

XIII^{ème} Congrès Mondial de l'Eau
1 au 4 septembre 2008 – Montpellier, France

**La lombrifiltration: une nouvelle écotechnologie de traitement des eaux
organiquement polluées par l'utilisation de lombriciens**
The treatment of Organically Polluted Water by Lumbrifiltration

par

Patricio SOTO – Institut National de la Recherche Agronomique - LombriTek écoinnovation

et

Alexis LECOINTE – LombriTek écoinnovation
Rosa SOLAR - LombriTek écoinnovation

SupAgro-INRA - 2, place Pierre Viala - 34060 Montpellier Cedex 01

ABSTRACT

Les Lombri-stations sont des STEP (Station de Traitement d'Eaux Polluées) comprenant une nouvelle technologie de traitement des eaux usées domestiques et agro-industrielles **sans production de boues**, utilisant deux techniques naturelles de base : la lombrifiltration (traitement des déchets en phase liquide) et le lombricompostage (traitement des déchets en phase solide) en utilisant des lombriciens.

Solution écologique, économique, respectueuse du milieu naturel, dans une perspective de développement durable.

1.- INTRODUCTION

La lombrifiltration est une nouvelle technologie utilisant les lombriciens pour traiter les Eaux Organiquement Polluées (EOPs). Elle fût l'objet d'une première étape de Recherche et Développement (R&D), notamment grâce à une coopération franco-chilienne (1998), puis franco-chinoise (2000). Une première démonstration industrielle au niveau européen a été effectuée dans le cadre du programme Life-Environnement (projet Recyclaqua 2003 - 2005) à Combaillaux (Hérault) – France.

A partir de 2006, une deuxième étape de Recherche et Développement a été réalisée par la Société LombriTek *écoinnovation*, Jeune Entreprise Innovante (JEI), issue du succès du projet Recyclaqua. LombriTek *écoinnovation* est aussi l'aboutissement d'un long travail de recherche à l'INRA, sur le rôle écologique et agronomique des lombriciens. Elle est la réponse à la demande du programme Life Environnement, pour continuer la dissémination technique du procédé de traitement des eaux organiquement polluées par lombrifiltration-lombricompostage (Lombri-station) en Europe.

La société LombriTek *écoinnovation* développe son activité depuis 2006, grâce à l'accompagnement des incubateurs : BIC-Cap Oméga (Business Innovation Center) de l'agglomération de Montpellier et de LRI-SupAgro (Languedoc-Roussillon Innovation, secteur de la Recherche), de la région Languedoc-Roussillon et grâce aussi, à l'appui de l'Association OTECI (Office Technique d'Etudes et de Coopération Internationale).

La communication porte sur cette nouvelle étape de Recherche-Développement (R&D), permettant l'optimisation technique et économique du procédé et son industrialisation actuelle.

Une station de traitement des EOPs comprend plusieurs modules depuis la réception de l'effluent jusqu'à la production d'une eau traitée et de quelques produits solides (lombricomposts et stériles). L'ensemble du dispositif, décrit en §3, vise à tirer tout le parti d'un lombrifiltre pour le traitement d'eaux usées en optimisant son usage socio-économique dans le respect des règlements et obligations contractuelles, auxquelles doivent se soumettre les divers participants à une telle réalisation industrielle.

Le procédé sera d'abord présenté (§2) avec ses propriétés et limites acquises pendant l'étape de Recherche-Développement. Ensuite (§3) l'ensemble de la station de traitement sera décrit avec ses modules techniques et le contexte du développement industriel. Enfin, le paragraphe 4 présente l'acquis actuel à partir des informations obtenues dans le cadre du projet européen (Lombri-station, commune de Combaillaux).

2.- LA LOMBRI-STATION (LOMBRISTEP®)

2.1. Le lombrifiltre : composition

Le lombrifiltre est la partie centrale et originale de l'unité de traitement. Il assure un traitement inhabituel des eaux usées : en **phase solide** et non en milieu liquide.

Ce traitement est assuré par une Couche Active (CA) composée de plaquettes de bois, disposées en couches de granulométrie différentes, le tout d'une hauteur de 150 cm. Sur la première couche, un inoculum de lombriciens (*Eisenia andrei*, Bouché, 1972) est apporté avec son support d'élevage (lombri-substrat® spécifique d'au moins 6 mois, déjà bien minéralisé). Pour 100 m² de surface de lombrifiltre, on amène un million de lombriciens, l'ensemble est mélangé avec les dix premiers centimètres. Cet inoculum est introduit après la «mise en eau initiale» du lombrifiltre.

Deux lombrifiltres sont arrosés de façon contrôlée en alternance journalière, par une rampe mobile équipée de buses, l'eau usée tamisée est aspergée sous forme de pluie sous pression (à 80 cm de hauteur de la CA).

Grâce à cette aspersion fine, l'eau est répandue sur toute la surface, puis percole dans l'ensemble de la couche active. Enfin, grâce à un lit de graviers siliceux, l'eau lombrifiltrée est drainée vers le post-traitement.

2.2. Propriétés fonctionnelles de la couche active (CA)

Selon différents points de vue, la couche active est : un sol artificiel avec des lombriciens, un réacteur microbiologique en phase solide ou encore un traitement physique par filtration-adsorption, etc. Mais ces points de vue sont limités car ils ne mettent en avant que certaines propriétés de la couche active alors que l'eau en cours d'épuration est soumise à toutes. C'est la raison pour laquelle ces propriétés sont présentées ici successivement.

2.2.1. Un système triphasique filtrant

Au plan physique le lombrifiltre est un système triphasique composé de solides divers essentiellement d'origine organique, dont les propriétés sont classiquement décrites par les pédologues spécialistes des humus. L'importance des forces de capillarité et de Van der Waals dans ce matériau permettent de le distinguer fortement des éléments minéraux ou synthétiques utilisés en filtration-percolation (sable, éléments de remplissage en plastiques, etc.).

Entre les éléments solides du lombrifiltre il y a une **porosité** laissant place aux phases liquides et gazeuses (à l'eau et l'air). La matière organique a un pouvoir élevé de rétention

de l'eau. L'importance des deux phases air + eau dépend de l'importance de cette porosité résultant de la granulométrie et des structures internes des éléments organiques solides, d'où l'importance du choix des constituants (§2.1). La circulation de l'eau (infiltration-percolation) et de l'air (aération, §2.2.2.) dépendent de l'organisation de cette porosité : discontinue ou avec mini canaux, tels les galeries lombriciennes, principalement dans les 30 premiers centimètres.

La CA est un **filtre** dont les éléments se tassent et se décomposent (perte d'environ 10% en volume en 6 semaines). Dans l'étude antérieure (R&D) l'ajout de plaquettes de bois d'une certaine granulométrie permet d'accroître la percolation. Quoique non quantifiable les voies de percolation sont essentiellement inframillimétriques. Les particules apportées par l'eau usée sont donc retenues, sur ou dans, la superficie de la CA. Cela crée une tendance à l'obturation des voies d'écoulement de l'eau par l'accumulation des particules. Ceci est corrigé par le travail des lombriciens (§ 2.4).

2.2.2. Oxygénation de la CA

A la base de la couche active la percolation s'arrête lorsque la pression de l'eau est égale à $pF=3$ (= -980,67 Pa). La base reste donc gorgée d'eau en permanence et la couche hydratée continue, ainsi formée, n'absorbe l'oxygène que par diffusion dans l'eau. Cette diffusion est d'autant plus faible quand la température augmente (cf. Bouché, 1990), alors que les besoins biologiques doublent approximativement pour un accroissement de 10°C. L'oxygénation du système ne se fait donc pas par la base.

La pesanteur entraîne l'eau vers le bas. A l'arrêt des apports par aspersion sur la couche active, les colonnes d'eau internes de cette couche se vident jusqu'au moment où l'eau ne percole plus, car sa pesanteur est égale aux forces de capillarité du substrat retenant l'eau. Cette percolation partielle entraîne une entrée d'air par le haut de la couche active (aspiration) dans la macroporosité. Pour cette raison les aspersions sont limitées à 20 minutes entrecoupées de 100 minutes sans aspersion (cycle de deux heures), période pendant laquelle la percolation introduite de l'air dans la CA.

2.2.3. Les adsorptions.

Les adsorptions moléculaires n'ont pas fait l'objet d'étude spécifique car elles sont bien connues pour la matière organique des sols. Les molécules organiques sont retenues par chélation et par adsorption amphiphile ; c'est-à-dire à la fois hydrophiles et lipophiles, les matériaux utilisés étant amphiphiles après mouillage initial.

Les adsorptions ioniques n'ont également pas fait l'objet d'étude spécifique, mais sont celles résultantes du caractère amphotère bien connu des matériaux utilisés. Les constituants de la CA, plaquettes de bois et lombricompost initial, sont amphotères, c'est-à-dire qu'ils présentent en milieu aqueux des charges négatives et positives permettant la rétention des ions.

2.3. La température

La température est un état d'agitation des constituants du lombrifiltre (atome, molécule, activité motrice lombricienne). A l'intérieur d'une certaine plage (dans le lombrifiltre de 0° à 30°C), elle modifie surtout la vitesse des réactions microbiennes, chimiques et l'activité motrice lombricienne selon des accélérations (des logarithmes pour les organismes), des accroissements linéaires (plutôt réactions chimiques), voire des réductions (solubilité de l'oxygène dans l'eau). En deçà de ces limites, soit les réactions se ralentissent et/ou s'arrêtent (l'eau gèle notamment), soit il y a désorganisation fonctionnelle des interactions biophysicochimiques (mort par gangrène des *Eisenia andrei* ; élimination de la microflore psychrophile, etc.).

A l'intérieur de la plage thermique il y a donc globalement surtout accélération de la demande biologique en oxygène des organismes et réduction de la diffusion d'O₂ dans la phase hydrique.

La température du lombrifiltre est quasi homogène du fait qu'elle dépend essentiellement de celle de l'eau du réseau, le caloporteur dominant aspergée dessus. Toutefois, les effets de l'évaporation, des réactions exothermiques et de la température ambiante jouent un rôle non quantifiable, surtout hors aspersion, et ont quelques conséquences notamment sur l'activité biologique superficielle.

2.4. Les colonies microbiennes et leurs régulations

Les micro-organismes sont spontanément inoculés dans la CA par les substrats d'origine, l'air et les eaux usées. Une extraordinaire gamme de souches microbiennes est donc présente. Seules celles en micro-situations favorables d'activité (ambiance, substrat nutritif...) se développent et assurent leurs fonctions.

Ce sont donc ces micro-situations dans la CA qui commandent les activités microbiennes. Lesquelles sont essentiellement des lyses (= décomposition) de substrat précis, sous l'effet d'exoenzymes très spécifiques produits par chaque colonie microbienne en micro-situation convenable. Nous parlerons donc ci-dessous des fonctions dégradant globalement les matières organiques (§2.6).

2.5. L'activité lombricienne

Comme dans les écosystèmes spontanés le propre de l'activité lombricienne est celui des animaux : le mouvement, le travail physique. Dans le lombrifiltre ce sont les seuls animaux notables (des rotifères, nématodes, etc., existent aussi) et ils y assurent, le « travail du sol » par deux mécanismes concomitants : le fouissage et l'ingestion-digestion-défécation.

Le fouissage conduit à ouvrir des pores linéaires par où les fluides, eau et air, circulent.

L'ingestion : par choix alimentaire les lombriciens sélectionnent des substrats organiques très riches en molécules assimilables, donc en microorganismes et en matières organiques les plus polluantes, car ici elles sont les plus décomposables. Les lombriciens ingèrent donc surtout à la surface de la couche active les substrats putrides en décolmatant ainsi le sommet du filtre.

La digestion décompose les matières organiques y compris les micro-organismes les plus assimilables. Mais ces matières contiennent aussi des éléments plus résistants à la digestion et encore peu décomposés : cellulose, kératine des poils, etc. L'action digestive va toutefois broyer et mélanger les parties non assimilables en les brassant avec des inoculum microbiens.

Finalement les **déjections**, ou fèces, sont constitués de ces matières organiques relativement indigestes mêlées à une nouvelle structure et à un peuplement microbien renouvelé, où les antibiotiques antérieures sont levées. Ceci entraîne une intense activité de décomposition post-digestive de ces fèces (Cortez *et al.* 2000).

A la manière des brasseurs de bière ou des réacteurs à microorganismes, le lombrifiltre a ainsi son brassage par transit intestinal et par déplacement des substrats. Les animaux n'ingèrent pas là où ils ont déféqué.

2.6. La dégradation des matières organiques

Les microorganismes et lombriciens tirent leur énergie pour leur maintenance et leur croissance dans la dégradation des matières organiques. Hormis le support de la CA (lombricompost, copeaux et plaquettes de bois, § 2.1), ce sont essentiellement les composés particuliers, moléculaires, voire ioniques apportés par l'eau usée qui se dégradent.

2.7. Aérobiose et anaérobiose (cas de l'azote)

L'activité biologique, comme certaines réactions chimiques dépend de l'oxygène de l'eau dissoute dans l'eau interstitielle du lombrifiltre. L'oxygène est le comburant, les matières organiques polluantes du lombrifiltre sont le carburant.

Toutefois les microorganismes anaérobies se développent en absence d'oxygène mais n'achèvent pas la dégradation et produisent de nombreuses molécules toxiques pour les organismes aérobies, notamment les lombriciens (NH_4^+ ; SH_2 ; etc.).

Dans le lombrifiltre les deux systèmes cohabitent mais en proportion variable dans l'espace et le temps (séquences d'arrosage, cf.2.2.2). Il y a notamment anaérobiose dans les déjections lombriciens, et celle-ci explique la réduction des éléments organiques en gaz N_2 et l'abattement de l'azote en sortie de lombrifiltration (§ 2.6 et 4). Cela permet de réduire l'eutrophisation en aval du lombrifiltrage, car l'azote assimilable dans le cours d'eau (essentiellement NO_3 et NH_4) favorise des excès de végétation (principalement des micro-algues). Globalement, les réactions chimiques observées sont aérobies.

2.8. Les éléments chimiques dans la lombrifiltration

Les éléments chimiques apportés par l'eau sont très divers et sont soit dans des petites molécules, soit dans les constituants organiques qui après dégradation les libèrent en petites molécules. Ils ont trois destinées

1) certains comme l'hydrogène, le carbone, l'azote se volatilisent en partie vers l'atmosphère (CO_2 , N_2O , NH_3 , CH_4).

2) Tous peuvent se fixer dans le lombrifiltre plus ou moins durablement hors ou dans les organismes. Ainsi le phosphore est, en début d'expérience presque totalement bloqué, probablement en raison de la croissance des biomasses microbiennes et lombriciennes mais aussi, d'adsorptions par les éléments de la matière organique. Ensuite le lombrifiltre étant « saturé » il y a une libération croissante du phosphore dans sa forme d'ortho phosphates (PO_4). Il en est peut-être de même pour de nombreux éléments, dont les métaux lourds, mais cela n'est pas établi.

3) Tous peuvent enfin être entraînés par l'eau lombrifiltrée.

2.9. Le temps

Le processus biophysicochimique de traitement des eaux se rapporte à une double échelle de temps.

Le temps de percolation, depuis l'aspersion sur la couche active jusqu'à la sortie par drainage, se mesure après une mise en fonction par arrêt de l'aspersion. On constate un ralentissement asymptotique de l'écoulement avec un demi-temps d'écoulement de 15 minutes.

Le temps d'épuration des polluants retenus par filtration et adsorptions suit aussi probablement une loi logarithmique, selon les connaissances que nous avons des décompositions des matières organiques dans les sols naturels (Bouché *et al.* 2001). Tout dépend des molécules initiales et de leurs recombinaisons biochimiques (humification),

l'essentiel étant éliminé en quelques mois (par exemple des particules de papier, poils et ongles,.....). Cette vitesse d'épuration organique est donc beaucoup plus lente que la percolation de l'eau. Le lombrifiltre à la différence des traitements en suspension liquide, permet une décomposition quasi complète et évite la production de boues d'épuration dont les constituants se décomposent dans la CA et non plus par épandage sur des sols agricoles ou par incinération. Au contraire, il faut périodiquement compléter la CA du lombrifiltre (§ 2.1) qui se décompose, l'apport organique par l'eau ne compensant pas la dégradation globale.

2.10. La couche active : un système complexe d'interactions

Notons que la description des propriétés fonctionnelles de la couche active est essentiellement qualitative et se réfère à des connaissances relatives à la physique, à la pédologie notamment des sols organiques (Bonneau et Souchier, 1979), à la microbiologie des eaux et des sols, à la chimie générale et organique, à la biochimie, à la géodrilologie et enfin à des technologies... Car il s'agit de réaliser un dispositif opérationnel.

La plupart des connaissances utilisées sont issues d'études et de pratiques particulières, souvent effectuées au laboratoire ou en modèles simplificateurs éloignés de la complexité réelle par des choix réduisant les observations à certains aspects, seuls accessibles par des spécialistes (pédologues, zoologistes, hydrologues).

En fait la couche active ne peut être décrite que qualitativement pour des fonctions potentielles et son efficacité est mesurée par des différences (= abattements, §4) entre entrée d'eau polluée et sortie d'eau épurée, sachant que la multitude des phénomènes interactifs, non décrits pour la plupart, ne peuvent qu'être globalement nommés en l'état de l'art actuel.

3.-LES SYSTEMES DE TRAITEMENT, HYDRIQUE ET SOCIAL

3.1. Cadre de la réalisation industrielle

Le lombrifiltre, partie originale, n'est qu'un composant de la station de traitement des eaux usées. Ce type de station (Lombri-station) s'inscrit elle-même dans le réseau hydrologique, dont celui de collecte des EOPs, l'ensemble s'inscrivant dans le système social, dont celui des financements, autorisations réglementaires et règles de réalisation. Aucun de ces systèmes n'est indépendant. Par exemple, les autorisations contraignent à un post-traitement (§ 3.5) et la conception du réseau de collecte a obligé à mettre en place un prétraitement d'aération.

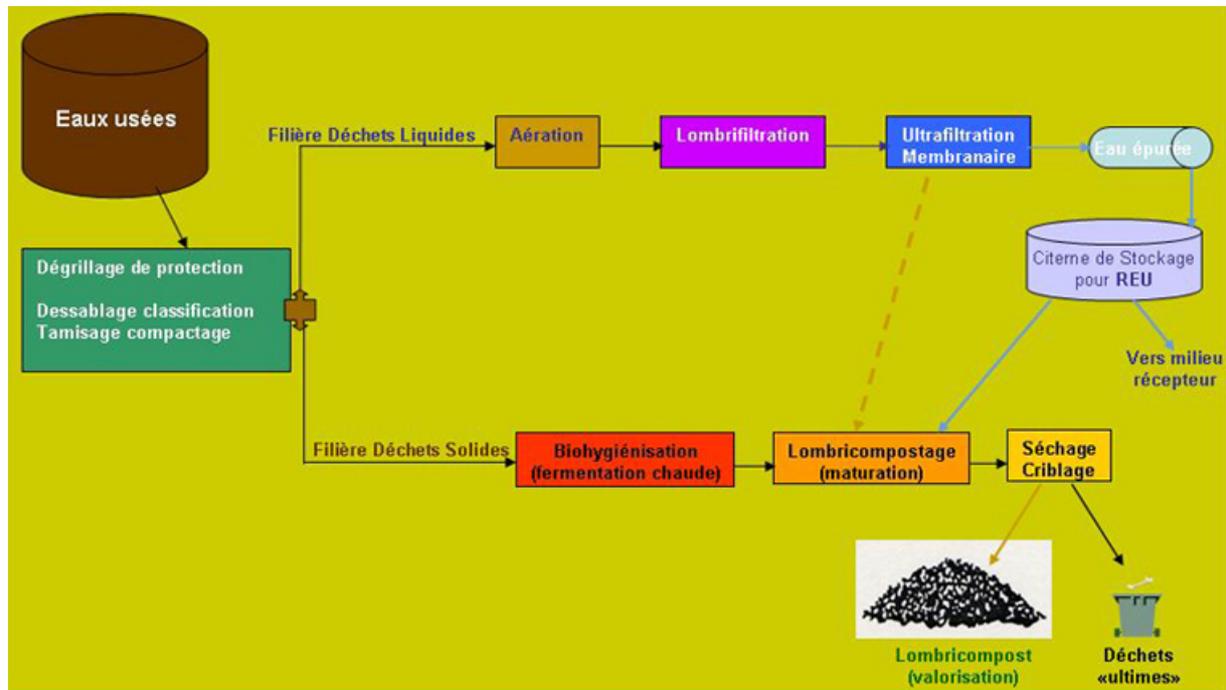
Nous présentons ici successivement les trois systèmes : traitement, réseau hydrologique et socio économique. La Lombri-station comporte trois modules et une opération préalable : la lombriculture.

- 1) les prétraitements permettant de conditionner l'eau pour la lombrifiltration, en écartant notamment des solides (= refus de tamisages),
- 2) les traitements par lombrifiltration de l'eau tamisée (filiale déchets liquide)
- 3) le lombricompostage des refus de tamisages (filiale déchets solides). Ces modules sont décrits successivement par opérations.

3.2. L'opération antérieure : la lombriculture de l'inoculum

Celle-ci est conduite de façon classique ; un élevage en litière spécifique, avec une volonté de standardisation pour les futurs usages en lombrifiltration. Il s'agit à la fois d'avoir

une lombriculture pour l'inoculum initial et de disposer d'une réserve en cas d'accident (intoxication temporaire, mauvaise maîtrise de la station de traitement...).



Brevet International *LombriTek écoinnovation* : « Procédé et dispositif de traitement d'eaux organiquement polluées ». Réf INPI : 12S48 BT FR1 (LOMBRISTEP®)

3.3. Les prétraitements :

Réception dessablage-tamisage. Les EOPs sont dessablées et tamisées en entrée pour éliminer les solides de taille supérieure à 0,5 mm afin d'éviter le bouchage des buses d'aspersion et de diminuer la charge organique quotidienne à traiter (§. 3.4).

La mise au gabarit. Un dispositif de régulation évacue les eaux en excès des orages. Les eaux de pluie sont en principe collectées séparément, mais en pratique sont en partie mêlées dans le réseau avec les EOPs. Un trop plein évacue directement cet excès et le volume accepté est traité.

3.4. Filière de traitement des déchets liquides :

Le contrôle de la toxicité (Re-dox) par l'aération, cette opération d'aération des EOPs s'est avérée nécessaire. Le réseau de collecte n'apporte pas les EOPs directement mais après des retentions dues à des dispositifs de relevage. L'eau retenue fermente en conditions anaérobies produisant des composés toxiques (NH_4^+ , sulfures...) pour les lombriciens. Il est indispensable d'envoyer en lombrifiltration une eau à potentiel redox positif. Nous avons donc asservi un aérateur injectant des bulles d'air dans l'EOP tamisée, à un lecteur de ce potentiel. De même, la pompe de relevage envoyant l'eau au lombrifiltre (asperseur) ne fonctionne que si ce potentiel est positif.

Aspersion sur CA. Celle-ci est une opération cruciale, l'eau à traiter (tamisée et aérée) doit être répartie de la façon la plus homogène possible sur la couche active décrite au §2. Ceci est obtenu par un sprinkler garni de buses d'aspersion pulvérisant une eau sans solides obturant ces buses, grâce au tamisage. Cette homogénéité est essentielle car tout

excès local implique une surcharge. L'efficacité économique du lombrifiltre dépend de cette homogénéité, toujours relative.

Lombrifiltration. Les EOPs préalablement aérées et n'étant pas toxiques pour les lombriciens (cf. 3.3.) s'infiltrent dans la couche active du lombrifiltre où les matières, molécules et ions sont retenus par les mécanismes de filtration (§ 2.2.1) et d'adsorption amphiphiles et liaisons amphotères (§ 2.2.3). Ensuite la combinaison des interactions des activités lombriciennes (§ 2.5) et microbiennes (§ 2.4) entraîne une dégradation des matières carbonées (§ 2.6) et une émanation gazeuse partielle de l'azote (§ 2.7).

Le post-traitement. Les eaux épurées comportant toujours quelques éléments chimiques, molécules voire microorganismes pathogènes (§ 4) entraînant la nécessité, ou non, d'un post-traitement. Ces nécessités sont déterminées par le système hydrologique (cf. 3.6), le contexte socio-économique et réglementaire (cf. 3.7) et les réutilisations des eaux traitées.

3.5. Filière de traitement des déchets solides :

Les refus de tamisage (§ 3.3) sont des solides comportant des matières organiques (cheveux, papier, ...) et des stériles (plastiques, ...). Le traitement de ces solides par lombricompostage, est une opération en parallèle à la lombrifiltration. Les volumes en cause sont minimes (1/10000 des EOPs en volume). Le lombricompostage permet d'obtenir une hygiénisation, calibration et maturation de la fraction organique séparable sous forme de lombricompost utilisable en espace vert, les stériles étant éliminés comme ordure ménagère.

3.6. Le réseau hydrique

Un système de traitement d'eaux usées n'est qu'un compartiment du système hydrique où il s'inscrit. En amont le réseau de collecte donne les caractéristiques de l'eau en entrée de traitement : en volume, variations et caractéristiques. Il ne reçoit en principe pas d'eau pluviale, on l'appelle dans ce cas un réseau séparatif. Il comporte des pompes de relevage avec zones d'accumulation anaérobies. Nous avons vu que les prétraitements et le traitement dépendent de ce réseau en amont (§3.3 & 3.4). En aval le milieu récepteur conditionne les post-traitements de l'eau lombrifiltrée décrits en §3.4. A Combaillaux l'eau est rejetée dans le système hydrique naturel, notamment pour maintenir un niveau d'étiage élevé, ce niveau étant critique en climat méditerranéen.

3.7. Le système social

Le lombrifiltre n'est qu'un compartiment du système de traitement, lui même compartiment du système hydrique, lui-même régulé par le système social qui le gère.

3.7.1. De la Recherche et Développement à la Démonstration industrielle

Du laboratoire au réel. La R&D peut s'effectuer en laboratoire en condition très contrôlées, mais cette recherche ne peut pas être extrapolée telle quelle dans des situations réelles. Notre pilote industriel (projet Recyclaqua) a permis d'assurer cette R&D en situation réelle, la liberté de recherche fût totale, car l'eau traitée était reprise ensuite dans une station classique agréée (Lit bactérien). Nos résultats (§ 4), en l'attente d'une station industrielle validée de deuxième génération (§ 4), sont fondés sur ce pilote industriel de la commune de Combaillaux (34).

Résistance à l'innovation. Remarquons que ci-dessus l'innovation est refusée *a priori* car le traitement obtenu doit repasser dans une station de traitement homologuée classique. Cette contrainte réglementaire demande qu'un nouveau système de traitement soit autorisé que sur la base de stations industrielles *préexistantes*. Une innovation n'a pas

cette base. Elle n'est donc pas réellement autorisée, mais tolérée à condition que l'eau traitée (ici par lombrifiltration) soit retraitée par un procédé reconnu antérieurement. Notre autorisation ne fût acquise que grâce au fait que le post-traitement réel est une station classique en lit bactérien. C'est pourquoi l'importance d'établir un référentiel industriel pour le nouveau procédé (§ 1).

3.7.2. Cadre de l'application industrielle

Le passage de la Recherche et Développement à la Démonstration implique de quitter le laboratoire pour le réseau réel dès le stade pilote. La Démonstration oblige en outre à quitter « l'espace de liberté » de la recherche pour passer sous les normes sociales, régissant notamment les règles administratives et financières entre le maître d'œuvre (ici, la commune de Combaillaux) et les diverses entreprises exécutant la réalisation de l'ouvrage. Aux règles environnementales, s'ajoutent des obligations légales contractuelles des nombreuses entreprises intervenantes. Ici, comme précédemment, les chercheurs s'effacent devant des pratiques indispensables, mais inhabituelles pour ces chercheurs. On ne peut pas, par exemple, rectifier un ordre d'exécution industriel sans une commande formelle, ni décrire directement aux exécutants le travail à effectuer.

Conclusion : il y a au plan technique la même *résistance à l'innovation* qu'au niveau réglementaire. Toutefois, la commune de Combaillaux a bien saisi l'intérêt de cette démonstration et elle a accepté les contraintes liées à cette expérimentation. Cette collectivité, soucieuse de son environnement, est un partenaire actif dans la mise en place de ce procédé épuratoire innovant. Dans cette démarche, elle a reçu l'aide du Conseil Général de l'Hérault et de la Communauté Européenne.

4. RESULTATS ET CONCLUSIONS

Nous présentons ici une synthèse des résultats de la Démonstration du projet Recyclaqua. Entrée station - Sortie lombrifiltre - Sortie lagunage (post-traitement) & Pourcentages de rendement (du 31 mars 2005 au 30 juin 2006).

Combaillaux – projet européen Recyclaqua : concentration des principaux polluants

Paramètre	Entrée STEP [Valeur moy.]	Sortie Lombrifiltre [Valeur moy.]	Sortie Lombrifiltre Rendement [%]	Sortie Lagunage [Valeur moy.]	Sortie Lagunage Rendement [%]	Normes (zones sensibles) Concentration/%
MES (mg/l)	408	27	92,76	16	96,16	35mg ou 90%
DCO (mg/l)	858	131	83,51	46	94,51	125mg ou 75%
DBO ₅ (mg/l)	317	13	95,85	4	98,83	25mg ou 90%
NTK- N (mg/l)	94	16	83,00	4	95,41	15mg ou 80%
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	72	12	82,83	2	97,07	
P Total (mg/l)	12	10	10,06	3	74,76	2mg ou 80%
Turbidité (NFU)	114	11	89,02	2	96,54	
E. Coli (Unité/100ml)	22 505 407	2 027 500	85,12	283	99,80	1000u/100ml
Strep. Fécaux (Unité/100ml)	5 378 222	281 535	78,82	163	99,38	1000u/100ml

Malgré une bonne qualité de l'eau lombrifiltrée, par rapport à la DBO, DCO et MES, son rejet dans des zones sensibles n'est pas possible, sans élimination de la partie résiduelle de la bactériologie et sans déphosphatation, à cause des concentrations résiduelles élevées en ortho phosphates (PO₄).

Autre constat, la mise en œuvre, à l'échelle industrielle, d'un procédé entièrement nouveau dans un domaine très réglementé implique des moyens très importants. Les difficultés n'étant pas seulement techniques, mais surtout procédurales (§3.7). Les aides et les cadres municipaux, départementaux et européens, ont joué un rôle déterminant dans ce travail collectif.

5) Références bibliographiques

- BONNEAU M. et B. SOUCHIER, 1979 – Pédologie, 2-constituant et propriétés de sols, Ed. Masson, Paris, 1-459.
- BOUCHE, M.B., 1990. - Ecologie opérationnelle assistée par ordinateur. Ed. Masson, Paris, 1-572.
- BOUCHE M.B., D. DI GANGI & P. SOTO 1999 – Epuración des eaux usées par lombrifiltration, station pilote, commune de Combaillaux. Rapport juin 1999, 1-23 + Annexes.
- BOUCHE, M. B., D. DI GANGI, M. LAY-SON & P. SOTO, 2001 - Pourquoi les boues ? C'est évitable. C.R. Colloque «Quel devenir pour les boues urbaines», Montpellier, Agro, 17 mai 2000, 21-23.
- BOUCHE, M.B., J. CALLAREC, D. CLUZEAU, HUA Xinguo, LI Yunsheng, Gh. OUHARANI , QIU Jiang-Ping, P. ROBIN et P. SOTO, IAO Yinqun, YAN Shenguan, 2002 – Lombrifiltration : évaluation et élimination des lisiers à la source. In Anonyme, CORPUS 2002 Coll. Franco-chinois sur la protection et utilisation durable de la ressource en eau, Shanghai, Suzhou, 320-322.
- CORTEZ, J., et M.B. BOUCHE, 1999 - Decomposition of mediterranean leaf litters in field and earthworm behaviour. *Soil. Biol. Biochem.* 31, 3, 296-306.
- ELLIOT P.W., D. KNIGHT & J.M. ANDERSON, 1990 – Denitrification in casts and soil from pastures under different fertilizer and drainage regimes. *Soil Biol. Biochim. Soil. Biol. Biochim.*, 22, 5, 601-605.
- LAY-SON M., M.B. BOUCHE, F. BRISSAUD, Ch. JOSEPH & P. SOTO 1999 – Epuración des eaux usées par lombrifiltration, station pilote, commune de Combaillaux. Rapport décembre 1999, 1-32 + Annexes.
- LAY-SON AGUILERA M., 2003 – Epuración des eaux usées par lombrifiltration. Thèse d'Université. Univ. Montpellier II, 1-188.
- MONTECINOS L., 1992 – Diseño de un tratamiento biológico para lodos y residuos industriales líquidos a base de lombricultura. Memoria de Ingeniero F.C.F.M., Universidad de Chile Santiago.
- SOTO M.A. & J. TOHA, 1998. "Ecological wastewater treatment". 2nd International Conference «Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse», Milano, 14-16 September 1998, 1-4.
- SOTO, P., 1991 – Ecologie, Environnement et Bases de données. Ed. INRA/CNRS, Laboratoire de Zooécologie du Sol, Montpellier, 1-122.
- SOTO, P. et M.B. BOUCHE, 1993 - ECORDRE : Bases de données relationnelles pour toutes données écologiques y compris les activités humaines. In Anonyme, "Les systèmes d'information environnementale". Ed. ICALPE, Le Bourget du Lac (France), 69-93.
- SOTO, P., A. LEVEZAC & M.B. BOUCHE, 2004. La lombrifiltration à Combaillaux (Hérault). Développement d'un élevage de lombriciens pour inoculums et premiers essais de lombricompostage de boues. *Rapp. Recyclaqua*, 1, 1-40.
- TOHA, J., M. A. SOTO and S. CONTRERAS, 1994 – A new ecological waste water treatment combining a dynamic biofilter plus UV irradiation. *Environm. Health perspectives*.