

Les exemples français de réutilisation des eaux usées et d'épandage sont de plus en plus nombreux ces dernières années.

Nous avons choisi de présenter ces sites et ces expériences, voire dans certains cas les projets en cours de réalisation ou de discussion, en développant pour chacun d'entre eux les dimensions techniques, financières et contractuelles si elles existent.

Le lecteur peut ainsi se faire une opinion extrêmement réaliste de la situation actuelle en France (enquêtes et bilans réalisés à fin 1996), et retrouver des situations proches de celle à laquelle il est confronté, même s'il doit garder à l'esprit qu'un site de réutilisation des eaux usées est toujours un cas particulier dans son contexte environnemental, économique et administratif.

Les exemples développés de réutilisation des eaux usées sont répartis en fonction des objectifs à atteindre mixtes ou spécifiques, et de leur actualité.

Trois cas d'épandage sont présentés, montrant bien que cette technique est mise en oeuvre en traitement principal ou complémentaire, même si la production agricole n'est pas effective à la clé (ce qui la distingue, rappelons-le, de la réutilisation).

Enfin, afin de viser une diffusion maximale des retours d'expériences, un panorama général des sites est brossé en Annexes 3 et 4 en dégageant les particularités les plus instructives.

## 1) Exemples de réutilisation des eaux usées

### 1-1 Le site de la Baie du Mont Saint Michel (Manche)

#### Contexte général

Le Mont Saint Michel et deux communes voisines (Arderon et Beauvoir) ont engagé en 1995 un projet de réutilisation des eaux usées motivé par 4 points :

- Rejets extrêmement fluctuants du fait des fréquentations touristiques importantes en haute saison (500 à 1.000 habitants en hiver jusqu'à 5.000 en été),

- Milieux récepteurs (Baie du Mont Saint Michel) très protégés : productions mycologiques et ostréicoles,
- Zones de cultures étendues avec déficit pluviométrique en bord de littoral où il pleut peu (600 à 700 mm seulement) par rapport à l'intérieur des terres (1.000 à 1.200 mm). Les nappes sont par ailleurs salées, donc incompatibles avec un usage agricole,
- Très bonnes conditions pédoclimatiques de la Baie qui fournit 30 % de la production légumière de la Manche (38.000 tonnes en 1990).

Par ailleurs, les zones de polders où sont utilisées les eaux usées épurées, sont propices à la réutilisation des eaux usées du fait :

- des possibilités d'aéroaspersion (pas de contraintes de voisinage - habitats très parsemés voire inexistantes),
- la protection du site interdit la construction de bâtiments dégradant le paysage, ... La réutilisation des eaux usées conduit à la mise en oeuvre minimale de bassins de stockage d'un point de vue génie civil. Seules les bâches d'étanchéité utilisées ont donné lieu à des "contraintes" d'urbanisme (couleur des bâches !).

Ce site a pu profiter d'aides financières exceptionnelles de la part du Conseil Général de la Manche, du Conseil Régional entre autres et de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Un bureau d'études, le SEDE a été spécialement mandaté pour suivre techniquement le projet : rendement agronomique, suivi sanitaire entre autres.

La conception puis l'exploitation du dispositif ont été confiées à la division E.V.S. du bureau d'études SEDE qui a mis en place les suivis agronomique et sanitaire de cette opération en collaboration avec le service santé environnement de la DDASS.

Les lagunes de traitement mises en place ont été calculées sur la base de 10 m<sup>2</sup> par habitant. Si en été, le dispositif produit surtout des maïs fourragers, en hiver ce sont les prairies qui sont irriguées. Les eaux usées épurées sont aussi épandues avant le semis des carottes, pour favoriser la levée.

L'association d'agriculteurs qui exploite ces terres envisage d'accroître la surface de sols utilisée pour limiter au maximum les prélèvements d'eaux dans le Couesnon tels qu'ils existaient déjà avant la mise en route du projet.

**N.B. :** Informations complémentaires très précises sur l'Internet ([http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques "Etudes"](http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques/Etudes)).

### Coûts d'investissement des installations d'irrigation

. Prise d'eau .....	27.749,29 F
. Installation de pompage .....	958.082,00 F
. Réseau enterré .....	787.428,83 F
. Réseau souple de surface .....	127.240,00 F
. Matériel de surface .....	487.000,00 F
<b>Total HT .....</b>	<b>2.387.500,12 F</b>

### 1-2 Le site de Mesnil en Vallée (Maine et Loire)

#### Contexte général

La commune de Mesnil a accueilli en 1982 un foyer d'handicapés moteurs d'une cinquantaine de personnes et une entreprise de charcuterie-salaisons. Celle-ci a triplé sa production en 1987, ce qui a conduit la municipalité à étudier un projet pour une nouvelle station de traitement d'eaux usées.

La proximité d'une ZNIEFF, la difficulté de rejeter les eaux usées dans la Loire à plus de 3 km, l'impossibilité de traverser un ancien bras mort de la Loire, exploité en sablière (servitudes nécessaires pour accès à la canalisation) nécessitaient des investissements de l'ordre de 1 MF uniquement pour le rejet.

L'étude de faisabilité a ainsi montré l'intérêt de réaliser une irrigation avec des eaux épurées par une filière de lagunes aérées : 9 agriculteurs ont ainsi constitué une association et ont signé une convention avec la municipalité pour disposer des eaux usées traitées pour aéroaspersion. Une coopérative pour la gestion du matériel d'aspersion (CUMA) a été créée parallèlement.

#### Cadre économique et financier

Le prix de revient du m<sup>3</sup> d'eaux usées rendues sur les cultures est de l'ordre de 2 F le m<sup>3</sup>. Les financements et coûts détaillés des travaux figurent ci-après.

### Financement :

Subvention du Conseil Général .....	1.421.730 F
Subvention de la Région .....	190.000 F
Subvention de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne .....	1.142.300 F
Subvention du Ministère Aménagement du Territoire .....	528.000 F
Autofinancement communal .....	717.970 F

### Détail des travaux :

Réseau de transfert des eaux usées .....	360.000 F
Lagunage aéré .....	1.218.000 F
Réserve de stockage .....	760.000 F
Station de pompage .....	600.000 F
Honoraires, frais études et divers .....	1.062.000 F
<b>Coût total HT des travaux .....</b>	<b>4.000.000 F</b>

Coût HT des travaux pour les autres  
maîtrises d'ouvrages .....

1.500.000 F
-------------

La connexion de la réserve d'eaux traitées avec le réseau d'eau pluviale est envisagée pour collecter notamment les déversements en été (orages,...).

L'association d'agriculteurs organise les tours d'eau et les rotations. Chaque agriculteur paie une annuité en fonction des volumes sous-crits (1.000 m<sup>3</sup>/ha).

La production de maïs s'est accrue pour ces agriculteurs passant de 50 quintaux/ha à 70 quintaux/ha. Elle constitue une sécurité de production fourragère et permet de limiter l'achat de sous-produits pour ces cultivateurs-éleveurs (granulés, ...).

Avant ce contexte de réutilisation des eaux usées, un seul agriculteur parmi les neuf existant aujourd'hui était irriguant. La campagne 1996 n'aurait cependant pas permis d'atteindre les 85.000 m<sup>3</sup> d'eaux usées nécessaires et le prix de l'eau devrait ainsi être supérieur à 2 F/ m<sup>3</sup> envisagé au départ.

Une convention de rejets entre la commune et l'industriel existe aussi et fixe les quantités d'effluents rejetés, les débits de pointe et la qualité demandée.

La participation financière de l'entreprise de salaisons au coût de fonctionnement de la station est de 39 %. La gestion du réseau d'irrigation est d'autre part de la responsabilité des agriculteurs.

Notons que cette zone est dans la zone d'expansion de crues d'un cours d'eau local, le Thau.

La commune de Le Fuiet (Maine et Loire) a une réalisation similaire sur 60 hectares depuis 1995.

**N.B. :** Informations complémentaires sur l'Internet (<http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques/Etudes>).

### **1-3 Le site de Porquerolles (Var)**

#### **Contexte général**

Située en Méditerranée, l'île de Porquerolles, d'une superficie de 12 km<sup>2</sup>, fait partie du groupe des îles d'HYERES.

La majeure partie de l'île (83 %) appartient à l'Etat : c'est le parc national de Port Cros pour la partie forestière et le Conservatoire Botanique de Porquerolles pour la partie agricole. Les eaux littorales sont aussi une zone protégée.

Sa population permanente est de 1 000 habitants, mais du fait de l'attrait touristique, l'île est beaucoup plus fréquentée en été. Certains jours, 10 000 visiteurs peuvent s'y rendre.

Les ressources en eau constituées par la nappe phréatique y étant très limitées, l'eau doit être rationnée durant les mois d'été. Il est nécessaire de maintenir un équilibre entre les ressources existantes et leur exploitation. En effet, si les prélèvements excèdent la recharge naturelle de la nappe, le biseau salé progresse vers l'intérieur de l'île.

Afin de protéger la côte de la pollution, tout rejet d'eaux usées en mer doit également être évité.

D'autre part, les responsables souhaitent maintenir une activité agricole à Porquerolles, cette activité implique des besoins en eaux importants. Ces besoins étaient estimés à 80 000 m<sup>3</sup>/an en 1985.

Pour l'ensemble de ces raisons, il a été décidé, dès 1983, d'installer une station biologique classique, couplée à un traitement de finition par lagunage, et, pour économiser les ressources en eau, de réutiliser les eaux issues de ces traitements pour l'irrigation de vergers ou de cultures maraîchères.

Ce verger de "conservation" contient des variétés d'arbres fruitiers de terroirs, dont certaines sont en voie de disparition. Il s'agit d'amandiers, de pêchers, de figuiers, d'oliviers, et de mûriers pour les principaux. Ce patrimoine arboricole est utilisé par l'INRA en génie génétique.

#### **Contexte technique**

#### **Le système d'épuration**

Le traitement des effluents domestiques s'effectue dans une station d'épuration boues activées à moyenne charge avec stabilisation aérobie des boues en excès, comprenant :

- un dégrillage et un dessableur-dégraisseur,
- un bassin d'aération,
- un bassin de décantation.

Mise en service en 1975, elle rejetait en mer par l'intermédiaire d'un émissaire naturel. En 1980, le traitement a été complété par un système de lagunage naturel de 1 ha, composé de 3 bassins en série :

- un bassin à microphytes profond de 1 m et d'une superficie de 4 000 m<sup>2</sup>,
- un bassin composite de 0,30 m de profondeur, avec une zone de 1 300 m<sup>2</sup> à microphytes et un domaine à macrophytes de 700 m<sup>2</sup>,
- un bassin de 4 000 m<sup>2</sup>, profond de 0,30 m.

Ce système de lagunes assure un temps de séjour de 30 jours. Elles ont été dimensionnées sur la base de 3 m<sup>2</sup>/eq.h.

Tous les 5 ans un curage des lagunes a lieu au bulldozer et les boues sont évacuées sur des champs d'épandage.

#### **Performances du traitement (données CEMAGREF)**

Le premier étage de traitement (station à boues activées) offre un fonctionnement très satisfaisant et permet un abattement important des charges polluantes, notamment organiques (DCO, DBO). En sortie de station, les effluents pénétrant dans le lagunage ont les caractéristiques suivantes :

- Le traitement par lagunage permet un abattement complémentaire important (de l'ordre de 80 %) de l'azote, du phosphore et les détergents anioniques,
- En sortie de lagunage, l'eau utilisée en irrigation est de niveau "e", pour les matières oxydables, "NGL2" pour les formes azotées et PT1 pour les substances phosphorées.

#### **Abattement des germes tests de contamination fécale**

Les valeurs moyennes (moyennes géométriques) d'une série de prélèvements instantanés réalisés entre novembre 1981 et avril 1983 en entrée et en sortie du lagunage tertiaire montre l'efficacité de la désinfection dans ce dispositif (Tableau 10).

	Coliformes totaux (CFU/100ml)	Coliformes fécaux (CFU/100ml)	Streptocoques fécaux (CFU/100ml)
Entrée lagune	1,3 . 10 <sup>6</sup>	1,0 . 10 <sup>5</sup>	2 . 10 <sup>4</sup>
Sortie lagune	1,6 . 10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	16

**Tableau 10 :** Elimination des germes témoins de contamination fécale dans le lagunage

## L'irrigation

### Techniques d'irrigation

A la sortie du lagunage, les eaux usées traitées rejoignent par gravité le dispositif général d'irrigation de la ferme appartenant au Conservatoire de Porquerolles et sont utilisées pour l'irrigation de 16 hectares de vergers (pêchers, amandiers, ...) et de maraîchages, soit plus de la moitié des surfaces équipées pour l'irrigation (30 ha). La période d'irrigation s'étend de mai à septembre. La consommation annuelle est estimée à 80 000 m<sup>3</sup> dont 40 000 m<sup>3</sup> d'eau recyclée, la consommation maximale journalière d'eau épurée atteignant 400 m<sup>3</sup>/jour.

Deux types d'irrigation sont pratiqués : l'irrigation à la raie et l'irrigation localisée (ajutages type Bas-Rhône Languedoc).

L'irrigation localisée tend à se généraliser, car elle réalise une économie d'eau plus importante.

L'irrigation localisée est effectuée par gravité ou sous pression avec des débits d'ajutage de 50 l/h en moyenne sur les rampes.

Les besoins en eau sont de 20 m<sup>3</sup>/ha/jour pour de jeunes plantations jusqu'à 40 m<sup>3</sup>/ha/jour pour les plantations "adultes".

Aucune fumure de fond n'est nécessaire, les eaux usées épurées apportent les quantités utiles en NPK.

Depuis 1995, une prolifération de lemna-cées (lentilles d'eau) perturbe l'exploitation. Une solution biologique (poisson consommateur de lemna par exemple) est recherchée. Actuellement, un nettoyage superficiel manuel et hydraulique est effectué.

### Contrôles des effets de l'irrigation

Le contrôle de l'état des sols irrigués avec des eaux usées a été réalisé par la Société du Canal de Provence. Ces analyses s'appuient sur deux campagnes annuelles (avant et après la campagne d'irrigation) et concernent trois types de sols représentatifs de la configuration pédologique de la plaine de Porquerolles, et irrigués à la raie ou au goutte à goutte. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus pour des terrains irrigués avec des eaux de la nappe. Cette étude a clairement montré que l'irrigation agricole, à partir d'eaux traitées de cette qua-

lité, n'entraîne aucun inconvénient pour les caractéristiques physiques et biologiques des sols. D'autre part, cette irrigation n'a pas eu d'incidence sur la santé du personnel chargé d'irriguer, ni provoqué de nuisances particulières comme des dégagements de mauvaises odeurs.

## 1-4 Le site du Golf de Saint-Palais-Sur-Mer (Charente Maritime)

### Contexte général

L'ensemble de la zone littorale de la presqu'île royannaise comporte un grand nombre de plages très fréquentées en période estivale. Pour garantir une eau usée traitée de bonne qualité au droit de ces plages, une désinfection au chlore a été mise en place sur la station de Saint-Palais-sur-Mer d'une capacité de traitement de 175 000 équivalents habitants (200 000 éq/hab. à terme) ; cette station est dotée d'une filière de traitement classique (boues activées, clarificateur).

### Contexte technique

Néanmoins, une partie des eaux épurées de la station de Saint-Palais-sur-Mer subit un traitement complémentaire de filtration sur sable (3 filtres fermés de 25 m<sup>3</sup>/h) pour les eaux industrielles servant aux besoins propres de la station (lavage des ouvrages, du filtre à bande, arrosage des espaces verts, ...).

Une autre partie (environ 2 000 m<sup>3</sup>/j) passe sur des filtres tri-couche gravier/sable/charbon actif, pour l'arrosage du Golf du Maine Gaudin situé à 1 km environ (6 filtres depuis 1992 soit 150 m<sup>3</sup>/h). Une convention a été signée en 1988 entre la ville de Royan et le SIVOM (Syndicat Intercommunal du Pays Royannais). Une désinfection par chloration à 2 ou 2.5 g/m<sup>3</sup> est effectuée avant réutilisation (de manière à obtenir un résiduel de 0.1 ppm) sur le golf.

### Contrôle qualité des eaux

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées par la D. D. A. S. S. de 1992 à 1994 en deux points de prélèvements après filtration et désinfection, et au niveau du stockage dans le golf avant utilisation tendent à montrer que l'abattement bactériologique est bon dans l'ensemble depuis le mois de juillet 1992, la norme sur les coliformes fécaux étant à une exception près tou-

jours respectée. Par contre, l'abattement des larves d'helminthes s'avère parfois insuffisant.

Une reviviscence des germes ankystés dans des dépôts de boues importants au niveau du bassin de stockage du golf n'est sans doute pas à écarter. Il convient donc que l'utilisateur prenne en compte le phénomène en effectuant régulièrement la vidange et le nettoyage de ce bassin.

### **Le règlement sanitaire départemental : une adaptation plus sévère des normes**

Notons que l'utilisation d'eaux usées traitées a fait l'objet d'une modification du règlement sanitaire départemental (ajout de l'article 159-2-7) précisant la procédure pour un dossier de demande, les normes de qualité, et la nature des règles de mises en oeuvre.

Dans ce dernier paragraphe, l'article précise que :

L'irrigation est pratiquée pendant les périodes de fermeture des parcours, pendant la nuit de préférence. Elle est interrompue dans les cas où le vent contribue de façon excessive à la dispersion des aérosols. L'utilisation d'asperseurs générant des brouillard fins est interdite.

Dans le cas où l'irrigation est assurée selon les périodes, à la fois par de l'eau d'adduction et de l'eau issue de station d'épuration, les réseaux d'amenée au réseau d'irrigation sont impérativement distincts. Un dispositif de disconnexion par rupture hydraulique est installé sur la conduite amenant l'eau d'adduction, afin d'éviter tout retour d'eau usée vers le réseau public.

**N.B. :** Informations complémentaires sur l'Internet (<http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques/Etudes>).

## **1-5 Le projet du site de Gidy (Loiret)**

### **Contexte général**

Le projet de valorisation agricole des effluents épurés provenant de la commune de Gidy et des Laboratoires Servier a donné lieu en juin 1994 à un document d'incidence réalisé par la DDAF du Loiret.

Ce cas est intéressant même s'il n'a pas finalement abouti (à mai 1997), car il consiste à réduire les infiltrations en nappe souterraine des effluents épurés provenant de la commune de Gidy (150 000 eq/habitants - Boues activées et aération prolongée) et des établissements pharmaceutiques Servier (1 500 eq/habitants - Boues activées et aération prolongée avec finition par traitement aux ultraviolets et filtration sur sable).

L'objectif est de contribuer localement à limiter la détérioration de la ressource aquifère, dite Nappe de Beauce qui constitue un des seuls milieux récepteurs locaux (pas de milieu récepteur superficiel).

Cette nappe a la morphologie d'un karst.

La réutilisation des eaux usées permettra l'irrigation de terres agricoles à partir d'un volume annuel d'effluents épurés de 200 000 m<sup>3</sup>, il sera nécessaire de réaliser un stockage de plus de 9 mois, ce qui correspond à un volume de 160 000 m<sup>3</sup>.

### **Période d'irrigation et cultures irriguées**

Pour l'ensemble des exploitations concernées, l'irrigation sera pratiquée de manière régulière pour le maïs et la betterave, de façon occasionnelle pour les céréales à paille (blé tendre et blé dur) en cas de sécheresse printanière. Les périodes d'irrigation sont fixées d'avril à mai, et de juin à septembre pour le maïs et la betterave.

### **Fertilisation minérale apportée par les effluents**

Aux concentrations moyennes des rejets des stations, l'irrigation est susceptible d'apporter une légère fertilisation minérale, soit en particulier (pour 200 mm apportés durant la campagne) :

- de 10 à 40 unités/ha d'azote,
- de 2 à 10 unités/ha de phosphore (soit de 5 à 20 unités/ha d'acide phosphorique P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Ces apports, et notamment l'acide phosphorique (qui peut représenter jusqu'à un quart de la fumure minérale habituelle en système de grande culture), devront être pris en compte par l'agriculteur.

### **Besoins en superficie**

Aux doses d'irrigation annuelles susceptibles d'être pratiquées, les besoins moyens en superficie s'élèvent à 100 ha (200 000 m<sup>3</sup> d'effluents apportés à la dose moyenne de 2 000 m<sup>3</sup>/ha).

En raison des fluctuations climatiques inter-annuelles, ces besoins pourront toutefois varier entre 400 ha (été exceptionnellement humide) et 50 ha (été exceptionnellement sec).

### **Stockage à créer**

La nécessité de stockage des effluents est conditionnée d'une part, par la qualité sanitaire requise, et d'autre part, par la période pendant laquelle il n'est pas possible d'irriguer (mi-septembre à mi-juin). Par ailleurs, une grande capacité de stockage facilitera la souplesse d'exploitation du dispositif et constituera une autonomie d'approvisionnement des agriculteurs (à titre d'exemple, cette autonomie doit permettre d'approvisionner simultanément 3 agriculteurs en fournissant jusqu'à 3 000 m<sup>3</sup>/j en période de forte demande en eau).

## Enquête agricole

Tous les agriculteurs situés dans un rayon de 2 à 3 km par rapport à ce site ont été contactés, avec envoi d'un questionnaire.

On retiendra les données suivantes :

- Les 8 agriculteurs intéressés à priori pratiquent déjà l'irrigation (ils disposent de leur propre station de pompage et d'un à quatre canons-enrouleur chacun),
- ils possèdent au total une surface d'exploitation de 1 140 ha,
- la superficie totale irrigable (équipée pour l'irrigation) atteint 885 ha pour l'ensemble de ces exploitations,
- la superficie réellement irriguée varie en moyenne de 400 à 500 ha par an.
- Les cultures irriguées sont le maïs-grain et la betterave, pour lesquels les rendements obtenus sont bons (90 à 100 qx/ha pour le maïs et 70 t/ha pour la betterave en moyenne).
- Le blé est irrigué plus accessoirement suivant les conditions climatiques de l'année (en cas de printemps sec en particulier) ; le rendement moyen du blé tendre est de 70 à 75 qx/ha, et celui du blé dur de 60 à 65 qx/ha.

A partir de 8 agriculteurs potentiellement concernés, 7 réellement intéressés et partie prenante de cette opération, offrent une superficie totale irriguée de l'ordre de 300 à 350 ha par an.

## Coût des investissements

Au stade d'élaboration du programme de travaux, le coût des investissements est évalué à 8 500 000 F. HT et se décompose ainsi :

1 - Etude de sol, plan d'irrigation .....	150 000.00 F
2 - Stockage des eaux (volume 160 000 m <sup>3</sup> ), terrassement, compactage des digues, étanchéité .....	5 000 000.00 F
3 - Station de relèvement .....	100 000.00 F
4 - Station de pompage .....	400 000.00 F
5 - Aménagement paysager .....	200 000.00 F
6 - Foncier .....	300 000.00 F
7 - Alimentation électrique .....	100 000.00 F
8 - Equipements hydrauliques .....	1 750 000.00 F
9 - Divers, honoraires et imprévus .....	500 000.00 F
<b>Montant global .....</b>	<b>8 500 000.00 F</b>

**N.B. :** Informations complémentaires sur l'Internet (<http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques/Etudes>).

## 1-6 Le projet du site de Loudun (Vienne)

### Contexte général

La valorisation agricole des eaux usées traitées de la station d'épuration de Loudun est envisagée après un traitement tertiaire parce que la qualité du milieu récepteur superficiel (cours d'eau du Martiel) doit être améliorée (classe 2 au moins 95 % du temps en période d'étiage en aval de Loudun).

La station en cours de réhabilitation doit satisfaire aux normes de rejets européennes pour une station de 10 000 et 15 000 E. H. au plus tard le 31 janvier 2005, soit 25 mg/l de DB05, 90 mg/l de DCO, 30 mg/l de MES, 2 mg/l de P, 10 mg/l d'azote total.

Le Martiel est classé en 1B en amont de Loudun. Cet objectif ne pourrait être soutenu en période d'étiage qu'avec un traitement tertiaire très poussé. Le niveau de classe 2 est le niveau minimal à obtenir (voir Tableau 11).

Une étude réalisée en novembre 1995 visait deux objectifs :

- supprimer les rejets directs des eaux épurées dans le milieu hydraulique de surface en période de fragilisation de l'écosystème (période estivale),
- définir la faisabilité ou non de l'utilisation des effluents de la STEP à des fins de valorisation agricole par irrigation.

Dans un premier temps le traitement tertiaire est envisagé à l'aide d'un bassin de finition (stabilisation et décantation) de 12 000 m<sup>3</sup> (volume de rejets journaliers 1700 m<sup>3</sup>/j avec des pointes à 2 000 m<sup>3</sup>/j). En période d'étiage normal, ce traitement tertiaire est suffisant pour satisfaire l'objectif fixé sur le Martiel.

Le coût total comprend la réalisation du bassin de finition, les ouvrages de transfert, l'agrandissement d'une lagune située dans l'enceinte de la STEP où s'effectuera le pompage de nuit. Il revient à 1.390.000 F.

La réutilisation peut permettre de son côté d'atteindre la classe 2 en période d'étiage sévère.

L'irrigation est en effet pratiquée par certains éleveurs recensés dans un rayon de 7 km au Nord de Loudun. Ils sont intéressés par ce projet de réutilisation. Leurs besoins sont à titre indicatif de :

- Maïs = 1 800 à 2 200 m<sup>3</sup>/ha
- Pois = 1 500 à 1 700 m<sup>3</sup>/ha

Tous les îlots potentiellement irrigables (6 en tout) sont situés de 1 à 6 km de la station, et ont une superficie de 22 à 70 ha.

Paramètres	Objectif de qualité 1B	Objectif de qualité 2
pH	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
O <sub>2</sub> dissous	> 5 mg/l	> 3 mg/l
DBO <sub>5</sub>	> 5 mg/l	< 10 mg/l
Oxydabilité au KMnO <sub>4</sub>	< 5 mg/l	< 8 mg/l
DCO	< 25 mg/l	< 40 mg/l
MES	< 25 mg/l	< 70 mg/l
P total	< 10 mg/l	< 0,5 mg/l
NO <sub>3</sub>	< 10 mg/l	< 20 mg/l
Coliformes totaux	< 5 00 /100 ml	< 50 000/l

Tableau 11 : Grille d'objectifs de qualité utilisée pour caractériser le cours d'eau du Martiel

### Résultat de l'étude

L'étude montre que :

- la période d'irrigation se restreint au mois de juillet et août pour le maïs,
- les eaux prélevées à la station d'épuration en période d'étiage seraient excédentaires par rapport à la demande en irrigation.

Une approche technico-économique sur la base de 3 projets distincts a débouché sur le projet d'irrigation qui apparaît le mieux adapté à la région de Loudun à savoir une irrigation de périmètres sur une superficie annuelle d'environ 175 hectares

**N.B. :** Informations complémentaires sur l'Internet ([http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques "Etudes"](http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques/Etudes)).

### Conclusions actuelles

L'étude économique réalisée montre que le coût d'investissement pour la valorisation agricole des eaux usées est deux fois plus élevé que celui envisagé pour les traitements tertiaires supplémentaires (calcul économique effectué).

La valorisation agricole découlant de l'irrigation justifie par ailleurs difficilement le coût d'investissement énorme engendré.

Il apparaît plus judiciable dans le cas de Loudun de privilégier en premier l'affinage des traitements tertiaires quitte à réutiliser ultérieurement une partie de ces eaux pour une irrigation agricole directe sur les parcelles les plus proches de la station sans création de lagune de stockage.

### 1-7 L'étude économique du Département de l'Hérault

#### Contexte général

Dans ce département, la sensibilité du milieu récepteur, l'augmentation des usages et des activités liés au milieu naturel poussent la Direction de l'Eau du Conseil Général à être de

plus en plus exigeant vis-à-vis des rejets.

Dans certains cas, le contexte exige une suppression complète du rejet comme seule solution à la préservation de la qualité du milieu.

Cette problématique se retrouve en ce qui concerne :

- La protection de la ressource en eau  
Par exemple, dans les zones karstiques du département utilisées pour la production d'eau potable, ou les nappes à forte perméabilité.
- La lutte contre l'eutrophisation  
Le coût de traitement de l'azote et du phosphore pour les petites agglomérations conduit à s'orienter vers des rejets zéro, et donc vers la REU.
- La protection des baignades et des activités aquacoles

Le Conseil Général a jugé important de réaliser un bilan technique et économique en 1996, **sur une dizaine de sites potentiels** dans le département de l'Hérault.

#### Conclusions de l'étude

L'étude menée par la Direction de l'Eau avec BRL Ingénierie a débouché pour les dix projets sur un chiffrage sommaire d'investissements comprenant la mobilisation, l'adduction et la diffusion des effluents. Ces chiffrages n'incluent pas le coût du foncier. Le coût moyen est de 319 F par habitant de projet.

L'étude conclut à la nécessité d'adapter les solutions à chaque contexte, la composante "agricole" ou "verte" d'un projet de réutilisation rend nécessaire le besoin par l'exploitant de posséder cette sensibilité.

"Tout le jeu" pour aboutir à une réussite consiste finalement à simplifier et optimiser les filières de REU selon le contexte local, et à ne pas créer de handicap technique, économique ou administratif plus fort pour la REU par rapport aux filières traditionnelles.

## 2) Exemples d'épandages

### 2-1 Le site de Cogolin

#### Contexte général

L'expérimentation de Cogolin menée de 1982 à 1988 avait pour objectif principal de tester in situ la possibilité et l'intérêt de l'utilisation en forêt méditerranéenne d'eaux usées domestiques après un traitement plus ou moins poussé en station d'épuration.

Ce projet s'inscrivait dans la perspective d'un assainissement général du Golfe de Saint-Tropez, notamment pendant la saison estivale avec l'afflux des vacanciers.

#### Contexte expérimental

Le site expérimental distant de 3 km de la station d'épuration et situé plus en hauteur dans une forêt privée est constituée de zones plates et de versants de pentes diverses (jusqu'à 35 %), de sols d'épaisseur variable, et souvent d'une végétation de type suberaie claire (chêne liège) mélangée de chênes blancs, chênes verts et pins maritimes. Des plantations complémentaires ont été réalisées avec une quinzaine d'essences différentes (platane, ailante, robinier, ...).

Les effluents sont prélevés à la sortie du décanteur secondaire, sont stockés dans une bache et aspirés au moyen d'un filtre flottant autonettoyant placé en aspiration (maille du tamis = 180 $\mu$ ).

Différentes zones sont irriguées :

- en aspersion (0.26 ha) avec trois rampes fixes portant des asperseurs,
- en micro-irrigation (1.66 ha) avec un réseau de tuyaux équipés d'afutage calibrés (1.2 à 2.1 mm), prolongés par un tube conducteur jusqu'au plant à arroser.

Les doses d'eaux d'irrigation sont calculées par rapport à une estimation de l'ETP Penman (1 ETP soit 5 à 6 mm d'eau en juillet pour l'aspersion et 0.5 à 1 ETP pour la micro-irrigation).

Les campagnes d'irrigation débutent en mai à partir du moment où les précipitations ne couvrent plus l'ETP et se terminent en septembre-octobre, elles durent donc 5 à 6 mois.

**N.B. :** Informations complémentaires sur l'Internet ([http://www.oieau.fr/eaudoc\\_rubriques \"Etudes\"](http://www.oieau.fr/eaudoc_rubriques_\)).

#### Recommandations

Les recommandations et perspectives issues de cette expérimentation qui s'est interrompue du fait de l'interruption de la prise en charge des coûts de fonctionnement et de la création d'une station intercommunale (Gassin) sont :

- Le débroussaillage est une corollaire obligatoire de l'irrigation en zone forestière méditerranéenne tant pour la prévention des incendies que pour la maintenance du réseau (l'accessibilité au réseau est nécessaire).
- L'amélioration des facteurs de croissance peut régénérer une forêt naturelle en phase de régression écologique.
- L'épuration effectuée par le sol forestier est bonne.
- Les parcelles au relief plus uniformes et de pentes inférieures à 15 % sont plus adaptées.

Notons que les coûts 1982 de cette opération ont été de 520 000 F. pour le poste de relèvement et la conduite de refoulement et 400 000 F. pour l'aménagement et l'équipement du terrain sur 2.5 ha.

### 2-2 Le site de Oppède (Vaucluse) : traitement principal

#### Contexte général

La commune d'OPPEDE est une commune rurale située dans le département du Vaucluse, dans la vallée du Calavon-Coulon, d'environ 1 000 habitants. Afin d'éviter tout rejet direct d'eaux usées dans la rivière le Coulon, la collectivité a fait le choix d'une technique d'épuration utilisant le sol comme système épurateur. Il a été décidé de valoriser les effluents en les utilisant pour irriguer des plantations de peupliers. L'installation fonctionne depuis 1986.

#### Caractéristiques de l'irrigation

##### Caractéristiques du site

Le site irrigué occupe les terrasses alluviales du Coulon épaisses de plusieurs mètres et de texture sableuse grossière. Sa superficie avoisine 1 hectare. Il est planté de peupliers espacés de 6 m x 6 m.

##### Techniques d'irrigation utilisées

Deux modes d'irrigation ont été mis en place :

##### 1. Une irrigation localisée :

Sur une parcelle légèrement à 0,6 ha, divisée en deux sous-parcelles qui peuvent être irriguées séparément.

Les effluents sont issus de l'ouvrage de prise, filtrés à une maille de 180  $\mu$ m et envoyés dans le réseau d'irrigation localisée par l'intermédiaire d'une unité de pompage fonctionnant manuellement ou automatiquement (pompe, filtre à tamis, horloge de programmation). Le réseau est constitué de rampes en tuyaux plastique noir de 25 mm de diamètre, percés de trous munis d'ajutages type BRL équipés de brise-jet. L'irrigation est réalisée entre chaque arbre pour favoriser le développement racinaire. A l'extrémité de chaque rampe, de petites vannes en permettent la purge. Les rampes sont maintenues

à 60 cm du sol pour faciliter l'entretien périodique du terrain entre les peupliers.

Depuis quelques années, l'épandage est effectué sur une moitié de cette parcelle au moyen de drains enterrés à faible profondeur.

## 2. Une irrigation par submersion :

Sur une parcelle de 0,35 ha ayant une pente de 4 % des bords vers le centre et de 2 % sur la longueur.

Les effluents prélevés au fond du bassin de stockage transitent par un bassin de tranquillisation équipé d'un déversoir triangulaire permettant de réguler les débits et de maintenir une pression constante.

L'irrigation se faisait par l'intermédiaire de deux rampes de gaines souples disposées de part et d'autre de la parcelle, ces gaines étant équipées de manchons en tuyaux souples espacés de 3 m les uns des autres.

Ce système a été remplacé par une irrigation de type verger californien avec un modèle en ados entre chaque rangée d'arbres de façon à homogénéiser au maximum l'apport d'eaux usées et limiter le contact eaux usées-personnel d'exploitation.

## La végétation

Les meilleurs résultats sur la végétation sont toujours obtenus par la technique de micro-irrigation tant en ce qui concerne la croissance en hauteur et en diamètre des arbres que la production foliaire, témoignant du facteur déterminant que représente la régularité de l'irrigation.

De plus, l'installation rapide au niveau du sol d'une végétation herbacée nitratophile contribue à l'épuration des eaux usées.

## Estimation économique

Achat du terrain

Investissement :

- option irrigation localisée ..... 880 000 F

- option irrigation par submersion et infiltration ..... 780 000 F

Personnel pour l'entretien (nettoyage panier, pare-flottants, manipulation des manchons, purge des rampes, débouchage ajutage, fauchage des herbes quatre fois par an) : 1/2 temps

Bénéfice : plantation.

L'investissement réalisé à OPPEDE semble élevé par rapport au coût d'une station d'épuration ; mais cette installation a un caractère expérimental avec la comparaison de deux systèmes d'épandage des eaux usées. Les installations en sortie de bassin de stockage ont donc été doublées, ce qui explique le surcoût constaté.

**N.B. :** Informations complémentaires sur l'Internet (<http://www.oieau.fr/eaudoc/rubriques/Etudes>).

## 2-3 Le site de Saint Mathieu De Treviers (Hérault) : Traitement complémentaire

### Contexte général

La commune de Saint Mathieu de Treviers est située à une vingtaine de kilomètres au nord de Montpellier. Depuis les années 70, les effluents de la commune étaient traités par une station d'épuration à boues activées d'une capacité de 2500 habitants avec un rejet autorisé de 5l/s dans un ruisseau "Le Terrieu" dont le débit naturel, une grande partie de l'année était nul. En aval du point de rejet, le seul débit était donc constitué par les eaux usées. Or 500 m à l'aval de la station, le rejet était absorbé par une perte dans les formations karstiques. C'est dans ces mêmes formations que se trouve la nappe qui alimente la source du Lez captée à raison de 1600l/s pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération de Montpellier. Des expériences de traçage ont montré de faibles temps de transit, une dizaine de jours, entre la perte et la source du Lez. L'impact du rejet sur la qualité de l'eau alimentant Montpellier était démontré, même si les effets de dilution l'atténuait.

La commune de Saint Mathieu de Treviers a vu sa population passer de 600 habitants dans les années 60 à plus de 2600 dans les années 90. La station d'épuration doit non seulement faire face au traitement des effluents domestiques mais également à celui des rejets de la cave coopérative et de quelques industries. Depuis janvier 93, sa capacité épuratrice a été portée à 1000m<sup>3</sup>/jour. Afin de limiter les rejets dans le milieu naturel, la commune se tourne vers la réutilisation de ses eaux épurées. Cependant, la quantité limitée d'effluents réutilisables (300-500 m<sup>3</sup>/jour), le peu de terrains agricoles disponibles à proximité de la station et la nécessité d'une réutilisation continue au cours de l'année, font que l'irrigation agricole présente un intérêt limité. La collectivité s'oriente alors vers l'irrigation de plantations forestières proches du rejet, solution qui tout en permettant l'utilisation tout au long de l'année des effluents, participe à la lutte contre les incendies en diminuant l'inflammabilité de la végétation.

### Suivi de l'irrigation

Un suivi hydraulique de l'ensemble du système a été réalisé pendant deux ans (1992-1993) par BRL. Le repositionnement du filtre par rapport au radier de la bêche a permis d'éviter le colmatage du filtre. L'augmentation des capacités de la station a amélioré la qualité de l'effluent avec en particulier une chute de la turbidité.

Au cours de ce suivi, le réseau a fonctionné de façon satisfaisante malgré quelques anomalies sur les électrovannes. Il faut noter cependant que durant une partie de l'hiver, le froid a

empêché le système de fonctionner. A cause de la nature très rocailleuse du site, le réseau d'irrigation n'a pas pu être enterré.

Les rampes d'irrigation doivent être régulièrement entretenues (vérification des ajutages, purge des canalisations...).

Une telle irrigation donne lieu à un développement important de broussailles qui doivent être éliminées régulièrement.

L'aspect des arbres irrigués est satisfaisant ; leur taille est bien supérieure à celle des arbres témoins non irrigués (au bout de deux ans, 2 m au lieu de 0.7 m).

*Les conditions de réussite de l'utilisation des eaux usées urbaines (REU et épandage) :*

**Il faut définir aussi précisément que possible :**

- **Les responsabilités et les contraintes qui s'imposent aux producteurs d'eau usée et aux utilisateurs**
- **L'organisation du projet et l'articulation des actions (maîtrise d'ouvrage, foncier, exploitation du système)**
- **Le cadre réglementaire (éviter toute dérive en cours d'exploitation)**
- **Les modes de financement (investissement et fonctionnement ultérieur)**

*Schéma modifié - tiré de l'étude Conseil Général de l'Hérault - BRL Ingénierie*

## 1) La réutilisation agricole des eaux usées

La réutilisation agricole des eaux usées est peu pratiquée en France. Pourtant, dans les toutes dernières années, une évolution, caractérisée par un nombre significatif de réalisations et de projets, semble se dessiner. Il n'est pas inutile d'analyser cette tendance et de tenter de voir si elle témoigne d'une évolution durable ou si elle constitue un simple effet de mode.

La réutilisation des eaux usées va dans le sens d'une gestion patrimoniale de l'environnement et des ressources en eau. C'est une manière de gérer les rejets de l'activité humaine au plus près de leur lieu de production qui se substitue à la traditionnelle exportation vers l'aval du bassin versant. La réutilisation permet de minimiser et, même de valoriser, la pollution produite par les agglomérations et certaines industries. Mais, pour que cette éthique ait les meilleures chances de s'incarner durablement dans la réalité, il convient que les opérations de réutilisation d'eaux usées engendrent un coût du m<sup>3</sup> d'eau plus avantageux que celui qui résulterait d'autres sources d'approvisionnement et/ou d'autres pratiques d'assainissement. Les perspectives de développement de la réutilisation des eaux usées sont donc liées à deux facteurs : l'accroissement du coût marginal de l'eau et les exigences croissantes relatives à la protection des milieux récepteurs. Encore faut-il que les régimes de subvention et de redevance, qui jouent un rôle important dans l'aménagement et la gestion des eaux, reflètent bien les objectifs de qualité définis pour les milieux récepteurs. Par ailleurs, les règlements sanitaires et les procédures administratives pèseront aussi d'un poids significatif sur l'avenir de la réutilisation.

Même si la France ne connaît pas de pénurie durable de ses ressources en eau, certaines localités sont obligées de payer de plus en plus cher pour faire face à la croissance de leurs besoins. Les circonstances qui occasionnent ces états de fait sont très diverses. On peut citer le cas où, faute de ressources en eau locales suffisantes - îles, petits bassins versants, nappes de capacité limitée- il faut recourir à des ressources de plus en plus lointaines pour satisfaire les besoins croissants d'une population plus

nombreuse ou plus consommatrice. Ce type de situation a donné lieu à un nombre significatif d'opérations de réutilisation, dans les îles - **Ré, Noirmoutier, Oléron, Porquerolles** - mais aussi, plus récemment, à **Pornic** en Loire Atlantique, **Chanceaux sur Choisille** en Indre et Loire, **Le Revest du Bion** dans les Alpes de Haute Provence, **Noisilly** dans l'Indre et Loire. La réutilisation des eaux usées a permis de maintenir ou de développer une activité agricole ou, comme à Pornic, de diminuer très sensiblement le coût de l'arrosage d'un terrain de golf. Il arrive aussi qu'un accroissement de la demande entraîne la nécessité de reprendre les réseaux d'adduction existants pour en accroître la capacité. Le coût qui en résulte peut être disproportionné et le recours à une source d'eau alternative plus avantageux. Enfin, le développement des cultures irriguées, le maïs notamment, exacerbe la compétition pour l'accès aux ressources en eau au risque d'épuiser certaines nappes et cours d'eau. Dans tous ces cas, il peut arriver que la réutilisation agricole d'eaux usées, en soulageant les prélèvements effectués par les irrigants, puisse contribuer à des solutions plus satisfaisantes. La réutilisation des eaux usées de Clermont-Ferrand pour irriguer près de 600 hectares en Limagne noire constitue un des exemples récents, d'une ampleur significative, de cette possibilité.

### ***La réutilisation des eaux usées et la gestion de l'eau***

La mise en application de normes et de politiques destinées à assurer une protection véritable des milieux récepteurs - cours d'eau, plans d'eau, ... - conduit, si on suit une démarche classique, à l'adjonction de traitements tertiaires sophistiqués, à une augmentation très sensible des coûts de l'épuration et, donc, du prix de l'eau. Une autre démarche consiste à mettre en oeuvre des solutions alternatives, qui ont pour principe de supprimer ou de différer les rejets des stations d'épuration dans les milieux vulnérables. La réutilisation est l'une de ces solutions. Elle détourne les rejets des milieux que, antérieurement, ils dégradaient pour les transférer dans des milieux à irriguer où ils sont, au contraire, d'un apport bénéfique. Ainsi, la suppression des rejets dans les eaux côtières contribue-t-elle à

réduire les risques sanitaires relatifs à la baignade, à la conchyliculture et à la pêche à pied. C'est ce qui a motivé la réalisation de projets de réutilisation à **Saint Armel** dans le Morbihan, à **Beauvoir - Mont St Michel** dans la Manche ou dans les environs de **Royan** (Charente Maritime). Cet impact de la réutilisation a aussi contribué à la décision de réutiliser les eaux usées dans les îles ; par exemple, l'objectif rejet zéro dans les eaux littorales est à l'origine de l'opération de Noirmoutier. Il pourrait en aller de même pour les rejets dans les cours d'eau utilisés pour la baignade et les nombreuses activités sportives qui impliquent des contacts avec l'eau (canoë, kayak, canyoning, etc.). La réutilisation peut contribuer à la réhabilitation des cours d'eau menacés d'eutrophisation - même si les fertilisants sont souvent plus responsables de ce dernier processus que les rejets d'eaux usées. On peut citer les exemples de **Melle** dans les Deux Sèvres ou du **Mesnil en Vallée** et du **Fuilet** dans le Maine et Loire. On sait que la nécessité de protéger les eaux de baignade en rivière et, souvent aussi, les difficultés liées à l'eutrophisation sont liées à la période estivale. C'est aussi le moment où les besoins d'eau d'irrigation sont les plus grands. Cette simultanéité devrait être favorable à l'émergence de projets de réutilisation agricole.

L'examen des réalisations récentes montre que la plupart d'entre elles, sinon toutes, répondent bien aux deux objectifs complémentaires de la réutilisation des eaux usées que sont (i) la mobilisation d'une ressource d'eau marginale et (ii) l'amélioration de la qualité des milieux récepteurs. Cela permet de penser que les possibilités offertes par la réutilisation agricole des eaux usées dans l'élaboration des stratégies d'aménagement des eaux se diffusent progressivement auprès des responsables des collectivités locales et des techniciens. C'est un bon présage pour l'avenir de la réutilisation des eaux usées.

Pour qu'il en soit ainsi, il importe aussi que les aides attribuées aux collectivités locales prennent équitablement en compte les impacts de la réutilisation. En particulier, le système des primes d'épuration attribuées par les Agences de l'Eau doit récompenser la suppression des rejets de nutriments et l'amélioration de la qualité microbiologique des cours d'eau et des plans d'eau, dès lors que ces bénéfices de la réutilisation répondent à des normes applicables ou à des objectifs figurant dans les schémas d'aménagement des eaux. On sait que ces dernières années ont mis l'accent sur les risques d'eutrophisation et que les redevances en tiennent compte. Les primes d'épuration applicables aux épandages et - par extension - à la réutilisation des eaux usées récompensent l'élimination des nutriments. En revanche, les contributions à l'amélioration de la qualité microbiologique ne

sont pas encore reconnues par ces mécanismes financiers. Les impacts négatifs de la réutilisation, s'il y en a, ne doivent pas être omis. Cela peut éventuellement conduire à encourager la mise en route de procédés de dénitrification partielle des eaux de station d'épuration, puisque les impacts négatifs les plus vraisemblables sont l'exportation de nitrates vers les nappes phréatiques. Mais, ce genre de disposition ne peut être imposée à une collectivité que dans le cadre d'une gestion globale de la nappe, en tenant compte des différentes sources d'apport de nitrates.

### ***L'importance du cadre réglementaire***

La réglementation et l'instruction des dossiers par les autorités compétentes jouent un rôle considérable dans la faisabilité et l'avancement des opérations de réutilisation agricole.

Les recommandations du CSHPF, qui constituent la réglementation provisoire nationale, limitent sérieusement les possibilités d'arrosage des espaces verts, des terrains de sport et, même des terrains de golf. Ce point mérite d'être souligné parce que les réutilisations relatives à des usages municipaux sont faciles à mettre sur pieds. En effet, l'utilisateur, la municipalité, est, dans ce cas, le même que le producteur d'eau usée. Le respect d'une distance de 100 mètres entre les surfaces arrosées, d'une part, et les habitations et les voies de circulation, d'autre part, ruinent en partie les efforts consentis pour atteindre le niveau de qualité A, voire une qualité meilleure encore. En l'état actuel de la réglementation, la garantie d'une qualité microbiologique supérieure au niveau A n'accroît pas les possibilités d'application des eaux usées. Il semble que l'avenir de la réutilisation appliquée à l'arrosage des espaces verts et des terrains de sport soit lié à la substitution de l'irrigation souterraine à l'aspersion. L'irrigation souterraine fait des progrès très sensibles ; elle paraît pouvoir s'appliquer aussi à l'irrigation des pelouses. Sa mise en oeuvre exige toutefois un changement des équipements existants et un savoir-faire encore trop peu répandu.

Les restrictions relatives aux autres usages sont moins contraignantes ; mais un effort d'adaptation des agriculteurs est souvent nécessaire.

On a souligné en conclusion du § 2, 1.2. le poids que représente les obligations de contrôle portant aussi bien sur la microbiologie que sur les éléments fertilisants. On peut espérer que, au fur et à mesure que l'expérience de la réutilisation agricole s'accumulera, ces obligations seront modulées en fonction de l'importance physique ou économique de chaque installation. On doit espérer que ces contraintes pourront être allégées dans un avenir proche, afin que les avantages de la réutilisation ne soient pas gaspillés.

Enfin, la lenteur des procédures conduisant à l'autorisation réglementaire doit veiller à ne pas être incompatible avec le dynamisme indispensable au développement d'une agriculture moderne. On peut y voir un frein à l'émergence de projets importants. L'exemple de Clermont-Ferrand est, à cet égard, très instructif. En revanche, les projets de petite taille, dont l'instruction ne sort pas du cadre départemental, ont plus de chances de se concrétiser. Pour cette raison, mais aussi parce qu'une réutilisation pose des problèmes humains plus faciles à régler à petite échelle, la très grande majorité des réutilisations récentes est effectivement de petite taille.

Il faut aussi souligner que, à côté des aspects techniques et économiques, la réussite d'une opération de réutilisation d'eaux usées tient à une bonne adéquation de ses aspects opérationnels aux données du contexte local. Les projeteurs doivent formuler des réponses réfléchies aux questions suivantes :

- Qui est le maître d'ouvrage de l'opération ? La commune ou un syndicat d'exploitants agricoles ?
- Le maître d'ouvrage est-il maître du foncier ? Si la réponse est négative, des conventions avec les propriétaires sont-elles établies ?
- Qui gère les installations de réutilisation ? Les conditions de cette gestion fournissent-elles les garanties indispensables à la fiabilité et de l'irrigation et de la protection des milieux récepteurs ?

Il faut enfin remarquer, pour achever de brosse une perspective de la réutilisation des eaux usées en France métropolitaine, que la plupart des réalisations récentes ne sont pas situées dans le Midi de la France mais plutôt dans l'Ouest. En effet, le Midi est, depuis longtemps, bien équipé pour faire face aux pénuries d'eau. Il dispose d'un réseau quelquefois surabondant de grands canaux (Canal de Provence, Canal du Bas Rhône Languedoc, barrages ...). Les besoins en eau ne sont le motif essentiel des réutilisations que dans quelques situations bien identifiées : les îles et l'alimentation des terrains de golfs. Ailleurs, le développement de la réutilisation tient d'abord à une stratégie de sauvegarde des milieux récepteurs. C'est sous ce deuxième aspect que la réutilisation rendra le plus de services à l'environnement et à l'usager en France métropolitaine.

## 2) L'épandage

L'épandage est une solution remarquablement bien adaptée à l'assainissement des eaux usées collectées en milieu rural. La desserte des petites villes, pour un traitement principal ou un traitement tertiaire, est aussi dans son champ d'application. Ainsi peut-on s'étonner du développement assez lent de cette technique

en France. La comparaison avec l'expansion considérable du lagunage, autre système extensif d'épuration, qui s'applique à des communautés d'importances équivalentes, donne matière à réflexions.

Plusieurs explications peuvent être avancées, à commencer par une information insuffisante des bureaux d'études, réticents à effectuer un effort de formation pour des opérations de tailles modestes. D'autre part, l'épandage fait appel à des procédés d'irrigation, domaine qui est généralement hors des compétences des spécialistes de l'épuration. Réussir un épandage nécessite aussi une bonne connaissance des sols, autre domaine qui requiert des compétences spécifiques. On vérifie effectivement que, au cours des années passées, l'épandage s'est répandu grâce à des bureaux d'études ayant recruté agronomes, pédologues, ou spécialistes de l'épuration par le sol. Le développement de l'épandage est donc lié à l'information des techniciens et des élus et à l'évolution des compétences des bureaux d'études.

Mais, plus fondamentalement, l'épandage devrait connaître une expansion importante dans les prochaines années sous l'effet de la prise de conscience des insuffisances des systèmes d'épuration conventionnels quand ils sont appliqués aux petites agglomérations, dans des bassins versants petits ou sans exutoire ou à faibles débits d'étiage ou encore dans des zones sensibles. Dans tous ces cas, l'utilité d'aménager des milieux tampons entre les rejets des installations conventionnelles et les milieux récepteurs tend à s'imposer. L'épandage est un excellent moyen d'assurer cette fonction.

Plusieurs suivis (Cogolin, Saint Mathieu de Trévières) ont montré que, en zone méditerranéenne au moins, l'épandage permet d'accélérer considérablement la croissance des arbres qui y sont plantés et la diversification des peuplements.

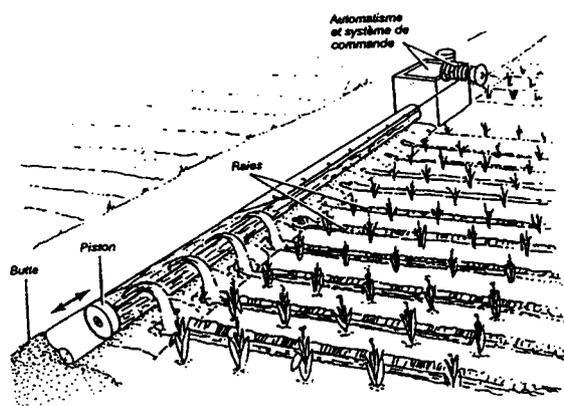


## ANNEXE 1

### Fiche 1

### IRRIGATION A LA RAIE

L'irrigation par submersion et l'irrigation à la raie sont les deux techniques traditionnelles d'irrigation. L'irrigation par submersion, très grosse consommatrice d'eau, n'est pratiquement pas utilisée en France. L'irrigation à la raie l'est beaucoup plus. Elle a fait l'objet tout récemment d'efforts de modernisation.



#### *Irrigation à la raie automatisée (transirrigation)*

L'eau quitte le canal ou le conduit d'amenée, ruisselle, puis s'infiltre dans des rigoles profondes de 5 à 15 cm qui bordent les billons où sont implantées les cultures. L'eau s'infiltre latéralement et atteint les racines par capillarité.

Cette technique nécessite une préparation du sol : la terre doit être relativement plane, les raies et les billons doivent être fermés à leurs extrémités pour retenir l'eau.

Les équipements modernes d'irrigation à la raie permettent une automatisation de la technique et limitent le contact physique entre l'irrigant et les eaux. La répartition du débit d'arrosage entre les raies est assurée, soit par une gaine souple équipée de manchettes de distribution avec limiteur de débit, soit par un tuyau rigide équipé de vanettes coulissantes, soit à partir d'un piston retenu par un câble et se déplaçant dans un tube sous la poussée de l'eau. Dans cette dernière technique (procédé Transirrigation), entièrement automatique, les raies d'arrosage sont mises en eau successivement et ce, pendant une durée fonction de la vitesse (réglable) d'avancement du piston.

L'irrigation à la raie est utilisée notamment pour des cultures arboricoles et maraîchères. Ce type d'arrosage est bien adapté aux cultures nécessitant un butage. A l'exception des plantes rampantes, le feuillage des plantes basses n'est pas mouillé, ce qui élimine les souillures et un certain nombre de risques de maladies. Le tassement et la dégradation de structure du sol dus à l'eau sont limités.

Cependant, cette technique présente quelques inconvénients :

- les pertes par colatures peuvent contaminer les eaux superficielles,
- une partie de l'eau est perdue par lessivage sous les rigoles, notamment dans le cas de sols légers ; dans le cas d'eaux usées, il peut y avoir alors départ de fertilisants et d'organismes pathogènes,
- une possibilité d'érosion existe dans les sols en pente (bien que ce cas soit rare) si le débit est mal réglé.

# ANNEXE 1

## Fiche 2

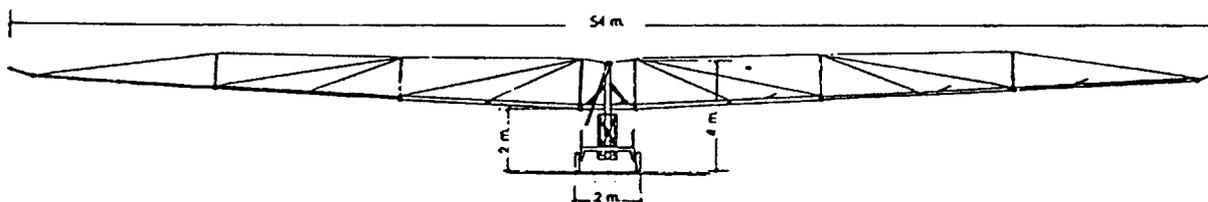
### L'ASPERSION

L'eau est fournie aux plantes sous forme de pluies artificielles issues d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Cette technique ne nécessite aucun nivellement de la surface irriguée et assure l'aération du sol. Ce mode d'irrigation permet un dosage précis des apports, d'où une économie d'eau. Il a le gros avantage d'assurer une bonne homogénéité de la répartition des apports. C'est une des méthodes permettant d'arroser convenablement des sols très perméables.

Elle exige une adaptation de la qualité microbiologique de l'eau recyclée à la nature des cultures arrosées.

Parmi les appareillages utilisés pour la distribution de l'eau, on peut citer :

- les arroseurs à bras oscillant ou sprinklers à 1 ou 2 jets. Ils fonctionnent sous basse et moyenne pression, et équipent des canons mobiles ou des arroseurs fixes à plus faible débit,
- les rampes perforées, fixes ou oscillantes,
- les pivots fixes ou déplaçables,
- les mini-asperseurs.

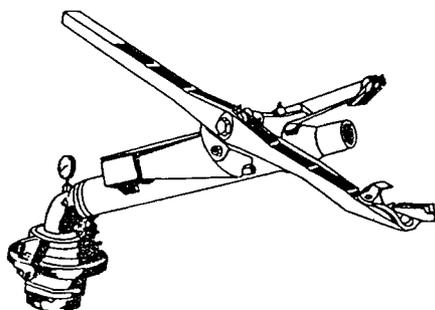


*Rampe frontale (OLLIER et al. 1986)*

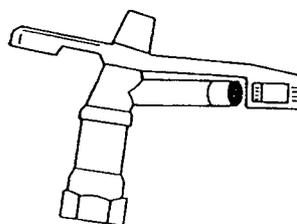
Dans le cas d'eau chargée, des problèmes peuvent se poser par suite de l'abrasion très rapide des buses d'aspersion.

Les asperseurs sont peu susceptibles de colmatage. Néanmoins, un minimum de précautions doit être pris avec les buses de petit diamètre.

L'irrigation par aspersion entraîne le mouillage des feuilles et des fruits et, donc, dans le cas d'utilisation d'eaux usées urbaines, des risques de contamination par des microorganismes pathogènes. Ces risques sont plus ou moins durables selon l'aptitude des végétaux à retenir l'eau et à la retenir dans des pièges à l'abri de la lumière (tiges de poireaux, salades, ...).



*Canon Rain Gune 205G*



*Canon MR 37*

*(MARESCA B. 1979)*

Mais les hygiénistes considèrent que le problème majeur créé par l'aspersion d'eaux réutilisées réside dans la production d'aérosols. Ceux-ci, dispersés par les vents, peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulation et les habitations. Afin de limiter leur propagation, il est recommandé de privilégier l'aspersion à basse et moyenne pression. La propagation d'aérosols pourra également être limitée par un certain nombre d'aménagements : orientation des buses d'asperseurs vers le sol, protection des champs irrigués contre les vents dominants par des haies d'arbres, maintien d'une zone tampon non arrosée autour du domaine irrigué, ...

# ANNEXE 1

## Fiche 3

### L'IRRIGATION LOCALISEE

L'eau est distribuée à faible débit dans un réseau sous pression qui est à même le sol ou suspendu ou encore partiellement souterrain. Le réseau est constitué de rampes souples ou demi-dures, perforées ou munies, à intervalles variables selon les cultures, de dispositifs distributeurs, tels que ajutages, goutteurs, mini-diffuseurs.

La distribution est fréquente ou continue, ce qui permet de maintenir humide la zone entourant les racines, sans pertes entre les plantes. La distribution de l'eau dans le sol se fait latéralement, par capillarité à partir de la zone humidifiée et non plus seulement verticalement comme dans le cas de l'irrigation par aspersion.

Cette technique économise l'eau, limitant ainsi les percolations profondes, notamment le lessivage des nitrates. Elle réduit la levée et la croissance des mauvaises herbes. Le feuillage est maintenu sec, ce qui limite les risques de contamination par les maladies.

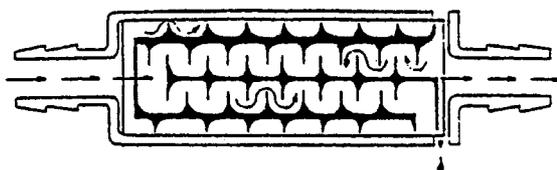
Cette technique permet de limiter considérablement les risques sanitaires liés à l'irrigation à partir d'eaux usées. En effet, l'eau s'infiltré dans le sol aussitôt sortie du distributeur ; elle ne ruisselle pas, ne forme pas de flaque en surface. L'eau ne rentre pas en contact avec les parties aériennes des plantes. Les risques de contamination ne concernent que la partie racinaire. Très proche du sol, la distribution n'est pas influencée par le vent.

Organe essentiel du réseau, le distributeur, alimenté par l'intermédiaire d'une rampe sous pression, doit assurer avec fiabilité la distribution de l'eau à des débits relativement faibles tout en ayant une section de passage assez importante pour minimiser les risques d'obstruction. On peut distinguer quatre grandes catégories de distributeurs :

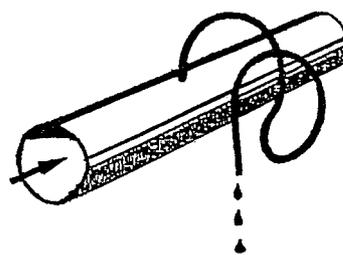
#### Les goutteurs

Ils délivrent ponctuellement un débit faible et régulier (2 à 12 l/h). Ils sont généralement placés à espacement réduit (1 à 2 m) sur le tuyau courant le long d'une ligne de culture. On trouve plusieurs type de goutteurs sur le marché :

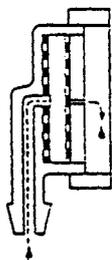
- à cheminement long : l'élément essentiel est un canalicule quasi-capillaire d'environ 1 mm<sup>2</sup> de section, qui, en offrant une grande résistance à l'écoulement, brise la pression. Ce canalicule peut se présenter sous différentes formes : hélicoïdal, en spirale à long cheminement et chicanes, hélicoïdal puis à chicanes, micro-tube,
- à orifices : soit à orifice simple, soit à double orifice et effet de turbulence.



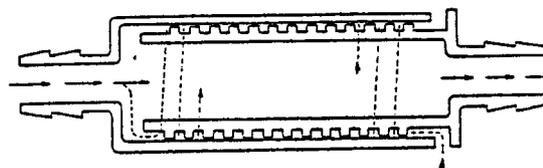
*Distributeur en ligne à cheminement en labyrinthe*



*Distributeur capillaire*



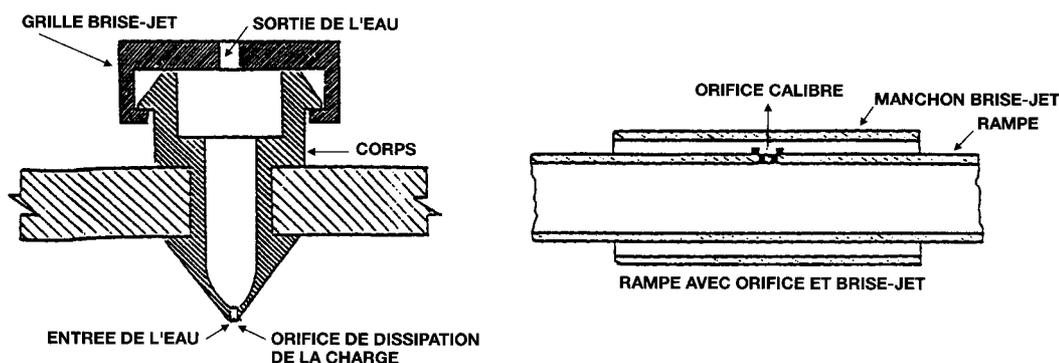
*Distributeur en dérivation à cheminement en spirale*



*Distributeur en ligne à cheminement en hélice*

## Les ajutages calibrés

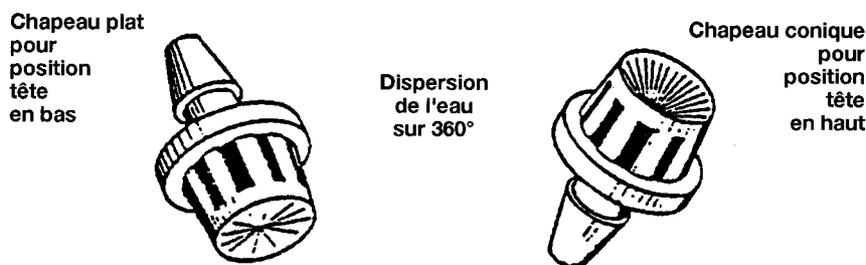
Ce sont des orifices usinés sous forme de pastilles métalliques ou plastiques et fixés sur des tuyaux. Le débit distribué est supérieur à celui délivré par les goutteurs (45 à 100 l/h). Un modèle d'ajutage est fabriqué par la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc (C.N.A.B.R.L.). L'orifice calibré, de 1,4 à 2,1 mm, inséré dans la rampe, permet à l'eau de sortir sous forme de jet. Il est alors nécessaire de l'équiper d'un brise-jet pour en tranquiliser la distribution.



Distributeur à orifice (ajustage) (ZAIRI et al. 1988)

## Les mini-diffuseurs

Micro-asperseurs fixes, ils sont constitués d'un petit mamelon plastique piqué sur le tuyau et usiné en vue de diffuser l'eau sous la forme d'une nappe en coupole, dont le rayon varie de 1 m à 1,50 m. Le débit est de l'ordre de 50 à 150 l/heure, mais le mini-diffuseur assure une pulvérisation très fine.



Mini diffuseur (ZAIRI et al. 1988)

## Les gaines perforées

Elles peuvent être simples ou à double paroi et, dans ce dernier cas, l'uniformité de la distribution est meilleure.

Parmi les problèmes que pose l'utilisation d'eaux usées en irrigation localisée, le plus important est le risque de colmatage des organes de distribution. La faible dimension des canaux des distributeurs fait qu'ils sont très sensibles aux eaux chargées, telles les eaux usées qui contiennent des matières en suspension, minérales ou organiques, susceptibles de provoquer des obstructions physiques ou biologiques, et des sels dissous pouvant aboutir à des obstructions chimiques. Le développement du colmatage va dépendre de :

- la qualité de l'effluent, variable avec son niveau d'épuration et son niveau de filtration,
- la pression de fonctionnement qui dans le cas de distributeurs non auto-régulants, influe sur la vitesse de l'eau à l'intérieur du cheminement ou à travers l'orifice et sur les risques de dépôt,
- la position du distributeur sur la rampe (latéralement, en-dessous, au-dessus) et par rapport à l'origine de la rampe.

L'irrigation localisée à partir d'eaux usées sera possible à condition de bien choisir les distributeurs et d'effectuer un traitement efficace de l'effluent afin d'éliminer un maximum de matières en suspension. On utilise le micro-tamassage ou des filtres à sables, dont les caractéristiques doivent être adaptées à celles de l'eau utilisée. Les incidents d'obstruction de goutteurs sont souvent liés à la remise en route des installations après arrêt durant la période hivernale ; il importe de procéder à une purge de l'ensemble de l'installation (rampes, porte-rampes et canalisations d'amenée) en fin de période d'irrigation, cette purge étant rendue plus efficace par une chloration préalable massive.

# ANNEXE 1

## *Fiche 4*

### L'IRRIGATION SOUTERRAINE

L'irrigation souterraine, mieux encore que l'irrigation localisée, est de nature à prévenir les risques sanitaires.

L'irrigation souterraine fonctionne à l'inverse du drainage : l'eau est envoyée sous légère pression dans des drains enterrés et remonte par capillarité. Le mode de distribution peut être varié :

- tuyaux très poreux continuellement en charge et laissant diffuser l'eau nécessaire dans le terrain,
- drains ordinaires,
- galeries,
- lignes de goutteurs glissés dans des drains.

Dans le cas de plantation d'arbres, les drains enterrés à une cinquantaine de centimètres de profondeur peuvent être installés de façon permanente, sans perturber l'entretien de la parcelle.

La partie supérieure du sol demeurant sèche, l'évaporation sera considérablement diminuée, et les risques d'accumulation de sels faibles. La diminution des fluctuations de température jour-nuit réduit également les problèmes éventuels de dépôts calcaires (Decroix M., 1988), critère important dans l'utilisation de lignes de goutteurs.

L'irrigation souterraine semble prometteuse pour l'utilisation d'eaux usées en irrigation ou pour leur traitement par épandage. Cette technique est déjà largement répandue dans les pays de l'Est (Pak in Decroix M., 1988), pour l'élimination des eaux usées simplement préfiltrées. Les pressions utilisées sont faibles (voisines de 0,1 bar), les orifices (perforations, fentes), largement dimensionnés. En pratiquant l'arrosage discontinu, on évite l'hydromorphie des sols.

Les eaux usées doivent être filtrées ou décantées afin d'éviter le colmatage des tuyaux enterrés. Ces derniers devront d'autre part être purgés périodiquement.

# ANNEXE 2

## DESINFECTION DES EAUX USEES

### Appréciations générales

#### ***Le lagunage***

L'efficacité du lagunage est étroitement liée aux situations climatiques, au temps de séjour, à la conception du système et à sa gestion. Elle est sensiblement réduite en période hivernale lorsque la température et l'éclairement deviennent faibles.

#### ***La chloration***

Ce procédé n'est plus considéré aujourd'hui comme la solution la plus adaptée pour deux raisons essentielles :

- dans les eaux résiduaires, le chlore introduit se combine très rapidement avec les ions ammonium et d'une manière générale les groupements NH des composés organiques pour donner des chloramines dont le pouvoir bactéricide réduit doit être compensé par des temps de contact prolongés. Les chloramines sont de très médiocres virucides,
- plusieurs études ont montré que la chloration, appliquée aux eaux usées, était suivie d'une reviviscence bactérienne, après traitement.

La gestion des installations est reconnue difficile et les enquêtes révèlent de fréquentes interruptions de service.

L'efficacité de la chloration dépend essentiellement de quelques critères :

- la qualité de l'effluent à traiter. L'élimination poussée de l'azote ammoniacal et organique ainsi que les matières en suspension est une étape préliminaire à la désinfection par chloration d'une eau usée,
- la qualité du mélange et de l'hydraulique du bassin de contact sont des paramètres fondamentaux,
- la régulation est indispensable.

#### ***L'ozonation***

L'ozone est un oxydant puissant réputé pour ses performances bactéricides et virucides. De plus, aucune reviviscence de germes après traitement n'a été décrite.

Son efficacité est reconnue mais elle dépend évidemment de la qualité du traitement d'épuration en amont : une attention particulière doit être portée à l'élimination des matières organiques oxydables, des matières en suspension et des nitrites.

Sur le plan technologique, l'hydraulique du réacteur, où l'ozone est injecté à contre courant, est le critère fondamental. Une filtration préalable de l'effluent est aussi souhaitable.

Malgré son efficacité, ce procédé est peu utilisé en France, principalement pour des raisons économiques.

#### ***Les rayonnements UV***

La technique est aujourd'hui mieux maîtrisée et il existe une large gamme de possibilités de mise en oeuvre.

L'efficacité de la désinfection UV est liée à la qualité de l'effluent à traiter ; les micro-organismes sont protégés par les matières en suspension sur lesquelles ils sont adsorbés. De plus, les composés chimiques dissous dans l'eau abaissent la valeur de la transmission et limitent les doses reçues par les micro-organismes.

Une filtration et une régulation du débit de l'effluent épuré constituent donc des étapes préalables de nature à garantir la fiabilité du dispositif.

Le mode de calcul de la dose n'est pas normalisé.

L'efficacité est établie. Cependant, plusieurs auteurs ont décrit un phénomène de reviviscence bactérienne par photoréactivation et accessoirement par réparation à l'obscurité, phénomène montrant l'importance de la dose à appliquer.

En résumé, des travaux complémentaires sont nécessaires pour conclure valablement sur la désinfection UV qui paraît être actuellement une technique relativement simple et efficace.