

## ***Groupe Eau***

Notes de travail n° 5

# **La réutilisation des eaux usées**

Jean Dunglas

*Membre de l'Académie d'agriculture de France*

Manuscrit publié en février 2014

Il s'agit des techniques de récupération des eaux usées, le plus souvent après différents traitements destinés les débarrasser de leurs impuretés dangereuses ou toxiques afin d'en utiliser l'eau à nouveau. Dans le langage courant, le terme "réutilisation" (*reuse*) couvre habituellement l'emploi de l'eau récupérée vers des usages nouveaux ou différents. Le terme "recyclage" (*recycling*) considéré souvent comme équivalent signifie plutôt un usage de l'eau épurée dans le même processus. Un industriel "recycle" son eau pour la réinjecter dans un cycle de production identique. Un agriculteur "réutilise" une eau usée domestique traitée ou non à des fins d'irrigation.

Dans le développement qui suit, on étudiera essentiellement la réutilisation des eaux usées (REU) d'origines domestiques, issues des réseaux d'assainissement urbains ou, accessoirement provenant d'industries agroalimentaires, sans aborder les cas très nombreux et très variés du recyclage des eaux chargées de polluants industriels.

La REU a pour objectif de fournir des quantités supplémentaires d'eau dont la qualité convient à un usage déterminé, sans avoir à utiliser une eau épurée par un passage dans son cycle naturel. Dans ce sens, non seulement elle économise l'eau mais en plus, si elle est bien menée, elle protège le milieu et les écosystèmes environnants.

La REU permet en effet de supprimer ou de différer les rejets des stations d'épuration dans les milieux vulnérables (objectif *rejet zéro* dans les eaux littorales). Elle contribue ainsi à la réhabilitation de cours d'eau et des rivages menacés d'eutrophisation. Or les problèmes d'eutrophisation se posent surtout en période estivale au moment où les besoins d'eau d'irrigation sont les plus grands.

Il s'agit donc d'une fourniture alternative, qui limite les pénuries et améliore la gestion des ressources en eau. Les enjeux socioéconomiques qui en résultent sont considérables.

## **1- Aperçu historique**

Les eaux usées domestiques ont été utilisées soit directement soit plus ou moins diluées, depuis des siècles, à des fins d'irrigation dans différentes zones pauvres en ressources en eau, Maghreb, Proche et Moyen Orient, Asie du Sud (en particulier Inde). Ce type d'usage est encore très répandu et entraîne des problèmes parfois aigus de santé publique.

En France, l'exemple emblématique a été celui des épandages dits "d'Achères". Il s'agit d'arrosages par des effluents urbains peu ou pas traités qui ont commencé, il y a plus de 150 ans, à l'époque du baron Haussmann.

Les déversements se faisaient sur les terres agricoles de différentes communes des Yvelines et du Val d'Oise, en particulier Achères, Triel, Carrières sous Poissy, Bessancourt, Herblay, Pierrelaye, St Ouen l'Aumône, couvrant une superficie d'environ 2500 ha. Les effluents provenaient de l'agglomération parisienne avec quelques apports des communes riveraines. Les cultures ainsi irriguées consistaient en maraîchages sur des sols sableux perméables relativement pauvres. Ces sols, à faible capacité de rétention, bénéficiaient ainsi d'un apport régulier et gratuit en eau et en éléments fertilisants en particulier en matières organiques. Les produits récoltés (les poireaux) présentaient un bel aspect de qualité et bénéficiaient, chez les consommateurs, d'une excellente réputation. Vers la fin de la décennie 90, différentes études ont montré que ces sols emmagasinaient des quantités croissantes d'éléments traces métalliques ou ETM, (essentiellement cadmium, zinc, nickel, chrome,...) qui pouvaient se retrouver dans les légumes récoltés. Les cultures maraichères et aromatiques ont été progressivement interdites en 1999 et 2000 puis remplacées par le maïs qui ne stocke pratiquement pas les ETM dans ses parties aériennes. Le SIAAP (syndicat interdépartemental d'assainissement de l'agglomération parisienne) s'était parallèlement engagé à arroser la zone avec de l'eau complètement épurée. La production de maïs est maintenant orientée à des usages non alimentaires ; elle est progressivement complétée par d'autres cultures à finalités énergétiques, industrielles, ornementales, etc... Par ailleurs les études ont montré que les ETM se fixaient fortement sur la matière organique et migraient très peu ou pas du tout dans les eaux d'infiltration.

## **2- Importance actuelle à l'échelle mondiale**

La réutilisation des eaux usées s'est fortement accélérée durant la dernière décennie. Des croissances de 10 à 30% par an ont été observées en Europe, aux Etats-Unis et en Chine et de plus de 40% en Australie. On estime qu'actuellement, 1,5 à 1,7 millions de m<sup>3</sup> d'eau par jour sont respectivement réutilisés en Californie, en Floride, au Mexique, en Chine. Le potentiel de développement reste considérable puisqu'on estime que seulement 5% des eaux usées traitées, à l'échelle du globe, sont actuellement réutilisées ce qui représente tout de même un volume impressionnant de 7 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an, à comparer à une demande d'eau globale qui se situerait autour de 4000 milliards de m<sup>3</sup>.

Israël et la Jordanie visent à satisfaire 30% de leurs besoins en eau par cette ressource. En Europe, Chypre a pour objectif de réutiliser 100% de ses eaux usées et, en Espagne, Madrid

envisage d'assurer ainsi 10% de sa demande en eau (eaux usées ayant subi un traitement tertiaire). En 2005, ce pays utilisait déjà près de 500 millions de m<sup>3</sup> par an d'eaux retraitées. En Italie, Milan s'est dotée d'une unité de retraitement (construite par Degrémont) d'une capacité de 360 000 m<sup>3</sup> /jour fournissant de l'eau désinfectée pour l'irrigation de 22 000 ha de cultures maraîchères.

Les figures 1 et 2 ci-après donnent quelques éléments quantitatifs sur les volumes et les types d'utilisation dans différentes régions du monde

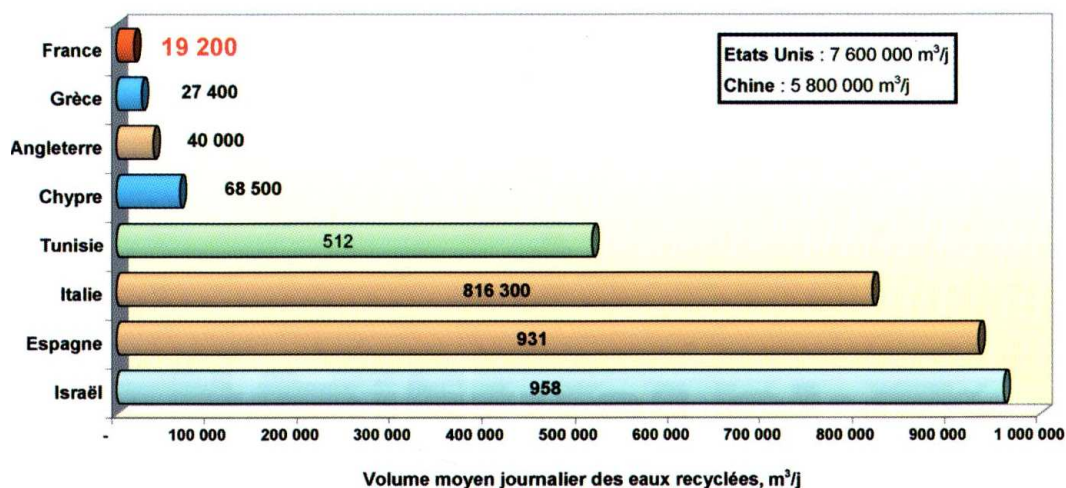


Fig 1- Volume moyen journalier des eaux usées réutilisées en Europe et quelques pays méditerranéens (années 2000-2003 adaptées de Jimenez et Asano 2007)

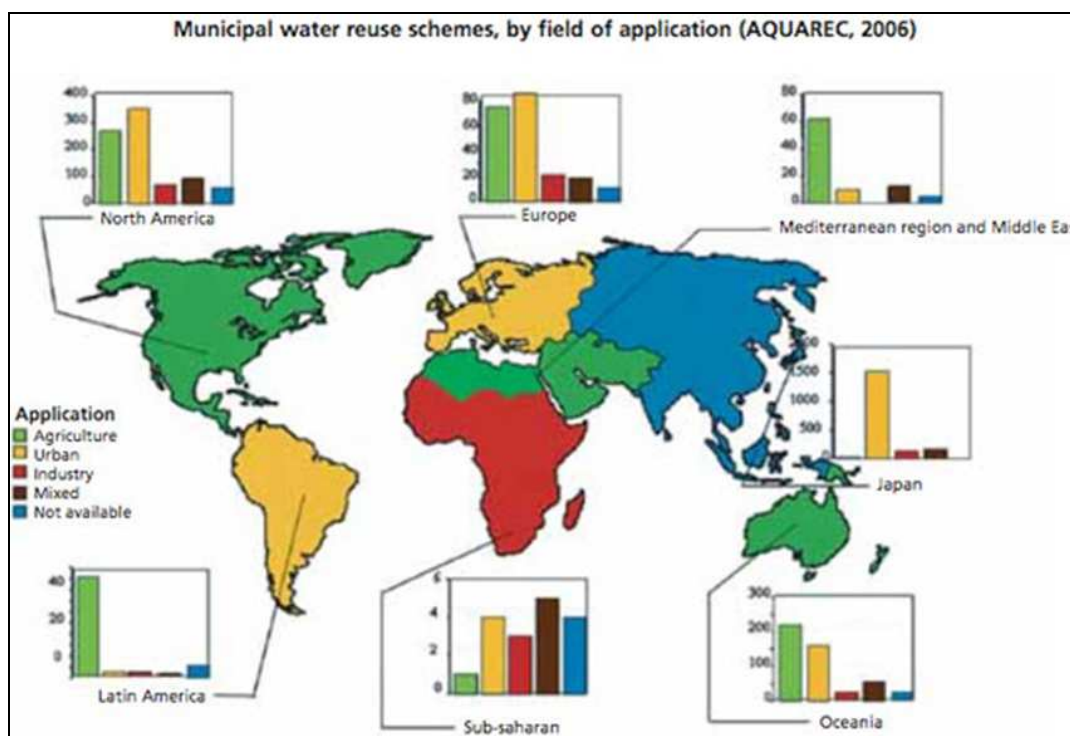


Fig 2 - Différents types de réutilisation suivant les zones géographiques (Mm<sup>3</sup>/j) FAO sept 2010 (FAO sept 2010)

### 3- Différents types de traitements

L'épandage direct des eaux usées non traitées dans un but d'irrigation agricole est de moins en moins pratiqué, compte tenu des risques sanitaires très élevés qui en résultent.

Les eaux usées subissent donc des traitements analogues à ceux pratiqués dans les stations d'épuration destinées à rejeter leurs effluents dans le milieu naturel. Le nombre, la qualité de ces traitements varient toutefois selon l'utilisation que l'on veut faire des eaux ainsi retraitées.

On distingue classiquement après un prétraitement, les traitements primaires, secondaires, tertiaires et particuliers.

**Le prétraitement** vise à l'élimination des matières solides, des sables, et des matières minérales par dégrillage, décantation et filtration rapides, ainsi que des graisses par surnage.

**Le traitement primaire est destiné** à éliminer une grande partie des matières en suspension par décantation et floculation et constitue une préépuration non négligeable.

La décantation classique se fait par un séjour en eaux calmes dans le bassin de décantation primaire. Les matières en suspension, organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité

Les particules plus fines et les colloïdes sont agglomérées par floculation ou coagulation. La coagulation s'obtient par addition dans l'eau d'un réactif chimique (sel d'aluminium ou de fer). Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère, qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées ; c'est le floc, qui se dépose par gravité.

Ce type de traitement primaire n'est pas généralisé mais la coagulation - floculation, suivie d'une décantation permet d'éliminer jusqu'à 90% de MES et de 40 à 65% de la DBO<sub>5</sub> des effluents résiduels urbains.

**Le traitement secondaire** est une épuration biologique.

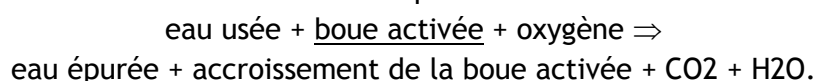
Ce traitement vise à éliminer l'essentiel des agents polluants à savoir la matière organique biodégradable et éventuellement les microorganismes pathogènes.

Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice dite «boue activée» qui est un écosystème simplifié et sélectionné constitué d'une microflore et d'une microfaune de bactéries ainsi que de protozoaires, ...

La dégradation se réalise alors par voie aérobie, en présence d'oxygène. Elle consiste à oxyder biologiquement les impuretés grâce à l'action de la boue activée dont les bactéries digèrent la matière organique dans un milieu optimisé (taux d'oxygène dissous et concentration de la boue).

On développe donc une culture bactérienne libre dans un bassin brassé et aéré et alimenté en eau à épurer. Le brassage permet d'homogénéiser le mélange; l'aération se fait à partir de l'oxygène de l'air qui se dissout dans l'eau à épurer.

Le temps de contact eau usée-boue activée est de l'ordre de 6 à 10 heures. Une équation simplifiée du traitement secondaire peut s'écrire :



Il existe aussi des traitements secondaires par lagunage qui donnent d'excellents résultats mais exigent des surfaces d'étangs de traitement non négligeables.

**Les traitements tertiaires** visent à éliminer les substances indésirables pour l'objectif envisagé. Par exemple en irrigation maraichère, il faut éliminer les pathogènes. En usage urbain ou en renforcement de débit de rivière on cherchera à enlever l'azote et le phosphore qui provoquent des phénomènes d'eutrophisation dans le milieu naturel. Il s'y rattache des traitements particuliers : filtration sur membranes, stérilisation et désinfection, élimination de sels gênants et de micropolluants.

Les procédés de filtration sur membranes (ultrafiltration et nano filtration) utilisent des membranes filtrantes en matières plastiques dont les orifices autorisent des seuils de coupure de 10-2 à 10-6 µm. Toutes les particules de diamètre supérieur sont retenues : colloïdes, bactéries, virus, grosses molécules et même, pour la nanofiltration, les ions les plus courants.

L'eau à épurer est injectée en amont de la membrane avec une pression suffisante pour vaincre la perte de charge au passage et, si nécessaire, la pression osmotique (osmose inverse).

Les progrès récents dans la fabrication des membranes ont rendu cette méthode très attractive. Elle n'utilise pas de produits chimiques, consomme finalement peu d'énergie et permet, grâce à une construction modulaire, l'édification d'unités de tailles très variables.

La nanofiltration et l'osmose inverse permettent d'obtenir directement de l'eau potable sans traitement annexe.

La désinfection et la stérilisation visent à éliminer les œufs de parasites, les bactéries et les virus pathogènes. Elle s'opère par exposition au Chlore (Cl<sub>2</sub>), aux hypochlorites (eau de javel), à l'Ozone (O<sub>3</sub>), ainsi qu'aux rayons ultraviolets (UV).

Les ions indésirables et certains micropolluants (pesticides) peuvent s'éliminer grâce aux résines échangeuses d'ions (pour un coût non négligeable) et des filtres à charbon activé (traitement facile et relativement peu coûteux)

#### 4- Applications et différentes sortes de réutilisations et d'exigences de traitement

Elles sont résumées dans le tableau ci-dessous (adapté du tableau 1 d'ECOSSE)

types d'eaux	Applications	Exigences	Origine du besoin
<b>Eau potable</b>	<u>Production directe ou indirecte d'eau potable</u>	*Etude approfondie des risques sanitaires en particulier vis-à-vis de la présence de pathogènes *Traitement spécifique	*Pénurie d'eau *Recharges de nappes *Autonomie en eau *Contraintes dues à une réglementation

		indispensable *Eventuellement dilution avec de l'eau provenant du milieu naturel	
<b>Eau non potable</b>	<u>Irrigations agricoles</u> *cultures maraîchères *arboriculture fruitière *cultures florales *cultures industrielles *cultures sous serres  <u>Irrigation de jardins,  golfs</u>  ----- ----- <u>Réalimentation des  cours d'eau pour des  raisons  environnementales,  la pêche, la  baignade</u>  ----- ----- <u>Utilisations  industrielles</u> *Process *Refroidissement  ----- ----- <u>Utilisations urbaines</u> * eau de lavage * irrigation de parcs d'agrément  <u>Protection contre les  incendies</u>	*étude de l'effet sur les sols *qualité sanitaire: ETM, polluants, pathogènes *nécessité d'un traitement secondaire, éventuellement tertiaire et désinfection  ----- ----- Traitements secondaires et élimination des pathogènes  ----- ----- Traitements spécifiques avancés  ----- ----- Traitement tertiaires et désinfection	*pénurie d'eau *solution au rejet des effluents *valeur fertilisante *coût attractif *réglementation contraignante  ----- ----- *sècheresses et étiages * gestion du cours d'eau à but environnemental  ----- ----- *prix de l'eau *stratégie d'autonomie vis-à-vis de la ressource extérieure  ----- ----- *manque d'eau * normes de rejet contraignantes *protection de l'environnement

## 5- Réutilisation des eaux usées en France - Arrêté du 31 août 2010

La relative abondance d'eau de bonne qualité en France n'a pas poussé à une recherche systématique de la réutilisation. Toutefois, les difficultés d'approvisionnement d'un certain nombre de zones particulières, en particulier des îles, ont été à l'origine, dès 1981, d'une série d'installations de traitements à buts d'irrigation. Les plus souvent citées sont celles des îles de **Porquerolles**, de **Noirmoutier**, **Ré** et **Oléron** auxquelles il faut ajouter le **Mont Saint Michel**, et les villes de **Saint Palais** et **Saint Armel**. Le cas de l'île de Porquerolles au large d'Hyères à l'est de Toulon en est un excellent exemple. Il s'agissait de maintenir une activité agricole fortement menacée et d'arriver à un rejet zéro d'effluents obtenu par la technique du lagunage, dans une réserve naturelle qui est en même temps un site touristique surpeuplé en saison.

Parallèlement, d'autres installations ont été réalisées, quoiqu'en assez petit nombre: **Chanceau sur Choisille** (Indre et Loire), **Le Revest du Bion** (Alpes de Haute Provence), **Noisilly** (Indre et Loire). La réutilisation des eaux usées de **Clermont-Ferrand** pour irriguer près de 700 hectares en Limagne noire, constitue un des exemples récents, de cette possibilité.

Les utilisations urbaines ainsi que pour les parcours de golf, les parcs et jardins tardent à apparaître. Autant il est choquant, en période de pénurie, d'arroser un parcours de golf avec de l'eau potable, autant il semblerait rationnel d'utiliser une eau usée convenablement retraitée. L'augmentation continue du coût de l'eau potable et le manque de ressources dans diverses régions françaises en été devrait amener rapidement à des changements de méthodes d'arrosages ne serait-ce que pour des raisons de prix de revient.

Par ailleurs, le long du littoral, les exigences administratives et le souci des municipalités de protéger les plages et les zones conchylicoles obligent à mettre en place des stations d'épuration munies d'installations d'élimination de l'azote et du phosphore et d'appareillages de désinfection. Ces stations rejettent finalement une eau d'excellente qualité qui pourrait servir à arroser des espaces verts, des parcours de golf, et même servir au nettoyage des rues.

Des évaluations récentes ont montré que l'investissement nécessaire à la création d'un réseau spécialisé n'était pas incompatible avec l'équilibre économique du projet (l'argument du coût d'un réseau d'eau spécialisé non potable a longtemps été utilisé pour écarter ce type de solution).

A l'échelle nationale, la France a des ressources en eau très largement supérieures à l'ensemble de ses besoins. Cela étant, les disparités régionales et saisonnières sont considérables.

Dans ce cadre, Il est assez évident que la réutilisation des eaux usées traitées dans un premier temps pour un usage agricole et pour l'entretien des jardins et espaces verts, deviendra économiquement intéressant dans un avenir proche d'autant plus que cela devrait contribuer à réduire sensiblement la charge polluante dans le milieu naturel.

Jusqu'à une époque récente, la stagnation relative de ces utilisations étaient reliée à une certain flou administratif et réglementaire. L'arrêté du 30 août 2010 a comblé ce manque. Ce texte, extrêmement détaillé, définit très bien le problème, liste les interdictions, décrit le dossier à déposer avec les programmes d'irrigation envisagés et de surveillance des eaux et des sols à assurer, L'exigence de traçabilité est détaillée ainsi que la mise en conformité des installations existantes.

Les niveaux de qualité sanitaire des eaux traitées ainsi que les contraintes d'usage et de terrain sont définies en détail. Le dossier, pour être accepté doit recevoir l'aval de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (AFSSET).

## **En résumé**

De nombreuses régions dans le monde utilisent des eaux usées plus ou moins retraitées, essentiellement à des buts agricoles, mais aussi pour des arrosages d'espaces verts et de plus en plus pour des usages urbains. Il existe même un certain nombre de cas de recyclage complet aboutissant à la production d'eau potable. Les avantages environnementaux découlant de l'utilisation de cette nouvelle ressource sont considérables.

Les progrès techniques récents, tant dans le domaine des solutions rustiques, comme le lagunage, qu'en ce qui concerne les plus élaborées comme les filtrations sur membranes rendent les traitements plus faciles et moins coûteux. Il est certain que cette nouvelle ressource va connaître un développement considérable dans un proche avenir dans toutes les régions ou l'approvisionnement en eau "de première main" est insuffisant ou aléatoire.

Jusqu'à présent, du fait à son climat, la France n'a que peu exploité cette possibilité, bien que les entreprises françaises spécialisées aient mis en place des installations remarquables à l'étranger. Les nouvelles possibilités techniques, l'augmentation régulière et générale des prix de l'eau potable, les inégalités de répartition de la ressource et les exigences environnementales, ainsi que les récentes clarifications administratives devraient accélérer l'usage des eaux retraitées non seulement pour l'irrigation mais aussi pour les espaces d'agrément et les usages urbains.

## **Références bibliographiques**



AFD (2011) – *Réutilisation des eaux usées traitées – Perspectives Opérationnelles et recommandations pour l'action* – Agence Française de Développement -Rapport final fev. 2011, 86 p.

ECOSSE D. (2001) - *Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde*. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62 p.

FAO (2010) - *The wealth of waste : the economics of wastewater use in agriculture*, Rapport FAO, Rome, sep. 2010 129 p.

JIMÉNEZ-CISNEROS B. et CHAVEZ-MEJIA, A. (1997)- *Treatment of Mexico City wastewater for irrigation purposes* », Env. Techn., 1997

JOURNAL OFFICIEL (2010) - *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*. JORF n°0201 du 31 août 2010

LAZAROVA V. et BRISSAUD F. (2008) – *Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France*. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, n° 299, fev 2008 Paris 10 p.

