usage AEP - Concertation étroite avec les services de santé et de l'environnement - Pilote « arrêté du 2 août 2010 » : dossier d'autorisation en cours en cours

La ville du Port, située sur la côte Nord-Ouest de La Réunion, est l'une des communes les plus sensibles de l'île en termes de ressources hydriques. La pluviométrie y est de l'ordre de 500 mm / an, très irrégulière. À titre de comparaison, la côte Est, abondamment alimentée par les pluies venues de l'Océan Indien, reçoit près de 6 mètres de précipitations annuelles. Le projet de transfert d'eau de l'Est à l'Ouest de l'île, par creusement de grandes galeries en certains points sous 2000 mètres de roche volcanique, déjà réalisé en grande partie et en cours de finalisation, ne prévoit qu'une alimentation d'appoint pour la zone du Port. . .

Or les espaces verts représentent un élément urbain fondamental à La Réunion. Une vie sociale, sportive, familiale, s'y déroule, à toutes heures de la journée : ce sont des espaces de vie. La mairie du Port, confrontée à la rareté de l'eau, s'est intéressée depuis le début des années 1990 à une hypothèse de réutilisation des eaux usées traitées de la STEP pour l'arrosage de ses espaces verts.

Répondant à l'extension de la ville et la mise aux normes environnementales, une nouvelle station d'épuration a été mise en service en 2012. Cette station est basée sur un dispositif de bioréacteurs à membranes, qui délivre une qualité d'eau de niveau « A » au titre de l'arrêté du 2 août 2010, permettant un usage sans contraintes. Toutefois, compte tenu des enjeux sanitaires majeurs du projet (maladies hydriques tropicales, fréquentation, aquifères AEP), une démarche d'acquisition de connaissances approfondies sur un traitement complémentaire a été mise en œuvre, avec l'avis et les recommandations de l'ARS.

Un dispositif pilote a été mis en place en 2012, visant à la fois à, d'une part évaluer la nécessité d'un traitement d'affinage complémentaire après la STEP pour garantir des exigences sanitaires de qualité au-delà du niveau A, et d'autre part rassembler les données sanitaires liées à l'aspersion, afin de monter le dossier requis par l'arrêté du 2 août 2010.

Le pilote du projet du Port a bénéficié d'un financement de l'Union Européenne à travers le programme « Eco-Cités ».



Dispositif modulaire de traitement membranaire des effluents.
UF membrane modular treatment units.



Les espaces verts de la ville du port à La Réunion, utilisateurs potentiels des eaux usées traitées de la station d'épuration communale.

Le Port parks and gardens, possible users of double membrane treated wastewater from Bonifacio treatment plant.

émergents sont souhaitées par le Parc du Verdon, partenaire territorial central du projet.

- Comment appréhender la variabilité des paramètres sanitaires biologiques ? Les 10 tournées de 2012 et 2013 mettent en évidence des tendances fortes, mais aussi une certaine variabilité ; le système de gestion du risque sanitaire adopté dans le projet devra pouvoir intégrer ce cas de pollution ponctuelle.
- Quelle est l'épuration sur l'ensemble du cycle ? Le vrai enjeu est là : quelle est la rémanence des marqueurs sanitaires sur le produit agricole récolté ? Les analyses en sortie de STEP et le long du vallon devront être complétées par de nouveaux points de mesure, dans l'eau brute en entrée de STEP, dans le bassin de stockage, au sortir du dispositif d'irrigation et sur le fourrage récolté.

En conclusion, comme supposé initialement, le trajet de l'eau dans le vallon sec contribue à une épuration naturelle, quantifiable à 1 log pour les paramètres bactériens, qu'il convient d'intégrer en tant que traitement complémentaire après STEP pour évaluer *in fine* l'aptitude de l'eau à un usage agricole. En cas d'épisode pluvieux et de dysfonctionnement de la STEP, la performance épuratoire du milieu est remise en cause.

REUT EN USAGES SENSIBLES : VERS UNE QUALITÉ SANITAIRE INTÉGRALE DE L'EAU POUR DES USAGES NON RESTRICTIFS

Le projet de REUT sur espaces verts de la ville du Port doit tenir compte d'enjeux sanitaires particulièrement sensibles. Aussi, un objectif de qualité d'eau élevée a été retenu pour alimenter le système d'irrigation (SCP, 2010, Le Port).

Pour répondre à cet objectif « qualité de l'eau », le projet du Port a, depuis les premières réflexions au début des années 1990 jusqu'aux dernières avancées de 2013, été abordé avec la même préoccupation :

- valider l'efficacité du process épuratoire par des tests à échelle réduite,
- planifier les dispositifs de gestion du risque sanitaire par une concertation étroite avec les services de santé de l'État.

Années 1990, pilote de lit filtrant au sable noir : efficacité épuratoire vs. emprise de surface

À l'époque des premières études, il y a plus de 20 ans, les lignes directrices de l'OMS (Organisation Mondiale de

la Santé) 1989 sur la REUT venaient de paraître, et le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France) travaillait à la rédaction des recommandations nationales qui allaient paraître en 1991.

La SCP, aux côtés de la ville du Port, a contribué à valider l'efficacité d'un dispositif épuratoire par lit de sable à circulation lente et alimentation séquentielle. L'action filtrante progressive d'une matrice sable/biofilm, fonctionnant sur une alternance de périodes d'alimentation et de périodes d'assec amenait à la réduction des paramètres physico-chimiques et des marqueurs microbiologiques. Le réchauffement du sable basaltique noir sous l'effet des rayons du soleil complétait le process épuratoire, pour des résultats très performants

Utilisé en traitement secondaire du projet de STEP, le lit filtrant devait assurer à la fois le traitement de l'eau et le degré d'épuration requise pour un usage non restrictif de l'eau.

Bien que la qualité A de l'époque ait été largement atteinte, le « process » n'est resté qu'à l'échelle de pilote, notamment en raison de la surface requise, incompatible avec la densité industrielle du site de la STEP du Port.

Années 2010 : les procédés membranaires au service de la REUT

Relancé à la fin des années 2000 avec les nouvelles perspectives de mise aux normes et d'extension de la STEP du Port, le projet de REUT a rapidement intégré les nouveaux traitements membranaires d'ultrafiltration. Ces procédés devaient initialement intervenir en traitement tertiaire de l'eau, pour en permettre la réutilisation, après une STEP à boues activées classiques.

Après calage avec les services de santé de l'État, l'objectif de qualité d'eau en sortie devait viser au-delà de la qualité A (à l'époque qualité A issues des recommandations CSHPF de 1991), selon des seuils établis en 2007 dans une 'doctrine réunionnaise' en matière de REUT Cette qualité optimale de l'eau devait permettre en particulier un usage non restrictif de l'eau adapté au cas des espaces verts du Port : sans contraintes de distances aux tiers, habitations, ni horaires d'arrosage.

Le choix technique de la filière de traitement de la STEP s'est finalement porté sur une variante technologique alors récente : le bioréacteur à membranes, qui intègre dans les bassins à boues activées des racks membranaires visant à pomper et filtrer l'eau par aspiration. Cette technologie permettait, comme à l'époque le lit filtrant de sable noir, de remplir à la fois la fonction d'assainissement secondaire et tertiaire en vue de la REUT. La station a été mise en service en 2012.

Compte tenu des enjeux sanitaires majeurs, de la volonté de la ville du Port d'économiser son eau potable et

des prescriptions apparus avec l'arrêté 2010, un pilote de traitement tertiaire a été mis en œuvre et ses performances épuratoires suivies pendant 6 mois. Vus les objectifs et les conditions d'évaluation des risques sanitaires pour la pratique de l'irrigation par aspersion, le traitement retenu a eu pour but de constituer une barrière physique maximale aux agents microbiologiques en priorité (SCP, 2014, Le Port).

Avec un traitement préalable par ultrafiltration, l'opportunité de pouvoir mettre en œuvre un traitement par osmose inverse a été saisie dans le cadre des propositions des entreprises consultées. La société Veolia a réalisé le pilote de traitement tertiaire et effectué le suivi analytique en coordination avec le groupement maître d'œuvre SCP/BRL/SECMO/SOGREAH.

La double filtration membranaire UF/OI est un procédé technologique utilisé dans plusieurs opérations de REUT, en Belgique, en Californie, à Singapour, en Namibie, pour des usages allant jusqu'à un usage eau potable indirect, après injection dans un aquifère.

Les principales questions que soulève ce choix technologique sont :

- Jusqu'où aller en termes d'épuration de l'eau pour un usage de REUT sensible ? Quel facteur(s) de décision(s) pour privilégier les investissements sur la REUT par rapport à d'autres sources d'économies d'eaux ?
- Quelles conséquences agronomiques du fait de la déminéralisation de l'eau ?
- Quel degré d'approfondissement des risques sanitaires à évaluer avec un traitement tertiaire dont on sait qu'il va produire une eau déminéralisée et quasi stérile aux contaminations post traitement près ?
- Quelle place donner à ces filières de traitements tertiaires dans la REUT avec une réglementation qui ne favorise tacitement pas le recours aux technologies trop sophistiquées (cf. expression des abattements log de micro-organismes plutôt que des concentrations) et souhaite limiter le recours aux usées traitées ?

Enseignement et bilan de l'essai de l'expérimentation de traitement tertiaire

La caractérisation des effluents bruts

Les bilans microbiologiques et chimiques ont montré :

- des concentrations en métaux lourds faibles et non quantifiables en dehors du zinc (niveau de concentration de l'ordre 100 µg/L) ;
- des substances chimiques en nombre relativement réduits avec une présence de perturbateurs endocriniens essentiellement représentée par les HAP, le chloroforme et les phtalates (DEHP). L'ordre de grandeur des concentrations des molécules les plus concentrées est de 0,1 µg/L ;

- des résidus médicamenteux essentiellement représentés par les analgésiques (paracétamol), l'acide salicylique, la caféine et l'hydrochlorothiazide (diurétique) ;
- des concentrations en germes fécaux cohérentes avec la nature des effluents (10^7 d'E. Coli/100 mL), la présence symptomatique de *Giardia* à l'île de la Réunion (>1000 n/100 mL) et dans une moindre mesure de *Cryptosporidium* ;
- des caractérisations parfois difficiles de certains microorganismes (amibes, légionelles) et des concentrations à des niveaux pas aussi élevées que prévues (concentrations de phages ARN-F spécifiques de l'ordre 10^3 n/mL et des entérovirus non quantifiables).

Bilan des traitements

La réutilisation d'eaux usées traitées d'effluents d'origine strictement domestique montre que les risques de remobilisation dans l'eau traitée de certaines substances chimiques piégées dans les boues est faible voire négligeable (cas des métaux lourds).

Il montre aussi qu'en dépit d'un traitement performant, le critère de qualité A de l'arrêté 2010 vis-à-vis des bactériophages ne peut être *stricto sensu* respecté, les concentrations initiales ne dépassant pas 10^4 nb/mL (fig. 2).

La présence d'amibes (*Hartmanella* et *Acanthamoeba*) ponctuellement observées en aval du traitement tertiaire est vraisemblablement liée à un développement de biofilms sur la surface des équipements hydrauliques (vannes, tuyaux). La chloration permet d'éliminer ces germes ainsi que les légionelles, par ailleurs non quantifiables lors de l'essai par technique de culture et par PCR.

Étant donné l'efficacité du traitement membranaire de la station d'épuration du Port en comparaison des critères de qualité d'eau prévus par l'arrêté 2010, on constate que l'osmose inverse amène une plus-value essentiellement au niveau de la maîtrise des substances chimiques dissoutes comme les résidus médicamenteux (fig. 3).

Les résidus médicamenteux et les perturbateurs endocriniens ne font pas l'objet de critères de limites pour la REUT. D'ailleurs, à titre de comparaison, ils ne sont pas pris en compte pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Les performances de la filière de traitement par osmose inverse dépassent donc le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, difficile à établir du fait du manque de données et d'études toxicologiques et épidémiologiques (cf. conclusion de l'avis de l'Anses 2012 sur les risques liés à l'usage de l'eau usée traitée par aspersion) D'un point de vue environnemental, la qualité de ces rejets préserve les ressources en eaux et les organismes aquatiques de risques de contaminations.

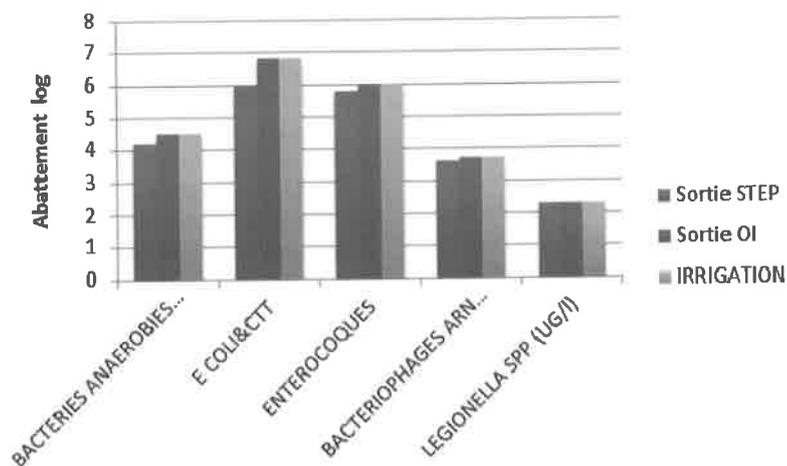


Fig. 2. Abattements des concentrations de micro-organismes suivis au cours de l'expérimentation de REUT du Port en 2013.
 Fig. 2. Reduction of microorganisms in log during Le Port double-membrane wastewater reuse experiment in 2013.

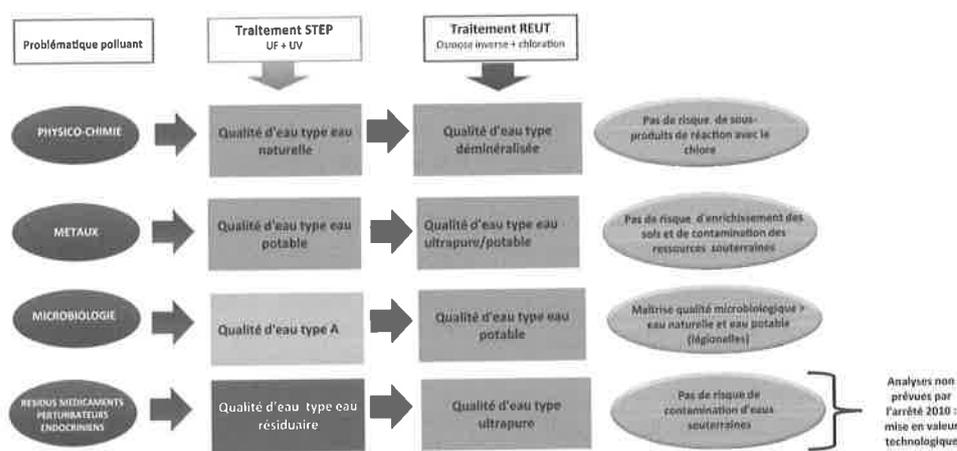


Fig. 3. Illustration du bilan d'expérimentation de traitement tertiaire par osmose inverse sur la ville du Port (2013).
 Fig. 3. Diagram of treatment steps efficiency regarding Le Port double-membrane wastewater reuse experiment.

Maintenant l'expérimentation terminée, le dossier d'autorisation pour REUT avec possibilité d'aspersion est en cours de finalisation. Il permet de se rendre compte que la production d'une eau « ultra-traitée » ne permet pas pour autant une simplification du dossier. L'évaluation de l'impact sanitaire de l'irrigation des espaces verts à travers le volet sol selon l'arrêté 1998 auquel renvoie l'arrêté de 2010 nécessite effectivement une dérogation car les sols analysés présentent des anomalies géochimiques (concentrations élevées en nickel). Or, l'eau usée traitée est exempte de métaux, l'arrosage ne concerne que des espaces verts et les sols concernés par le projet sont souvent constitués de remblais en surface.

Le recours à des traitements tertiaires performants pose naturellement la question de la pertinence de la prise en compte de risques sanitaires à travers un texte prévu pour l'épandage des boues, le lien logique avec le risque de mobilité des polluants concentrés dans les boues vers l'eau étant devenu moins évident du fait des caractéristiques domestiques des eaux résiduaires et la capacité de piégeage des technologies membranaires.

La question prend d'autant plus d'ampleur si on considère parallèlement l'absence de précautions comparables concernant l'irrigation avec des eaux de surface parfois sous influence d'eaux résiduaires ou de contaminations fécales.

En conclusion, on observe la difficulté pour les maîtres d'ouvrage, leurs maîtres d'œuvre, et les services de santé de l'État d'appréhender des projets qui, manifestement, exigent des qualités d'épuration de l'eau très poussées avant réutilisation. Les recommandations CSHPF de 1991 et surtout l'arrêté interministériel de 2010 ont eu le mérite de donner un cadre, désormais réglementaire, à la REUT. Ils sont cependant restés au seuil de la définition d'une catégorie d'eau qui permettrait un usage non restrictif de l'eau (lavage voiries), sans contraintes de distance ni d'horaires d'irrigation. Les limites implicites des usages urbains de la REUT sont également à considérer dans un contexte de gestion globale des ressources en eau des collectivités qui disposent de plusieurs moyens de rationalisation de ses consommations d'eaux

Dans un cadre insulaire comme celui de la ville du Port, on comprend que la REUT constitue une opportunité de ressource en eau à ne pas négliger (ressource eau potable limitée).

En dépit de certains questionnements posés par l'arrêté, la coordination avec les différents partenaires du projet et en particulier de l'ARS-OI est sur le point de permettre la réalisation du projet.

L'expérimentation conduite aura permis de tirer de nombreux enseignements, sur ce cas précis, tel que l'absence d'enjeu sanitaire sur les métaux lourds avec des eaux résiduaires d'origine domestique, une difficulté d'appréhender le risque microbiologique d'une eau traitée par microfiltration en comparaison d'une eau de surface naturelle et la réduction voire l'absence de gain agronomique des eaux usées de plus en plus efficacement traitées. Enfin, dans un contexte où les résidus médicamenteux et hormonaux font leur apparition dans la liste des polluants à surveiller dans les milieux aquatiques (DCE), la ville du Port a choisi une filière de traitement tertiaire sophistiquée mais cohérente avec son traitement de station (ultrafiltration) et les enjeux sanitaires.

GESTION DU RISQUE « ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES » LIÉ À LA REUT : SIMULATION DE L'ACCUMULATION DU CADMIUM DANS LES SOLS

L'arrêté du 2 août 2010 sur la réutilisation des eaux usées reprend une part d'héritage de la réglementation 'boues d'épuration' de la fin des années 1990 notamment sur les exigences de traçabilité et la surveillance du risque de contamination des sols par les éléments traces.

Or, dans le cas de Bonifacio, les valeurs en cadmium mesurées à différents niveaux de profondeur dans les sols

du golf sont souvent proches ou égales à la valeur limite de concentration dans les sols (annexe 1 de l'arrêté du 8 janvier 1998 : 2 mg Cd/kg dans les sols). Cette concentration est d'origine naturelle (fonds pédogéochimique) (tab. I).

Considérant que l'éventuelle accumulation de Cd dans les sols liés à la réutilisation des eaux usées pouvait entraîner un dépassement de la valeur limite de 2 mg/kg, la Police de l'Eau a demandé une étude d'évaluation spécifique. Pour y répondre, il a été décidé d'appliquer un modèle simplifié d'accumulation du cadmium dans les sols du golf suite aux apports d'eaux usées traitées, et de considérer des échanges dynamiques (SCP, 2010, Bonifacio).

Résultats de la simulation : de l'importance de pouvoir mesurer la concentration initiale en cadmium de l'eau

Dans le cas de l'hypothèse basse (apport de Cd dans les EUT de type bruit de fond), on constate que les apports de cadmium ne sont pas suffisants pour provoquer un phénomène d'accumulation significatif. Les flux d'entrée (apports) sont équilibrés par les flux de sortie (transfert plantes et migration en profondeur).

Dans le cas de l'hypothèse haute (apport dans les EUT à la limite de quantification du laboratoire), le cadmium serait accumulé de façon linéaire jusqu'à des seuils très importants (entre 7 et 8 mg/kg à 30 ans).

En conclusion, on retient que, sur la base des hypothèses prises en compte, l'ensemble des résultats obtenus par cette modélisation tendraient à mettre en évidence un phénomène de rétention relativement élevé du cadmium dans les sols, et ce en dépit de sa spéciation principalement sous forme libre qui lui confère une mobilité importante.

Toutefois l'exercice de la simulation se heurte à des incertitudes importantes relatives à deux hypothèses : la concentration en Cd des eaux usées traitées est inférieure au seuil de détection analytique ; et l'évaluation de la capacité du sol à retenir le cadmium ou à le drainer (K_d) ne peut être qu'approchée.

En outre, la concentration en cadmium dans les eaux conventionnelles utilisées aujourd'hui pour alimenter le golf (retenues des barrages de l'OEHC) n'a pas été mesurée. Il est très probable qu'elle soit comparable aux eaux issues de la STEP (même origine), et donc que la dynamique du Cd dans les sols du golf soit comparable... (fig. 4).

Bref, le sujet de l'éventuelle accumulation du cadmium dans les sols du golf ou sa mobilité reste complexe. Les dossiers réglementaires dont le dossier de dérogation cadmium sont en cours d'instruction (ADEME-APCA, 2005). Le projet est donc en attente.

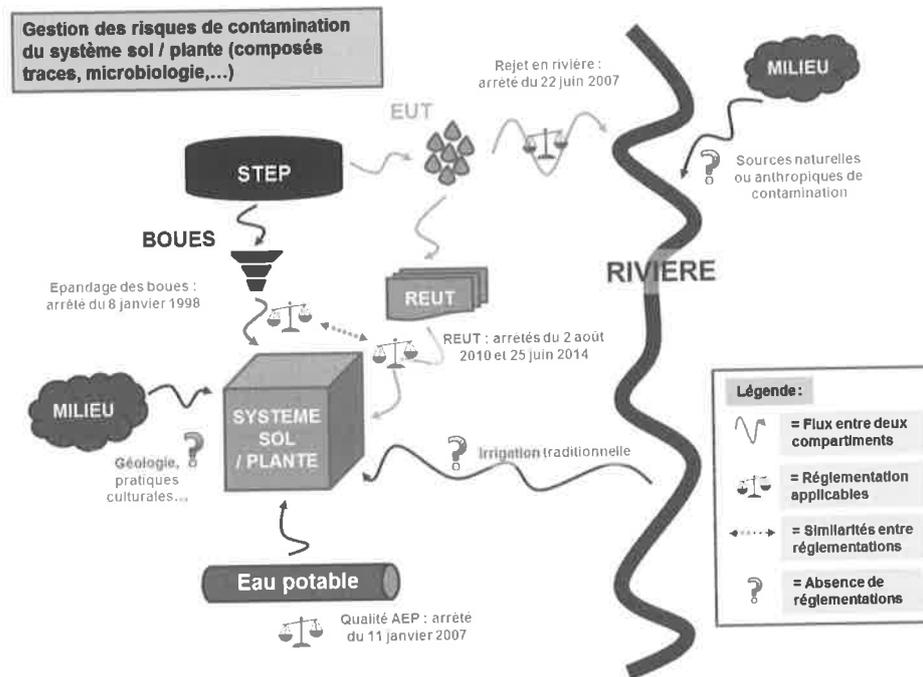


Fig. 4. Réflexion illustrée des conséquences du renforcement des traitements tertiaires au-delà des exigences prévues par l'arrêté 2010 sur la prise en compte des exigences de l'arrêté de 1998 sur l'épandage des boues.

Fig. 4. Diagram of sanitary risk comparing different types of water resources and wastewater treatment by-products - serious doubts on the interest of applying sludge 1998 regulations in 2010 water reuse regulations.

Tableau I. Teneurs en cadmium dans les deux unités typologiques de sols du golf.

Table I. Cadmium concentrations in Sperone golf soil types.

Types de sol	Teneur en cadmium
Sols issus du granite	entre 1,0 et 1,9 mg/kg avec 5 valeurs supérieures à 1,5 mg/kg
Sols hypocalcaires issus des calcarénites	1,9 m/kg en moyenne

STOCKAGE DE L'EAU ET ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ SANITAIRE

Les études de cas du golf de Bonifacio (2A) et de la zone agricole de Moissac-Bellevue (83) apportent des éclairages et des interrogations sur l'évolution de la qualité de l'eau pendant le stockage.

Bonifacio : préserver la qualité de l'eau dans un bassin profond et pour un temps de stockage long

Les besoins annuels du golf en eau d'arrosage varient de 170 000 à 220 000 m³, ce qui correspond environ au 2/3 du volume d'eaux usées traitées produit annuellement par la

STEP. À l'heure actuelle, l'eau utilisée pour irriguer le golf provient d'un mélange d'eaux de différentes origines (ruissellement du bassin versant, barrages de l'Ospedale et de Figari), stockées dans une retenue collinaire d'une capacité de 70 000 m³ dans le domaine du golf.

La retenue collinaire du Domaine de Sperone fait donc office de bassin tampon. La STEP de Bonifacio contribuerait au remplissage progressif de la retenue avant la saison d'irrigation, pour ensuite compenser en volume les soutirages du golf (besoins de pointe de 1800 m³/j, production de la STEP à capacité nominale 2250 m³/j).

La question du stockage bien que non évoqué dans l'arrêté du 2 août 2010 se posera dans le cas d'un dysfonctionnement de la STEP de Bonifacio avec interdiction d'irriguer. Si l'eau usée épurée livrée quotidiennement n'est plus conforme et qu'une analyse au niveau du stockage confirme

Encart Bonifacio

État du projet	Dossiers réglementaires
Commune	Bonifacio (2A)
Région géographique	Corse du Sud / Méditerranée site des Bouches de Bonifacio
Station d'épuration	Rénovation <i>in situ</i> de la station capacité de traitement de 2500 EH portée à 15 000 EH. Traitement par bioréacteur à membranes. Qualité d'eau en sortie : niveau A - mise en service fin 2012
Traitement complémentaire	-
Valorisation des EUT	Rejet provisoire dans le goulet du port. Deux possibilités de rejet définitif : irrigation d'un golf à 7 km, ou émissaire en mer
Enjeux	<ul style="list-style-type: none"> - Substitution d'une ressource AEP issue de deux barrages - Évitement de la pose d'un émissaire dans les Bouches de Bonifacio (réserve internationale, herbiers de posidonies...) - Qualité sanitaire de l'eau requise pour l'irrigation (A), y compris après stockage dans la retenue du golf - Teneur naturelle des sols en Cd (élément trace métallique) montage d'un dossier de dérogation

La commune de Bonifacio située à l'extrême sud de la Corse dispose d'un patrimoine paysager et historique exceptionnel qui attire de très nombreux touristes. Sa population permanente s'élève à un peu moins de 3000 habitants ; la commune accueille plus de 12 000 résidents en pleine saison estivale sans compter les touristes de passage à la journée.

C'est dans le cadre de la « Charte sur l'eau et les golfs » signée en 2006 entre le Ministère de l'Écologie, le Ministère de la Jeunesse et des Sports, et la Fédération Française de Golf que la société du Golf de Sperone a manifesté son intérêt auprès de la commune pour la réutilisation des eaux traitées par la station d'épuration communale mise aux normes, sous réserve d'une qualité d'eau conforme aux règles d'hygiène et d'une qualité agronomique acceptable, pour un volume annuel de l'ordre de 200 000 m³.

La station, rénovée et remise en service en 2012 bénéficie d'un arrêté préfectoral d'autorisation provisoire en attendant la mise en œuvre de la solution définitive de rejet. Deux options sont envisagées : la pose d'une conduite de transfert vers le golf ou un émissaire en mer dans les Bouches de Bonifacio.

Dans l'option de la REUT, les eaux traitées seraient pompées de la station d'épuration vers le golf de Spérone par une canalisation enterrée. Le point de livraison est la retenue collinaire du golf, qui reçoit actuellement les eaux brutes des barrages, dans laquelle les eaux seront stockées en attendant d'être utilisées pendant la période d'arrosage du golf.

La parution de l'arrêté préfectoral du 2 août 2010 a modifié l'approche réglementaire initiale, en particulier sous deux aspects, en requérant :

- un test pilote, y compris batteries d'analyses pendant 6 mois, afin de valider le mode d'irrigation par aspersion ;
- une étude démontrant que la teneur en cadmium des sols du golf est naturelle, et ne présente pas de risque environnemental que la REUT viendrait amplifier.



Vue des falaises et de la ville de Bonifacio (2A).
Bonifacio city and famous cliffs (Corsica).



Le golf de Spérone, utilisateur potentiel des eaux usées traitées de la station d'épuration de Bonifacio.
Sperone golf, possible user of treated wastewater from Bonifacio treatment plant.

cette non-conformité, la problématique du sort de ces eaux usées stockées reste entière car :

- il n'est pas possible de vidanger la retenue dans le ruisseau de Sperone qui se jette dans un étang littoral d'une grande valeur écologique ; cette lagune côtière représente un écosystème saumâtre très sensible, qui serait perturbé par un déversement important d'eau à salinité moindre
- la construction d'une deuxième retenue pour recevoir les eaux usées épurées est impossible à proximité du golf et irréaliste en termes de coûts,
- la proposition de l'administration de rejeter ces eaux usées épurées non conformes vers le ruisseau de San Mullari nécessiterait une canalisation supplémentaire de transfert de plus d'un kilomètre ; de plus le rejet s'effectuerait dans un ruisseau temporaire qui aboutit à proximité de plages et dans la réserve internationale des Bouches de Bonifacio ; cette proposition est jugée inacceptable par les élus de Bonifacio,
- quoi qu'il en soit, la prise d'un contrat de secours avec l'Office d'Équipement Hydraulique de la Corse (OEHC) gestionnaire des deux barrages sera nécessaire pour obtenir une ressource en eau de substitution et sécuriser le projet.

L'article 3 de l'arrêté rappelle que les conditions de stockage des eaux usées traitées ne doivent pas favoriser le développement de vecteurs ou d'agents pathogènes. La mise en application de cet article est source de perplexité, en effet :

- le temps de séjour de l'eau dans la retenue peut permettre une épuration complémentaire ; considérant la capacité de la retenue (70 000 m³) et une utilisation d'eau d'arrosage par le golf de 1800 m³/jour en saison de pointe, on peut estimer le temps de séjour de l'eau à 2 mois minimum ; sur ce laps de temps les UV solaires participeraient à la dégradation éventuelle d'agents pathogènes restants, même si la profondeur de la retenue (3 m) n'est pas optimale du point de vue de l'efficacité épuratoire (1 m à 1,50 m) ;
- inversement, il existe un risque de contamination de l'eau stockée dans la retenue collinaire par des ruissellements venant du bassin versant, ou par la présence d'oiseaux marins ; ce risque est toutefois indépendant de la source d'eau utilisée pour alimenter la retenue de stockage ; précisons qu'une analyse bactériologique de l'eau d'irrigation est effectuée tous les 15 jours ;
- le schéma actuel d'alimentation de la retenue par les eaux conventionnelles issues des barrages de l'Ospedale et Figari provoque déjà des phénomènes d'eutrophisation (malaïgue) ; pour y remédier, un système d'aération (fontaine) a été installé ; les eaux usées traitées issues de la STEP de Bonifacio seront plus

riches en éléments nutritifs N et P que les eaux issues des barrages : le risque d'eutrophisation du plan d'eau sera augmenté, et le système d'aération devra s'y adapter ;

- enfin, le risque de proliférations algales (cyanobactéries) dû au stockage de l'eau dans la retenue existe, mais il est difficile à estimer en l'absence de valeurs de comparaison par rapport aux concentrations actuelles.

La gestion de la qualité de l'eau dans la retenue de Spérone devra être suivie attentivement. L'aération du plan d'eau déjà en place et l'action des UV solaires doivent pouvoir conserver la qualité sanitaire de l'eau. La composition de l'eau en nutriments, en particulier N et P représente en principe un accroissement du risque d'eutrophisation, qui devra être pris en compte dans les modalités de fonctionnement du système d'aération.

Moissac-Bellevue (83) : optimiser le fonctionnement d'un stockage-lagunage

Le principe du projet de Moissac-Bellevue est de mettre en œuvre une réutilisation des eaux usées « rustique », sur un petit territoire agricole. Dans ce cadre, une réserve de stockage de 10 000 m³ est prévue. Ce bassin, rempli gravitairement en début de saison d'irrigation par une prise sur le vallon des Portes Rouges (vallon sec à l'étiage), serait équipé d'une surverse pour renvoyer l'eau au milieu naturel. Au cours de la saison d'irrigation (3 mois), les rejets de la station d'épuration (450 m³/j environ) parviendraient à remplir le bassin à quatre reprises. Le volume total théorique disponible est donc de 50 000 m³.

Ainsi, comme dans le cas de Bonifacio, le bassin de stockage, plein en début de saison d'irrigation, se vide par la consommation et se remplit par les rejets de la STEP au cours de la saison.

Le bassin sera implanté sur une superficie de 1 ha, et d'une profondeur totale de 1,50 m. L'épaisseur de la lame d'eau utile (1 m) permet théoriquement une action épuratoire optimale par les rayons UV solaires. Ainsi le bassin de stockage jouerait un rôle de lagunage.

Pour tester ces hypothèses d'épuration naturelle dans le dispositif de stockage, un essai s'est déroulé au mois d'août 2012, en barrant le vallon sur une période de 8 jours. Un volume de 500 m³ s'est progressivement accumulé.

- Le 8 août 2012, des prélèvements d'eau ont été menés le long du vallon (point de mesure n° 1 en amont de la STEP – pas de débit ; n° 2 = rejet STEP ; n° 3 = 1 km en aval du rejet ; n° 4 = 2 km en aval du rejet ; n° 5 dans cette retenue temporaire).
- Des analyses de qualité ont été réalisées sur quatre des six marqueurs sanitaires de l'arrêté du 2 août 2010

Tableau II. Mesure des paramètres sanitaires dans l'eau lors de la tournée du 8 août, au niveau des 4 points de mesure usuels et du bassin de stockage temporaire.

Table II. Sanitary parameters in water as measured on August 8th, along 4 points of the seasonal stream, and in the temporary storage basin.

Campagne	Point de mesure	MES	DCO	Escherichia Coli	Entérocoques intestinaux	Niveau de qualité sanitaire
		mg/L	mg O ₂ /L	NPP*/100mL	NPP*/100mL	
8 août 2012	1	-	-	-	-	-
	2	11	29	50300	9000	C
	3	11	23	7000	3140	B
	4	<3,3	23	260	300	B
	5	<4	37	40	80	A

(paramètres physico-chimiques MES et DCO et paramètres bactériens E. Coli et Entérocoques) (manquent les deux paramètres viraux et parasitaires) et comparées aux quatre classes de qualité sanitaire des EUT de l'arrêté de 2010 (A, B, C et D).

Il en ressort de ces analyses d'août 2012, que :

- Comme prévu, il n'y a pas d'eau donc pas d'analyse possible sur le point de mesure n° 1 (amont STEP), ce qui confirme que le vallon est sec, alimenté en été uniquement par les rejets de la STEP.
- Les eaux usées en sortie de la STEP atteignent le niveau de qualité sanitaire A pour les marqueurs MES et DCO. C'est logique : la station est une « boues activées » mise en service récemment, en 2010. En revanche les marqueurs bactériens correspondent à un niveau C.
- Lors du parcours dans le vallon sec, il y a épuration naturelle de l'eau pour la charge bactérienne, de l'ordre de 1.5 log. À 1 km du rejet de la STEP (point de mesure n° 3), le niveau de qualité B est atteint pour E. Coli et Entérocoques.
- Enfin, au point de prélèvement n° 5, les effets des rayonnements solaires UV permettent d'obtenir la qualité A y compris pour les paramètres bactériens (tab. II).

Ce test ponctuel de l'été 2012 démontre l'intérêt d'utiliser le dimensionnement et le pilotage du bassin de stockage pour assurer une épuration complémentaire de l'effluent. Dans notre cas, la qualité A atteinte permettrait théoriquement et réglementairement un usage en maraîchage. Toutefois, il convient de répéter l'expérimentation, si possible avec un pilote, pour valider ces observations ponctuelles, et intégrer le résultat dans le schéma de REUT.

Compte tenu d'un bassin de 10 000 m³, et d'un rejet de la STEP de l'ordre de 450 m³/j, on peut considérer un temps de séjour de l'eau de 20 jours environ. Ce qui selon la bibliographie permettrait, dans notre cas, de garantir la qualité A.

INCERTITUDES RÉGLEMENTAIRES LIÉES AU PRÉLÈVEMENT EN MILIEU NATUREL

Le projet de Moissac-Bellevue soulève une question réglementaire *a priori* inédite, qui relève du Code de l'Environnement et de son application en milieu méditerranéen.

En effet, il est prévu que le prélèvement de l'eau pour le projet s'opère dans le vallon sec, à 1 km environ en aval du rejet. L'intérêt est double :

- éviter la pose d'une canalisation entre la station d'épuration et les zones agricoles, à travers 1 km de forêt méditerranéenne,
- bénéficier de l'épuration naturelle de l'eau le long du vallon par des mécanismes d'oxydation et de prédation, au total évaluée à 1 log environ pour les paramètres bactériens.

La rubrique 1.2.1.0. de la nomenclature dite « Loi sur l'Eau » du Code de l'Environnement, relative à l'impact quantitatif d'un prélèvement est-elle applicable ? Ou bien faut-il considérer que l'opération reste un projet de réutilisation des eaux usées traitées, donc est soumise à l'arrêté du 2 août 2010 ? Autrement dit, le pompage des eaux usées traitées dans le vallon sec correspond-il à un prélèvement dans le milieu naturel ou bien à une opération de REUT ?

La réponse à cette question peut être abordée sous l'angle de la qualité de l'eau et sous l'angle des débits rejetés :

- L'eau du vallon, par sa contamination bactérienne comme par sa teneur en éléments nutritifs (nitrates variant selon les analyses entre 10 et 50 mg/L, orthophosphates entre 2 et 15 mg/L) fait clairement l'objet d'une pollution anthropique.
- En 2012 et 2013, les campagnes de jaugeage réalisées donnent un débit nul en amont de la STEP pour les mois de juillet, août et septembre, et un débit de l'ordre de 7 L/s en aval. Ceci démontre que d'un point de vue quantitatif, l'eau que le projet prélèverait est bien de l'eau issue de la STEP. . .



Fig. 5. Illustration de l'approche multithématique d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées (REUT).

Fig. 5. *Managing a wastewater reuse project: a multithematic scheme.*

Une concertation entre les services de l'État en charge de l'environnement et de la santé pour le département du Var (DDTM 83 et ARS DT 83) a abouti en septembre 2013 à l'avis suivant : le projet peut bien être considéré comme une opération de REUT, et non comme un prélèvement au milieu naturel. De cet avis découle à la fois la nature du dossier de demande d'autorisation à monter, et également les possibilités de financement du projet.

En conclusion, il ressort que, d'un point de vue réglementaire, le cas particulier de Moissac-Bellevue, qui utilise le transit de l'eau en sortie de STEP par 1 km de vallon sec avant prélèvement, doit pouvoir être assimilé à une opération de réutilisation des eaux usées traitées. La qualité de l'eau comme les débits du vallon démontrent le caractère anthropique du rejet, donc que la ressource ne peut pas être considérée comme « naturelle ».

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Plusieurs enseignements peuvent être retenus de l'analyse de ces trois projets.

1. Comme l'illustre le schéma ci-dessus (fig. 5), un projet de REUT est un projet d'irrigation atypique, à la croisée de différentes problématiques. Les trois cas étudiés, les questions posées et les réflexions associées s'inscrivent dans une ou plusieurs de ces problématiques.
2. D'un point de vue pratique, chaque cas est unique. La complexité sanitaire et environnementale du contexte,

l'approche technologique ou systémique retenue, modifie radicalement le contenu du projet. Le moteur essentiel d'un projet est le besoin : la nécessité d'un apport d'eau d'irrigation complémentaire ou de substitution.

3. La réglementation de 2010 prend bien en compte les enjeux variés de la REUT. Toutefois, plusieurs points interpellent, dont a minima les deux suivants :
 - a. L'arrêté évalue le niveau de qualité de l'eau sur un abattement des paramètres microbiens au cours du traitement. Compte tenu de la variabilité microbiologique des eaux usées brutes en entrée de STEP, le niveau d'abattement des bactériophages mesuré en log en sortie de système est parfois trop faible (<4), ce qui dégradera la qualité réglementaire de l'eau (de A à B). La pertinence de l'usage de cet « abattement en log » dans l'arrêté de 2010 plutôt qu'une « concentration » peut être remise en question.
 - b. L'arrêté prévoit des verrous liés aux teneurs en ETM des sols récepteurs directement calqués sur la réglementation « boues d'épuration » de 1998. Or les teneurs dans les eaux traitées sont très faibles, comparables à des eaux conventionnelles. Le lien logique entre la contamination des sols ou des cultures et les flux d'ETM éventuellement apportés (et souvent en dessous des seuils de détection) n'est pas évident. Ces contraintes en rapport avec le risque ETM semblent inappropriées, d'autant plus pour des usages non alimentaires.
 - c. La parution de l'arrêté du 25 juin 2014 répond à certaines difficultés, mais apporte de nouvelles interrogations notamment liées à la prise en compte du vent dans les projets qui utilisent l'irrigation par aspersion.
4. Dans le cas de l'approche technologique comme dans celui de l'approche systémique, il existe un dénominateur commun sanitaire : la nécessité du suivi qualité de l'eau traitée. Les risques de dysfonctionnement de la STEP (cf. relargage des boues lors d'un épisode pluvieux) ou du système de traitement complémentaire (cf. conditions d'ensoleillement) ou les risques de recontamination d'un réseau de distribution (cf. conditions de température favorables) doivent être compensés par un suivi qui permette, ce cas échéant, de limiter l'exposition ou de basculer sur une ressource de substitution.
5. Si le moteur principal est le besoin en eau, le facteur de réussite le plus important est la volonté politique et la pugnacité du maître d'ouvrage. Dans le cas du projet du Port sur l'île de La Réunion, la persévérance de la mairie depuis le début des années 1990 a permis de pousser le projet jusqu'au stade pilote « aspersion » prévu par l'arrêté interministériel de 2010. Le dossier réglementaire finalisé, les eaux usées pourraient commencer

à être valorisées en 2016. Près d'un quart de siècle d'incubation !

La REUT est un exemple intéressant de la culture hygiéniste française. Les enjeux de maîtrise du risque sanitaire et environnemental sont prépondérants, par souci d'éviter une crise sanitaire et probablement surtout parce que la tension sur la ressource en eau est modeste, réduite à quelques zones géographiques bien particulières, où la REUT ne peut d'ailleurs apporter qu'une réponse partielle.

Les pays du pourtour méditerranéen (Israël et Crête hier, Espagne et Maroc aujourd'hui), guidés par l'urgence de développer des ressources alternatives en eau, appréhendent la maîtrise du risque de façon plus pragmatique.

RÉFÉRENCES

- Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), 1991. Rapport concernant la réutilisation des eaux usées urbaines pour l'irrigation et l'arrosage des espaces verts.
- ADEME et APCA, 2005. Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épuration, comment formuler une demande pour les sols à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques ? Guide technique.

- Joint FAO and WHO report, 2006. Health Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater.
- European Commission Community Research, 2006. AQUAREC – Water reuse system management manual.
- Ministères en charge de la Santé et de l'Environnement, 2010. Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation des eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts.
- SCP, 2010. Commune de Bonifacio, réalisation de la nouvelle station d'épuration et recyclage des eaux traitées à des fins d'arrosage – Dossier de demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement.
- SCP, 2010. Commune du Port, réutilisation des eaux usées après traitement – Rapport d'avant-projet complémentaire relatif au traitement tertiaire.
- SCP, 2012. Commune de Moissac-Bellevue, Parc naturel régional du Verdon, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures en Provence – Étude d'opportunité de la REUT agricole sur le territoire et mise en place d'un projet pilote.
- SCP, 2014, Commune du Port, réutilisation des eaux usées pour l'arrosage d'espaces verts – Dossier de demande d'autorisation au titre de l'arrêté du 2 août 2010.