



Guide sur le traitement des eaux urbaines destiné aux petites agglomérations





Guide sur le traitement des eaux usées urbaines destiné aux petites agglomérations

Amélioration de la qualité des effluents

Isabel Martín García (CENTA)
Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)
Juan José Salas Rodríguez (CENTA)
Baltasar Peñate Suárez (ITC)
Juan Ramón Pidre Bocado (CENTA)
Nieves Sardón Martín (CENTA)



Con la participación de la Unión Europea
Proyecto cofinanciado por el FEDER

© *du texte*: les auteurs

© *de l'édition*: ITC

Première édition, avril 2006

Réalisation et impression:

Daute Diseño, S.L.

Titre original: Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población - Mejora de la calidad de los efluentes (première édition)

ISBN: 84-689-7604-0

Traduction autorisée à partir de l'édition en Espagnol

ISBN: 84-690-3814-1

Dépôt Légal: G.C. 97-2007

Le copyright et tous les droits de propriété intellectuelle et/ou industrielle sur le contenu de ce guide sont la propriété exclusive de L'Institut Technologique del Iles Canaries, S.A. La reproduction totale et partielle de ce guide, son traitement informatique, sa transmission sous quelque forme que ce soit et par tout moyen - électronique, mécanique, par photocopie, par registre au autres moyens - sont interdits sauf s'ils son effectués strictement à des fins académiques ou scientifiques, non commerciales et gratuites, avec l'obligation de citer dans tous les cas l'Institut Technologique des Iles Canarie, S. A., ses auteurs, leur complet et le caractère gratuit de ce Guide d'information.

Index

LETTRES DES INSTITUTIONS	7
PRÉSENTATION	11
REMERCIEMENTS	13
1. ¿POURQUOI CE GUIDE?	15
2. LE PROJET ICREW	17
3. GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX URBAINES RÉSIDUAIRES	21
3.1. Définitions et origine des eaux urbaines résiduaires	21
3.2. Caractéristiques des eaux urbaines résiduaires	22
3.3. Principaux polluants et paramètres de caractérisation	24
3.4. Nécessité d'épurer les eaux urbaines résiduaires	26
3.5. Débits des eaux urbaines résiduaires	29
3.6. Cadre réglementaire	32
3.7. Principes de base du traitement des eaux urbaines résiduaires	40
3.7.1. Collecte et conduite	41
3.7.2. Traitement	42
3.7.3. Évacuation et réutilisation	51
4. 4. ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE PETITES AGGLOMÉRATIONS URBAINES	55
4.1. Caractéristiques des eaux résiduaires dans les petites agglomérations urbaines	56
4.1.1. Débits	56

4.1.2. Qualité de l'eau	57
4.2. Technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires pour de petites localités	58
4.3. Monographies des technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires dans de petits noyaux de population	59
4.4. Critères de sélection des technologies d'épuration dans de petits noyaux de population.	100
4.4.1. Taille de la localité à traiter.....	100
4.4.2. Conditions climatiques de la zone où la station de traitement sera implantée.	100
4.4.3. Impact environnemental de l'installation	101
4.4.4. Coûts d'exploitation et de maintenance.....	101
5. GALERIE D'IMAGES	105
5.1. Pré-traitement	105
5.2. Traitement primaire	109
5.3. Traitement secondaire.....	109
5.4. Traitement tertiaire	117
6. CONTACTS	119
7. BIBLIOGRAPHIE	121
8. ANNEXE : GLOSSAIRE DE PHOTOS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX CRÉÉS	123

Lettres des institutions

Le domaine territorial de la Communauté Autonome des Canaries se distingue par sa biodiversité, sa fragmentation et son éloignement du territoire continental. Lors des dernières décennies l'Archipel des Canaries compte parmi les principales destinations touristiques. Par sa position géographique, la proximité de trois continents, ainsi que son lien historique avec l'Amérique, il présente une valeur inégalable du point de vue culturel, social et économique. En raison de toutes ces particularités, les Canaries se caractérisent par la fragilité de chacun de leurs secteurs de développement; ce qui entraîne une énorme pression environnementale et socio-économique sur l'étroite frange côtière ainsi que sur le territoire et la population éparse occupant le milieu rural.

Face à ce panorama, la Communauté Autonome des Canaries a misé sur une politique environnementale lui permettant de réduire les pressions surgies de l'interaction de l'activité économique et de l'environnement physique et naturel. Cette réduction des pressions se fera à travers un ensemble de directives, de règlements et de lignes d'action qui regroupent, essentiellement les secteurs de l'Eau, de l'Énergie et de l'Environnement au bénéfice du développement d'une société tenant plus compte de l'utilisation rationnelle et durable des ressources, de la réduction de la pollution, de la sensibilisation et de la connaissance de notre réalité environnementale et territoriale.

En ce sens, et en s'attachant plus particulièrement aux aspects liés à la qualité des eaux, la préservation et l'amélioration des côtes constituent une priorité pour les Canaries. Une gestion optimale des zones côtières et la mise en pratique de programmes de contrôle de leur qualité représentent, du point de vue du développement touristique, un avantage en matière de compétitivité face aux autres destinations de tourisme et contribue à la croissance économique des îles et à la constitution d'une indiscutable preuve de qualité sanitaire pour les usagers.

L'Institut Technologique des Canaries (ITC), en accomplissant sa mission de soutien à l'Innovation et au Transfert de Technologies dans des secteurs stratégiques favorisant la compétitivité dans le développement durable des Canaries et de leur environnement géographique et culturel, participe et dirige, à travers le Service des Eaux, des projets de coopération transnationale liés à l'évaluation et à la protection de la qualité des eaux, à leur gestion durable et à la mise à profit productive des eaux résiduaires, dans le but stimuler le développement industriel des Canaries aussi bien dans le domaine des technologies de traitement des eaux que dans la gestion durable du cycle de l'eau.

La participation de l'ITC au projet ICREW, co-financé par l'initiative communautaire INTERREG IIIB - Espace Atlantique, constitue un pari pour la coopération transnationale en tant qu'élément de valeur pour le développement intégré des régions ultra-périphériques. L'établissement de nouvelles et fortes relations entre les institutions qui y participent est un point de départ pour la collaboration pour tout ce qui se rapporte à l'eau.

La coopération transnationale entre les autorités nationales, régionales et locales a pour objet d'encourager un plus haut degré d'intégration territoriale au sein des grands groupes de régions, dans un effort pour atteindre un développement durable, harmonieux et équilibré ainsi qu'une plus grande intégration territoriale entre pays.

Marisa Tejedor Salguero

Ministre de l'industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies
du Gouvernement Autonome des Canaries et Présidente de l'ITC

Quand, en 1984, le Gouvernement de la Communauté Autonome d'Andalousie (Junta de Andalucía) a obtenu la charge des compétences en matière d'eau, il a rapidement pris conscience de deux aspects liés à l'épuration : d'une part, le grand nombre de petits noyaux ruraux qui existent dans notre communauté autonome, et, d'autre part, l'indéniable échec que les systèmes d'épuration conventionnels avaient connu lorsqu'ils avaient été implantés dans ce type de noyau; un échec essentiellement dû à l'habituelle rareté des ressources techniques et économiques de ces zones.

Face à cette situation, il est admis que l'épuration d'eaux résiduaires ne doit pas être réalisée dans une perspective unique mais qu'elle doit plutôt tendre vers une approche d'apport de solutions durables à des réalités directes. C'est au cours de cette étape de recherche que l'on a commencé à entrevoir les grandes potentialités, dans notre région, des technologies appelées Technologies non Conventionnelles (TNC). Leur versatilité et leur adaptabilité, leur intégration dans l'environnement et leurs moindres coûts d'implantation et d'exploitation les rendaient particulièrement indiquées pour l'épuration des effluents du milieu rural dans lequel, comme cela a déjà été signalé, les insuffisances techniques et économiques peuvent compromettre sérieusement l'efficacité du traitement des eaux résiduaires.

Cependant, face à ces avantages sont apparues de sérieux problèmes tels que : l'énorme dispersion des informations se rapportant aux TNC, la disparité des critères techniques disponibles dans la bibliographie, etc.

Dans le but de ne pas compromettre un programme d'implantation de TNC et cela avec une volonté d'élargir le plus possible les connaissances en la matière, le Gouvernement Autonome d'Andalousie a appliqué une politique rationnelle et a développé un plan de recherche orienté vers la connaissance des particularités de la conception, maintenance, exploitation et implantation de ce type de technologies : le plan de Recherche et Développement de Technologies non Conventionnelles.

La Station Expérimentale d'Épuration d'Eaux Résiduaires de Carrión de los Céspedes (PECC - Planta Experimental de Depuración de Aguas de Carrión de los Céspedes) a constitué l'axe fondamental du développement du plan. La PECC a fourni un soutien indispensable pour l'implantation de TNC dans de nombreux noyaux ruraux d'Andalousie et elle est devenue une référence nationale dans le domaine de ces technologies. Depuis 1999, le Centre des Nouvelles Technologies de l'Eau (CENTA - Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua) est responsable de la gestion de la station.

Ce guide est une démonstration de tout ce qui précède, c'est une pièce importante dans l'ensemble des instruments que le CENTA souhaite mettre au service de la société pour une bonne gestion de l'épuration des eaux résiduaires.

Hermelindo Castro Nogueira
Président du CENTA

Présentation

La gestion durable et le traitement intégral des ressources hydriques sont une priorité dans notre société. Il est important de disposer d'une qualité adaptée et en quantité suffisante pour pouvoir supporter les activités dérivées du développement; ce qui permettra une amélioration de l'environnement, de la santé et de la qualité de vie.

C'est généralement dans les petits noyaux de population que l'on trouve les plus importantes carences liées à la gestion de l'eau. Cela est essentiellement dû à leur particularité de zones sensibles, à leur localisation excentrée, à la limitation de leurs ressources économiques et, dans certains cas au manque de personnel qualifié. Tous ces facteurs favorisent la rareté du contrôle de la qualité des effluents et la pollution qui en découle, due à des déversements dans des milieux récepteurs d'eaux résiduaires non traitées ou provenant de stations de traitement fonctionnant de manière incorrecte, ou qui, tout simplement, ne fonctionnent pas.

Dans le cadre de la réglementation de l'épuration des eaux urbaines résiduaires, la Directive 91/271/CEE relative au traitement de ces eaux stipule qu'à la date du 31 décembre 2005, au plus tard, toutes les localités de plus de 2 000 habitants équivalents devront disposer d'un système de traitement de leurs eaux résiduaires; et que les autres localités doivent disposer de systèmes collecteurs et d'un traitement adapté aux eaux usées générées. En dépit de l'instauration de cette Directive et malgré l'amélioration considérable du traitement des eaux résiduaires dans de nombreuses localités qui disposent actuellement de technologies pour l'épuration de leurs déchets, on constate qu'il existe encore des agglomérations urbaines, principalement de petite taille, et des noyaux de populations épars qui ne sont pas équipés de systèmes de traitement pour leurs eaux résiduaires, et dans le cas où ils en sont pourvus, ces derniers fonctionnent mal ou ne fonctionnent pas du tout.

Aux situations mentionnées précédemment, vient s'ajouter le fait que, dans de nombreux cas, la simplicité de fonctionnement et de maintenance a été assimilée par erreur à la simplicité de conception et de construction, et on n'a donc pas accordé une attention suffisante à la phase de dimensionnement du système de traitement ni à l'étape de réalisation. Ces déficiences sont apparues dans de nombreuses installations qui n'atteignent pas les rendements espérés et, par conséquent, finissent par ne pas fonctionner ou par fonctionner de manière défectueuse.

Dans le cadre du Projet ICREW - Improving Coastal and Recreational Waters (Amélioration de la Qualité des Eaux Côtières et de Loisirs), financé par le Programme Opérationnel Interreg III B Espace Atlantique, les participants espagnols éditent ce GUIDE dont l'objectif est de constituer un instrument supplémentaire dans le domaine de l'épuration des eaux urbaines résiduaires, d'apporter des réponses et/ou de servir d'outil à l'ensemble du personnel technique concerné, en particulier le personnel directement en rapport avec les petites agglomérations urbaines dans lesquelles de nombreux aspects doivent encore être améliorés, comme cela a déjà été commenté précédemment.

Ce guide fait une révision générale des caractéristiques des eaux urbaines résiduaires et de la terminologie de base en usage, indépendamment de la taille de la population. Il aborde ensuite l'importance de l'épuration correcte des eaux résiduaires produites dans les petites agglomérations urbaines. Les principales caractéristiques de ce type d'eaux y sont indiquées. On y trouve également le détail des différences qui existent avec les eaux urbaines résiduaires des grandes villes, ce qui entraîne un traitement différent. En dernier lieu, ce guide décrit un éventail considérable de procédés et de technologies d'épuration conventionnelle et non conventionnelle proposés pour le traitement correct de ces eaux.

Les auteurs

Remerciements

Les auteurs de ce Guide souhaitent remercier l'incalculable travail de l'ensemble du personnel technique de travail sur le terrain et en laboratoire de l'ITC et du CENTA qui ont participé au projet, pour leur rigueur et leur engagement dans le suivi des techniques d'épuration et dans la réalisation de leur inventaire aux Canaries et en Andalousie.

De même, les auteurs remercient toutes les institutions ayant participé au projet pour le temps qu'elles y ont consacré et pour leur dévouement, plus particulièrement :

L'Institut Andalou de l'Eau-Ministère de l'Environnement du Gouvernement Autonome d'Andalousie (Instituto Andaluz del Agua-Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía)

Le Conseil Insulaire des Eaux de la Grande Canarie (Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria)

La Mairie de San Juan de La Rambla, Ténériffe

AENA Arrecife, Lanzarote

Aguas Filtradas de Lanzarote (Eaux Filtrées de Lanzarote)

Le Gouvernement Insulaire de la Grande Canarie-Secteur de l'Environnement (Cabildo de Gran Canaria-Área de Medioambiente)

Eléctrica de Maspalomas S.A.-ELMASA

La Communauté des Municipalités du Sud-est de la Grande Canarie (Mancomunidad de Municipios del Sureste de Gran Canaria)

Enfin, les auteurs tiennent à remercier les membres de l'action pilote 6 du projet ICREW pour leur participation et en particulier celle de leur coordinateur Phil Heath de l'Agence pour l'Environnement du Royaume Uni.

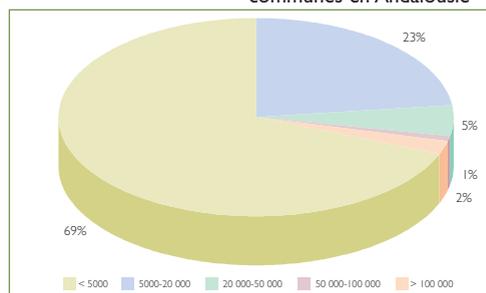
Pourquoi ce guide?

Selon l'enquête sur l'approvisionnement et le traitement de l'eau (INE - Institut National de Statistiques - 2003), plus de neuf millions de mètres cubes d'eaux résiduaires sont collectés chaque jour en Espagne. De cette quantité, seuls huit millions environ sont traités; ce qui représente approximativement 89% du volume d'eaux résiduaires générées. Dans la Communauté Autonome d'Andalousie, 88% des eaux sont traitées. En revanche, dans la Communauté Autonome des Canaries, le pourcentage des eaux résiduaires traitées n'est que de 65%. Chaque année, environ 300 000 rejets d'eaux résiduaires sont générés, dont 240 000 sont effectués dans des collecteurs urbains et le reste est déversé directement dans un milieu récepteur. De ces derniers, environ 50 000 proviennent d'activités de production et 10 000 de noyaux urbains (Sainz, 2005).

En Espagne, sur plus de 8 100 communes existantes, environ 6 000 abritent moins de 2 000 habitants. Dans le cas concret de l'Andalousie, 69% des 770 communes qui la composent ont moins de 5 000 habitants, et 85% se composent de noyaux de population ne dépassant pas les 2 000 habitants (INE - Institut National de Statistiques - 2001; - Ministère de l'Environnement, Assemblée d'Andalousie, 2001). D'autre part, aux Canaries, 52% des communes ont de moins de 5 000 habitants, et 83% sont constituées de noyaux de population ne dépassant pas 2 000 habitants (INE, 2001).

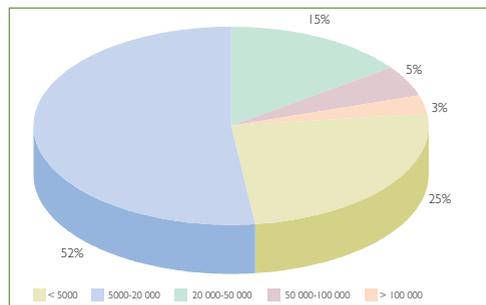
Avec cette répartition démographique, ce sont les petites agglomérations qui présentent le plus de manque en matière de traitement des eaux résiduaires. Cela est dû principalement au fait que les stations d'épuration des eaux usées sont, le plus

Illustration 1.1 Répartition par taille des communes en Andalousie



Source: INE, 2001

Illustration 1.2 Répartition par taille des communes aux Canaries



Source: INE, 2001

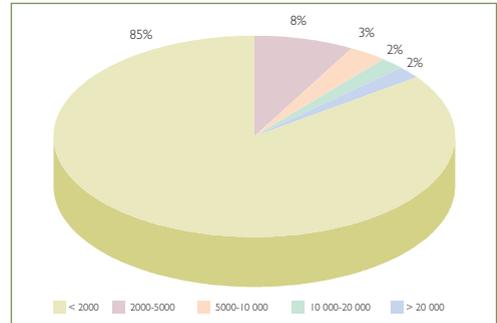
souvent conçues et dessinées comme de simples reproductions, à échelle réduite, des grandes installations d'épuration Conventionnelles. Comme conséquence directe de cette manière de procéder, ces stations ne répondent pas convenablement aux débits et aux charges existants et, d'une manière générale, les organismes qui en sont responsables peuvent difficilement en assumer les coûts d'exploitation et de maintenance; ce qui se traduit par un mauvais fonctionnement de ces installations.

C'est dans ce type d'environnement, caractéristique des zones rurales et/ou des noyaux épars ou des zones de vacances qu'il faudra, dans un futur très proche, fournir un grand effort de prise de conscience et d'engagement technique afin de corriger les carences en assainissement et en épuration, et pouvoir ainsi respecter la réglementation en vigueur et réduire ou éliminer les problèmes éventuels en matière de pollution.

Ce guide vise à contribuer de manière significative à atteindre, entre autres, les objectifs suivants :

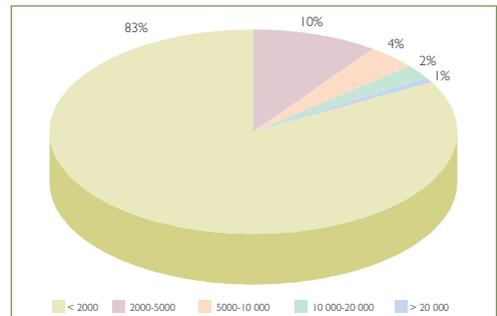
- Apporter une réponse au cadre du développement du Projet ICREW, comme un outil permettant d'établir des alternatives en matière d'épuration des eaux urbaines résiduaires dans de petites agglomérations, où les déversements de liquides peuvent affecter les eaux réservées aux activités de baignade et de loisirs, en contribuant à l'amélioration de leur qualité et à l'implantation de la Proposition de modification de la Directive 76/160/CEE du Conseil de l'Europe relative à la qualité des eaux de baignade, approuvée lors de la Séance Plénière du 10 mai 2005.
- Contribuer à l'implantation de la Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil de l'Europe, qui établit un cadre communautaire d'action dans le domaine de la politique des eaux aidant à l'amélioration de la qualité des déversements liquides urbains, à la réalisation de l'objectif général de « bon état écologique » des écosystèmes aquatiques récepteurs.
- Apporter des connaissances sur l'utilisation des technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires pour les installer dans de petites agglomérations, en insistant tout particulièrement sur les Technologies non Conventionnelles, en raison de leur potentialité à être utilisées comme des alternatives plus durables et totalement valides au moment de l'épuration correcte des effluents liquides provenant de petits noyaux de population. Ceci va contribuer à l'implantation de la Directive 91/271/CEE du Conseil de l'Europe relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.

Illustration 1.3 Repartition par taille des noyaux de population en Andalousie



Source: INE, 2001

Illustration 1.4 Repartition par taille des noyaux de population aux Canaries



Source: INE, 2001

Le Projet ICREW

Programme mené par l'Agence pour l'Environnement (EA) du Royaume Uni, financé par le programme INTERREG IIIB Espace Atlantique et auquel ont participé un total de 19 institutions et entreprises d'Espagne, du Royaume Uni, de France, d'Irlande et du Portugal. Concrètement, les membres y ayant participé sont :

Espagne

- Instituto Tecnológico de Canarias (ITC).
- Centro de Investigación, Fomento y Aplicación de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA).

Royaume Uni

- Environment Agency .
- Mersey Basin Campaign.
- Preston City Council.
- Blackpool Borough Council.

France

- Conseil Régional de Bretagne.
- Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bretagne.
- Institut Français de Recherche pour l'Exploitation en MER.
- Centre d'Étude et de Valorisation des Algues.
- SAUR France Région Ouest.

Irlande

- University College Dublin.

Portugal

- Instituto do Ambiente.
- Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.
- Direcção Geral da Saúde.
- Instituto Superior Técnico.
- Instituto da Água.
- Sub-Região de Saúde de Portalegre.
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo.



Le Projet ICREW recherche l'intégration de stratégies pour le développement d'une économie durable dans les divers territoires faisant partie de l'Espace Atlantique, à travers le thème commun de l'amélioration de la qualité des eaux de baignade, ce qui correspond aux objectifs stratégiques du Programme INTERREG IIIB Espace Atlantique au sujet d'une politique de planification de l'espace intégrée et du développement de la coopération transnationale.

De même, le Projet ICREW constitue un programme de travail clair qui apportera les mécanismes nécessaires pour mettre en place, avec succès, la Directive Cadre des Eaux de l'UE (2000/60/CEE). Par le développement d'un vaste programme transnational sur la qualité des eaux de baignade, l'ICREW agira en tant que guide en ce qui concerne la participation publique et le travail conjoint que cette Directive requiert.

En définitive, les objectifs ultimes visés par le développement de ce Projet sont la réduction de la pollution et l'amélioration de la qualité des eaux de baignade dans les différentes zones de l'Espace Atlantique.

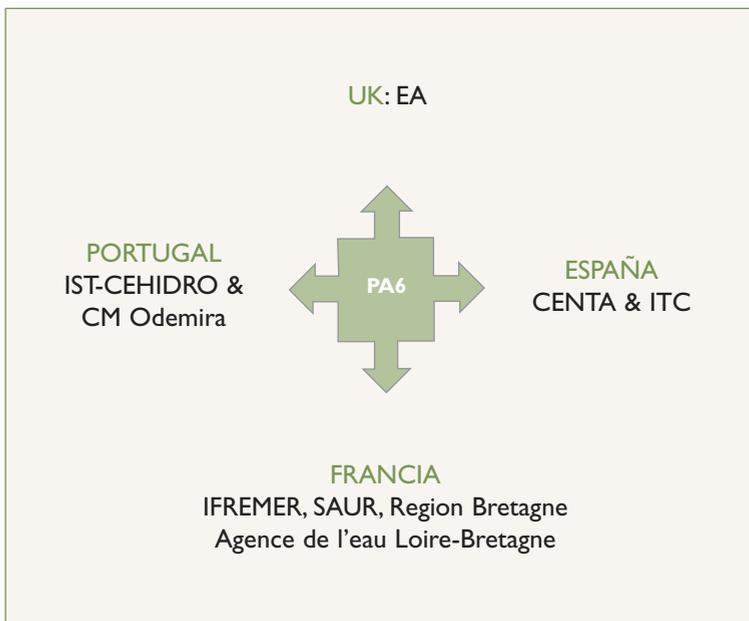
Le nombre important de partenaires participants, ainsi que la large représentativité géographique qui en découle, favorise la réalisation des objectifs d'INTERREG IIIB sur la cohérence et la cohésion de l'Espace Atlantique, l'amélioration de la compétitivité économique et l'efficacité des zones impliquées.

Au sein du Programme Opérationnel Interreg IIIB, l'ICREW entre dans le cadre de la *PRIORITÉ C*, relative à la *Promotion de l'Environnement, la gestion durable des activités économiques et des ressources naturelles*, ainsi que dans le cadre de la *Mesure C1*, relative à la *Protection de l'environnement et des ressources naturelles*.

Le Projet ICREW est structuré en sept Actions Pilote :

- *Action Pilote 1* : Échantillonnage et révision de données.
- *Action Pilote 2* : Résolution de la pollution diffuse.
- *Action Pilote 3* : Développement de méthodes de suivi de sources de pollution.
- *Action Pilote 4* : Prédiction de la qualité des eaux de baignade.
- *Action Pilote 5* : Ré-identification des eaux de loisirs.
- *Action Pilote 6* : Solutions durables pour les eaux résiduaires.
- *Action Pilote 7* : Compréhension et gestion des algues.

Les partenaires espagnols, CENTA et ITC, participent à l'Action Pilote N° 6, en collaboration avec des partenaires portugais, français et anglais.



L'objectif principal de l'Action Pilote 6 est **d'établir les méthodes les plus efficaces pour le traitement des eaux résiduaires dans le milieu rural, afin de réduire les problèmes de pollution et de faciliter le développement économique et social dans ce milieu.**



Cet objectif a été traité à différents points de vue par les partenaires participant à cette action. Dans le cas des partenaires espagnols (CENTA et ITC), les travaux réalisés sont orientés vers **l'étude de l'efficacité des stations d'épuration d'eaux urbaines résiduaires à petite échelle pour l'élimination de bactéries et nutriments dans les zones rurales et côtières**. Ces travaux consistent à :

- Établir le degré d'abattement de micro-organismes pathogènes (*E. coli* et *Entérocoques intestinaux*) et de nutriments obtenus par les différentes technologies applicables à de petites collectivités urbaines et déterminer leurs pollutions éventuelles.
- Établir les conditions les mieux adaptées à l'implantation, la maintenance et l'exploitation de ces technologies dans le milieu rural.
- Établir des méthodes de base sur les considérations et les critères à prendre en compte au moment d'implanter une station d'épuration pour de petites agglomérations urbaines dans les régions d'Andalousie et des Canaries. Ces méthodes pouvant, à leur tour, être extrapolées au milieu méditerranéen, où les caractéristiques géo-climatiques et territoriales sont similaires à celles des ces deux régions espagnoles.

Généralités sur les eaux urbaines résiduaires

3.1. Définition et provenance des eaux urbaines résiduaires

Comme le stipule le *Décret Royal-Loi 1111995* du 28 Décembre (BOE - Journal Officiel de l'État - 312, du 30-12-95) et qui a pour objet la transposition à l'ordre juridique interne de la *Directive du 911271/CEE du Conseil de l'Europe* relative au traitement des **eaux urbaines résiduaires**, des eaux urbaines résiduaires sont des *eaux domestiques résiduaires ou leur mélange avec des eaux industrielles résiduaires et/ou des d'eaux d'écoulement pluvial*.

De même, et conformément à cette Directive:

Les eaux résiduaires domestiques sont les eaux résiduaires provenant de zones d'habitation et de services qui sont principalement générées par les activités humaines et domestiques.

Les eaux urbaines résiduaires sont toutes les eaux résiduaires déversées depuis des locaux utilisés pour la réalisation de toute activité commerciale ou industrielle et qui ne sont pas des eaux résiduaires domestiques ni des eaux d'écoulement pluvial.

La contribution des activités industrielles dans la composition des eaux urbaines résiduaires dépend principalement du degré d'industrialisation de l'agglomération urbaine et des caractéristiques des déversements de déchets dans le réseau de collecteurs municipaux, et dont la composition peut être très variable en fonction du type d'industrie.

Les eaux provenant des écoulements d'eaux pluviales auront un niveau de représentativité plus ou moins important en fonction, principalement, du type de réseau d'assainissement existant, ainsi que de la pluviométrie enregistrée.

Les **eaux domestiques** comprennent les eaux de cuisine, les eaux de lessive, de bain et les eaux noires du métabolisme humain.

Les **eaux industrielles** proviennent d'activités industrielles qui déversent leurs déchets dans le réseau d'égouts municipal et dont la composition est très variable en fonction du type d'industrie.

Les **eaux de pluie ou de tempête** entraînent avec elles des particules et des polluants présents aussi bien dans l'atmosphère que dans les sols. Dans la majorité des cas, lorsque les systèmes d'égouts sont unitaires, les eaux de pluie sont récupérées par le même système que celui qui est employé pour

la récupération et l'acheminement des eaux résiduaires domestiques et industrielles. Lors des 15 à 30 premières minutes des précipitations, la pollution apportée à la station peut être importante. À cela s'ajoute l'apport intermittent de débit qui, dans certains cas, oblige à dériver un certain volume dans les récepteurs sans qu'il soit procédé à un traitement préalable.

3.2. Caractéristiques des eaux urbaines résiduaires

Les eaux urbaines résiduaires se caractérisent par leur composition physique, chimique et biologique, ce qui explique la relation entre nombre des paramètres qui intègrent cette composition. Il est indispensable pour une bonne gestion de ces eaux, de disposer d'informations des plus précises sur leur nature et leurs caractéristiques. Ci-dessous, les principales caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des eaux urbaines résiduaires sont indiquées.

Les **caractéristiques physiques** les plus importantes des eaux urbaines résiduaires sont :

- **Couleur** : la coloration des eaux urbaines résiduaires détermine qualitativement leur âge. Elle varie généralement du beige clair au noir. Si l'eau est récente, elle présente habituellement une coloration beige- clair qui vire avec le temps au beige- gris ou noire, pour des raisons de l'implantation d'anaérobiose, par décomposition bactérienne de la matière organique.
- **Odeur** : elle est principalement due à la présence de certaines substances produites par la décomposition anaérobie de la matière organique : sulfure d'hydrogène, indole, scatoles, mercaptans et autres substances volatiles. Si les eaux résiduaires sont récentes, elles ne présentent pas d'odeurs désagréables ni intenses. Avec le temps, l'odeur augmente en raison du dégagement de gaz tels que le sulfure d'hydrogène ou des composés ammoniacaux provoqués par la décomposition anaérobie.
- **Température** : dans les effluents urbains, elle est de 15° C à 20° C, ce qui facilite le développement des micro-organismes existants.
- **Solides** : d'une manière générique, les solides sont tous les éléments ou composés présents dans l'eau urbaine résiduaire. Parmi les effets négatifs sur les milieux hydriques, il convient de souligner, la diminution de la photosynthèse due à l'augmentation de la turbidité de l'eau, l'apparition de dépôts sur les végétaux et sur les branchies des poissons qui, en se colmatant, peuvent provoquer leur asphyxie; la formation de dépôts par sédimentation sur le fond des milieux récepteurs, ce qui favorise l'apparition de conditions anaérobies ou des augmentations de la salinité et de la pression osmotique.

Les **caractéristiques chimiques** des eaux urbaines résiduaires sont définies par leurs composants organiques, inorganiques et gazeux.

Les **composants organiques** peuvent être d'origine végétale ou animale, bien que les eaux urbaines résiduaires contiennent de plus en plus, des composés organiques synthétiques. Les protéines, les gluci-

des et les lipides, ainsi que leurs dérivés, sont les principaux composés organiques qui apparaissent dans ce type d'eau. Ils sont biodégradables et leur élimination par oxydation est relativement simple.

- Les protéines représentent de 40 à 60% de la matière organique d'une eau résiduaire et elles sont, avec l'urée, les principales responsables de la présence d'azote dans les eaux résiduaires. L'existence de grandes quantités de protéines dans l'eau résiduaire peut être à l'origine d'odeurs désagréables dues aux processus de décomposition.
- Les glucides représentent entre 25 et 50% de la matière organique. Du point de vue du volume et de la résistance à la décomposition, la cellulose occupe la place principale
- Dans les eaux urbaines résiduaires sans composant industriel, la présence de graisses et d'huiles est habituellement faible, pas plus de 10%, ce qui n'empêche pas qu'elles puissent provoquer des problèmes aussi bien dans le réseau des égouts que dans les stations de traitement. Si le contenu en graisse n'est pas éliminé avant le déversement de l'eau résiduaire, il peut interférer sur les organismes existant dans les eaux de surface et créer des pellicules et des accumulations de matière flottante désagréable, qui dans certains cas peuvent empêcher la réalisation d'activités telles que la photosynthèse, la respiration et la transpiration.
- Conjointement aux protéines, aux hydrates de carbone, aux graisses et aux huiles, apparaissent de petites quantités de molécules organiques synthétiques dont la structure peut être très simple ou extrêmement compliquée. Parmi ces molécules organiques synthétiques, il convient de distinguer les agents tensioactifs. Les agents sont formés par des molécules de grande taille, légèrement solubles dans l'eau. Ils sont responsables de l'apparition de mousses dans les stations de traitement et en surface des pièces d'eau réceptrices des déversements de déchets. Les détergents en sont riches et leur présence est détectée par l'apparition de mousses à la surface. La formation de ces mousses produit une augmentation de la pollution par matière organique dissoute lors de l'émulsion et/ou de la solubilisation des graisses et des huiles présentes dans l'eau. D'autre part, elles causent de graves problèmes dans les stations d'épuration car elles interfèrent dans les processus biologiques et dans les systèmes de coagulation-floculation et de décantation.

Les **composés inorganiques** incluent tous les solides généralement d'origine minérale, tels que les sels minéraux, les argiles, les boues, les sables et graviers ainsi que certains composés tels que les sulfates, les carbonates, etc., qui peuvent subir quelques transformations (phénomènes d'oxydo-réduction et autres).

La **composante gazeuse** des eaux urbaines résiduaires contient divers gaz dans des concentrations différentes, parmi lesquels on distingue en particulier :

- Oxygène dissous : il est essentiel pour la respiration des organismes aérobies présents dans l'eau résiduaire. Le contrôle de ce gaz au fil du temps, fournit une série de données fondamentales pour la connaissance de l'état de l'eau résiduaire. La quantité présente dans l'eau dépend de nombreux facteurs, principalement liés à la température et aux activités chimiques et biologiques, entre autres.

- Sulfure d'hydrogène : c'est un gaz qui se forme dans un milieu anaérobie par la décomposition de certaines substances organiques et inorganiques contenant du soufre. Sa présence se manifeste essentiellement par son odeur répulsive.
- Dioxyde de carbone : produit lors des fermentations des composés organiques des eaux résiduaires.
- Méthane : il se forme lors de la décomposition anaérobie de la matière organique et apparaît surtout dans un certain type de stations d'épuration où sont réalisés des processus de stabilisation de boues par anaérobie à des fins énergétiques.
- Autres gaz : il s'agit principalement de gaz malodorants comme les acides gras volatils, l'indole, le scatol et autres dérivés de l'azote.

Les **caractéristiques biologiques** des eaux urbaines résiduaires sont déterminées par une grande variété d'organismes vivants dont la capacité métabolique est élevée, ainsi que par un fort potentiel de décomposition et de dégradation de la matière organique et inorganique.

Le composant organique des eaux résiduaires est un milieu de culture qui permet le développement des micro-organismes qui bouclent les cycles bio-géochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore ou du soufre.

Les eaux urbaines résiduaires sont riches principalement en algues, en moisissures, en bactéries, en virus, en flagellés, en ciliés, en rotifères, en nématodes, en annélides et en larves.

3.3. Principaux polluants et paramètres de caractérisation

Les principaux composés des eaux urbaines résiduaires à contrôler et à éliminer peuvent être résumés comme suit :

Objets de grande taille : morceaux de bois, chiffons, plastiques, et autres qui sont jetés dans les égouts.

Sables : cette dénomination englobe les sables proprement dits, des graviers et des particules plus ou moins grandes d'origine minérale ou organique.

Graisses et huiles : substances qui, ne se mélangeant pas à l'eau, restent en surface et font apparaître des pellicules (peaux). Leur origine est aussi bien domestique qu'industrielle.

Substances aérobies : matière organique et composés inorganiques qui s'oxydent facilement, ce qui provoque une consommation accrue d'oxygène du milieu dans lequel ils sont déversés.

Nutriments (Azote et Phosphore) : leur présence dans les eaux est essentiellement due aux détergents et aux fertilisants. De même, les excréments humains apportent de l'azote organique. L'azote, le phosphore et le carbone sont des nutriments essentiels pour la croissance des organismes. Lorsqu'ils sont déversés dans le milieu aquatique, ils peuvent engendrer une vie aquatique non indésirable et quand ils sont déversés sur le sol en grande quantité, ils peuvent entraîner la pollution de l'eau souterraine.

Agents pathogènes : organismes présents en plus ou moins grande quantité dans les eaux résiduaires et qui peuvent produire et/ou transmettre des maladies (virus, bactéries, protozoaires, champignons, etc.).

Polluants émergents ou prioritaires : les habitudes de consommation de la société moderne engendrent une série de polluants qui n'existaient pas auparavant. Ces substances sont essentiellement contenues dans des produits cosmétiques, de nettoyage domestique, pharmaceutiques (résidus d'antibiotiques, hormones, etc.). Ces polluants émergents; dont la majorité n'est pas éliminée dans les stations de traitement des eaux urbaines résiduaires conventionnelles.

Les paramètres les plus utilisés pour caractériser les eaux résiduaires sont :

Solides en Suspension : solides qui ne passent pas à travers une membrane filtrante d'une taille déterminée (0,45 microns). Parmi les solides en suspension, on trouve ceux sédimentables, qui décantent par leur propre poids, et les solides non sédimentables.

Huiles et Graisses : le contenu en huiles et en graisses présent dans une eau résiduaire est déterminé au moyen de leur extraction préalable à l'aide d'un dissolvant approprié, puis par évaporation du dissolvant et le pesage du résidu.

Demande Biochimique d'Oxygène après 5 jours (DBO₅) : quantité d'oxygène dissous (mg O₂/l) nécessaire pour oxyder biologiquement la matière organique des eaux résiduaires. Au cours des cinq jours de la durée du test, environ 70% des ressources biodégradables sont consommés

Demande Chimique en Oxygène (DCO) : quantité d'oxygène (mg O₂/l) nécessaire pour oxyder les composants de l'eau par des réactions chimiques.

Le rapport DBO₅/DCO est un indicateur de la *biodégradabilité* des eaux urbaines résiduaires; définie comme la caractéristique de certaines substances chimiques à pouvoir être utilisées comme substrat par des micro-organismes pour produire de l'énergie (par respiration cellulaire) et créer d'autres substances telles que les acides aminés, de nouveaux tissus et de nouveaux organismes.

Tableau 3.1 Biodégradabilité de l'eau urbaine résiduaire selon le rapport DBO₅/DCO

DBO ₅ /DCO	Biodégradabilité de l'eau résiduaire
≥ 0,4	Élevée
0,2-0,4	Normale
≤ 0,2	Faible

Source : Metcalf & Eddy, 2000

Azote : l'azote est déterminé par spectrophotométrie. Il est présent dans les eaux résiduaires, essentiellement sous forme d'ammoniac, et dans une moindre mesure sous forme de nitrates et de nitrites.

Phosphore : dans les eaux résiduaires, il apparaît principalement sous forme de Phosphates organiques et de Polyphosphates. Il est déterminé aussi par des méthodes spectrophotométriques.

Organismes pathogènes : ce sont des indicateurs de pollution fécale. On utilise normalement les Coliformes (Totaux et Fécaux).

Les valeurs habituelles de ces paramètres dans les eaux urbaines résiduaires d'origine principalement domestiques sont recueillies dans le tableau suivant.

Tableau 3.2. Valeurs typiques des principaux polluants de l'eau urbaine résiduaire (domestique brute)

Paramètre	Pollution Forte	Pollution Moyenne	Pollution Légère
Solides en Suspension (mg/l)	350	220	100
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	400	220	110
DCO (mg O ₂ /l)	1000	500	250
Azote (mg N/l)	85	40	20
Phosphore (mg P/l)	15	8	4
Graisses (mg/l)	150	100	50
Coliformes Fécaux (ufc/100 ml)	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁵ -10 ⁷

Source : Metcalf & Eddy, 2000

3.4. Nécessité d'épuration des eaux urbaines résiduaires

Dans de nombreux cas, les déversements des eaux urbaines résiduaires dépassent la capacité de dilution et d'autoépuration des lits des cours d'eau et des milieux récepteurs; ce qui rend impossible la réutilisation ultérieure de l'eau.

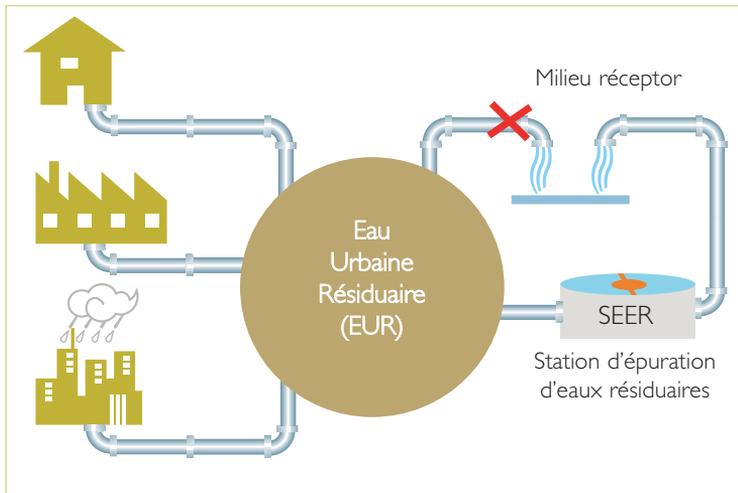
Indépendamment de l'origine et des caractéristiques des eaux urbaines résiduaires, celles-ci doivent être traitées d'une manière adaptée avant leur déversement ou leur réutilisation afin de :

- Protéger l'état écologique des milieux récepteurs (barrages, rivières, ravins, aquifères, mer, etc.) du gros de la pollution organique provenant des eaux urbaines résiduaires.
- Ecarter les risques de contamination pour la santé publique de la localité.
- Produire des effluents réutilisables

De nos jours, les stations de traitement des eaux résiduaires sont un complément artificiel et indispensable des écosystèmes aquatiques, bien qu'il soit aussi exact que le degré de traitement d'une eau résiduaire dépendra dans une grande mesure de la connaissance que l'on aura du milieu récepteur, étant donné que cela pourra déterminer la charge polluante que ce dernier peut admettre sans être déséquilibré de manière irréversible ou importante. Par conséquent, le degré de traitement doit être adapté :

- aux caractéristiques du milieu récepteur et à l'état de ses eaux.
- au rapport des débits entre le milieu récepteur et le déversement.
- à l'utilisation de l'eau, en aval du déversement, par des usagers, ainsi qu'à la possibilité d'installations de prises d'eau à proximité ou souterraines.
- au bilan hydrique de la zone.
- à la faune et à la flore, aussi bien du milieu récepteur que de son environnement.

Illustration 3.1. Cycle des eaux urbaines résiduaires



L'eau urbaine résiduaire non épurée présente une série de composantes qui, en fonction de la nature et de la concentration, peuvent entraîner des altérations des équilibres physico-chimiques et biologiques de l'écosystème récepteur. Si l'effluent déversé a été préalablement traité ou épuré, les effets négatifs seront d'autant moins importants que le traitement aura été complet. Parmi ces effets, il convient de souligner :

Apparition de fanges et de déchets flottants : si les eaux résiduaires sont déversées sans avoir été traitées, les résidus solides grossiers (plastiques, restes d'aliments, etc.) et les solides sédimentables en suspension (sable, matière organique) présents peuvent créer des sédiments sur le fond

ou donner lieu à l'accumulation de grandes quantités de solides à la surface et/ou sur les rives des milieux récepteurs, et former ainsi des couches de déchets flottants. Ces dépôts de fanges et de flottants qui ne sont pas esthétiques, contiennent en outre, de la matière organique pouvant entraîner l'épuisement de l'oxygène dissous présent dans les eaux et provoquer ainsi un dégagement de mauvaises odeurs.

Épuisement du contenu d'oxygène présent dans les eaux : les organismes aquatiques ont besoin d'oxygène pour vivre. En déversant dans les milieux récepteurs des résidus facilement oxydables (matière organique et composés ammoniacaux), les bactéries du milieu s'alimentent et consomment l'oxygène présent dans le milieu. Si cette consommation est excessive, le contenu de l'eau en oxygène diminuera en dessous des valeurs minimales nécessaires pour le développement de la vie aquatique, ce qui produira la mort des organismes aquatiques existant dans le milieu. D'autre part, comme il se produit des processus anaérobies, des odeurs désagréables sont générées.

Phénomènes d'eutrophisation dans les milieux récepteurs : sont principalement dus à des apports excessifs de nutriments (Azote et Phosphore) provoquant la croissance massive d'algues et d'autres plantes dans les milieux récepteurs. Ces croissances peuvent aller jusqu'à empêcher l'utilisation de ces eaux pour des usages domestiques et industriels.

Domage pour la santé publique : l'augmentation de la concentration et de la propagation dans le milieu récepteur de micro-organismes pathogènes pour l'humain (virus et des bactéries), peut causer des maladies (la fièvre exanthématique, le choléra, la dysenterie, la poliomyélite et l'hépatite A et E) qui seraient véhiculées par les eaux urbaines résiduaires.

Influence sur la microbiologie du milieu naturel récepteur : après un déversement d'eaux urbaines résiduaires dans un écosystème aquatique, il se produit une diminution du nombre d'eubactéries (la majorité des bactéries présentes, dont la composition chimique est similaire à celle des eucaryotes) et des algues, alors qu'on voit augmenter le nombre d'autres bactéries qui se développent dans les eaux résiduaires contenant une grande quantité de matière organique, telle que la *Sphaerotilus natans* (qui fait partie des champignons appelés champignon de la boue et entraîne du *bulking* dans le processus de boues activées). Après le déversement, on détecte des augmentations de la quantité de protozoaires et finalement des algues.

Photo 3.1. Déversement industriel sur la côte



Source : Leopoldo O'Shannahan

Déversements industriels, qui, en fonction de leur nature, peuvent entraîner la pollution des organismes par composés chimiques toxiques ou inhibiteurs.

3.5. Débits des eaux urbaines résiduaires

Au moment d'aborder la conception d'une installation d'épuration d'eaux urbaines résiduaires, où seront inclus les systèmes de collecte, traitement et évacuation de ces eaux, la première phase consiste à connaître le volume et la composition des eaux à traiter ainsi que le régime des débits. Ces trois conditions seront les bases de départ et toute erreur commise aura pour conséquence que la future installation n'atteindra pas les objectifs escomptés.

Chaque eau résiduaire présente des caractéristiques uniques. Cependant, en fonction de la taille de la localité, du système d'égouts employé, du degré d'industrialisation et de l'incidence de la pluviométrie, des écarts de variation habituels peuvent être établis, aussi bien en ce qui concerne les débits que les caractéristiques physico-chimiques des déversements.

Le débit d'eau à traiter correspond au volume d'eau qui arrive à la station d'épuration par unité de temps.

La quantité d'eaux résiduaires que produit une communauté est proportionnelle à la consommation d'eau d'approvisionnement et au degré de développement économique et social de celle-ci; étant donné qu'un plus grand développement implique une utilisation plus grande et plus diversifiée.

Les facteurs qui influencent sur la quantité des eaux résiduaires générée sont :

- Consommation d'eau d'approvisionnement;
- Pluviométrie;
- Pertes, qui peuvent être dues à des fuites dans les collecteurs ou au fait qu'une partie des eaux consommées ne parvient pas jusqu'aux égouts car elles est destinée à d'autres utilisations telles que l'arrosage de jardins ou des utilisations agricoles non extensives, par exemple;
- Gains, par déversements dans les égouts ou par des intrusions d'autres eaux dans le réseau de collecteurs.

Selon les instructions pour la rédaction de projets d'approvisionnement et d'assainissement de l'eau, dictées en 1995 par le Ministère des Travaux Publics, des Transports et de l'Environnement (MOPTMA), les dotations d'approvisionnement pour les différents rangs de population sont indiquées dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3. Consommations urbaines (l/hab j), selon les utilisations et la taille de la localité approvisionnée

Population (habitants)	Domestique municipales	Industrielle	Services	Fuites de réseaux et divers	TOTAL
≤ 1000	60	5	10	25	100
1000-6000	70	30	25	25	150
6000-12 000	90	50	35	25	200
12 000-50 000	110	70	45	25	250
50 000-250 000	125	100	50	25	300
> 250 000	165	150	60	25	400

Source : MOPTMA, Hernández,A. (1995)



L'estimation du débit quotidien de l'eau urbaine résiduaire qui parvient à une station d'épuration est, dans la majorité des cas, réalisée à partir de la dotation et de la population servie, de la manière suivante :

où :

$$Q = \frac{D \times P}{1000}$$

Q = Débit journalier (m³/j)

D = Dotation (l/hab j)

P = Population (hab)

Dans la pratique, entre 60% et 85% de l'eau d'approvisionnement consommée est transformée en eaux résiduaires, en fonction de la consommation d'eau pour des activités particulières comme l'arrosage d'espaces verts, des fuites, de l'emploi d'eau dans des procédés de production, etc ; ce pourcentage doit être appliqué aux données obtenues à partir de la formule précédente.

Les débits qui arrivent aux stations d'épuration suivent une variation journalière qui est le reflet fidèle des activités réalisées dans la zone. Ces variations sont habituellement importantes, et sont similaires à celles de la consommation d'eau d'approvisionnement ou d'énergie électrique qui, dans le cas des eaux d'approvisionnement, présentent un décalage de quelques heures; surtout dans les situations dans lesquelles les apports externes et incontrôlés au réseau d'assainissement sont minimes.

Durant la nuit et les premières heures du jour, pendant lesquelles les consommations en eau sont minimales, les débits d'eaux résiduaires sont eux aussi minimales, et sont essentiellement composés d'eaux infiltrées et de petites quantités d'eaux résiduaires domestiques. La première pointe du débit est atteinte lorsque l'eau correspondant à la consommation de pointe arrive à la station d'épuration,

environ en milieu de matinée. La deuxième pointe de débit se produit généralement en début de soirée, entre 19:00 et 21:00 heures (Association Nationale de Chimistes Espagnols, 1994). Cette évolution peut être observée sur le graphique suivant.

Il est important de connaître les valeurs maximales (Q_{\max}), minimales (Q_{\min}), moyennes (Q_{moy}) et le facteur de pointe (F_p) de ses débits.

Le débit moyen (Q_{moy}) sera défini par :

$$Q_{\text{moy}} \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{Q}{24}$$

Le débit maximum peut être déterminé à partir d'une série de formules mathématiques de type empirique; l'une des plus utilisées étant :

$$Q_{\max} = Q_{\text{moy}} \times (1,15 + 2,575 / (Q_{\text{moy}})^{0,25})$$

Le rapport entre le débit maximal et le débit moyen est défini comme F_p , de la manière suivante :

$$F_p = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{moy}}}$$

Dans ce type d'eaux, le rapport entre le débit maximum et le débit moyen varie entre 1,5 et 2,5.

Sur l'illustration 3.3. les valeurs de F_p sont représentées en fonction des différentes valeurs de Q_{moy} .

Comme on peut l'observer sur le graphique précédent, le facteur de

Illustration 3.2. Évolution journalière type du débit d'eau urbaine résiduaire générée

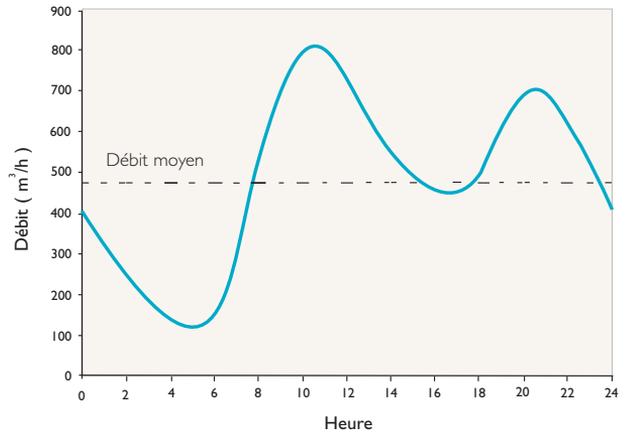
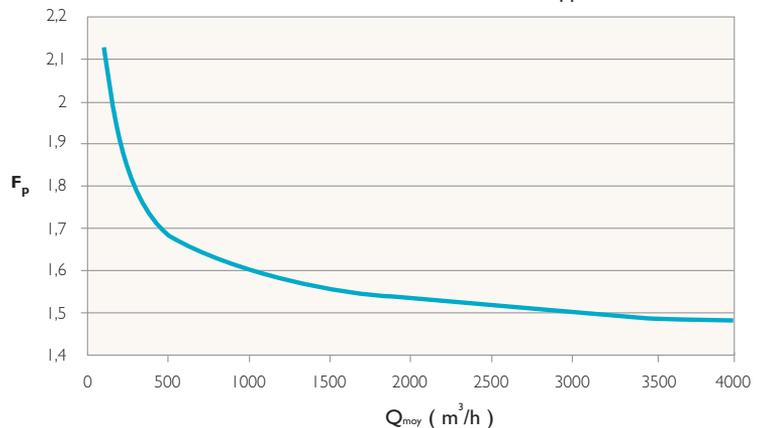


Illustration 3.3. Rapport entre F_p et Q_{moy}



pointe est maximal dans les petites agglomérations, en raison du fait que, dans ces zones, les différences entre les débits maximal et moyen sont extrêmes par rapport à ceux des grandes villes où la variabilité des débits est moins accentuée et la génération d'eaux résiduaires est constante tout au long de la journée.

3.6. Cadre Réglementaire

La section suivante recueille les aspects les plus significatifs de la législation sur l'Eau en Espagne qui se rapporte à l'épuration des eaux urbaines résiduaires. Il existe cinq niveaux législatifs dans lesquels la réglementation du secteur hydrique intervient :

- International : Conventions Internationales;
- Communautaire : Règlements, Directives et Décisions Communautaires;
- État : Lois, Règlements et Ordres Ministériels;
- Communautés Autonomes : Lois, Décrets au niveau des Autonomies;
- Local : Décrets Municipaux (Ordenanzas Municipales).

Réglementation Communautaire

Au niveau communautaire, il existe une législation en matière d'eaux qui détermine les lignes d'action et les obligations des États Membres dans le but de protéger les ressources hydriques et, par conséquent, l'environnement. Dans ce cadre d'action, il convient de souligner une série de Directives étroitement liées entre elles :

- **Directive 2000/60/CE** du Parlement Européen et du Conseil de l'Europe du 23 octobre 2000, par laquelle un cadre est établi pour l'action communautaire dans le domaine de la politique des eaux et une perspective nouvelle et moderne de cette politique est créée pour tous les États Membres de l'Union Européenne. Aussi appelée de manière abrégée Directive Cadre « Eau » (DCE), elle a été transposée à la législation espagnole (**Loi 62/2003** Journal Officiel de l'État - BOE - du 31 décembre 2003)

L'une des caractéristiques novatrices de la DCE est qu'elle couvre toutes les masses d'eau, y compris continentales (de surface et souterraines), de transition et côtières, indépendamment de la taille et des caractéristiques.

Elle a pour objectif principal d'atteindre le bon état des masses d'eau en 2015, en les protégeant et en évitant leur détérioration. Pour réaliser cet objectif, elle accorde une très grande importance à la planification hydrologique, à la gestion par bassin, aux analyses économiques et à la participation publique. Elle adopte comme objectifs intermédiaires, entre autres :

- Établir des mesures concrètes pour la réduction des déversements, d'émissions et de pertes de substances prioritaires et interrompre ou supprimer graduellement les déversements, émissions et pertes de substances dangereuses prioritaires. Les substances prioritaires sont identifiées dans l'Annexe X de cette Directive.

- o Garantir la réduction progressive de la pollution de l'eau souterraine et son utilisation durable.

Un autre aspect important de cette Directive est l'utilisation des prix dans la politique de l'eau.

Avant 2010, les États membres doivent garantir que, d'une part, la politique de l'eau fournira des incitations adaptées afin que les usagers utilisent les ressources hydriques de manière efficace. D'autre part, ils devront aussi établir une contribution adaptée aux diverses utilisations de l'eau - qui sera ventilée, au moins, dans les industries, les foyers et en agriculture - à la récupération des coûts des services liés à l'eau tout en tenant compte du principe que « le pollueur est le payeur ».

- **Directive 91/271/CEE** du Conseil de l'Europe, du 21 mai 1991, relative à l'épuration des eaux urbaines résiduaires, (modifiée par la **Directive 98/15/CEE** de la Commission Européenne, du 27 février 1998) dont l'objectif est la protection de l'environnement contre la détérioration provoquée par les eaux urbaines résiduaires provenant d'agglomérations urbaines et des eaux résiduaires biodégradables provenant de l'industrie agro-alimentaire, en demandant aux États membres de prévoir la collecte et le traitement de ces eaux.

En plus de cette Directive, il existe une série de définitions relatives au traitement des eaux urbaines résiduaires pour une meilleure compréhension.

Agglomération urbaine : zone géographique composée d'une ou de plusieurs communes, ou par une partie de l'une ou de plusieurs d'entre elles, qui en raison de sa population ou de son activité économique constitue un foyer de génération d'eaux résiduaires justifiant leur collecte et conduite jusqu'à une installation de traitement ou jusqu'à un point de déversement final.

Eutrophisation : augmentation de nutriments dans l'eau, principalement de ceux composés d'azote et de phosphore, et donc une croissance accélérée d'algues et d'espèces végétales supérieures. Cette eutrophisation provoque un déséquilibre entre les organismes présents dans l'eau et la qualité de l'eau en sort affectée.

Zones sensibles : milieux aquatiques superficiels susceptibles à devenir eutrophique si des mesures de protection ne sont pas adoptées. Les eaux douces de surface, destinées à être potables et qui pourraient contenir une concentration de nitrates supérieure à la norme en vigueur; si des mesures de protection ne sont pas prises.

Zone moins sensible : un milieu ou une zone d'eau de mer pourra être classé comme moins sensible, quand le déversement d'eaux résiduaires n'a pas d'effets négatifs sur l'environnement avoisinant.

Zone normale : celle qui n'est pas classée « sensible » et « moins sensible ».

Traitement primaire : traitement au moyen d'un procédé physique ou physico-chimique, incluant la sédimentation des solides en suspension, ou d'autres procédés dans lesquels la DBO₅ des eaux entrantes est au moins réduite de 20 % avant le déversement, et le total de solides en suspension dans les eaux résiduaires d'entrée est au moins réduit de 50 %.





Traitement secondaire : le traitement des eaux urbaines résiduaires au moyen d'un procédé incluant un traitement biologique avec sédimentation secondaire, ou un autre procédé dans lequel les exigences du Tableau 3.5 sont respectées.

Traitement adapté : le traitement des eaux résiduaires au moyen de tout procédé ou système d'élimination, en vertu duquel les eaux réceptrices atteignent, après le déversement, les objectifs de qualité prévus par la législation en vigueur.

Habitant équivalent : pour la mesure de la pollution biodégradable présente dans les eaux résiduaires, une unité connue sous le nom d'habitant équivalent (h.e.) a été adoptée. L'habitant équivalent établit un rapport entre débits et qualités des eaux résiduaires et est défini comme « la charge organique biodégradable avec une demande biochimique en oxygène de 5 jours (DBO_5) de 60 grammes d'oxygène par jour ».

Le calcul des **habitants équivalents** est un facteur extrêmement important dans le domaine de l'épuration des eaux résiduaires, et il influe de manière significative sur :

- Les débits et la qualité des eaux résiduaires générées.
- La technologie à appliquer pour l'épuration des eaux résiduaires.

L'apport de débits et leur qualité, outre le fait qu'ils sont en rapport avec la taille de la localité, est intimement lié au type d'eau consommée.

Une fois que l'on connaît le débit d'eaux résiduaires (Q) généré par une agglomération urbaine et la valeur de sa DBO_5 , l'habitant équivalent (h.e.) est déterminée au moyen de la relation :

$$h.e. = \frac{Q (m^3/j) \times DBO_5 (mg/l)}{60 g DBO_5/j}$$

Dans les agglomérations urbaines où les déversements biodégradables autres que ceux d'origine domestique sont nuls ou de très faible importance, la population équivalente sera très similaire à la population de droit. On estime que la valeur habituelle du rapport population équivalente / population de droit est un facteur de 1,5 à 2.

Nous proposons, à titre d'exemple, le cas pratique de la population en habitants équivalents :



Une population de **2500 habitants** qui génère un **débit de 300 m³/j** avec une charge de DBO_5 de **508 mg/l**.

L'équivalence en habitants équivalents sera :
 (300 m³/j × 508 mg/l) / 60 g = **2540 h.e.**

La Directive établit un calendrier que les États membres doivent respecter pour équiper les agglomérations urbaines, réunissant les critères établis dans la Directive, de systèmes collecteurs et de traitement de leurs eaux résiduaires. Les principales dates de réalisation de la Directive sont indiquées ci-dessous.

Tableau 3.4. Calendrier de réalisation de la Directive 91/271/CE

Designation de zones	Habitants équivalents				
	< 2000	2000-10 000	10 000-15 000	15 000-150 000	> 150 000
Sensibles	Si il y a un système collecteur 31.12.2005, traitement adapté	Système collecteur, 31.12.2005 traitement secondaire (**)	Système collecteur, 31.12.1998 traitement le plus avancé		
Normales			Système collecteur, 31.12.2005 traitement secondaire	Système collecteur, 31.12.2000 traitement secondaire	
Sensibles (eaux côtières)		Système collecteur, 31.12.2005 traitement adapté	Système collecteur, 31.12.2005 secondaire ou primaire	Système collecteur, 31.12.2000 traitement secondaire ou primaire	Système collecteur, 31.12.2005 traitement primaire (exceptionnel) ou secondaire

(**) : traitement adapté, si le déversement est effectué dans des eaux côtières.

Source : Commission Européenne. Direction Générale de l'Environnement, 2000.

Les États membres établissent, en se fondant sur les dispositions de l'Annexe II de cette Directive, une liste de zones sensibles et moins sensibles qui reçoivent les eaux épurées. Ces listes doivent être revues régulièrement et, dans le cas des zones sensibles, la révision doit être effectuée au moins tous les quatre ans.

D'autre part, la Directive établit les exigences spécifiques pour les déversements d'eaux résiduaires industrielles et biodégradables provenant de certains secteurs industriels et ne passant pas par les stations d'épuration d'eaux urbaines résiduaires avant d'être déversées dans les eaux réceptrices.

En ce qui concerne la construction des stations de traitement d'eaux urbaines résiduaires, les États membres veilleront à ce que celles-ci soient conçues, construites, utilisées et entretenues de sorte qu'elles offrent un rendement suffisant dans toutes les conditions climatiques normales de leur zone d'implantation.

Des niveaux de traitement des eaux urbaines résiduaires générées sont établis en fonction des caractéristiques de la zone de réception des déversements; ces niveaux sont présentés ci-dessous.

Tableau 3.5. Conditions de traitement exigibles dans l'épuration des eaux urbaines résiduaires en fonction des caractéristiques des zones de réception

ZONES MOINS SENSIBLES (Traitement Primaire)		
Paramètre	% réduction	
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	20	
Solides en Suspension (mg/l)	50	
ZONES NORMALES (Traitement Secondaire)		
Paramètre	Concentration du déversement	% réduction
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	25	70-90
DCO (mg O ₂ /l)	125	75
Solides en Suspension (mg/l)	35	90
ZONES SENSIBLES (Traitement Tertiaire ou avancé)		
Paramètre	Concentration du déversement	% réduction
Azote Totale (mg N/l)	15 mg/l (entre 10 000 et 100 000 h.e.)	70-80
	10 mg/l (> 100 000 h.e.)	
Phosphore Total (mg P/l)	2 mg/l (entre 10 000 et 100 000 h.e.)	80
	1 mg/l (> 100 000 h.e.)	

Source : Directive 91/271/CE, R.D. L. 111/1995, R.D. 509/1996 modifié par R.D. 216/1998

- **Directive 86/278/CE**, du 12 juin 1986, relative à la protection de l'environnement et, en particulier des sols dans l'utilisation de boue de station d'épuration dans l'agriculture, dans laquelle sont établies les caractéristiques physico-chimiques que doivent présenter ces sous-produits pour leur possible utilisation dans l'agriculture.
- **Directive 76/160/CE** du Conseil de l'Europe, relative à la qualité des eaux de baignade, dans laquelle les normes obligatoires pour les eaux de baignade de l'ensemble de l'Union Européenne ont été fixées.

Les eaux de baignade, dans la mesure où elles sont considérées comme des milieux récepteurs des effluents liquides urbains générés dans les localités situées à proximité, doivent être protégées contre le risque de pollution provenant de ces déversements.

Les eaux résiduaires ont une répercussion sur la qualité des eaux de baignade, aussi bien par l'apport de matières biodégradables, que par l'apport de nutriments qui contribuent au phénomène d'eutrophisation, ainsi que par l'addition d'agents pathogènes pour la santé publique.

Cette Directive reflète clairement l'état des connaissances et de l'expérience de la décennie de 1970 ; le 24 octobre 2002, la Commission Européenne a donc présenté la Proposition de Directive du Parlement Européen et du Conseil de l'Europe, relative à la qualité des eaux de baignade.

Dans la Proposition, il est suggéré que le traitement de la qualité des eaux de baignade ne doit pas être uniquement matière à un contrôle de qualité mais qu'elle doit aussi inclure une compréhension complète des processus impliqués dans la détermination de la qualité de ces eaux et de sa variabilité.

En ce qui concerne les paramètres de contrôle, face aux 19 paramètres établis par la Directive de 1976, la Proposition impose les inspections visuelles du lieu de baignade et le contrôle de deux types de bactéries dont il a scientifiquement été démontré qu'elles sont des indicateurs fiables de la présence de pollution fécale : *Escherichia coli* et Entérocoques intestinaux.

Législation nationale

La **Constitution** espagnole de 1978 recueille des aspects relatifs au droit de tous les citoyens à l'environnement :

- Reconnaissance du droit à un environnement adapté pour tous les Espagnols.
- Obligation de le conserver et de l'entretenir pour une utilisation adaptée par les générations futures.
- Obligation de tous et particulièrement des pouvoirs publics de veiller à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles afin de protéger et d'améliorer la qualité de la vie.

La **Loi sur les Eaux 29/1985** du 2 août, modifiée par la **Loi 46/1999** du 13 décembre, dans laquelle le domaine public est protégé :

- Par le traitement et la récupération des eaux pour en préserver la qualité et les utilisations prioritaires.
- Par l'exigence d'une autorisation pour tous les déversements.
- Par le développement de la réutilisation de l'eau pour des utilisations secondaires et en réservant celles de meilleure qualité.
- Par l'établissement d'un système de sanctions et de responsabilités légales pour dommages et préjudices.

L'incorporation à la législation nationale de la **Directive 91/271/CE** : conformément à l'article 19 de la *Directive 91/271/CE*, les États membres doivent habiliter les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour son application. La transposition de la Directive à la législation espagnole a été menée à bien au moyen de :

- *Décret Royal Loi 11/95* du 28 décembre, par lequel les règles applicables au traitement des eaux urbaines sont établies.

- *Décret Royal 509/96* du 15 mars, en développement du *Décret Royal Loi 11/1995*, qui complète l'incorporation de la règle communautaire à l'ordre juridique espagnol, et complète les règles sur la collecte, l'épuration et le déversement des eaux urbaines résiduaires.
- *Résolution du 25 mai 1998* du Secrétariat d'État aux Eaux et aux Côtes par laquelle des « zones sensibles » sont déclarées dans les bassins hydrographiques inter-communautaires.
- *Décret Royal 2116/98* du 2 octobre, qui modifie le *Décret Royal 509/96*, dans lequel les règles applicables au traitement des eaux urbaines résiduaires sont établies.

L'incorporation à la législation nationale de la **Directive 86/278/CE** :

- *Décret Royal 1310/1990*, du 29 octobre, par lequel l'utilisation des boues d'épuration dans le secteur agricole est réglementée.
- *Ordre 1993/26572*, du 26 octobre, sur l'utilisation de boues d'épuration dans le secteur agricole, dans lequel il est considéré que « dans le but de disposer d'un recensement de stations d'épuration, les Organismes locaux et autres propriétaires de stations d'épuration d'eaux résiduaires communiqueront à l'organisme compétent de leur communauté autonome, avant le 31 décembre 1993, les caractéristiques de la station d'épuration de leurs eaux résiduaires ».

Le Plan National d'Assainissement et d'Épuration des Eaux Résiduaires (1995-2005) : par la Résolution du 28 avril 1995. Le texte a été approuvé par le Conseil des Ministres le 17 février 1995 et, ultérieurement, après la Réunion Sectorielle de l'Environnement, il a été ratifié par les Communautés Autonomes. Ce Plan a été mis à jour en 1998.

Le Plan National d'Assainissement et d'Épuration, ne se limite pas simplement à réaliser les nouvelles infrastructures, mais il aborde aussi une série d'actions complémentaires, qui doivent être programmées et menées à bien au sein du même cadre et panorama temporel que ceux de la Directive 91/271, parmi lesquels il convient de souligner :

- Extension, amélioration et réhabilitation des systèmes collecteurs et émissaires;
- Modification et amélioration des installations d'épuration afin qu'elles respectent les exigences de la Directive;
- Adaptation des systèmes d'assainissement et d'épuration à l'augmentation de la charge polluante qui a été produite;
- Incorporation de traitement secondaire dans les installations d'épuration disposant uniquement de traitement primaire, conformément à la Directive;
- Élimination de nutriments dans les installations effectuant des déversements dans des zones déclarées sensibles;
- Amélioration des installations afin de réduire et d'éviter les impacts sur l'environnement (odeurs, bruit, visuel, etc.).

Réglementation pour la réutilisation des eaux résiduaires épurées;

Il existe actuellement un vide dans la réglementation communautaire qui réglemente la réutilisation des eaux résiduaires épurées. L'Espagne est en discussion interministérielle (début 2006) sur l'avant-projet d'une réglementation nationale. Des Communautés Autonomes comme l'Andalousie, les Baléares et la Catalogne ont proposé des règles pour l'emploi de ces eaux.

En Andalousie, le Ministère de la Santé du Gouvernement Autonome (Consejería de Salud) a rédigé en 1994 les « Critères de réutilisation des eaux résiduaires épurées », dans lesquels sont établies les exigences physico-chimiques et microbiologiques que les effluents épurés doivent respecter pour leur utilisation ultérieure dans l'irrigation agricole et l'arrosage des espaces verts.

Au niveau national, le CEDEX (Ministère de l'Environnement), a rédigé en 1998 une « Proposition de qualités minimales exigées pour la réutilisation des effluents épurés » en fonction des différentes utilisations possibles, ainsi que d'aspects se rapportant à la méthodologie, la fréquence des prises d'échantillons et des critères de réalisation des analyses; dans le but d'inclure cette proposition à une réglementation à caractère national. Les critères physico-chimiques et biologiques que les eaux résiduaires épurées doivent respecter, pour leur réutilisation à des fins d'irrigation agricole, de réfrigération industrielle, de loisirs, d'aquaculture et de rechargement d'aquifères.

Plan National sur les Boues de Stations d'Épuration d'Eaux Résiduaires (2001-2006) : il vise à protéger l'environnement et plus particulièrement la qualité du sol en gérant convenablement les boues; il vise aussi à atteindre les objectifs écologiques suivants :

- Réduction de la pollution des boues, à leur origine;
- Caractérisation des boues de stations d'épuration d'eaux résiduaires générées en Espagne, avant 2003;
- Valorisation d'au moins 80 % des boues avant 2007;
- Réduction à un maximum de 20 % des boues déposées dans les décharges publiques avant 2007.

Législation des Communautés Autonomes

Il existe, pour chacune des Communautés Autonomes, des cadres légaux abordant les cadres communautaires et nationaux qui doivent être pris en compte dans les études de viabilité en matière d'épuration des eaux résiduaires, ainsi qu'en ce qui concerne les boues générées durant le processus. Dans le cas des Communautés Autonomes d'Andalousie et des Canaries, les législations existantes sont les suivantes :

- *Andalousie*:
 - *Ordre du 22 novembre 1993*, par lequel de Décret Royal 1310/1990 et l'Ordre du 26 octobre 1993 du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, sur l'utilisa-

tion de boues d'épuration dans le secteur agricole entre en vigueur dans la Communauté Autonome d'Andalousie

- *Décret 54/1999* du 2 mars, de l'Assemblée d'Andalousie (Junta de Andalucía), par lequel les zones normales, sensibles et moins sensibles du littoral et des bassins hydrographiques intra-communautaires de la Communauté Autonome d'Andalousie sont déclarées.
 - *Décret 310/2003* du 4 novembre de l'Assemblée d'Andalousie, par lequel sont délimitées les agglomérations urbaines pour le traitement des eaux résiduaires en Andalousie; et qui établit le domaine territorial de gestion des services du cycle intégral de l'eau des Organismes Locaux aux effets d'action prioritaire de l'Assemblée d'Andalousie.
- *Canaries:*
 - *Loi 12/1990*, du 26 juillet, sur les Eaux.
 - *Décret 174/1994*, du 29 juillet par laquelle est approuvé le Règlement de Contrôle de Déversements de Déchets pour la Protection du Domaine Public Hydraulique (Journal Officiel des Canaries - BOC - n° 104, du 24 août 1994).
 - *Décret 49/2000*, du 10 avril, par lequel les masses d'eau affectées par la pollution de nitrates d'origine agricole sont déterminées et les zones vulnérables à cette pollution sont désignées (Journal Officiel des Canaries - BOC - n° 48, du 19.04.00).
 - *Ordre du 27 octobre 2000*, par lequel est établi le programme d'Action auquel l'article 6 du *Décret Royal 261/1996*, du 16 février, fait référence dans le but de prévenir et de réduire la pollution causée par les nitrates d'origine agricole (Journal Officiel des Canaries - BOC - n° 149, du 13.11.00).

Décrets locaux

Une série de décrets sur le déversement de déchets est établie dans le but de pouvoir assurer la biodégradabilité de l'eau résiduaire considérée comme domestique et afin de ne pas perturber le traitement des stations d'épuration qui peuvent être alimentées par un processus biologique. Les contrôles établis sont normalement basés, entre autres, sur :

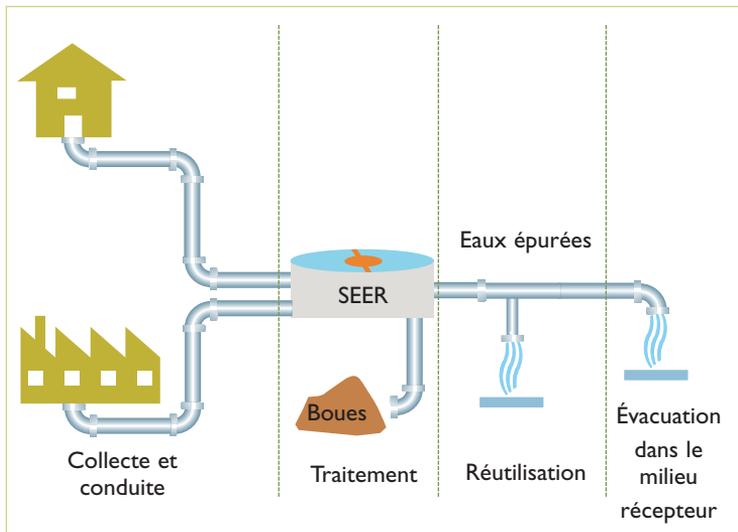
- Contrôle des déversements dans le réseau d'assainissement;
- Établissement de concentrations maximales des différents paramètres de l'industrie afin de maintenir le niveau d'épuration à son optimum ;
- Tarification tenant compte des débits et des concentrations de tous les raccordements;

3.7. Principaux fondements du traitement des eaux urbaines résiduaires

Les installations pour le traitement des eaux urbaines résiduaires comportent trois éléments principaux :

- **Collecte et conduite** des eaux générées jusqu'à la station de traitement;
- **Traitement** des eaux résiduaires;
- **Évacuation** des produits résultant du traitement, des effluents épurés et des boues.

Illustration 3.4. Éléments composant les installations pour le traitement des eaux urbaines résiduaires



3.7.1. Collecte et conduite

La collecte des eaux urbaines résiduaires depuis la localité dans laquelle elles sont générées jusqu'à la station d'épuration est réalisée à travers un réseau complexe de conduites (égouts, collecteurs). Cette eau, en fonction de la topographie du terrain, sera conduite par gravité jusqu'à la station de traitement ou, dans certains cas, il faudra avoir recours au pompage.

Normalement, les systèmes de collecte sont unitaires, c'est à dire que le système d'assainissement collecte aussi bien les eaux résiduaires que les eaux de pluie. Dans certains cas, les

Photo 3.2. Collecteur d'entrée. SEER d'Almonaster la Real (Huelva)



collecteurs qui arrivent à la station de traitement ne transportent que des eaux résiduaires alors que les eaux de pluie sont recueillies dans des collecteurs indépendants (système séparatif).

Afin d'éviter l'arrivée à la station d'épuration d'un débit plus important que celui qui a été projeté, des déversoirs sont installés pour permettre sa déviation. Cette situation se produit principalement durant les périodes de fortes pluies.

De même, pour pouvoir dévier toute l'eau résiduaire avant son entrée dans la station d'épuration, en cas de problèmes de fonctionnement, un *by-pass* général est installé à l'entrée des déversements.

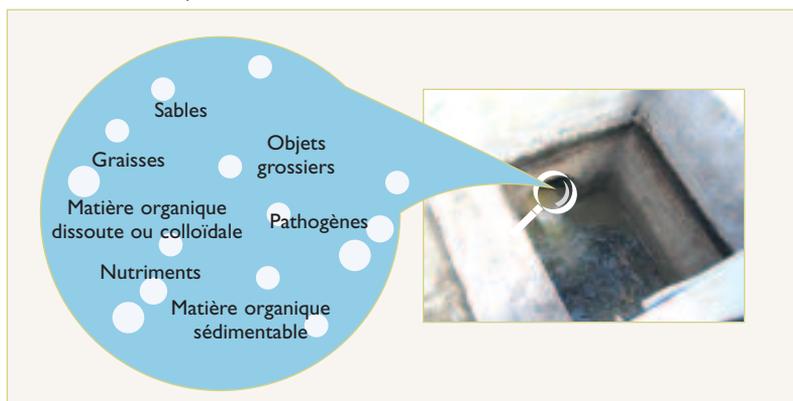
Des *by-pass* partiels sont aussi disposés après chaque étape du traitement des eaux afin de pouvoir procéder au déversement des effluents sans passer par la phase suivante, dans le cas où des incidents d'exploitation seraient enregistrés. Ces *by-pass* déchargent généralement sur une même ligne que le *by-pass* général et les effluents épurés.

3.7.2. Traitement

Le traitement des eaux urbaines résiduaires suppose l'application de procédés physiques, biologiques et chimiques, de sorte que les niveaux de pollution qui restent dans les effluents traités respectent les limites légales existantes et qu'ils puissent être assimilés de manière naturelle par les milieux récepteurs.

Durant le processus d'épuration des eaux résiduaires générées, il y a deux facteurs dont il faut tenir compte au moment d'effectuer le traitement : les composants de ces eaux et l'ordre de leur élimination.

Illustration 3.5. Composants des eaux urbaines résiduaires



L'ordre d'élimination des composants présents durant le processus d'épuration est le suivant : objets grossiers, sables, graisses, matière organique décantables, matière organique dissoute ou colloïdale, nutriments et pathogènes.

Dans les stations d'épuration conventionnelles d'eaux urbaines résiduaires on distingue deux lignes de traitement:

- *Ligne d'eau*, dans laquelle sont inclus deux traitements ou processus permettant de réduire les polluants présents dans les eaux résiduaires.

- *Ligne de boues*, dans laquelle la majorité des sous-produits qui sont créés sur la ligne d'eau sont traités.

Ligne d'eau

Les différentes étapes au cours desquelles le traitement des eaux urbaines résiduaires est effectué sont : Pré-traitement, Traitements Primaire, Secondaire et Tertiaire.

Avant leur traitement, les eaux résiduaires sont soumises à un **Pré-traitement**. Celui-ci comprend une série d'opérations physiques et mécaniques dont l'objectif est de séparer de l'eau résiduaire la plus grande quantité possible de matières qui, en raison de leur nature ou de leur taille, peuvent causer des problèmes dans les étapes ultérieures du traitement. La conception et la maintenance ultérieure correctes de l'étape de pré-traitement sont des aspects d'une grande importance car toute déficience de celles-ci se répercute négativement sur le reste des installations, provoquant des obstructions de conduites, de vannes et de pompes, ainsi que l'usure d'équipements, la formation de croûtes, etc.



Les opérations comprises dans le pré-traitement sont en général : *dégrossissage*, *tamissage*, *dessablage* et *dégraissage*.

Dégrossissage : il consiste en l'élimination de solides de taille grande et moyenne (morceaux de bois, chiffons, racines, etc.), ainsi que ceux dont la taille est plus fine, qui pourraient éventuellement détériorer ou endommager les équipements mécaniques et obstruer le passage du courant d'eau. La procédure la plus habituelle consiste à faire passer les eaux à travers des grilles, qui en fonction de l'espace entre les barreaux peuvent être classées en :

- Dégrossissage de solides grossiers : le passage libre entre les barreaux est de 50 à 100 mm.
- Dégrossissage de particules fines : le passage libre entre les barreaux est de 10 à 25 mm.

Tamissage : il a pour objectif de réduire le contenu de solides en suspension dans les eaux résiduaires, par leur filtration à travers un fin support équipé de rainures de passage. Pour le pré-traitement des eaux urbaines résiduaires, on a recours à l'utilisation de tamis dont la maille est comprise entre 0,2 mm et 6 mm. Il existe deux types de tamis :

Photo 3.3. Canal de dégrossissage.
SEER d'Almonte (Huelva)



- Statiques : Ils sont composés d'un treillis constitué de barres horizontales, orientées de telle manière que la partie plane fait face au flux. L'inclinaison du treillis diminue progressivement de haut en bas, approximativement, entre 65° et 45°. L'eau à traiter est introduite par la partie supérieure du tamis, qui retient les solides plus grands que le jour de passage. Les solides roulent ensuite jusqu'à un conteneur inférieur.
- Rotatifs. Ils sont constitués par un treillis cylindrique à axe horizontal, qui tourne lentement, actionné par un motoréducteur. L'alimentation du tamis est effectuée par sa partie extérieure, et les solides d'une taille supérieure à celle du jour de passage sont retenus dans la partie externe du cylindre; ils sont éliminés par l'action d'une lame et par le propre mouvement giratoire de l'unité.

Photo 3.4. Tamis statique.
SEER de Fondón (Almería)



Photo 3.5. Tamis rotatif. SEER AENA
Arrecife (Lanzarote-Las Palmas)



Dessablage : son objectif est l'extraction de la plus grande quantité possible des sables présents dans les eaux résiduaires. Parmi la dénomination « sables » sont inclus ; les sables proprement dits, les graviers, et des particules plus ou moins grandes d'origine minérale ou organique. Par cette opération on vise à protéger les équipements contre l'abrasion, l'usure, et aussi à éviter l'accumulation de ces matières lourdes. Normalement, les désableuses sont dimensionnées pour l'élimination de particules d'une taille supérieure à 0,2 mm.

Dégraissage : lors de cette étape, les graisses et autres matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau sont éliminées. Normalement, les opérations de dessablage et de dégraissage sont effectuées de manière conjointe dans des unités de traitement connues sous le nom de désableuses-dégraisseuses aérées.

Le Décret Royal Loi 1/1995 définit le **Traitement Primaire** comme « le traitement d'eaux urbaines résiduaires au moyen d'un procédé physique, physico-chimique qui inclut la sédimentation de solides en suspension, ou d'autres procédés dans lesquels la DBO₅ des eaux résiduaires est réduite d'au moins 20 % avant le déversement, et le total de solides en suspension dans les eaux résiduaires à l'entrée est réduit d'au moins 50 % ».



Les Traitements Primaires les plus habituels sont :

Décantation primaire : son objectif est l'élimination de la majorité des solides décantables, sous l'action exclusive de la gravité. Le retrait de ces solides est très important car dans le cas contraire ils provoqueraient de fortes demandes d'oxygène dans le reste des étapes de traitement de la station.

Traitements physico-chimiques : dans ce type de traitement, on parvient, par l'action de réactifs chimiques, à accroître la réduction des solides en suspension en éliminant, en outre, des solides colloïdaux dont la taille est augmentée au moyen de procédés de coagulation-floculation. Ces traitements sont essentiellement appliqués :

- Dans le cas d'eaux résiduaires présentant des déversements industriels pouvant affecter négativement le traitement biologique;
- Pour éviter des surcharges lors du traitement biologique ultérieur;
- Lorsque de fortes variations saisonnières de débit sont produites;
- Pour la réduction du contenu en phosphore.

Le *Décret Royal Loi 11/95* définit le **Traitement Secondaire** comme le « Traitement d'eaux urbaines résiduaires au moyen d'un procédé incluant un traitement biologique avec sédimentation secondaire, ou d'un autre procédé, dans lequel les exigences établies par la réglementation sont respectées ».

Photo 3.6. Détail de désableuse-dégraisseur aéré. SEER d'El Bobar (Almería)



Photo 3.7. Détail de Décanteur Primaire. SEER d'Arroyo de la Miel (Málaga)



Photo 3.8. Détail de traitement physico-chimique (chambre de floculation-coagulation). SEER d'El Rompido (Huelva)

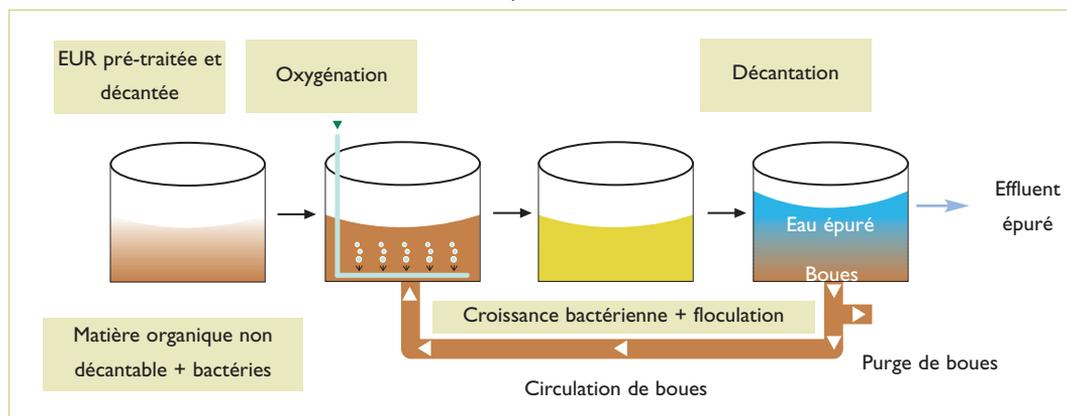


Par ces traitements on vise à la réduction de la pollution organique ainsi qu'à la coagulation et à l'élimination de solides colloïdaux non décantables. Les procédés biologiques sont réalisés à l'aide de micro-organismes (principalement des bactéries) qui, dans des conditions aérobies agissent sur la matière organique présente dans les eaux résiduaires. L'apport d'oxygène pour le maintien des réactions biologiques (oxydation, synthèse et respiration endogène) est généralement réalisé en introduisant de l'air dans les récipients dans lesquels ces réactions sont produites. Ces récipients sont connus sous le nom de Réacteurs Biologiques ou Cuves d'aération. Les deux méthodes les plus courantes pour l'apport d'oxygène aux Réacteurs Biologiques utilisent des aérateurs mécaniques ou des diffuseurs.

Les nouvelles bactéries qui apparaissent dans les réacteurs tendent à s'unir (floculation), en formant des agrégats d'une plus grande densité que le liquide environnant, et sur la surface desquels la matière est adsorbée sous forme colloïdale. Pour la séparation de ces agrégats, connus sous le nom de boues ou fanges, le contenu des Réacteurs Biologiques (liqueur mixte) est conduit à une étape ultérieure de décantation (Décantation ou Clarification Secondaire), durant laquelle la séparation des boues des effluents épurés est obtenue par l'action de la gravité.

Des boues décantées, une fraction est purgée comme excédent alors que l'on en fait circuler une autre partie vers le Réacteur Biologique afin d'y maintenir une concentration déterminée de micro-organismes.

Illustration 3.6. Schéma de Traitement Secondaire dans l'Épuration des eaux urbaines résiduaires



Le procédé décrit précédemment est connu sous le nom de *Boues Activées*. Il a été développé en 1914 en Angleterre par Arden et Lockett, et cette technologie est, de nos jours, la plus largement appliquée au niveau mondial pour le traitement des eaux urbaines résiduaires, dans ses diverses variantes (Conventionnelle, Contact-Stabilisation, Aération Prolongée, etc.).

Photo 3.9. Détail du Réacteur Biologique
SEER d'El Rompido (Huelva)



Photo 3.10. Détail de la SEER du Sud-est de la
Grande Canarie (Las Palmas)



Les **Traitements Tertiaires**, aussi connus comme traitements avancés, plus rigoureux, complémentaires, etc. , permettent d'obtenir de meilleurs rendements d'élimination de DBO₅ et de matière en suspension ainsi que de réduire d'autres polluants tels que les nutriments et les métaux; ce qui peut permettre la réutilisation ultérieure des effluents épurés. L'élimination de la matière en particules et colloïdale présente dans les effluents épurés peut être obtenue par l'application de traitements physico-chimiques (coagulation-floculation).



Pour l'élimination de nutriments (azote et phosphore), on a de plus en plus recours à l'utilisation de procédés biologiques. Cependant, dans le cas du phosphore, les procédés de précipitation chimique qui utilisent des sels de fer et d'aluminium continuent à être les plus employés.

Pour l'élimination biologique d'azote, on opère de manière séquentielle dans des conditions de saturation en oxygène et anoxiques, qui ont pour résultat final sa libération dans l'atmosphère sous forme d'azote gazeux.

Pour l'élimination biologique du phosphore, on combine des réacteurs travaillant dans des conditions anaérobies, aérobies et anoxiques, le phosphore étant stocké dans les micro-organismes qui ultérieurement sont extraits comme excédent de boue. En combinant les deux procédés mentionnés ci-dessus, l'élimination conjointe des deux nutriments est possible.

En raison de la nature même des eaux urbaines résiduaires ou de leur contamination par des eaux salées durant leur collecte et leur transport jusqu'aux stations d'épuration, leur salinité augmente considérablement; ce qui rend non viable leur réutilisation directe pour l'irrigation. Dans ces cas, il est nécessaire d'utiliser des procédés de dessalement d'eaux lors de la réalisation de procédés tertiaires. Ces eaux étant à caractère saumâtre, leur salinité est généralement inférieure à 5 g/l, ce sont les technologies de dessalement d'eau par osmose inverse ou électro-dialyse réversible qui sont utilisées dans ce cas.

Photo 3.11. Détail de Traitement Tertiaire, SEER de Maspalomas (la Grande Canarie - Las Palmas)



Photo 3.12. Détail de traitement tertiaire. SEER du Sud-est de la Grande Canarie (Las Palmas)



Avant cette étape, l'utilisation de techniques de filtrage comme l'ultra-filtrage (UF) ou le micro-filtrage (MF) sont des pratiques habituelles.

En ce qui concerne la désinfection des effluents épurés, le chlore a été et demeure le désinfectant typique dans le domaine des eaux résiduaires. Avec l'augmentation du nombre des exigences pour obtenir des quantités faibles ou non décelables de chlore résiduel dans les effluents traités, il devient nécessaire d'implanter des procédés ultérieurs de déchloration, ou bien, le remplacement des systèmes de chloration par des systèmes de désinfection alternatifs, tels que les UV, l'emploi d'ozone ou l'utilisation de membranes.

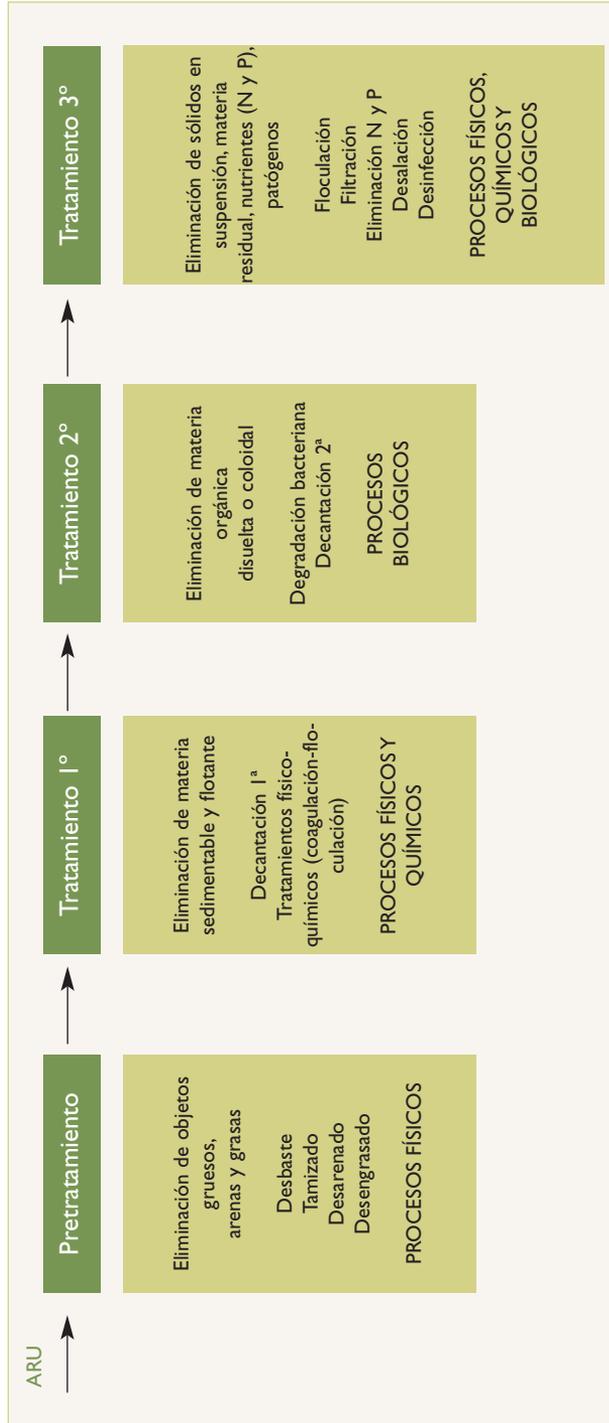
Le Tableau 3.6 indique les rendements moyens d'épuration atteints en fonction du type de traitement appliqué aux eaux urbaines résiduaires.

Tableau 3.6. Rendements (%) dans les étapes d'épuration des eaux urbaines résiduaires

Étape d'Épuration	Solides en suspension	DBO ₅	E. coli
Pré-traitement	5 - 15	5 - 10	10 - 25
Traitements Primaires	40 - 70	25 - 40	25 - 70
Traitements Secondaires	80 - 90	80 - 95	90 - 98
Traitements Tertiaires	90 - 95	95 - 98	98 - 99

À titre de résumé, l'illustration 3.7 montre les différentes étapes sur la ligne d'eau dans l'épuration des eaux urbaines résiduaires.

Figura 3.7. Etapa de la línea de agua en la depuración de las aguas residuales urbanas



Ligne de boues

Le traitement des eaux urbaines résiduaires conduit à la production de sous-produits connus comme les boues ou fanges, ou plus récemment, les bio-solides, parmi lesquels il convient de distinguer les:

- *Boues primaires*: ce sont les solides décantés lors du Traitement Primaire.
- *Boues secondaires ou biologiques*: elles correspondent aux solides retenus dans le Décanteur après le passage des eaux par le Réacteur Biologique.

Dans le traitement des boues générées lors de l'épuration des eaux urbaines résiduaires, il existe une série d'étapes qui consistent en:

- **Épaississement**: la concentration de la boue est augmentée par l'élimination de l'eau qu'elle contient. Les méthodes les plus habituelles sont: par gravité et par flottaison; cette dernière étant la plus appropriée pour l'épaississement des boues secondaires ou biologiques.
- **Stabilisation**: la fraction biodégradable présente dans les boues est réduite afin d'éviter leur putréfaction et la génération d'odeurs désagréables conséquentes. La stabilisation peut être effectuée par:

Foto 3.13. Espesador de lodos.
EDAR de Manilva (Málaga)



Foto 3.14. Estabilización anaerobia de lodos. EDAR de Manilva (Málaga)



Foto 3.15. Secado mecánico de lodos:
Filtros Banda. EDAR de Manilva (Málaga)



- Digestion aérobie ou anaérobie, en éliminant environ 40-50% de la matière organique présente dans la boue.
- Stabilisation chimique, par l'élévation du pH au moyen de l'adjonction de chaux.
- Traitement thermique.
- **Conditionnement:** la déshydratation des boues est améliorée par l'ajout de produits chimiques facilitant l'élimination de l'eau.
- **Déshydratation:** une partie de l'eau contenue dans les boues est éliminée dans le but de les transformer en solides de manipulation et de transport faciles. Les méthodes les plus courantes sont:
 - Centrifugation;
 - Filtrage (bandes, vide, pression, etc.).
 - Séchage thermique.
 - Aires de séchage.

L'illustration 3.8 montre les différentes étapes sur la ligne de boues lors de l'épuration des eaux urbaines résiduaires.

Traitement des eaux de tempête

Dans certains cas, l'augmentation du volume dû aux eaux de tempête, provoque le débordement des systèmes collecteurs unitaires et il faut donc réaliser une série d'actions afin de prévenir la pollution ultérieure des milieux récepteurs. Ces actions peuvent être:

- Implantation de déversoirs avec un rapport de dilution plus élevé;
- Installation d'équipements de dégrossissage au niveau du déversement des déversoirs, dans le but de séparer et de retirer les éléments grossiers;
- Construction d'étangs ou de barrages de tempêtes pour stocker et réguler les débits exceptionnels dans les installations de Traitement Primaire des stations d'épuration.

3.7.3. Évacuation et récupération

Dans une station d'épuration, le courant entrant (eaux urbaines résiduaires) se transforme, suite aux procédés de traitement auxquels il est soumis, en deux courants sortants : effluents épurés et boues. Après l'évacuation de ces deux courants, on considère que le traitement des eaux urbaines résiduaires est terminé.

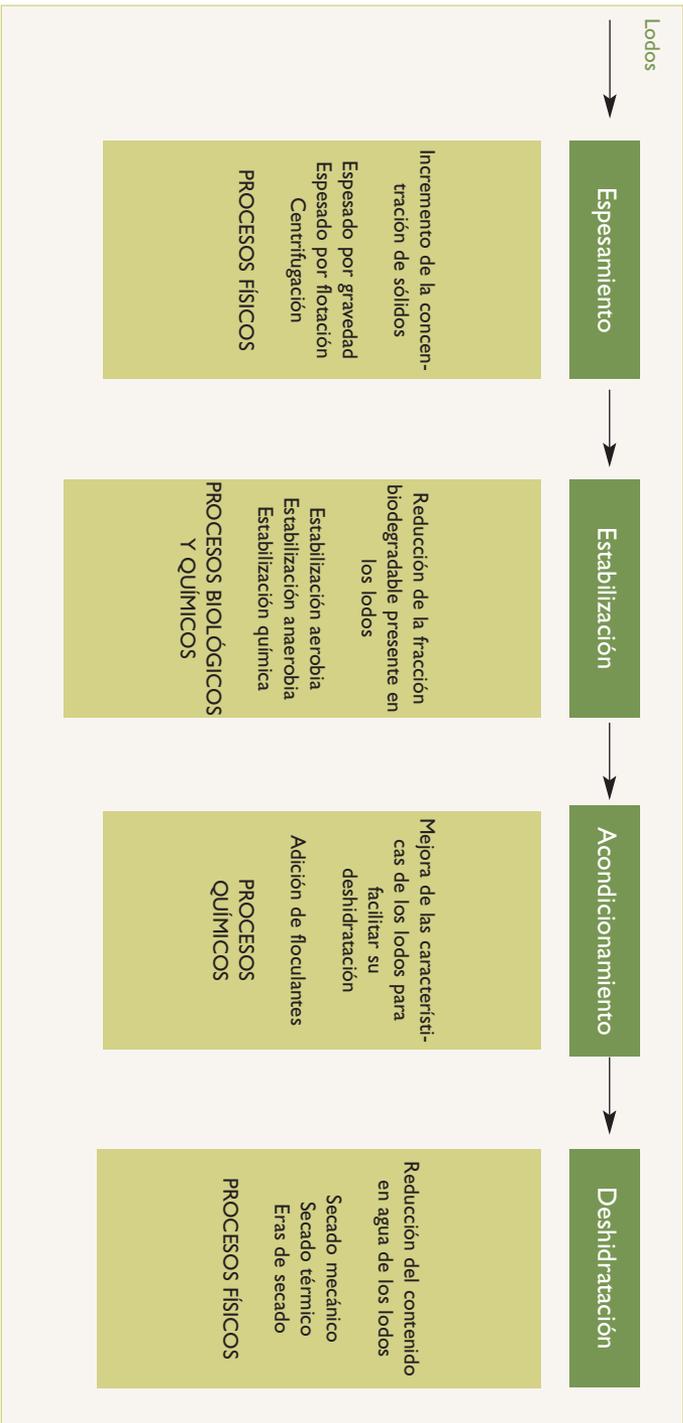


Figura 3.8: Etapa de la línea de lodos en la depuración de las aguas residuales urbanas

Les effluents épurés, s'ils ont atteint le degré de traitement requis dans chaque cas, peuvent être déversés dans les milieux récepteurs situés à proximité de la station d'épuration, bien qu'il y ait de plus en plus d'autres destinations alternatives pour leur réutilisation, parmi lesquels il convient de souligner (adapté de EPA, 1992):

- Réutilisation urbaine:
 - Arrosage de parcs publics, terrains de sport, jardins, espaces verts de bâtiments publics, industries, centres commerciaux et routes.
 - Arrosage des espaces de jardin des logements individuels et multi-familiaux.
 - Utilisations ornementales : fontaines et étangs.
 - Nettoyage de rues.
 - Protection contre les incendies.
 - Eau de chasses d'eau pour urinoirs publics et dans les bâtiments commerciaux et industriels.
- Réutilisation industrielle:
 - Réfrigération.
 - Procédés industriels.
 - Construction.
- Irrigation agricole.
- Rechargement d'aquifères pour le contrôle de l'intrusion marine.
- Restauration d'habitats naturels et amélioration de l'environnement.
- Utilisations municipales et de loisirs (arrosage de masses forestières du domaine public, arrosage de parcs et de jardins publics, arrosage de rues, stockage en étang pour la protection contre les incendies municipaux et de forêt, création de lacs artificiels)
- Transport et lavage de matières premières : charbon, sucre, produits finis et semi-finis : pâtes à papier, produits laminés, cuirs de tannerie, tissus en teintureries, lavages d'entretien : wagons, sols, rues de zones industrielles, façades, etc.).
- Production de biomasse animale et végétale (irrigation d'espèces agricoles ou forestières, production de micro-algues, pisciculture, etc.).
- Augmentation des ressources d'eau potable.

Dans le cas des boues, les destinations suivantes doivent être envisagées comme alternatives à leur déversement en décharges:

- Utilisation agricole: les boues contiennent entre 40 et 80% de matière organique, ainsi que de l'azote et du phosphore, des nutriments fondamentaux pour la croissance végétale.
- Incinération: de cette manière, le volume de boue est réduit au maximum; les pathogènes et composés toxiques sont détruits et la récupération d'énergie est possible. En revanche, les coûts sont élevés et les émissions gazeuses et les cendres produisent des effets négatifs sur l'environnement.

Épuration des eaux résiduaires de petites agglomérations urbaines

Il existe en Espagne plus de 8 000 communes, dont 6 000 ont moins de 2 000 habitants. Dans le cas de l'Andalousie, 85 % des noyaux de population ne dépassent pas ce chiffre; comme il en est le cas de la Communauté Autonome des Canaries où 83 % des unités de population ne dépassent pas 2 000 habitants.



Le **Décret Royal Loi 11/95** établit le 1^{er} janvier 2006 comme date limite pour que les agglomérations urbaines de l'ordre de 2 000 habitants, qui effectuent leurs déversements dans des eaux continentales ou des estuaires, soumettent leurs eaux résiduaires à un traitement adapté. Autrement dit : « le traitement des eaux résiduaires au moyen de tout procédé ou système d'élimination grâce auquel les eaux réceptrices respectent, après le déversement, les objectifs de qualité prévus dans l'ordre juridique applicable ».

Ce sont actuellement ces petites agglomérations qui présentent le plus de carences en ce qui concerne le traitement des eaux résiduaires. Pour cela, c'est dans ce type de localité rurale et éparse qu'un grand effort devra être fait dans un futur proche afin de corriger leurs carences en assainissement et en épuration; et qu'elles puissent respecter la législation en vigueur.

Jusqu'à nos jours, les stations d'épuration pour le traitement des eaux résiduaires générées dans les petites agglomérations urbaines ont été conçues et dessinées comme de simples modèles réduits des grandes installations d'épuration, avec comme conséquence directe dans la majorité des cas, des compétences techniques et ressources économiques très limitées, présentant des coûts d'exploitation et de maintenance difficilement gérables par les organismes responsables.

En matière de traitement des eaux résiduaires, les petites agglomérations ont besoin d'actions associant les conditions requises pour les effluents épurés, des techniques de fonctionnement simples et des coûts d'exploitation et de maintenance qui puissent être réellement supportables.

4.1. Caractéristiques des eaux résiduaires dans les petites agglomérations urbaines

Comme conséquence des différences de niveau de développement économique et social, les eaux résiduaires provenant des petites agglomérations urbaines présentent des caractéristiques qui leur sont propres (fortes variations de débit et de charge ainsi que des concentrations élevées) qui les différencient notablement de celles qui proviennent des grands noyaux de population. Il faut donc prendre en considération ce fait au moment de concevoir ces installations.

4.1.1. Débits

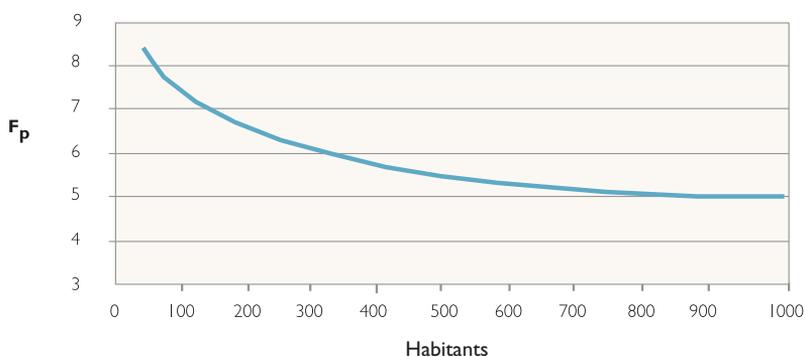
Plus le noyau de population est petit, plus les oscillations du débit d'eaux résiduaires générées sont importantes, et passent, dans le cas de logements individuels, de débits presque nuls pendant les premières heures de la matinée à des débits, huit fois supérieures au débit moyen lors des heures de pointes.

Dans la conception de stations d'épuration d'eaux urbaines résiduaires, de très petits noyaux de population, on emploie le terme de débit moyen diurne correspondant au débit moyen, supposé produit en 16 heures uniquement (Sainz, 2005).

$$Q_{moy} = \frac{Q_j}{16}$$

On estime que le débit minimum est de l'ordre de 30 % du débit moyen (facteur pointe F_p). Le rapport entre le débit de pointe et le débit moyen est consigné dans l'illustration 4.1.

Illustration 4.1. Rapport entre le facteur pointe (F_p) et le nombre d'habitants, pour des localités de moins de 1 000 habitants



4.1.2. Qualité de l'eau

Les eaux résiduaires dans les petites agglomérations urbaines sont essentiellement d'origine domestique et l'incidence industrielle y est faible. Cependant, dans certains cas il est impératif de prendre en compte l'apport en eaux industrielles provenant principalement d'industries agro-alimentaires ou de la pêche, en raison de leur charge organique élevée dont le traitement s'avère plus problématique que celui des eaux urbaines résiduaires.

Les plus faibles dotations d'approvisionnement généralement enregistrées dans les petites agglomérations urbaines se traduisent immédiatement dans les concentrations des eaux résiduaires générées. La dotation d'approvisionnement plus faible conduit à une plus faible dilution des polluants générés ce qui augmente leur concentration.

Le Tableau 4.1 recueille les rangs moyens des principaux paramètres qui caractérisent les eaux résiduaires générées dans de petites agglomérations urbaines; des eaux où les apports domestiques prédominent.

Tableau 4.1. Valeurs moyennes des eaux urbaines résiduaires générées dans les petits noyaux de population

Paramètre	Petites localités d'Andalousie	Petites localités des Canaries
Solides en Suspension (mg/l)	300 – 500	350-3300
DBO ₅ (mg/l)	400 – 600	480-1500
DCO (mg/l)	800 - 1200	1200-4500
Azote (mg N/l)	50 - 100	60-160
Phosphore (mg P/l)	10 - 20	20-65
Graisses (mg/l)	50 - 100	60-120
Coliformes Totaux (ufc/100 ml)	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷

Le contraste de valeurs des paramètres entre les régions est dû aux caractéristiques propres aux noyaux de population, à la diversité des modes de consommation d'eau potable ainsi qu'aux types d'activités de pêche existantes. Les activités agricoles et d'élevage des Canaries sont habituellement réalisées dans le noyau urbain même, il n'existe donc pas de traitement différentiel des eaux résiduaires générées par ces activités.



√Étant donné la disparité des valeurs et l'amplitude des niveaux des paramètres, les valeurs de conception des paramètres qui caractérisent l'eau résiduaire générée dans le cas de petites agglomérations, il ne devrait pas leur être accordé de valeur bibliographique. Ce qui rend encore plus nécessaire et obligatoire la réalisation de campagnes de tarage et d'échantillonnage pour la caractérisation correcte des eaux résiduaires comme étape préalable à la conception de l'unité de traitement dans chaque situation concrète. Il faut étudier la manière dont l'évacuation des eaux résiduaires influe sur leur qualité car l'utilisation de réseaux unitaires, collectant conjointement les eaux domestiques, industrielles et pluviales, est courante dans ces localités.

4.2. Technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires pour petites localités

Les petites agglomérations urbaines présentent, en raison de leur localisation géographique et de leur niveau de développement, une problématique spécifique qui complique la fourniture des services d'assainissement et d'épuration.

Dans cette problématique, on distingue plus particulièrement:

- Les effluents épurés doivent être conformes à des réglementations strictes sur les rejets.
- Le fait de ne pas pouvoir tirer profit des avantages que suppose l'économie d'échelle en raison de leur petite taille; ce qui conduit à des coûts d'implantation, de maintenance et d'exploitation par habitant élevés. En outre, dans des populations éparses, les coûts d'assainissement sont notablement accrus.
- La faible capacité technique et économique pour la maintenance et l'exploitation de stations de traitement des eaux résiduaires

Pour tous ces motifs, il convient avant de choisir des solutions pour le traitement des eaux résiduaires dans de petits noyaux de population, de donner aux technologies qui:

- Présentent un coût énergétique minimum, en évitant, autant que possible, l'utilisation de dispositifs électro-mécaniques et en ayant principalement recours aux systèmes d'oxygénation naturels.
- Requièrent une maintenance et une exploitation simples.
- Garantissent un fonctionnement efficace face aux grandes variations de débit et de charge de l'effluent à traiter; phénomènes courants dans les petites communes.
- Simplifient la gestion des boues générées dans les processus d'épuration.
- Présentent un faible impact environnemental sonore et une bonne intégration dans l'environnement.



Les technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires qui réunissent ces caractéristiques sont connues sous le nom générique de « **Technologies non Conventionnelles** » (TNC). Ce type de technologies requiert des actions dont l'impact sur l'environnement est faible; elles permettent de réduire la charge polluante moyennant des coûts d'exploitation inférieurs à ceux des traitements conventionnels et des besoins de maintenance qui ne présentent pas de grandes difficultés techniques; ce qui autorise leur exploitation par du personnel non spécialisé.

Les processus qui interviennent dans les Technologies non Conventionnelles incluent nombre de ceux qui sont appliqués dans les traitements conventionnels (sédimentation, filtrage, adsorption, précipitation chimique, échange ionique, dégradation biologique, etc.), conjointement à d'autres processus propres aux traitements naturels (photosynthèse, photo-oxydation, assimilation par les plantes, etc.); mais, à la différence des Technologies Conventionnelles, dans lesquelles les processus ont lieu de manière séquentielle dans des réservoirs et des réacteurs, et à des vitesses accélérées (grâce à l'apport d'énergie), dans les Technologies non Conventionnelles on travaille à vitesse *naturelle* (sans apport d'énergie), en réalisant les processus dans un seul et unique *réacteur-système*. L'économie d'énergie est compensée par un plus grand besoin de surface.

Actuellement, pour le traitement des eaux urbaines résiduaires de petites localités, on a autant recours à l'installation de Technologies Conventionnelles que non Conventionnelles. La réalité démontre que les deux types de technologies sont valides pour l'épuration des déversements générés, mais la réalité met aussi en évidence que dans les petits noyaux de population, on doit, en raison des caractéristiques mentionnées précédemment, donner la priorité au choix de systèmes d'épuration de technologies robustes et aux coûts d'exploitation et de maintenance faibles.

Cependant, au moment d'installer ce type de technologies, on accordera une grande importance à leur "simplicité" d'exploitation et de maintenance cela n'implique pas évidemment la « simplicité » de conception; ce qui, malheureusement, a été le cas en de nombreuses occasions. Il n'a pas été accordé suffisamment d'attention à la phase de dimensionnement ni, ultérieurement, à celle de la réalisation. Ces déficiences ont eu des répercussions sur de nombreuses installations où les rendements attendus n'ont pas été atteints.

4.3. Monographies sur les technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires dans de petits noyaux de population

Dans cette section, nous présenterons de manière détaillée chacune des différentes technologies, aussi bien *Conventionnelles* que *non Conventionnelles*, qui sont actuellement les plus employées pour épurer les effluents liquides urbains générés dans les localités de petite taille; nous présenterons aussi deux procédés de *Traitement Primaire* d'utilisation courante :

- **Traitements Primaires** : *Fosses septiques et Réservoirs Imhoff*.

- **Technologies non Conventionnelles :**

- Celles qui ont recours à l'utilisation du sol comme élément épurateur.

Systèmes à application hypodermique : *Fossés Filtrants, Lits Filtrants, Puits Filtrants et Filtres de sable Intermittents enterrés.*

Systèmes à application superficielle : *Filtres Verts.*

- Celles qui simulent les conditions propres aux milieux humides naturels.

Milieux Humides Artificiels, dans leurs diverses versions : *Flux Libre et Flux Hypodermique (Vertical et Horizontal)*.

- Celles qui imitent les processus naturels d'épuration qui se produisent dans les rivières et les lacs.

Lagunages.

- Celles qui sont basées sur le filtrage des eaux à traiter à travers du charbon naturel.

Filtres de Tourbe.

- **Technologies présentant des caractéristiques intermédiaires, entre les Technologies non Conventionnelles et Conventionnelles :**

- *Lits Bactériens.*

- *Contacteurs Biologiques Rotatifs.*

- **Technologies Conventionnelles :**

- *Aérations Prolongées.*

Monographies

TRAITEMENT PRIMAIRE: FOSSES SÉPTIQUES

Les *Fosses Septiques* sont des dispositifs enterrés dans lesquels la matière organique décantable présente dans les eaux résiduaires à traiter sédimente et se minéralise.

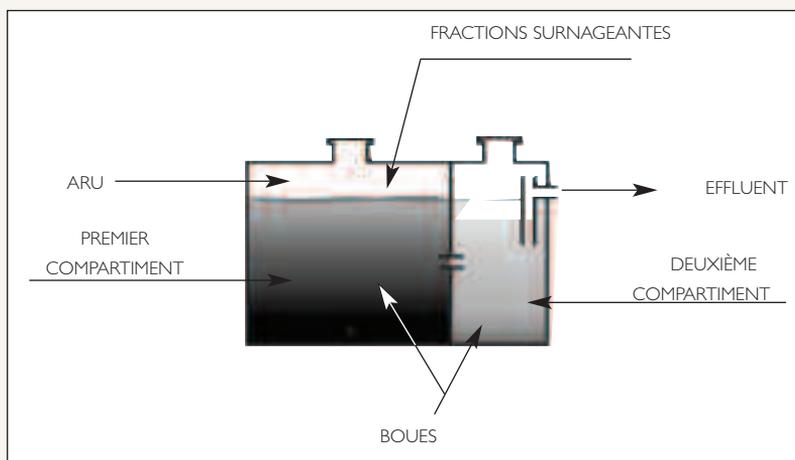
Ces dispositifs sont compartimentés. La disposition la plus courante étant celle de deux compartiments mis en série. Dans le premier, se produisent la sédimentation, la digestion et le stockage des solides en suspension de l'eau résiduaire. L'eau clarifiée passe dans un second compartiment où a lieu une sédimentation de solides et une formation de croûte, due aux matériaux ayant échappé à l'étape précédente, mais en quantité moins importante.

Dans les cas où les *Fosses Septiques* sont équipées d'un troisième compartiment, un certain *Traitement Secondaire* y est, en outre, obtenu.

Les boues retenues dans les fonds des différents compartiments, subissent des réactions de dégradation anaérobies, qui réduisent leur volume, ce qui permet à la Fosse de fonctionner durant de longues périodes sans que la purge des boues ne soit nécessaire.

Durant la dégradation anaérobie des boues décantées, les bulles de gaz produites gênent la sédimentation normale des solides présents dans les eaux résiduaires; on installe donc un second compartiment dans lequel les particules les plus légères trouvent des conditions de sédimentation plus favorables.

Schéma général d'un processus de Fosse Septique à deux compartiments



Paramètres de conception

- En règle générale, le volume total de la *Fosse Septique* oscille entre 250 et 300 l/ h.e.
- Lorsque la *Fosse Septique* est équipée de deux compartiments, il est recommandé que le premier occupe 66 % du volume total; alors que lorsqu'elle est équipée de trois compartiments, le premier n'occupera pas plus de 50 % du volume total; le volume restant étant réparti en parts égales entre le deuxième et le troisième compartiment.
- La hauteur utile de l'eau à l'intérieur des compartiments oscille entre 1,2 m et 1,7 m, un espace de sécurité de 0,3 m étant conservé dans la partie supérieure.
- La longueur totale de la Fosse doit être comprise entre deux et trois fois la largeur des compartiments..

Domaine d'application

La limite d'utilisation est établie aux alentours de 300-500 h.e. Les Fosses Septiques ne constituent pas un système de traitement des eaux urbaines résiduaires en soi et il convient donc de compléter ce mode de traitement par une autre technologie.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	50-60
DBO ₅	20-30
DCO	20-30
N	10-20
P	0-5
Coliformes Fécaux	50-75

Éléments clé du fonctionnement

Le réservoir doit demeurer hermétique.

- Il ne faut pas incorporer de surcharge de pollution organique à la Fosse.
- Il faut éviter d'y déverser de grandes quantités de graisses/huiles et de détergents et/ou d'eau de javel.
- Il est nécessaire de pomper périodiquement les boues sédimentées. La production moyenne de boues est habituellement de 0,2 m³ /hab. /an.
- Dans le cas où l'installation est équipée de grilles ou de filtres, leur nettoyage périodique est indispensable.
- Pour éviter de possibles pollutions, la Fosse doit toujours être située plus bas que les puits et les sources d'eau potable se trouvant à proximité et, au minimum, à une distance de 30 m de ceux-ci.
- Purge périodique des boues digérées et des solides flottants est indispensable.

Avantages

- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation. L'extraction périodique des boues digérées constitue la principale tâche d'exploitation.
- Facilité d'installation avec des unités préfabriquées.
- Consommation énergétique nulle.
- Faible impact visuel, installation enterrée.
- Elles constituent le traitement préalable de nombreuses Technologies non Conventionnelles.

Inconvénients

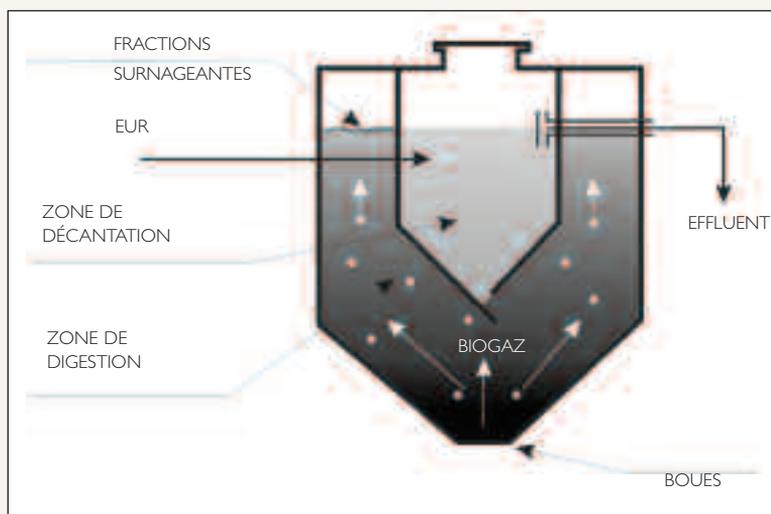
- Faibles rendements en réduction de charge organique et en abattement de pathogènes, elles requièrent donc des traitements secondaires.
- Faible stabilité face aux débits de pointe.
- Accumulation de graisses et d'huiles en surface.
- Génération de mauvaises odeurs si elles ne sont pas entretenues correctement.

TRAITEMENT PRIMAIRE: RÉSERVOIRS IMHOFF

Le *Réservoir Imhoff* est un dispositif qui permet un Traitement Primaire des eaux urbaines résiduaires par l'élimination de la matière organique en particules décantables et des objets flottants. La fraction organique des solides décantables est minéralisée par anaérobie.

Ce mode de traitement est composé d'un réservoir unique dans lequel la zone de sédimentation, située dans la partie supérieure, est séparée de celle de la digestion des solides décantés, dans la zone inférieure du réservoir. La configuration de l'ouverture par laquelle les deux zones communiquent empêche le passage de gaz et de particules de fange depuis la zone de digestion jusqu'à celle de décantation; ce qui permet d'éviter que ces gaz n'affecte la sédimentation des solides en suspension.

Schéma général d'un procédé de *Réservoir Imhoff*



Paramètres de conception

- *Zone de décantation* : elle est dimensionnée pour que le temps de rétention hydraulique au débit maximum soit de 90 minutes.
- *Zone de digestion* : pour un temps de digestion de la fange de 6 mois, la valeur habituelle pour le dimensionnement de la zone de digestion est de $0,07 \text{ m}^3 / \text{h.e.}$
- Bien que les *Réservoirs Imhoff* circulaires soient aussi construits, leur géométrie la plus courante est rectangulaire, leur longueur étant de 3 à 5 fois supérieure à leur largeur.

Domaine d'application

Le *Réservoir Imhoff* est employé comme traitement préalable aux systèmes d'application au terrain et comme *Traitement Primaire*, préalable aux *Zones Humides Artificielles*, aux *Contacteurs Biologiques Rotatifs* ou aux *Lits Bactériens*.

La limite d'application est habituellement fixée aux alentours de 300-500 habitants, cependant, il est possible d'implanter plusieurs modules. D'autre part, et étant donné qu'il ne constitue pas un système de traitement des eaux urbaines résiduaires en soi, il convient de le compléter par d'autres technologies de traitement

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	60-70
DBO ₅	30-40
DCO	30-40
N	10-20
P	0-5
Coliformes Fécaux	50-75

Éléments clé du fonctionnement

- Le *Réservoir Imhoff* doit être enterré et recouvert d'une couche de terre de 25-35 cm.
- Pour éviter de possibles pollutions, le Réservoir sera toujours situé plus bas que les puits et sources d'eau potable se trouvant à proximité et, au minimum, à une distance de 30 m de ceux-ci.
- Purge périodique des boues digérées et des solides flottants.

Avantages

- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation. L'extraction périodique des boues digérées constitue la principale tâche de son exploitation.
- Consommation énergétique nulle.
- Absence de pannes électro-mécaniques.
- Admet l'installation sous terre.
- Il est possible d'utiliser des unités préfabriquées, ce qui facilite son installation.
- Ils constituent le traitement préalable pour de nombreuses Technologies non Conventionnelles.

Inconvénients

- Rendements faibles ; des traitements complémentaires des effluents sont donc nécessaires.
- Accumulation de graisses et d'huiles en surface.
- Faible stabilité face aux débits de pointe.

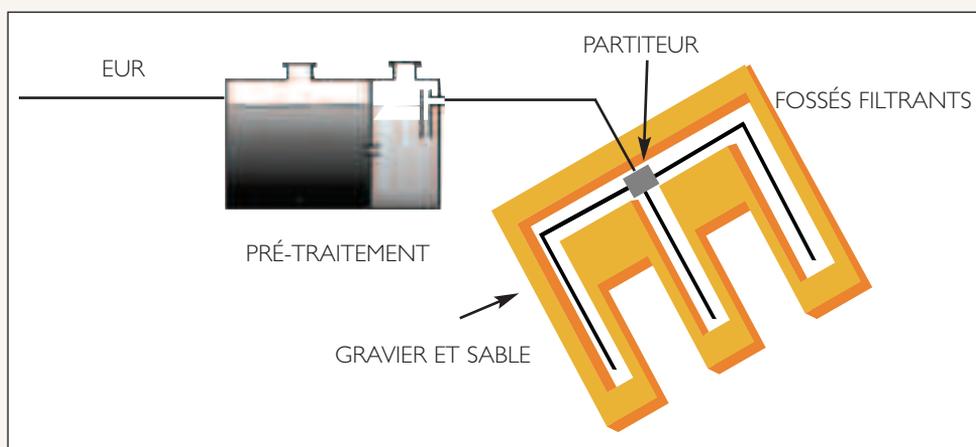
FOSSÉS FILTRANTS

Les *Fossés Filtrants* sont un système d'Application Hypodermique au Sol, pour l'épuration des eaux urbaines résiduaires.

Il s'agit de fossés de faible profondeur (< 1 m) et largeur (0,45-0,80 m), creusés dans le terrain, qui recueillent et distribuent les eaux résiduaires pré-traitées (*Fosses Septiques ou Réservoirs Imhoff*), à travers une conduite percée, placée sur une couche de sable et recouverte de graviers. Les graviers sont recouverts d'un remplissage végétal, de manière à ne pas mélanger ni boucher l'espace occupé par la couche de gravier. Dans ce cas, la surface d'infiltration est constituée par le fond du fossé, bien que dans le cas de possibles obstructions, les parois verticales peuvent aider à l'infiltration.

L'eau résiduaire pré-traitée est déchargée dans un partiteur qui permet l'alimentation alternée des différents fossés.

Vue en plan et section du procédé de Fossés Filtrants



Paramètres de conception

Paramètre	Valeur
Charge hydraulique ($m^3/m^2 j$)	0,02-0,05
Profondeur du Fossé (m)	0,50-0,70
Largeur du Fossé (m)	0,45-0,80
Longueur du Fossé (m)	< 20 ó 30
Séparation entre les axes des Fossés (m)	1,0-2,50
Séparation entre le fond et le niveau phréatique (m)	$> 0,6$ ó $1,2$
Épaisseur de la couverture (m)	$> 0,15$

Source : EPA, 1980

Domaine d'application

Les *Fossés Filtrants* sont des systèmes d'application pour le traitement des eaux urbaines résiduaires générés par des logements isolés ou dans de petits groupes de logements isolés.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	50-80
P	40-70
Coliformes Fécaux	99-99,9

Éléments clé du fonctionnement

- Caractéristiques adaptées du terrain à travers lequel s'infiltrent les effluents provenant du *Traitement Primaire*.
- Alternance des fossés en exploitation, dans le but de préserver autant que possible les conditions aéro-bies dans les zones d'infiltration.

Avantages

- Faibles coûts d'exploitation et de maintenance.
- Consommation énergétique nulle.
- Absence de pannes électro-mécaniques.
- Le contact des personnes ou des animaux avec les eaux résiduaires est évité.
- Rendements d'épuration élevés.

Inconvénients

- Leur implantation requiert une surface importante.
- La possibilité de leur application repose sur les caractéristiques du sol, principalement sur sa capacité d'infiltration et sur l'existence d'aquifères de faible profondeurs.
- Si la conception et la maintenance ne sont pas correctes, les sources souterraines peuvent être polluées.

LITS FILTRANTS

Les Lits Filtrants sont un système d'Application Hypodermique au Sol, pour l'épuration des eaux urbaines résiduaires.

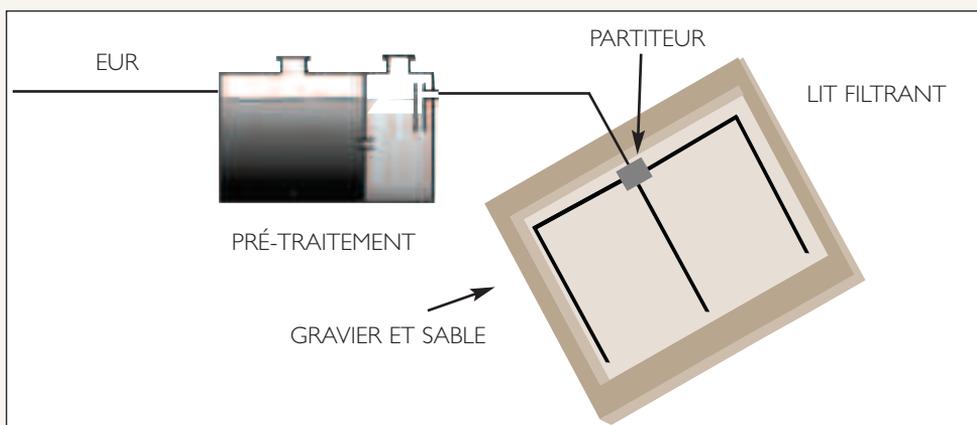
C'est un procédé similaire à celui des Fossés Filtrants, les Fossés étant plus larges (0,9-2,0 m) et devenant des lits de graviers qui reçoivent, sur leur fond, plusieurs conduites perforées.

L'application hypodermique des effluents provenant de Fosses Septiques ou de Réservoirs Imhoff au terrain est réalisée à travers des lits creusés, par lesquels les eaux se dispersent dans le sol, et s'épurent en le traversant.

On étale au fond des lits une couche de sable d'environ 5 cm d'épaisseur sur laquelle repose une couche de gravier d'environ 60 cm d'épaisseur. Une couche de terre végétale de 20 à 30 cm est étalée sur la couche de gravier.

Des drains parallèles, permettant la dispersion dans le terrain des eaux à traiter, sont introduits dans le gravier. L'eau résiduaire pré-traitée est déchargée dans un partiteur qui permet l'alimentation alternée des différents drains.

Schéma du procédé de Lits Filtrants



Paramètres de conception

Paramètre	Valeur
Charge Hydraulique ($m^3/m^2 j$)	0,02-0,05
Profondeur de la Tranchée (m)	0,50-0,70
Largeur du Lit (m)	> 0,9
Longueur du Lit (m)	< 30
Nombre de conduites par Lit	> 2
Séparation entre le fond et le niveau phréatique (m)	> 0,60 ó 1,20
Épaisseur de la couverture (m)	> 0,15

Source : EPA, 1980

Domaine d'application

Les *Lits Filtrants* sont des systèmes d'application pour le traitement des eaux urbaines résiduaires générées par des logements isolés ou de petits groupes de logements isolés.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	50-80
P	40-70
Coliformes Fécaux	99-99,9

Éléments clé du fonctionnement

- Caractéristiques adaptées du terrain par lequel s'infiltrent les effluents provenant du *Traitement Primaire*.
- Alternance des drains en fonctionnement, dans le but de préserver autant que possible les conditions aérobies dans les zones d'infiltration.

Avantages

- Pour le service d'une même population, elles requièrent une surface moins importante que les *Fossés Filtrants*.
- Faibles coûts d'exploitation et de maintenance.
- Consommation énergétique nulle.
- Absence de pannes électro-mécaniques.
- Le contact des personnes ou des animaux avec les eaux résiduaires est évité.
- Rendements d'épuration élevé.

Inconvénients

- Leur implantation requiert une surface importante.
- La possibilité de leur application repose sur les caractéristiques du sol, principalement sur sa capacité d'infiltration et sur l'existence d'aquifères de faible profondeur.
- Si la conception et la maintenance ne sont pas correctes, les sources souterraines d'approvisionnement peuvent être polluées.
- Possibilité d'obstruction plus grande qu'avec les *Fossés Filtrants*.

PUITS FILTRANTS

Les Puits Filtrants sont un système d'Application Hypodermique au Sol pour l'épuration des eaux urbaines résiduaires.

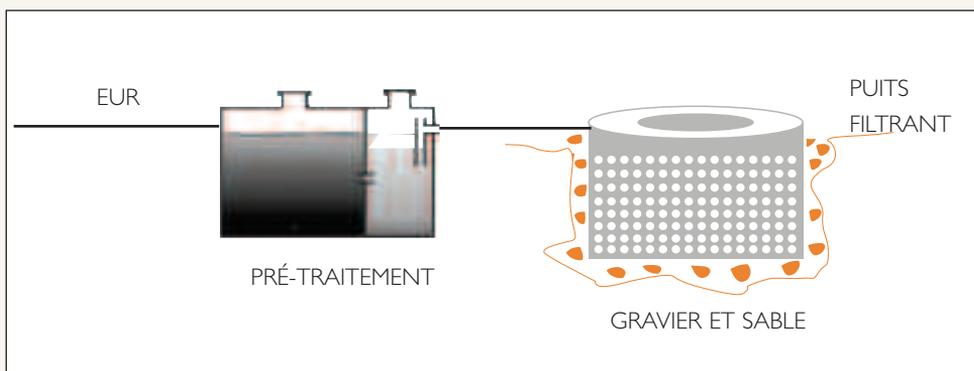
Ces systèmes sont recommandés lorsque le niveau phréatique est bas (> 4 m); dans ce cas, il est possible de construire des Puits disposant d'une grande superficie verticale par rapport à celle qu'ils occupent horizontalement.

L'intérieur de Puits est renforcé par des anneaux en béton. Une couche de graviers d'environ 20 cm d'épaisseur par laquelle les eaux à traiter se dispersent dans le terrain est disposée au fond des Puits et sur la paroi externe des anneaux.

L'eau résiduaire pré-traitée (provenant de Fosses septiques ou de Réservoirs Imhoff), est appliquée au terrain à travers la zone inférieure du Puits, les eaux se dispersant ainsi dans le sol. Lors de leur passage dans le Puits, elles sont épurées par aérobie et les particules en suspension sont retenues.

L'eau pré-traitée est déchargée dans un partiteur à partir duquel l'alimentation alternée des différents puits existants sera effectuée.

Schéma général d'un procédé de Puits Filtrants



Paramètres de conception

Paramètre	Valeur
Charge hydraulique ($m^3 / m^2 j$)	0,025-0,05
Profondeur du Puits (m)	3-6
Diamètre du Puits (m)	2,5-3,5
Séparation entre le fond et le niveau phréatique (m)	$> 1,2$
Séparation entre les axes des Puits (m)	$> 4 \varnothing$

Source : Rohuart, 1986

Domaine d'application

Les Puits Filtrants sont des systèmes d'application pour le traitement des eaux urbaines résiduaires générées par des logements isolés ou des groupes de logements isolés.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	50-80
P	40-70
Coliformes Fécaux	99-99,9

Éléments clé du fonctionnement

- Caractéristiques adaptées du terrain à travers lequel s'infiltrent les effluents provenant du *Traitement Primaire*.
- Alternance des puits en fonctionnement, dans le but de préserver autant que possible les conditions aérobies dans les zones d'infiltration.

Avantages

- Requiert une surface d'implantation moins importante que d'autres *Systèmes d'Application Hypodermique au Sol* tels que les *Fossés* et les *Lits Filtrants*.
- Faibles coûts d'exploitation et de maintenance.
- Consommation énergétique nulle.
- Absence de pannes électro-mécaniques.
- Rendement d'épuration élevé.

Inconvénients

- Si la conception et la maintenance ne sont pas correctes, les sources souterraines d'approvisionnement peuvent être contaminées.
- La possibilité de leur application repose sur les caractéristiques du sol, principalement sur sa capacité d'infiltration et sur l'existence d'aquifères de faible profondeur.

FILTRES DE SABLE INTERMITTENTS ENTERRÉS

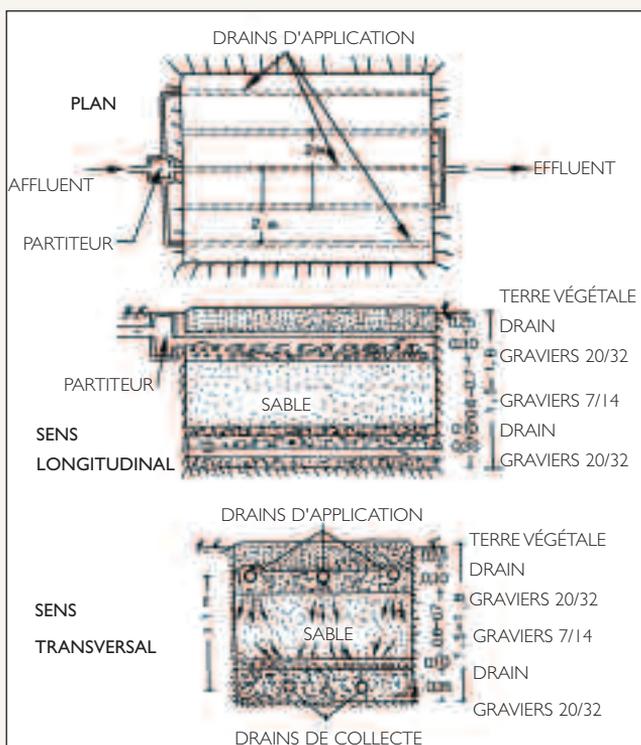
Lorsque la nature du terrain rend impossible l'application des systèmes naturels d'*Infiltration Hypodermique* (perméabilité excessive ou imperméabilité), il est possible de recourir à un système d'*Infiltration par Filtrés de Sable*.

Le *Lit de Sable* présente une épaisseur oscillant entre 0,6 et 1,0 m et repose sur une couche de gravier dans laquelle se trouvent les conduites de collecte de l'effluent épuré.

Après un pré-traitement, (normalement une *Fosse Septique* ou un *Réservoir Imhoff*), l'eau résiduaire est répartie sur la surface du filtre par l'emploi de conduites perforées.

Pour maintenir les conditions aérobies durant l'exploitation, l'eau résiduaire est appliquée dans le Filtre de manière intermittente..

Schéma du procédé de Filtrés de Sable enterrés



Source : Rohuart, 1986

Paramètres de conception

Paramètre	Valeur
Traitement préalable	Fosse Septique ou similaire
Charge hydraulique ($m^3 / m^2 j$)	< 0,040
Profondeur (cm)	60-90
Pente (%)	0,5-1,0
Dosage	Inondation du Filtre avec fréquence (> 2 fois / j)

Source : EPA, 1980

Domaine d'application

Les *Filtres de Sable Intermittents Enterrés* sont des systèmes d'application pour le traitement des eaux urbaines résiduaires générées par des logements isolés ou par de petits groupes de logements isolés.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	50-90
P	40-80
Coliformes Fécaux	99-99,9

Éléments clé du fonctionnement

- Alimentation alternée dans les cycles de fonctionnement.
- Granulométrie du milieu filtrant.

Avantages

- Faibles coûts d'exploitation et de maintenance.
- Consommation énergétique nulle.
- Absence de pannes électro-mécaniques.
- Le contact des personnes ou des animaux avec les eaux résiduaires est évité.
- Rendements d'épuration élevés.

Inconvénients

- Leur implantation requiert une surface importante.
- Si la conception et la maintenance ne sont pas correctes, les sources souterraines d'approvisionnement peuvent être polluées.
- S'ils s'obstruent, il faut en construire de nouveaux.
- Adaptation aux surcharges hydrauliques limitée.

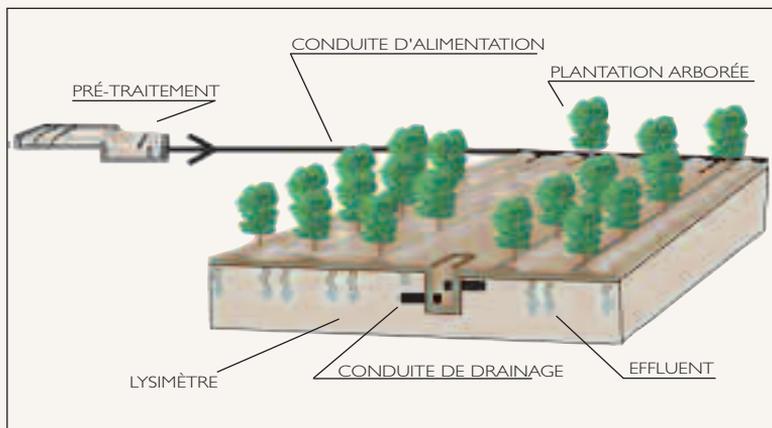
FILTRES VERTS

La technologie d'épuration des eaux résiduaires connue sous le nom de *Filtre Vert* est basée sur l'utilisation d'une surface de terrain où l'on plante une espèce forestière à laquelle l'eau résiduaire à traiter est appliquée, généralement par inondation ou par sillons.

L'espèce végétale la plus couramment employée dans les *Filtres Verts* est le peuplier noir, bien que l'on commence à travailler aussi avec l'eucalyptus.

Avec cette technologie d'épuration, les eaux épurées ne sont pas réutilisables de manière immédiate mais sont infiltrées dans le terrain et incorporées aux aquifères. Pour contrôler la qualité des eaux qui s'infiltrent, on installe une série

Schéma général d'un procédé de Filtre Vert



de lysimètres sur la parcelle où le *Filtre Vert* est implanté. Ces dispositifs permettent de recueillir des échantillons à différentes profondeurs.

L'effluent appliqué au *Filtre Vert* doit être soumis au préalable, et au minimum, à un processus de dégrossissage, de manière à éviter les obstructions dans les tubes de conduite et de répartition.

Le terrain sur lequel le filtre est implanté est subdivisé en une série de parcelles, qui sont irriguées par rotation. L'irrigation se fait généralement par ruissellement naturel.

Paramètres de conception

Pour déterminer la surface nécessaire pour l'implantation d'un système d'épuration des eaux résiduaires basé sur la technologie de *Filtre Vert*, il faut connaître la *Charge hydraulique* applicable.

La détermination de la *Charge Hydraulique* est effectuée dans le respect le plus strict des deux conditions suivantes :

- Perméabilité du sol.
- Concentration d'azote dans l'eau percolée, pour laquelle il faut réaliser un bilan entre l'apport d'azote dans le terrain, conséquence de l'application de l'eau résiduaire, et l'élimination de ce nutriment par différentes voies : phénomènes de nitrification-dénitrification, volatilisation de l'ammoniac, captage par la culture, etc.

La fréquence des arrosages oscille entre une fois tous les 4 jours pour des sols sableux et une fois tous les 14 jours pour des sols argileux; un arrosage hebdomadaire étant une valeur relativement courante.

Domaine d'application

Le rang le plus fréquent de ce type de technologie se situe en dessous de 500 h.e.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	85-95
DBO ₅	85-95
DCO	80-90
N	50-90
P	40-90
Coliformes Fécaux	99-99,9

Éléments clé du fonctionnement

- *Installation* :
 - Pour l'installation d'un Filtre Vert, un certain nombre de conditions liées au terrain et à l'eau résiduaire sont requises :
 - Bilan hydrique et des nutriments détaillés, en adoptant les conditions les plus défavorables pour évaluer besoins du terrain.
 - Des terrains présentant des caractéristiques de perméabilité et de granulométrie déterminées. Les sols argileux, sableux ou très sableux ne conviennent pas à cette technique.
 - Niveau de la nappe souterraine libre à plus de 1,5 m de la surface (bien que cette valeur doit généralement être doublée ou triplée).
 - Surface de l'ordre de 1 ha par tranche de 250 habitants, ce qui équivaut à environ 40 m²/hab, et pouvant varier de 10 à 90 m²/hab en fonction de la climatologie (principalement de la pluviométrie) et des caractéristiques du terrain.
 - L'effluent ne doit pas contenir de substances nocives pour les espèces d'arbres cultivées.
- *Maintenance et exploitation* :
 - La durée des périodes d'inondation doit être en harmonie avec le type de sol, dans le but d'éviter la formation prolongée de nappes d'eau d'infiltration qui pourraient donner lieu à des conditions d'anaérobiose.
 - Réaliser une pulvérisation trimestrielle afin d'aérer de nouveau le terrain, de briser les croûtes (principalement à proximité immédiate des bouches d'alimentation), et éliminer les broussailles et les mauvaises herbes.
 - La profondeur du travail de hersage ne doit pas dépasser 10 cm afin de ne pas endommager les racines des arbres. Cette opération ne doit jamais être réalisée au cours de la période où les arbres n'ont pas de feuilles, étant donné que c'est la végétation développée entre les arbres qui se charge de l'extraction des nutriments de l'eau résiduaire.
 - Réaliser une taille avant la pousse de printemps pour que les arbres présentent un tronc le plus droit possible.
 - Contrôler et prévenir l'apparition de possibles ravageurs qui pourraient mettre en danger la vie des arbres.
 - Suivi continu de l'ensemble du processus de fonctionnement.

Avantages

- Simplicité d'exploitation, étant donné que les tâches d'exploitation et de maintenance se limitent à l'enlèvement de résidus du *Pré-traitement*, à la rotation périodique de la parcelle à laquelle l'eau résiduaire est appliquée, et à une pulvérisation chaque trimestre dans le but de casser les croûtes qui auraient pu se former et d'aérer le terrain.
- Absence de pannes en raison de l'absence d'équipements mécaniques.
- Le système peut fonctionner sans aucune consommation d'énergie.
- Les coûts d'exploitation de la station d'épuration peuvent être partiellement financés par la commercialisation du bois produit.
- Il n'y a pas de production de boues dans le processus d'épuration.
- Intégration parfaite dans le milieu rural.
- Les rendements d'épuration atteints sont très élevés.
- Le procédé admet parfaitement les augmentations des débits d'eaux résiduaires à traiter, dus aux augmentations de la population en été.
- Absence d'odeurs.

Inconvénients

- L'implantation exige une grande surface de terrain (la plus grande de toutes les *Technologies non Conventielles*); son coût d'implantation est donc directement en rapport avec le prix du terrain.
- Elle requiert des terrains pas trop escarpés, d'une certaine capacité de filtrage et ne présentant pas d'aquifères à faible profondeur.
- Elle n'est pas applicable dans les zones où la pluviométrie est élevée.

MILIEUX HUMIDES ARTIFICIELS

Les Milieux Humides Artificiels sont des systèmes d'épuration constitués par des bassins ou des canaux peu profonds (normalement moins de 1 m), couverts de plantes propres aux zones humides (macrophytes aquatiques) et dans lesquels les processus d'épuration sont exécutés de manière simultanée par des actions physiques, chimiques et biologiques.

L'effluent appliqué au système subit habituellement un *Dégrossissement et un Traitement Primaire* (généralement dans des *Réservoirs Imhoff* ou des *Fosses Septiques*).

Les Milieux Humides Artificiels peuvent aussi être utilisés pour restaurer des écosystèmes, et l'épuration peut donc constituer un objectif secondaire.

Types de procédés

- *Milieu Humide Artificiel à Flux Libre (FL)*. Il est habituellement utilisé comme *Traitement Avancé* des eaux résiduaires. Il est composé d'un ensemble d'étangs ou de canaux parallèles, avec de la végétation émergente et des niveaux d'eau peu profonds (0,1-0,6 m). L'alimentation est généralement réalisée de manière continue.
- *Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Horizontal (FHH)*. Il peut être utilisé comme *Traitement Secondaire ou Avancé*. L'eau résiduaire dégrossie et ayant subi un *traitement Primaire*, s'écoule horizontalement à travers un environnement poreux (gravillons, gravier), confiné dans un canal imperméable couvert de végétation émergente, de préférence du roseau sauvage. L'alimentation est réalisée de façon continue.
- *Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Vertical (FHV)*. Il peut être employé comme *Traitement Secondaire ou Avancé*. L'eau résiduaire dégrossie ayant subi un *traitement Primaire*, s'écoule verticalement à travers un environnement poreux (sable, gravillons), et elle est recueillie dans un réseau de drainage situé dans le fond du Milieu Humide, qui communique avec des cheminées d'aération.

Schéma général du procédé de Milieu Humide Artificiel à Flux Libre (FL)

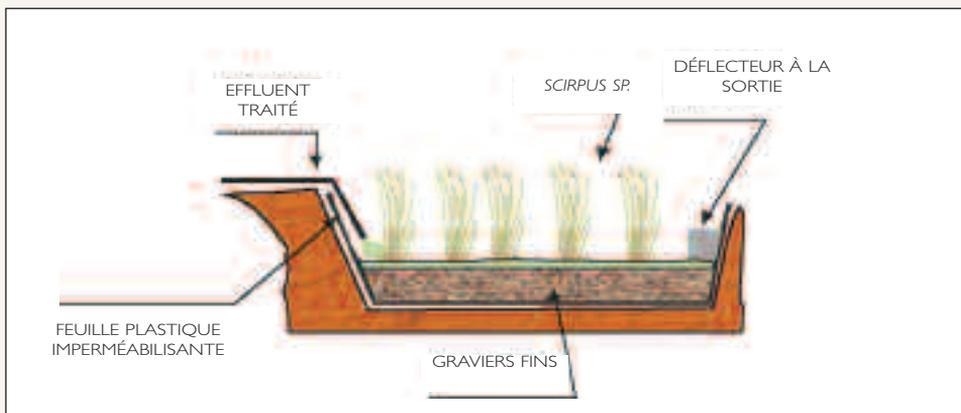
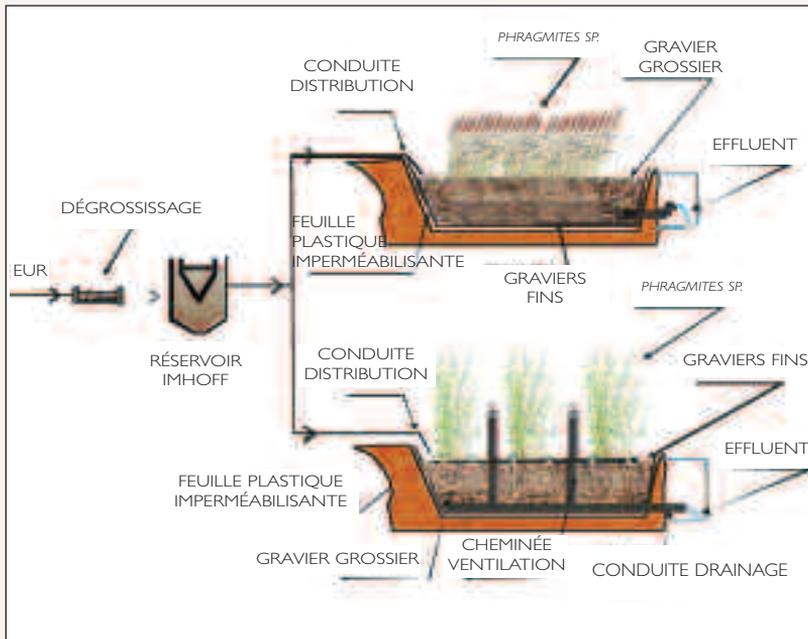


Schéma général du procédé de Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Horizontal (FHH)et à Flux Hypodermique Vertical (FHV)



Paramètres de conception

Paramètre	Humidité de Flux Libre
Temps de rétention hydraulique (j)	4-15
Profondeur de l'eau (m)	0,1-0,6
Charge organique (kg DBO/ha j)	< 67
Charge hydraulique (m ³ /m ² j)	0,014-0,046
Surface spécifique (ha/10 ³ m ³ j)	7,1-2,2

Paramètre	Humidité de Flux Milieu Hypodermique Horizontal	Humidité de Flux Milieu Hypodermique Vertical
Charge organique (g DBO ₅ /m ² j)	10-15	20-30
Profondeur moyenne du substrat (m)	0,3-0,6	0,8-1,0
Granulométrie du substrat actif (mm)	5-12	2-6

Domaine d'application

Le rang d'application le plus fréquent de ce type de technologies se situe en dessous de 2000 h.e.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	35-50
P	20-35
Coliformes Fécaux	99-99,9

Éléments clé du fonctionnement (Milieu Humide à Flux Hypodermique)

- *Mise en marche* :
 - L'alimentation du Milieu Humide Hypodermique Horizontal débutera une fois que la plantation sera terminée afin d'en favoriser la croissance.
 - Périodiquement, le niveau de formation des nappes d'eau d'infiltration du substrat sera abaissé en modifiant la hauteur du point de sortie des effluents épurés, dans le but de forcer les plantes à développer leurs racines plus rapidement.
 - Quelques années après la plantation, on procédera à l'élévation du niveau de formation des nappes d'eau d'infiltration, jusqu'à ce qu'il se trouve légèrement en dessous de la surface du substrat, de manière à ce qu'il ne se forme pas de flaques sur celui-ci.
- *Maintenance et exploitation* :
 - Opérations de maintenance de *Déversoirs, Bypass et Pré-traitement*.
 - Nettoyage périodique des systèmes de distribution en tête des canaux.
 - Éviter l'entrée dans la SEER d'animaux se nourrissant des plantes du *Milieu Humide*.
 - Éviter, autant que possible, de marcher sur le substrat du *Milieu Humide*, afin de ne pas le compacter et d'en diminuer la conductivité hydraulique.
 - Réaliser la coupe des plantes sèches une fois que leur période végétative est terminée.
 - Éliminer, particulièrement durant les premiers mois d'exploitation, les mauvaises herbes qui pourraient être en compétition avec les plantes du *Milieu Humide*.
 - Contrôle de l'apparition de maladies des plantes du Milieu Humide.
 - Si l'on dispose de Réservoirs Imhoff ou de *Fosses Septiques en tête de l'installation*, on doit faire une extraction périodique des boues accumulées.
 - Suivi continu de l'ensemble du processus d'exploitation.
- *Les problèmes les plus fréquents et leur solution* :
 - Dans un *Milieu Humide à Flux Hypodermique*, le colmatage du substrat peut constituer le principal problème. Par conséquent, si celui-ci a été correctement sélectionné, il faudra chercher la principale cause de colmatage ayant entraîné le mauvais fonctionnement des traitements préalables. Il est recommandé de suspendre l'alimentation durant environ deux semaines.

- En hiver il est normal que les feuilles et les tiges meurent. Si cela se produisait à une autre époque de l'année, et n'était pas dû au manque d'eau, la cause pourrait être la présence de substances toxiques dans les eaux à épurer.

Avantages

- Simplicité d'exploitation qui se limite à l'enlèvement des résidus du *Pré-traitement* et à la coupe et au ramassage de la végétation après qu'elle ait séché.
- Absence de pannes en raison de l'absence d'équipements mécaniques.
- Le système peut fonctionner sans aucune consommation d'énergie.
- Systèmes flexibles et peu sensibles aux changements de débits et de charge.
- La biomasse végétale agit comme un isolant du sédiment; ce qui assure l'activité microbienne durant toute l'année.
- Dans les *Milieus Humides Artificiels à Flux Hypodermique*, comme l'eau circule en dessous de la surface du substrat, il n'y a pas de génération de mauvaises odeurs ni de prolifération de moustiques.
- Aucun Impact sonore sur l'environnement .
- Ne provoque pas d'odeurs.
- Intégration parfaite dans le milieu rural.
- Création et restauration de zones humides pour favoriser la biodiversité, l'éducation environnementale et les zones de loisirs.

Inconvénients

- L'implantation exige une plus grande surface de terrain que les *Technologies Conventionnelles* d'épuration (environ 5 m² /h.e.).
- Génération de boues lors du traitement primaire; bien que si l'on utilise des *Réservoirs Imhoff* ou des *Fosses Septiques*, l'enlèvement de ces boues est espacé dans le temps.
- 2 à 3 saisons de croissance des plantes sont nécessaires pour atteindre des rendements maximums.
- Pertes de débit par évapo-transpiration, avec augmentation de la salinité dans les effluents épurés.
- Dans les *Milieus Humides Artificiels à Flux Libre*, comme l'eau circule au dessus de la surface du substrat, il y a prolifération de moustiques.

LAGUNAGES

La technologie d'épuration des eaux résiduaires connue sous le nom générique de *Lagunage*, se caractérise par la reproduction dans des bassins construits à cet effet des phénomènes d'auto-épuration qui se produisent de manière naturelle dans les rivières et les lacs.

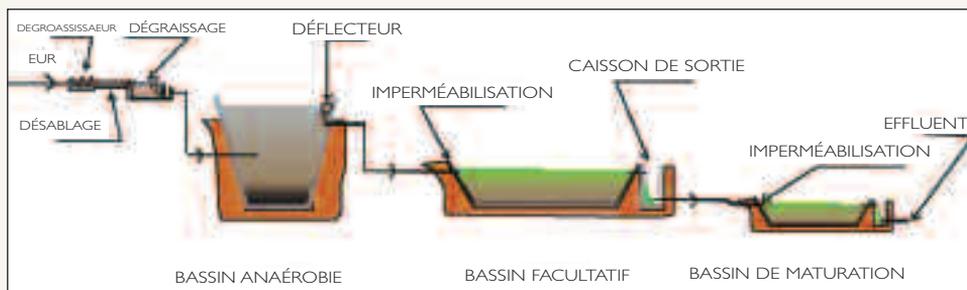
Types de Bassins

Il existe principalement trois types de bassins :

- *Bassins Anaérobies*. En raison de la charge organique élevée qu'elles supportent, les conditions d'absence d'oxygène, sont impératives; par conséquent, les micro-organismes qui y prolifèrent sont presque exclusivement des bactéries anaérobies. Leur profondeur oscille entre 3 m et 5 m.
- *Bassins Facultatifs* : Ils se caractérisent par trois strates clairement différenciées : une strate inférieure anaérobie, la strate supérieure aérobie, et une strate intermédiaire dans laquelle se produisent des conditions très variables et où les bactéries de type facultatifs, qui donnent leur nom à ce type de bassin, prédominent. Leur profondeur oscille habituellement entre 1,5 m et 2 m.
- *Bassins de maturation* : ils supportent de faibles charges organiques et présentent des conditions propices à la pénétration des rayons lumineux ce qui autorise un développement de micro-algues. Ils sont bien oxygénés ce qui permet un développement important de micro-organismes aérobies. Leur profondeur est habituellement comprise entre 0,8 m et 1 m.

Le système de Lagunage, qui pourrait être catalogué comme classique, est composé d'un système de Pré-traitement (*Grilles de Dégrossissage, Désableur et Dégraisseur*), suivi, en série, des trois types de Bassins précédemment décrits : *Anaérobies, Facultatifs et de Maturation*.

Schéma général d'un procédé de Lagunage



Paramètres de conception

Pour la conception du système de Lagunage, il existe une grande variété de méthodes, ce qui reflète les multiples conditions dans lesquelles ces systèmes ont été utilisés (différents types d'alimentation, de situation géographique, de conditions climatiques, etc.). Les Bassins qui intègrent ce système sont dimensionnés en fonction des recommandations suivantes :

Paramètre	B. Anaérobie	B. Facultatif	B. Maturation
Temps de rétention (j)	2-3	20-30	5
Charge volumétrique (g DBO ₅ /m ³ j)	150-200	-	-
Charge organique de surface (kg DBO ₅ /ha.j)	-	< 100	< 100
Profondeur (m)	3-5	1,5-2	0,8-1

Source : *Compilation bibliographique*

Domaine d'application

Le rang d'application le plus fréquent de ce type de technologie se situe en dessous de 2 000 h.e.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction		
	B. Anaérobie	B. Facultatif	B. Maturation
SS	50-60	0-70	40-80
DBO ₅	40-50	60-80	75-85
DCO	40-50	55-75	70-80
N	5-10	30-60	40-80
P	0-5	0-30	30-60
Coliformes fécaux	30-70	99,5-99,8	99,9-99,99

Les rendements sont déterminés par rapport aux eaux résiduaires influentes.

Éléments clé du fonctionnement

- *Mise en marche* :
 - Le début de fonctionnement du *Lagunage* peut être problématique étant donné que les micro-organismes responsables de l'épuration n'apparaissent pas spontanément et ont besoin d'une période plus ou moins longue en fonction des conditions environnementales.
 - Essayer de mettre le système de *Lagunage* en marche au printemps ou au début de l'été car à cette époque, la vitesse de croissance des micro-organismes est plus élevée.
 - La mise en marche du système doit être réalisée de manière séquentielle; en premier lieu, on habilitera les *Bassins Anaérobies*, puis les *Bassins Facultatifs* et, enfin, les *Bassins de Maturation*.
 - Il faudra attendre un certain temps dans chacun des bassins pour que les conditions propres à l'écosystème qui doit s'y développer soient réunies : conditions anaérobies (*Bassin Anaérobie*) et développement de micro-algues (*Bassin Facultatif*).
- *Maintenance et exploitation* :
 - Opérations de maintenance de *Déversoirs*, *Bypass* et *Pré-traitement*.
 - *Bassins Anaérobies* :
 - Retrait périodique des objets flottants de la surface des *Bassins*.
 - Purge de boues accumulées au fond des *Bassins* en exploitation, avec une périodicité de 5 à 10 ans.
 - Révision des talus et réparation des dommages y ayant été provoqués.
 - Si les *Bassins* sont imperméabilisés à l'aide d'un film plastique et que des ouvertures y sont détectées, celles-ci doivent être réparées immédiatement.

- *Bassins Facultatifs et de Maturation :*

Dans les installations où les effluents de l'étape anaérobie sont unifiés dans des caissons, depuis lesquels ils sont envoyés aux Bassins Facultatifs, il faut extraire régulièrement les sédiments et les solides flottants accumulés dans les caissons et vérifier le fonctionnement et l'étanchéité des vannes. Les mêmes opérations devront être réalisées dans les caissons qui conduisent les effluents des Bassins Facultatifs vers les Bassins de Maturation.

Retirer périodiquement les solides flottants qui apparaissent à la surface des Bassins.

Les talus de terre et les films d'imperméabilisation requièrent les mêmes travaux de maintenance que ceux indiqués pour les Bassins Anaérobies.

Il faut empêcher la croissance de la végétation spontanée dans les Bassins non imperméabilisés et dans les zones des talus.

- Suivi continu de tout le procédé d'exploitation du système de Lagunage.

- *Les problèmes les plus fréquents et leur solution :*

- Les types d'anomalies qui peuvent se présenter dans un système de Lagunage peuvent être dus à des problèmes inhérents à l'effluent (débit ou composition) ou à des problèmes dérivés d'une mauvaise maintenance et exploitation.

- Une augmentation excessive de débit peut provoquer des diminutions dans les rendements d'épuration. Si l'on augmente le nombre de Bassins Anaérobies en fonctionnement, on corrige l'impact sur l'étape anaérobie. Si les Bassins Facultatifs et de Maturation sont uniques, la hauteur de la nappe d'eau peut être modifiée et le temps de rétention dans celles-ci ainsi augmenté. Si cela n'est pas faisable, la seule solution est de dériver l'excès de débit vers la sortie de l'étape anaérobie.

- Des augmentations excessives de la charge organique conduisent à des surcharges dans les Bassins, entraînant le dégagement de mauvaises odeurs dans les Bassins Anaérobies et la variation de la coloration du verdâtre au marron-rose, la présence de bouillonnement et la génération de mauvaises odeurs dans les Bassins Facultatifs et de Maturation. La solution à ces problèmes consiste à diminuer l'alimentation des Bassins totalement jusqu'à obtenir le rétablissement des conditions initiales.

Avantages

- Faible coût de l'investissement, surtout si le terrain est suffisamment imperméable et facile à construire.
- Consommation d'énergie nulle, si l'eau à traiter peut parvenir à la station d'épuration par gravité.
- Absence de pannes en raison de l'absence d'équipements mécaniques.
- Maintenance faible et simple, qui se limite à retirer les résidus du Pré-traitement et à maintenir la surface des Bassins libre de solides flottants afin d'éviter la prolifération de moustiques.
- Faible production de fanges qui subissent une forte minéralisation en conséquence des temps importants de rétention avec lesquels il est travaillé; ce qui en facilite énormément la manipulation et l'évacuation.
- Grande inertie; ce qui permet une adaptation facile aux changements de débit et de charge organique.
- Pouvoir d'abattement de micro-organismes pathogènes élevé.

Inconvénients

- Pour l'implantation de Bassins Facultatifs et de Maturation, de grandes étendues de terrain sont nécessaires.
- Étant donné la forte dépendance des conditions climatiques, l'implantation de ce système d'épuration peut être limitée dans les zones froides ou à faible radiation solaire.
- Dans le cas des Bassins Anaérobies , des odeurs désagréables sont dégagées, il est donc indispensable de les implanter dans des lieux éloignés des zones habitées.
- Récupération lente en cas de détérioration du système biologique.
- Effluent contenant une quantité importante de solides en suspension (micro-algues).
- Pertes d'eau par évaporation.

FILTRES DE TOURBE

Ce système d'épuration est basé sur la filtration de l'eau urbaine résiduaire à travers des lits qui utilisent de la *tourbe* comme matière filtrante. La *tourbe* est un type d'humus qui se forme dans les conditions anaérobies propres aux milieux saturés en eau.

Les Filtres de Tourbe sont composés d'enceintes dans lesquelles une série de couches filtrantes est disposée et dont la composition, du haut vers le bas, est habituellement : tourbe, sable, gravillons et graviers. L'action d'épuration est réalisée dans la couche de tourbe, alors que les autres strates n'ont pas d'autre fonction que celle de retenir la couche immédiatement supérieure.

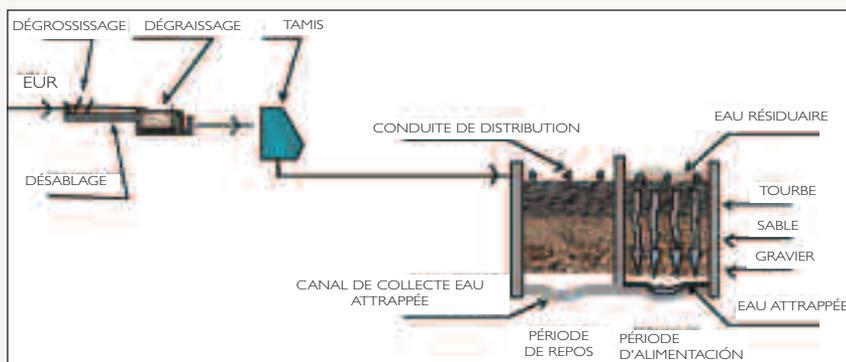
L'effluent appliqué aux *Filtres de Tourbe* doit être préalablement soumis à des processus de *dégrossissage* et d'*élimination de graisses*. De même, pour éviter un colmatage rapide des pores de la tourbe, il convient de faire passer l'effluent au préalable à travers des tamis ou qu'il soit soumis à une décantation-digestion. Cette technologie d'épuration étant basée sur des processus de filtration, toutes ces opérations revêtent donc une grande importance.

Après le *Pré-traitement*, les *Filtres* sont alimentés au moyen d'une série de conduites qui répartissent l'eau, de la manière la plus homogène possible, sur la surface des *Lits de Tourbe*.

Les *Filtres* fonctionnent de manière séquentielle, les uns étant en fonctionnement alors que les autres sont en cours de régénération, cette situation étant modifiée périodiquement. La durée des cycles de fonctionnement oscille entre 10 et 12 jours.

Après son passage par la tourbe, le sable, les gravillons et le gravier, l'effluent est recueilli dans des canaux ou des conduites de drainage, depuis lesquels il est conduit jusqu'à la sortie.

Schéma général d'un procédé de Filtres de Tourbe



Paramètres de conception

Paramètre	Valeur
Charge hydraulique ($m^3/m^2 \cdot j$)	0,6
Charge organique ($kg \text{ DBO}_5/m^2 \cdot j$)	0,3
Charge de solides ($kg \text{ SS}/m^2 \cdot j$)	0,24
Durée des cycles (j)	10-12
Rapport surface totale/surface active	2:1

Source : CENTA

Le principal paramètre des *Filtres de Tourbe* est la *Charge hydraulique*. La valeur recommandée de 0,6 m³/m².j a été obtenue à partir d'expériences menées avec des eaux résiduaires ayant des teneurs en DBO₅ et en Solides en suspension respectivement de 500 et de 400 mg/l. Par conséquent, dans les cas où l'on partirait d'eaux plus chargées, dont les valeurs de *Charge organique* et de *Charge de Solides* dépasseraient les valeurs recommandées, il faudrait fonctionner avec des *Charges hydrauliques* inférieures à celles recommandées.

En ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques que les tourbes destinées au traitement des eaux urbaines résiduaires doivent réunir, le tableau suivant recueille les valeurs admissibles des différents paramètres à considérer:

Paramètre	Valeur
pH (extrait 1:5)	6 – 8
Conductivité (extrait 1:5) (dS/cm)	< 5
Humidité (%)	50 – 60
Cendres (%)	40 - 50
Matières Organique par calcination (%)	50 - 60
Extrait Humique Total (%)	20 - 30
Acides Humiquess (%)	10 - 20
Capacité d'échange ionique (meq/100 g)	> 125
Rapport C/N	20 – 25
Azote Kjeldhal (% N)	1,2 – 1,5
Fer (ppm)	< 9000
Conductivité hydraulique (l/m ² h)	25

Note : exception faite du pH, de la Conductivité et de l'Humidité, les données font référence à de la matière sèche

Source : CENTA

Domaine d'application

Le rang d'application le plus fréquent de ce type de technologie se situe en dessous de 2 000 h.e.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	75-85
DCO	70-80
N	30-50
P	15-35
Coliformes Fécaux	90-99

Éléments clé du fonctionnement

- *Mise en marche :*
 - Une fois que le nombre de *Filtres* stipulé dans le projet aura été mis en service, il suffira de permettre l'entrée des eaux résiduaires à traiter dans les différents éléments intégrant le *Pré-traitement* et ensuite dans les lits filtrants, aucune attente n'étant nécessaire.
 - Si, comme étape préalable, on a recours à un *Lagunage Anaérobie*, la mise en marche de ce dernier sera effectuée en remplissant les bassins, qui ont besoin de 4 à 5 jours pour établir les conditions d'anaérobiose (obscurcissement de l'eau et apparition de bouillonnement dans la masse liquide). Ultérieurement, on continuera à alimenter l'étape anaérobie avec le débit de conception, en employant l'effluent des *Filtres de Tourbe*.
- *Maintenance et exploitation :*
 - Opérations de maintenance de *Déversoirs, Bypass et Pré-traitement*.
 - Comme étape préalable aux *Filtres de Tourbe*, il est recommandé de soumettre l'eau à traiter à un processus de tamisage, en ayant généralement recours à l'utilisation de *Tamis Statiques Auto-nettoyants*, d'une taille de passage d'environ 1 mm, ainsi qu'à un processus de dégraissage. Dans certaines installations de *Filtres de Tourbe*, on remplace les opérations de *Tamisage et de Dégraissage* par un *Lagunage Anaérobie, Fosse Septique ou Réservoir Imhoff*, qui doivent être convenablement entretenus et exploités pour fonctionner correctement.
 - Les *Filtres de Tourbe* doivent fonctionner de manière échelonnée, pendant que les uns fonctionnent, les autres doivent être mis au repos.
 - Les *Filtres* au repos doivent être séchés, il se formera alors une croûte qui devra être retirée du *Filtre* à la fin de l'opération de séchage. Le temps de séchage varie avec les conditions météorologiques. Les *Filtres* doivent être préparés pour un nouveau cycle de fonctionnement.
 - Remplacement périodique de la tourbe jusqu'à l'épaisseur recommandée. La perte d'épaisseur de la couche de tourbe en un an est d'environ 2 cm.
 - Suivi continu de l'ensemble du processus d'exploitation.
- *Les problèmes les plus fréquents et leurs solutions :*
 - La création de chemins préférentiels dans la tourbe peut entraîner des déficiences de la qualité de l'épuration, afin d'éviter ce problème, il est recommandé d'effectuer correctement les tâches de défrichage et de ratissage.
 - Un mauvais fonctionnement du *système de distribution* de l'eau aux unités en fonctionnement peut entraîner un colmatage rapide des *Filtres*. Il faut parvenir à la distribution correcte de l'eau à traiter entre les *Filtres* en fonctionnement.

Avantages

- Simplicité de fonctionnement, étant donné que les tâches d'exploitation et de maintenance se limitent à la régénération des lits épuisés (tous les 10-12 jours); il faut donc une fois que leur surface est sèche, procéder par ratissage, à l'élimination de la croûte superficielle et la scarification de la surface.
- Absence de pannes en raison de l'absence d'équipements mécaniques, l'installation pouvant fonctionner sans apport énergétique.
- Il n'y a pas de production de boues mais d'une croûte sèche, facile à manipuler.
- Capacité de tolérance des oscillations de débit et de charge à traiter.
- Implantation requérant peu de terrain.
- Bonne intégration dans l'environnement naturel.

Inconvénients

- Dépendance des conditions pluviométriques, qui influent sur les temps nécessaires pour le séchage de la croûte superficielle et, par conséquent, affectent la surface de lits nécessaire. Une pluviométrie très élevée empêche l'implantation de cette technologie.
- Besoin de main d'oeuvre plus important qu'avec d'autres Technologies non Conventionnelles car, à la fin de chaque cycle de filtrage, il faut procéder à la régénération des filtres épuisés.
- Nécessité de procéder au changement de la tourbe tous les 6 à 8 ans de fonctionnement.

LITS BACTÉRIENS

Les Lits Bactériens, aussi connus sous le nom de Filtres Percolateurs, sont formés d'une cuve, ou réservoir; où est placé un remplissage de grande surface sur lequel une pellicule biologique est déroulée. L'eau résiduaire est distribuée de manière homogène par la partie supérieure du remplissage et traverse le lit filtrant par goutte à goutte. La ventilation du Lit (apport d'oxygène pour l'oxydation de la matière organique), se produit à travers des fenêtres situées dans la partie inférieure du réservoir. Cette ventilation s'effectue de manière naturelle, par l'effet de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du Lit.

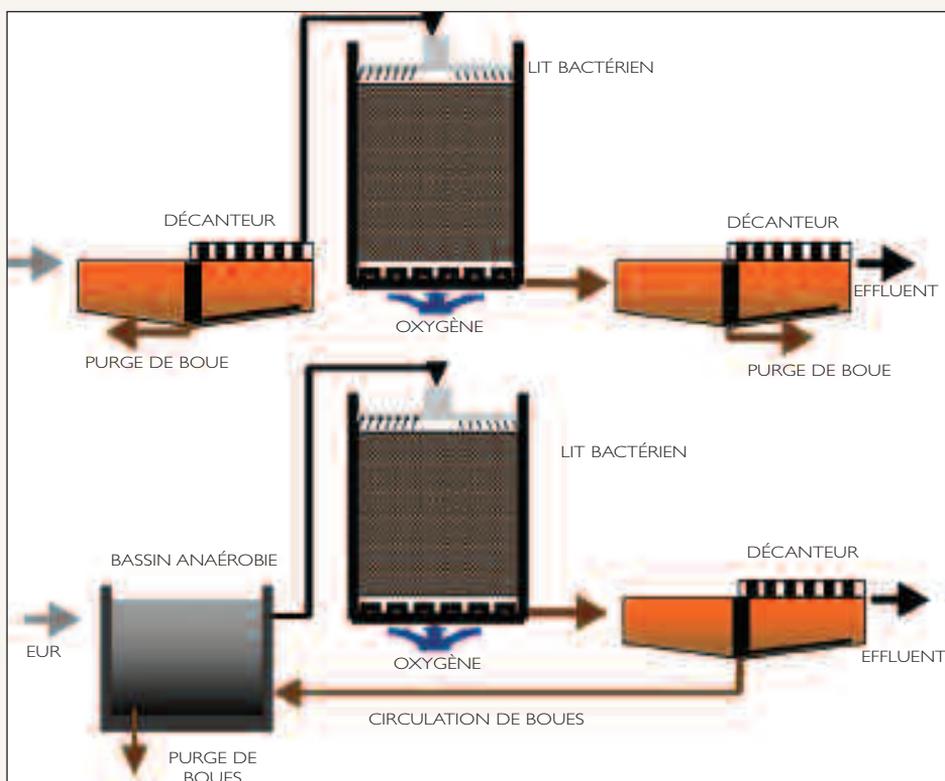
L'eau traitée et les flocules bactériens qui se détachent du support sont recueillis par la partie inférieure du système et envoyés à un Décanteur Secondaire où les effluents épurés sont séparés des boues générées lors du processus.

Actuellement, pour le remplissage, c'est l'emploi de matériaux plastiques, sur lesquels se développe la pellicule bactérienne, qui s'impose.

Il convient de faire une distinction entre les Lits Bactériens :

- À charge faible : dispositifs d'épuration simples avec lesquels on obtient des effluents stables et hautement nitrifiés. Ils peuvent absorber de grandes variations de charge dans l'eau résiduaire brute et atteignent des rendements élevés d'élimination de charge organique.
- À charge élevée : la circulation est nécessaire; elle peut être réalisée avec l'effluent final du système ou avec l'effluent du Lit lui-même. Les objectifs de cette circulation sont : réalisation de l'auto-nettoyage du Lit, ensemencement des eaux résiduaires avec des micro-organismes avant leur entrée dans le Lit, et dilution de la concentration des eaux résiduaires.

Schéma général du procédé de Lits Bactériens, avec Traitement Primaire (Décanteur Primaire) ou Bassin Anaérobie



Les stations conçues pour fonctionner avec des systèmes de Lits Bactériens diffèrent peu dans leur schéma de conception de celles qui emploient des Technologies Conventionnelles. Les traitements préalables (Dégrossissage, Dessablage, Dégraissage) et Primaires (Décanteurs Primaires) sont similaires, bien que dans les petites installations, le Traitement Primaire peut être remplacé par des systèmes de Tamisage, Réservoirs Imhoff ou Bassins Anaérobies. Les Bassins Anaérobies ou les Réservoirs Imhoff peuvent être utilisés, à leur tour, pour la stabilisation des boues provenant des Décanteurs Secondaires.

Paramètres de conception

Paramètres	Charge faible	Charge moyenne	Charge élevée
Charge organique (kg DBO ₅ /m ³ j)	0,08-0,4	0,25-0,50	0,50-0,90
Charge hydraulique (m ³ /m ² j)	1,2-3,5	3,5-9,4	9,4-37,5
Rapport de circulation	0	0-1	1-2

Domaine d'application

Le rang d'application le plus fréquent de ce type de technologie se situe en dessous des 5 000 h.e.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	20-35
P	10-35
Coliformes Fécaux	80-90

Éléments clé du fonctionnement

- *Mise en marche* :
 - Pour le démarrage du processus de fonctionnement du *Lit Bactérien*, il est nécessaire de procéder à l'alimentation continue du Lit avec les eaux résiduaires provenant de la *Décantation Primaire* ou, le cas échéant, du *Lagunage Anaérobie*.
 - Observer qu'au bout de 2 à 3 semaines, une pellicule biologique se forme sur le matériau plastique utilisé comme remplissage.
 - Si l'on a recours à un *Lagunage Anaérobie* comme étape préalable, il faudra remplir le bassin et suspendre son alimentation durant 4 à 5 jours, jusqu'à ce que l'on observe l'instauration des conditions d'anaérobiose. Ultérieurement, on continuera l'alimentation de l'étape anaérobie avec le débit de conception, en utilisant son effluent comme influent du Lit Bactérien.
- *Maintenance et exploitation* :
 - Opérations de maintenance de *Déversoirs, Bypass, Pompage et Pré-traitement*.

- Vérification de l'état de fonctionnement du *Décanteur Primaire*. Les rendements habituels d'un *Décanteur Primaire* sont :

Paramètre	% élimination
Solides décantables	90-95
Solides en Suspension	40-60
DBO ₅	25-35

- Dans les cas où la *Décantation Primaire* est remplacée par un *Lagunage Anaérobie*, l'étape anaérobie requiert des opérations de maintenance et d'exploitation qui ont déjà été mentionnées dans la monographie traitant du système de *Lagunage*.
- Vérification de l'état de fonctionnement du *Lit Bactérien*, en contrôlant, entre autres aspects, l'alimentation en eau du . Celui-ci ne doit pas rester sans alimentation durant des périodes prolongées, car cela pourrait entraîner une détérioration de la biomasse des couches supérieures et un abaissement du rendement d'épuration.
- Vérification de l'état de fonctionnement des *Décanteurs Secondaires*.
- Maintenance électromécanique adaptée.
- Suivi continu de l'ensemble du processus d'exploitation.
- *Les problèmes les plus fréquents et leur solution :*
 - Dans le cas où la SEER disposerait de *Lagunage Anaérobie* comme étape préalable aux Lits bactériens et si l'on travaille avec des charges très différentes de celles du projet, des anomalies pour charge insuffisante ou surcharge du système peuvent se produire; il faudra alors ajuster la charge entrante à celle du projet.
 - L'observation de bouillonnement à la surface des *Décanteurs* indique une présence élevée des boues décantées; il faut donc augmenter les purges des *Décanteurs*.
 - Si l'on observe un détachement excessif de la biopellicule adhérent au support, il est possible que cela soit dû à la présence de toxiques, inhibiteurs de la croissance bactérienne ou à une charge hydraulique excessive.
 - Si l'on observe des réductions des rendements d'épuration, celles-ci peuvent être dues à un abaissement de la température ambiante, des surcharges hydrauliques et/ou organiques, ou à des altérations des caractéristiques habituelles des eaux résiduaires, etc.

Avantages (par rapport aux Technologies Conventionnelles)

- Consommation d'énergie moins importante.
- Le contrôle de l'oxygène dissous et des solides en suspension dans le Réacteur Biologique n'est pas nécessaire. Ce qui rend l'exploitation plus simple.
- Il ne se forme pas d'aérosols, ce qui évite que les ouvriers inhalent des micro-gouttes.
- Faible niveau de bruits en raison de la faible puissance installée.

Inconvénients (par rapport aux Technologies non Conventionnelles)

- Les coûts d'installation sont élevés en raison du coût du remplissage plastique.
- Génération, lors du processus, de boues qui doivent être stabilisées.

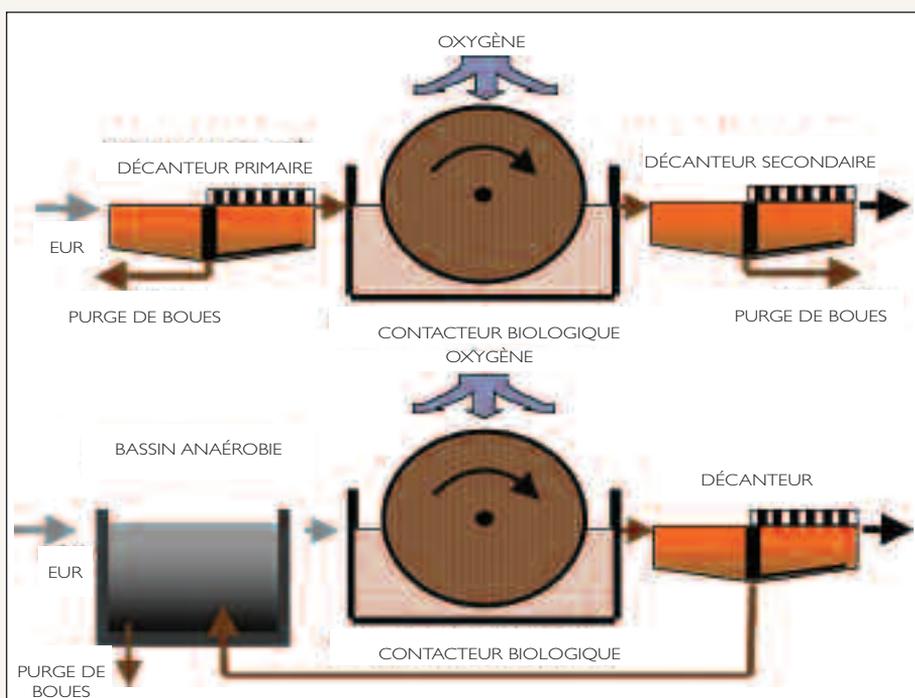
CONTACTEURS BIOLOGIQUES ROTATIFS

Les *Contacteurs Biologiques Rotatifs* (CBR), sont des systèmes de traitement dans lesquels les micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique sont adhérents à un matériau de support qui tourne, semi-submergé, dans l'eau à épurer. De cette manière, la biomasse est alternativement mise en contact avec l'eau résiduaire à traiter et l'oxygène de l'atmosphère.

Parmi les CBR, il convient de distinguer entre :

- *Biodisques* : le support pour la fixation bactérienne est composé par un ensemble de disques de matière plastique de 2 à 4 m de diamètre. Les disques sont maintenus parallèles et à peu de distance les uns des autres grâce à un axe qui les traverse en leur centre.
- *Biocylindres* : ils constituent une modification du système de *Biodisques* dans lesquels le rotor est une cage cylindrique perforée, qui abrite en son intérieur un remplissage de matériau plastique auquel la biomasse bactérienne adhère.

Schéma général d'un procédé de *Contacteur Biologique Rotatif*, avec *Traitement Primaire* (*Décanteur Primaire*) ou *Bassin Anaérobie*



Les CBR doivent être couverts afin d'éviter que les agents météorologiques n'endommagent la biomasse.

Les stations conçues pour fonctionner avec des systèmes de CBR présentent des traitements préalables (*Dégrossissage, Dessablage et Dégraissage*) et Primaires (*Décantation*). Dans les petites installations, le *Traitement Primaire* peut être remplacé par des systèmes de *Tamisage, Réservoirs Imhoff* ou *Bassins Anaérobies*. Les *Bassins Anaérobies* ou les *Réservoirs Imhoff* peuvent être utilisés, à leur tour, pour la stabilisation de fanges provenant des *Décanteurs Secondaires*.

Paramètres de conception

Le tableau ci-joint contient les valeurs habituelles des paramètres de conception des CBR, suivant qu'ils fonctionnent comme Traitement Secondaire ou avec Nitrification combinée.

Paramètre	Secondaire	Nitrification combinée
Charge hydraulique (m ³ /m ² j)	0,08-0,16	0,03-0,08
Charge organique :		
g DBO ₅₅ /m ² j	3,7-9,8	2,45-7,35
g DBO ₅₇ /m ² j	9,8-17,5	7,35-14,70
Charge maximale à la première étape :		
g DBO ₅₅ /m ² j	19,6-29,4	19,6-29,4
g DBO ₅₇ /m ² j	39,2-58,8	39,2-58,8
Charge de NH ₃ (g/m ² j)	-	0,74-1,47
Temps de rétention hydraulique (h)	0,7-1,5	1,5-4,0

Domaine d'application

Le rang d'application le plus fréquent de ce type de technologies se situe en dessous de 5 000 h.e.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	80-90
DCO	75-85
N	20-35
P	10-30
Coliformes Fécaux	80-90

Éléments clé du fonctionnement

- *Mise en marche* :
 - Dans un premier temps, il faut procéder à l'alimentation continue du CBR avec les eaux résiduaires provenant des la *Décantation Primaire* ou, le cas échéant, du *Lagunage Anaérobie*. Ultérieurement, (2 à 3 semaines) une biopellicule se formera sur le rotor. La biomasse adhérente au support aura un aspect filamenteux de couleur marron.
 - Durant la période de croissance de la biopellicule, les effluents générés seront de qualité médiocre.
- *Maintenance et exploitation* :

- Opérations de maintenance de *Déversoirs, Bypass, Pompage et Pré-traitement*.
- Vérification de l'état de fonctionnement du *Décanteur Primaire*. Les rendements habituels d'un *Décanteur Primaire* sont :

Paramètre	% élimination
Solides Sédimentables	90-95
Solides en Suspension	40-60
DBO ₅	25-35

- Dans les cas où la *Décantation Primaire* est remplacée par un *Lagunage Anaérobie*, l'étape anaérobie requiert des opérations de maintenance et d'exploitation qui ont déjà été mentionnées dans la monographie traitant du système de *Lagunage*.
- Pour le fonctionnement correct du *CBR*, il est nécessaire que l'unité soit continuellement en rotation; en effet, en cas d'arrêt, la biomasse qui reste hors de l'eau se détériore rapidement.
- La pellicule de biomasse qui se forme sur le rotor est vitale pour le fonctionnement correct du système, il ne faudra donc **jamais** procéder à son nettoyage.
- Vérification de l'état de fonctionnement du *Décanteur Secondaire*.
- Maintenance électromécanique adaptée.
- Suivi continu de l'ensemble du processus d'exploitation.
- Les problèmes les plus fréquents et leur solution :
 - Dans le cas où la SEER serait équipée de *Bassins Anaérobies* comme étape préalable aux *CBR*, et si l'on travaille avec des charges très différentes de celles du projet, des anomalies de fonctionnement pour charge insuffisante ou surcharge du système peuvent se produire. Il faudra alors ajuster la charge entrante à celle du projet.
 - L'observation de bouillonnement dans les *Décanteurs Primaires et Secondaires*, indique une présence élevée des boues décantées. Afin de remédier à ce problème, une augmentation des purges s'impose.
 - Si l'on observe un détachement excessif de la biopellicule adhérent au support, il est possible que cela soit dû à la présence de toxiques, inhibiteurs de la croissance bactérienne dans l'eau à traiter.
 - Si l'on observe des réductions des rendements d'épuration, ceux-ci peuvent être dus à un abaissement de la température ambiante, à des surcharges hydrauliques et/ou organiques ou à des altérations des caractéristiques habituelles des eaux résiduaires.

Avantages (par rapport aux Technologies Conventionnelles)

- Consommation d'énergie moins importante.
- Il n'est pas nécessaire de faire circuler les fanges du *Décanteur Secondaire* dans la zone biologique car la concentration de biomasse bactérienne adhérent au support est suffisante.
- Meilleur comportement face à la présence de toxiques; en effet, la flore bactérienne ne reste pas immergée dans l'eau de manière continue mais se trouve en contact avec l'air pendant une grande partie du temps; conditions dans lesquelles elle peut être récupérée.
- Le contrôle de l'oxygène dissous et des solides en suspension dans le *Réacteur Biologique* n'est pas nécessaire. Pour toutes ces raisons l'exploitation est considérée comme simple.
- Facilité de construction graduelle. Comme il s'agit d'un procédé de construction modulaire, son agrandissement peut être réalisé en fonction des besoins d'épuration.
- Il ne se forme pas d'aérosols, ce qui évite que les ouvriers inhalent des micro-gouttes.

- Faible niveau de bruits en raison de la faible puissance installée.
- Comme les unités de *CBR* sont généralement situées dans des enceintes couvertes, la température de l'eau à épurée est maintenue à un niveau plus élevé, ce qui améliore le rendement durant les périodes froides.

Inconvénients (par rapport aux *Technologies non Conventionnelles*)

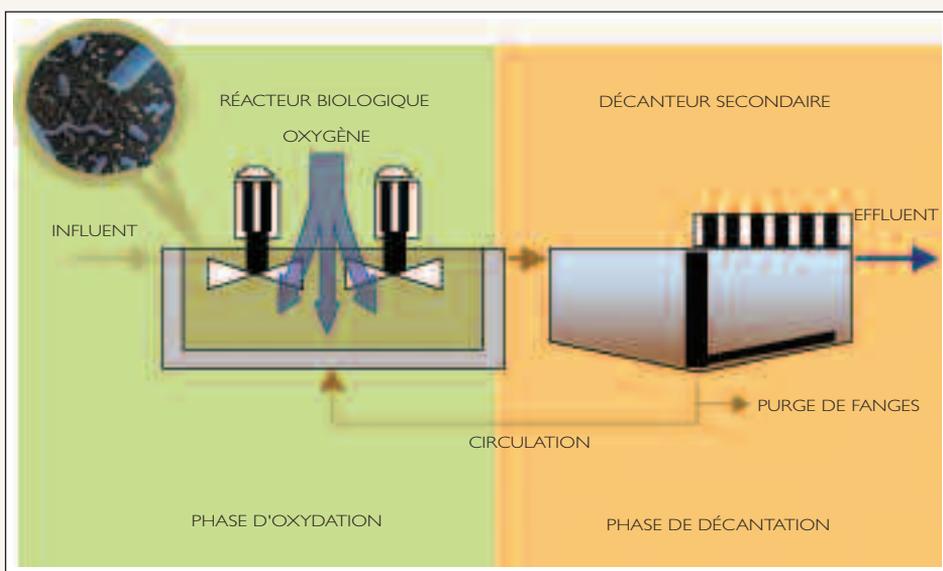
- Les coûts d'installation sont élevés.
- Génération, lors du processus, de boues qui doivent être stabilisées.
- Équipements spécifiques sujets à des brevets.

AÉRATIONS PROLONGÉES

L'Aération Prolongée est une modification du procédé de *Boues Activées* pour le traitement biologique des eaux résiduaires dans des conditions aérobiques; elle fait partie des procédés appelés *Technologies Conventionnelles*.

Les stations les plus courantes sont celles de type préfabriqué dans lesquelles l'eau résiduaire, après une étape de *Pré-traitement*, est introduite dans une *Cuve d'Aération* ou *Réacteur Biologique*, où une culture bactérienne, composée d'un grand nombre de micro-organismes regroupés en floccules (*Boues Activées*) et appelée "*liqueur mixte*" est maintenue en suspension.

Schéma général d'un procédé d'Aération Prolongée



Les conditions aérobies dans le *Réacteur* sont obtenues par l'utilisation d'aérateurs mécaniques ou diffuseurs qui, en plus d'oxygéner, permettent l'homogénéisation de la *liqueur mixte* en évitant la sédimentation des floccules dans le *Réacteur*.

Après avoir été maintenue un certain temps dans le *Réacteur*, la *liqueur mixte* est passée dans un *Décanteur* ou *Clarificateur*, qui peut être annexe à la cuve ou inclus à l'intérieur de celle-ci et dont la fonction est de séparer l'effluent épuré des boues (nouvelles cellules). On fait circuler à nouveau une partie des boues dans le *Réacteur*, afin d'y maintenir une concentration déterminée de micro-organismes; le reste étant purgé périodiquement.

On distingue donc deux opérations différentes :

- L'oxydation biologique, qui a lieu dans le *Réacteur* ou *Cuve d'Aération*.
- La séparation solide-liquide, qui est réalisée dans un *Décanteur* ou *Clarificateur*.

L'*Aération Prolongée* fonctionne avec des charges organiques très faibles et des temps d'aération importants, sans *Décantation Primaire*, et génère des boues stabilisées, qui doivent simplement être déshydratées avant leur disposition finale.

Paramètres de conception

Réacteur Biologique

Paramètre	Valeur
Charge massique (kg DBO ₅ /kg SSLM. j)	0,05-0,1
Charge volumétrique (kg DBO ₅ / m ³ j)	0,1-0,4
Temps de rétention hydraulique (h)	18-36
Solides en Suspension dans la cuve (g/l)	3,0-6,0
Âge de la fange (j)	20-30
Rapport Circulation (Q _r /Q) (%)	75-150

SSLM : Solides en Suspension de la liqueur mixte, Q_r : débit de boues circulées (m³/j),
Q : débit d'eaux résiduaires à traiter (m³/j)

Décanteur Secondaire

Paramètre	Valeur
Charge superficielle (m ³ /m ² h)	Q _{moy} 0,4-0,6
	Q _{max} 0,8-1,2
Charge de solides (kg SS/m ² h)	Q _{moy} 1,5-2,0
	Q _{max} 3,0-4,0
Temps de rétention hydraulique (h)	Q _{moy} 3-5
Débit en décharge (m ³ /ml h)	Q _{moy} 4-6
	Q _{max} 8-12

Production de boues (kg ms/kg DBO₅ éliminée) : 0,6-0,8 ; où ms correspond à la matière sèche.

Domaine d'application

L'*Aération Prolongée* est un système généralement appliqué pour le traitement des eaux résiduaires de localités de moins de 10 000 habitants. Elle est employée dans des stations préfabriquées (qui sont habituellement enterrées), pour l'épuration des eaux de petites agglomérations : lotissements, écoles, campings, etc.

Rendements moyens d'épuration

Paramètre	% Réduction
SS	80-90
DBO ₅	85-95
DCO	80-90
N	30-40
P	20-30
Coliformes Fécaux	85-95

Éléments clé du fonctionnement

Les principaux éléments clé du fonctionnement du procédé d'*Aération Prolongée* sont basés sur un dimensionnement correct de l'installation, ainsi que sur un contrôle adapté du processus.

Le contrôle du processus est basé sur l'évaluation et l'action de certains facteurs, liés entre eux, qui favorisent le traitement efficace des eaux résiduaires. Ces facteurs sont principalement :

- Caractéristiques des eaux résiduaires à traiter : débits, qualités, présence de toxiques, etc.
- Qualité de l'effluent épuré : pourcentage d'élimination de solides en suspension, matière organique, nutriments, pathogènes, etc.
- Concentration d'oxygène dissous dans les *Cuves d'Aération*; apport qui doit être ajusté en fonction de la charge organique à traiter.
- Quantité de boue qui doit être maintenue dans le système en fonction de la charge organique influente. Pour atteindre le rendement souhaité, il est fondamental de maintenir une certaine *Charge massique*.
- Décantabilité des boues dans les *Décanteurs Secondaires*. Cette décantabilité peut être évaluée à l'aide de l'*Indice Volumétrique de Fanges (I.V.F.)*, c'est à dire le rapport entre le *volume de fanges décantées* en 30 minutes (V_{30}) et les *SSML*.
- Les débits de circulation de boues depuis les *Décanteurs Secondaires* jusqu'aux *Cuves d'Aération*. La circulation permet de réguler le niveau de *SSLM* dans ces *Cuves*.
- Purges des excédents de boues. Ces purges permettent de réguler l'*âge de la boue* et les niveaux de *SSLM* dans les *Cuves Biologiques*.
- Contrôler la qualité des boues qui retournent à l'entrée du circuit de traitement.

Avantages

- Faibles besoins en surface.
- Faible impact sur l'environnement si l'installation est enterrée.
- Bon rendement d'élimination de matière organique et de solides en suspension.
- Les boues sortent déjà stabilisées de la *Cuve Biologique*.

Inconvénients

- Consommation d'énergie élevée.
- Flexibilité limitée face aux changements de débit ou de charge organique.
- Si l'on emploie des aérateurs de surface, il se forme des aérosols qui peuvent transporter des agents pathogènes. Inconvénient qui peut être éliminé si les cuves sont couvertes.
- Faibles rendements d'élimination de nutriments et de pathogènes.
- Contrôle du processus plus complexe qu'avec les *Technologies non Conventionnelles*.

4.4. Critères de sélection des technologies de traitement des eaux résiduaires à appliquer dans les petites agglomérations urbaines

La sélection de la technologie à appliquer pour le traitement des eaux résiduaires générées dans les petites agglomérations urbaines est conditionnée par une série de facteurs qui rendent possible, limitent ou empêchent leur utilisation dans chaque cas concret. Les principaux facteurs à prendre en considération sont exposés ci-dessous.

4.4.1. Taille de la population à traiter

Les rangs de population optimum d'application des diverses technologies sont différents et sont essentiellement conditionnés par les besoins de terrain pour leur implantation. Les valeurs moyennes de ces besoins (par habitant équivalent) sont les suivantes :

Tableau 4.2. Rangs de population optimaux d'application des technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires

Technologie	m ² /h.e.
Filtres Verts (surface de terrain planté)	30 – 50
Milieux Humides Artificiels (surface du Milieu Humide)	3 – 5
Lagunages (surface des nappes d'eau)	7 – 10
Filtres de Tourbe (surface totale de tourbe)	0,5 – 1,0
Lits Bactériens (surface totale)	0,1 – 0,3
Contacteurs Biologiques Rotatifs (surface totale)	0,1 – 0,3
Aérations Prolongées (surface totale)	0,1 – 0,3

En raison des besoins de surface élevés dans le domaine d'application normale de la majorité des Technologies non Conventionnelles, celles-ci sont surtout appliquées à des noyaux de population de petite taille, bien que cela n'empêche pas de trouver des installations d'épuration en fonctionnement et basées sur ce type de technologies dans des localités beaucoup plus grandes.

4.4.2. Conditions climatiques de la zone où la station de traitement sera implantée

Les Filtres Verts, les Milieux Humides Artificiels et les Lagunages qui sont des technologies basées sur des processus naturels, sont les plus influencées par les conditions climatiques dominantes.

La pluviométrie affecte de manière fondamentale le Filtre Vert car elle limite la quantité d'eau résiduaire qui peut être apportée à la plantation; elle affecte aussi les Filtres de Tourbe car elle prolonge les périodes nécessaires pour le séchage de la croûte de surface.

Des indices d'évaporation élevés favorisent l'implantation des *Filtres Verts* car ils permettent l'alimentation de plus grands volumes d'eau résiduaire. Cependant, dans le cas des *Lagunages* ils conduisent à des pertes importantes de l'eau stockée et à des hausses de la salinité des effluents épurés.

La radiation solaire incidente est particulièrement importante dans les *Lagunages* car elle affecte directement les processus de photosynthèse que les micro-algues réalisent dans les *Bassins Facultatifs* et de *Maturation*.

Pour les *Lits Bactériens*, les *Contacteurs Biologiques Rotatifs* et les *Aérations Prolongées*, le principal facteur climatique à prendre en considération est la température ; bien que les *Contacteurs*, qui fonctionnent couverts, soient les moins affectés par les conditions météorologiques dominantes.

4.4.3. Impact exercé par l'installation de traitement sur l'environnement

Une attention particulière doit être accordée aux possibles impacts environnementaux (esthétiques, olfactifs, sonores, etc.) que l'implantation de la station d'épuration pourrait entraîner.

Les Technologies de *Filtres Verts*, *Milieux Humides Artificiels* et *Lagunages*, sont celles qui offrent la meilleure intégration environnementale.

Dans le cas des *Lits Bactériens*, des *Contacteurs Biologiques Rotatifs* et des *Aérations prolongées*, il est nécessaire d'installer des moteurs, dont la puissance est croissante suivant l'ordre de l'énumération de ces technologies. En fonction de leur puissance, ces moteurs provoqueront des impacts sonores sur l'environnement plus ou moins prononcés.

Les *Lits Bactériens* étant composés de réservoirs d'environ 5 m de hauteur ont un impact visuel important sur l'environnement. Cet impact peut être diminué en les peignant ou en les "habillant" de plantes grimpantes.

4.4.4. Coûts d'exploitation et de maintenance

Etant données les faibles ressources des mairies des petites communes, celles-ci trouvent les Technologies non Conventionnelles plus avantageuses en ce qui concerne les coûts d'exploitation et de maintenance par rapport aux systèmes Conventionnels d'épuration des eaux résiduaires. On trouve comme partie intégrante de ces coûts :

- Le **coût du personnel** : c'est un des facteurs dont l'incidence est la plus grande sur le coût total d'exploitation.

Dans les Technologies non Conventionnelles de *Filtres Verts*, *Milieux Humides Artificiels*, *Lagunages* et *Filtres de Tourbe*, la simplicité des tâches d'exploitation et de maintenance

rend la participation de personnel qualifié non nécessaire, ce qui entraîne l'abaissement du coût de ce concept.

Les *Lits Bactériens* et les *Contacteurs Biologiques Rotatifs*, bien qu'ils présentent un fonctionnement plus complexe étant donné qu'ils requièrent du personnel de maintenance d'un niveau de formation supérieur à celui exigé par les systèmes d'épuration naturelle, présentent un degré de complexité inférieur à celui des *Aérations Prolongées*.

- Les **coûts de maintenance électro-mécanique** : ils sont nuls dans les systèmes de *Filtres Verts*, les *Milieux Humides Artificiels* et les *Filtres de Tourbe*, car ils ne comportent pas d'équipements électro-mécaniques; mais dans le cas des *Lits Bactériens*, des *Contacteurs Biologiques Rotatifs* et des *Aérations Prolongées* il faut en revanche tenir compte de ce type de coûts.
- Les **coûts de l'énergie électrique consommée** sont, avec ceux du personnel, ceux qui ont la plus grande incidence sur le coût total de l'exploitation.

Du point de vue des coûts de l'énergie, si il n'est pas nécessaire de pomper l'eau résiduaire et que celle-ci parvient par gravité jusqu'à la station d'épuration, les systèmes de *Filtres Verts*, de *Milieux Humides Artificiels*, de *Lagunages* et de *Filtres de Tourbe* peuvent fonctionner sans aucun coût d'énergie.

Les systèmes de *Lits Bactériens* et de *Contacteurs Biologiques Rotatifs*, bien qu'ils requièrent une consommation d'énergie pour leur fonctionnement, en exigent moins que les *Aérations Prolongées*, dont les besoins sont inférieurs à ceux des *Lits Bactériens*, inférieurs à leur tour à ceux des *Contacteurs*.

En ce qui concerne le **coût des réactifs**, celui-ci est nul dans le cas des Technologies non Conventionnelles car l'ajout d'aucun produit n'est nécessaire à leur fonctionnement correct.

Dans le cas des *Lits Bactériens*, des *Contacteurs Biologiques Rotatifs* et des *Aérations Prolongées*, si l'on a recours à l'extraction mécanique des boues générées lors des processus de traitement, on consomme des réactifs lors du conditionnement chimique des boues, étape préalable à leur déshydratation.

- Les **coûts de traitement, de transport et d'évacuation des boues générées lors du processus d'épuration**, constituent une partie importante des coûts d'exploitation d'une station d'épuration. En ce qui concerne ce point, le comportement des différentes technologies non Conventionnelles est le suivant :
 - Dans les *Filtres Verts* il n'y a pas de génération de fanges, mais d'une croûte qui se forme aux alentours des points d'alimentation et qui est brisée périodiquement lors des tâches de maintenance et réintègre le terrain où elle se biodégrade.
 - Dans les *Lagunages* la nécessité de purger l'excédent de boues est très espacée dans le temps et, étant donnée l'importance des temps de séjour (de 5 à 10 ans), les boues extraites sont parfaitement minéralisées et leur volume s'est considérablement réduit.
 - Dans les *Filtres de Tourbe* il n'y a pas de production de boues mais le résidu du traitement est constitué par une croûte sèche, facile à manipuler.

- Dans les *Milieux Humides Artificiels* il faut procéder à l'extraction périodique des boues décantées lors de l'étape préalable au traitement, et, annuellement, à la coupe et à l'extraction des plantes sèches, une fois que leur cycle végétatif est terminé.

Dans les systèmes de *Lits Bactériens* et de *Contacteurs Biologiques Rotatifs* des boues fraîches sont générées. Afin de tenter de minimiser les problèmes que cela entraîne, on a fréquemment recours à l'utilisation de *Fosses Septiques*, de *Réservoirs Imhoff* ou de *Lagunages Anaérobies* préalables. On fait circuler les excédents de boues, générés lors du processus d'épuration, dans les éléments situés en début de traitement et ils en sont extraits une fois digérés, à la fréquence nécessaire.

Dans le cas des *Aérations Prolongées*, les fanges, comme conséquence de l'âge important de la boue avec laquelle on travaille, sont déjà stabilisées lorsqu'elles sont purgées des *Décanteurs* et il est donc seulement nécessaire de procéder à leur concentration avant leur séchage. La déshydratation, dans le cas de petites installations peut être réalisée en faisant usage de *Aires de Séchage*.

Galerie d'images

La section suivante présente une galerie de photographies se rapportant aux différents procédés d'épuration des eaux urbaines résiduaires pour de petits noyaux de population, basés aussi bien sur des Technologies Conventionnelles que non Conventionnelles.

5.1. Pré-traitement



Photo 5.1. Grilles de dégrossissage. SEER de las Tablas (Cadix).



Photo 5.2. Grilles de dégrossissage. SEER de Casa Aguilar (la Grande Canarie - Las Palmas)



Photo 5.3. Nettoyage manuel des grilles de dégrossissage.



Photo 5.4. Nettoyage manuel des canaux dessablés. Évacuation des sables extraits.



Photo 5.5. Extraction de graisses dans le Dégraisseur.



Photo 5.6. Tamis statique.



Photo 5.7. Canal Parshall. SEER AENA Arrecife (Lanzarote - Las Palmas).

5.2 Traitement Primaire



Photo 5.8. Décanteur Primaire. SEER de Baza (Grenade).

5.3 Traitement Secondaire



Photo 5.9. Filtre Vert. Station Expérimentale de Carrión de los Céspedes (PECC, Séville).



Photo 5.10. Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Vertical. PECC.



Photo 5.11. Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Horizontal. SEER Zone de Loisirs de Las Niñas (La Grande Canarie - Las Palmas).



Photo 5.12. Tâches de maintenance du Milieu Humide Articiel.



Photo 5.13. Bassins Anaérobies. Centre de Transfert Technologique (Tétouan).



Photo 5.14. Bassins Facultatif et de Maturation. Centre de Transfert Technologique (Tétouan).



Photo 5.15. Nettoyage de solides flottants en surface du Bassin Anaérobie.



Photo 5.16. Détail de Filtres de Tourbe en fonctionnement (inondés) et en régénération (séchage de croûte superficielle). PECC.



Photo 5.17. Lits Bactériens. SEER de La Iruela (Cadix).



Photo 5.18. Détail du matériau plastique et du bras giratoire du Lit Bactérien.



Photo 5.19. Contacteur Biologique Rotatif. SEER AENA Arrecife (Lanzarote - Las Palmas).



Photo 5.20. Détail de Contacteur Biologique Rotatif.



Photo 5.21. Réacteur Biologique. SEER de El Rocío (Huelva)



Photo 5.22. Décanteur Secondaire. SEER de El Rocío (Huelva).



Photo 5.23. Station compacte pour Boues Activées. SEER Casa Aguilar (La Grande Canarie - Las Palmas).



Photo 5.24. Station compacte pour Boues Activées. SEER La Coruña
(La Grande Canarie - Las Palmas).

5.4 Traitement Tertiaire



Photo 5.25. Filtres de Sable. SEER AENA Arrecife (Lanzarote - Las Palmas).



Photo 5.26 Filtres de Diatomées. SEER du Sud-est de la Grande Canarie (Las Palmas).

Contacts

Improving Coastal and Recreational Waters for All- ICREW

Amélioration des Eaux Côtières et de Loisirs
www.icrew.info

Institut Technologique des Canaries (ITC - Instituto Tecnológico de Canarias)

Playa de Pozo Izquierdo, s/n
35119 Pozo Izquierdo
Santa Lucía- LAS PALMAS
Telf.: 928 72 75 03
Fax: 928 72 75 17
agua@itccanarias.org
www.itccanarias.org

Centro de Investigación, Fomento y Aplicación de las Nuevas Tecnologías del agua (CENTA - Centre de Recherche, de Développement et d'Application des Nouvelles Technologies de l'Eau)

Avda. Américo Vespucio 5-A. Planta 2ª-
Módulo 10. Isla de la Cartuja. 41092. Sevilla
Telf.: 95 446 02 51
Fax: 95 446 12 52
jrpudre@centa.org.es

Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (PECC - Station Expérimentale de Carrión de los Céspedes)

Autovía Sevilla-Huelva, Km. 28. 41820. Carrión
de los Céspedes. Sevilla.

Telf.: 95 475 51 25 95 475 58 34

Fax: 95 475 52 95

jjsalas@centa.org.es / imartin@centa.org.es
nsardon@centa.org.es

Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias (Direction Générale des Eaux du Gouvernement des Canaries)

Pl. de los Derechos Humanos, nº 22
Edf. Servicios Múltiples I, Planta 11ª
35071 Las Palmas de Gran Canaria
Telf: 928 30 60 00/01
Fax: 928 38 23 02
www.gobcan.es/citv

Agencia Andaluza del Agua (AAA - Agence Andalouse de l'Eau)

Avda. Carlos III, s/n. Edificio de la Prensa.
41092. Sevilla

Telf.: 95 562 52 30

Fax: 95 562 52 93

josem.fernandezpalacios@juntadeandalucia.es

Bibliographie

- Asociación Nacional de Químicos Españoles. Agrupación Territorial de Castilla La Mancha (1994). *Diseño y Explotación de Sistemas de Depuración de Aguas Residuales en Pequeños Núcleos y Comunidades*. Sección Técnica de Medio Ambiente. Ed : ANQUE. Madrid.
- Camp, J. P.; Cohen, J. et Moreno, J. M. (1978). *Tratamiento de las aguas residuales urbanas por filtración en lechos de turba*. Ingeniería Química.
- Catalán Lafuente (1997). *Depuradoras. Bases científicas*. Éd. BELLISCO. Madrid.
- CEDEX (1998). *XVI Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras*. Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente (Ministère du Développement, Ministère de l'Environnement). Madrid.
- Colegio Oficial de Ingenieros agrónomos de Centro y Canarias (Chambre Officielle des Ingénieurs Agronomes du Centre et des Canaries) (1993) . *Tratamiento de aguas residuales, basuras y escombros en el ámbito rural*. Série Technique. Éd. : Agrícola Española, S.A. Madrid.
- Collado Lara, R. (1992). *Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades*. Collection Señor. N° 12. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (Chambre des Ingénieurs des Chemins, Canaux et Ports), Éd. Paraninfo, S.A. Madrid.
- Collado, R y Vargas, G. (1991). *La depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Criterios de selección. Tecnología del agua, 80. Avril.
- Collado, R. (1991). *Tecnologías de depuración para pequeñas comunidades. Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras*. CEDEX. Madrid.
- EPA (1977). *Process design manual. Wastewater treatment facilities for sewerred small communities*.
- EPA (1980). *Onsite wastewater and disposal systems*.
- EPA (1983). *Desing manual. Municipal wastewater stabilization ponds*.
- EPA (2002). *Onsite wastewater treatment systems manual. Office of Water. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency.* (Office de Recherche et de Développement. Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis d'Amérique)
- Fastenau, F. A. and others (1989). *Comparison of varius systems for on-site wastewater treatment. International conference on design and operation of small wastewater treatment plants*. Trondheim. Norvège.

- García, J. et ál. (2004). *Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos*. Barcelone.
- Hernández, A. (2001). *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (Chambre des Ingénieurs des Chemins, Canaux et Ports) Éd.:Thomson Learning Paraninfo. Madrid.
- Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes (1997) (Assemblée D'Andalousie. Ministère des Travaux Publics et des Transports). *Planta experimental de depuración de aguas residuales. Evolución y experiencias*. Sevilla. (Station expérimentale d'épuration d'eaux résiduaires. Évolutions et Expériences. Séville)
- Junta de Andalucía. Ministerio de Medio Ambiente. Comisión Europea (Fondo Europeo de Desarrollo Regional). (Assemblée D'Andalousie. Ministère de l'Environnement. Commission Européenne - Fonds Européen de Développement Régional) (2002) *International Conference. Small Wastewater Technologies and Management for the Mediterranean Area*. Séville.
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Éd. Díaz de santos. Madrid.
- Martínez, G. et ál. (2002). *Guía : Depuración de aguas residuales urbanas*. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (E.T.S d'Ingénieurs des Chemins, Canaux et Ports) Université de Grenade. Grenade.
- Metcalf & Eddy (2000). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ème édition. Éd. : McGraw-Hill. Madrid.
- Office International de l'Eau (2001). *Guide. Procédés extensifs d'épuration des eaux résiduaires adaptés au petites et moyennes collectivités (500-5 000 Hab.)*. France.
- Reed, C. et ál. (1995). *Natural Systems for waste management and treatment*. 2ème Édition. Éd. : MacGraw-Hill, Inc. New York.
- Rohuart, J. (1986). *L'épuration des eaux usées domestiques*. La tribune Cebedeau. France.
- Ronzano, E et Dapena, J. I. (2002). *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. CRIDESA. Groupe INERDROLA. Éd. : Díaz de Santos. Madrid.
- Sainz, J. A. (2005). *Sostenibilidad. Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Éd. Fundación EOI. Madrid.
- Seoanez , M. (1999). *Aguas residuales urbanas . Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. 2ème édition. Éd. MUNDI-PRENSA. Madrid.
- Sierra, J et Peñalver, L. (1989). *La reutilización de las aguas residuales. Acondicionamiento y uso*. CEDEX. MOPU.
- Tejero, J. I. y Collado, R. (1990). *Otras tecnologías y sus exigencias. Jornadas sobre tratamiento y gestión de aguas residuales urbanas*. Assemblée de Castille Léon.
- Trondheim, J. (1989). *Small wastewater treatment plants*. Éd.TAPIR. Norvège.
- Vargas, G. P. (1990). *Criterios de selección en los procesos de depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades. Necesidad de planificación*. Tesina de Magíster de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. E.T.S. Ingenieros de Caminos (E.T.S d'Ingénieurs des Chemins) de Santander.

Annexe. Glossaire de photos, graphiques et tableaux générés

Illustrations

Illustration 1.1. Répartition par taille des communes en Andalousie

Illustration 1.2. Répartition par taille des communes aux Canaries

Illustration 1.3. Répartition par taille des noyaux de population en Andalousie

Illustration 1.4. Répartition par taille des noyaux de population aux Canaries

Illustration 2.1. Partenaires intégrant l'Action Pilote 6

Illustration 3.1. Cycle des eaux urbaines résiduaires (ITC et CENTA)

Illustration 3.2. Évolution journalière type du débit d'eau urbaine résiduaire générée (CENTA)

Illustration 3.3. Rapport entre F_p et Q_{moy} (CENTA)

Illustration 3.4. Éléments composants des installations pour le traitement des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Illustration 3.5. Composants des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Illustration 3.6. Schéma de Traitement Secondaire dans l'épuration des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Illustration 3.7. Étape de la ligne d'eau dans l'épuration des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Illustration 3.8. Étape de la ligne de boues dans l'épuration des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Illustration 4.1. Rapport entre le facteur pointe (F_p) et le nombre d'habitants, pour des localités de moins de 1000 habitants (CENTA)

Tableaux

Tableau 3.1. Biodégradabilité de l'eau urbaine résiduaire suivant le rapport DBO5/DCO

Tableau 3.2. Valeurs habituelles des principaux polluants de l'eau urbaine résiduaire (domestique brute)

Tableau 3.3. Consommations urbaines ($l/hab j$), suivant les utilisations et la taille de la localité approvisionnée

Tableau 3.4. Calendrier de réalisation de la Directive 91/271/CE

Tableau 3.5. Conditions de traitement exigibles dans l'épuration des eaux urbaines résiduaires en fonction des caractéristiques des zones de réception

Tableau 3.6. Rendements (%) dans les étapes d'épuration des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Tableau 4.1. Valeurs moyennes des eaux urbaines résiduaires générées dans les petits noyaux de population (ITC et CENTA)

Tableau 4.2. Rangs de population pour l'application optimale des technologies d'épuration des eaux urbaines résiduaires (CENTA)

Photos

Photo 3.1. Déversement industriel sur la côte

Photo 3.2. Collecteur d'entrée. SEER d'Almonaster la Real (Huelva) (CENTA)

Photo 3.3. Canal de dégrossissage. SEER d'Almonte (Huelva) (CENTA)

Photo 3.4. Tamis statique. SEER de Fondón (Almeria) (CENTA)

Photo 3.5. Tamis rotatif. SEER AENA Arrecife (Lanzarote-Las Palmas) (ITC)

Photo 3.6. Détail de Dessableur-dégraisseur aéré. SEER d'El Bobar (Almeria) (CENTA)

Photo 3.7. Détail de décanteur Primaire. SEER d'Arroyo de la Miel (Malaga) (CENTA)

Photo 3.8. Détail de traitement physico-chimique (chambre de floculation-coagulation). SEER d'El Rompido (Huelva) (CENTA)

Photo 3.9. Détail de Réacteur Biologique. SEER d'El Rompido (Huelva) (CENTA)

Photo 3.10. Détail de SEER du Sud-est de la Grande Canarie (Las Palmas) (ITC)

Photo 3.11. Détail de Traitement Tertiaire. SEER de Maspalomas (la Grande Canarie-Las Palmas) (ITC)

Photo 3.12. Détail de Traitement Tertiaire. SEER du Sud-est de la Grande Canarie (Las Palmas) (ITC)

Photo 3.13. Épaisseur de boues. SEER de Manilva (Malaga) (CENTA)

Photo 3.14. Stabilisation anaérobie de boues. SEER de Manilva (Malaga) (CENTA)

Photo 3.15. Séchage mécanique de boues : Filtres Bande. SEER de Manilva (Malaga) (CENTA)

Photo 5.1. Grilles de dégrossissage. SEER de las Tableaus (Cadix) (CENTA)

Photo 5.2. Grilles de dégrossissage. SEER de Casa Aguilar (la Grande Canarie - Las Palmas) (ITC)

Photo 5.3. Nettoyage manuel des grilles de dégrossissage (CENTA)

Photo 5.4. Nettoyage manuel des canaux de dessablage. Évacuation du sable extrait (CENTA)

Photo 5.5. Extraction de graisses dans le Dégraisseur (CENTA)

Photo 5.6. Tamis statique (CENTA)

Photo 5.7. Canal Parshall. SEER AENA Arrecife (Lanzarote - Las Palmas) (ITC)

- Photo 5.8. Décanteur Primaire. SEER de Baza (Grenade) (CENTA)
- Photo 5.9. Filtre Vert. Station Expérimentale de Carrión de los Céspedes (PECC, Séville) (CENTA)
- Photo 5.10. Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Vertical. PECC (CENTA)
- Photo 5.11. Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Horizontal. SEER Aire de Loisirs Las Niñas (la Grande Canarie - Las Palmas) (ITC)
- Photo 5.12. Tâches de maintenance du Milieu Humide Artificiel (CENTA)
- Photo 5.13. Bassins Anaérobies. Centre de Transfert Technologique (Tétouan) (CENTA)
- Photo 5.14. Bassins Facultatif et de Maturation. Centre de Transfert (Tétouan) (CENTA)
- Photo 5.15. Nettoyage de solides flottants à la surface du Bassin Anaérobie (CENTA)
- Photo 5.16. Détail de Filtres de Tourbe en fonctionnement (inondés) et en régénération (séchage de croûte de surface). PECC (CENTA)
- Photo 5.17. Lits Bactériens. SEER de La Iruela (Cadix) (CENTA)
- Photo 5.18. Détail du matériau plastique et du bras giratoire du Lit Bactérien (CENTA)
- Photo 5.19. Contacteur Biologique Rotatif. SEER AENA Arrecife (Lanzarote - Las Palmas) (ITC)
- Photo 5.20. Détail de Contacteur Biologique Rotatif. PECC (CENTA)
- Photo 5.21. Réacteur Biologique. SEER d'El Rocío (Huelva) (CENTA)
- Photo 5.22. Décanteur Secondaire. SEER d'El Rocío (Huelva) (CENTA)
- Photo 5.23. Station Compacte pour Boues Activées. SEER Casa Aguilar (la Grande Canarie - Las Palmas) (ITC)
- Photo 5.24. Station Compacte pour Boues Activées. SEER La Coruña (la Grande Canarie - Las Palmas) (ITC)
- Photo 5.25. Filtres de Sable. SEER AENA Arrecife (Lanzarote - Las Palmas) (ITC)
- Photo 5.26. Filtres de Diatomées. SEER du Sud-est de la Grande Canarie (Las Palmas) (ITC)

Schémas

- Schéma général d'un procédé de Fosse Septique à deux compartiments (CENTA)
- Schéma général d'un procédé de Réservoir Imhoff (CENTA)
- Schéma en plan et section du procédé de Fossés Filtrants (ITC et CENTA)
- Schéma du procédé de Lits Filtrants (ITC et CENTA)
- Schéma général d'un procédé de Puits Filtrant (ITC et CENTA)
- Schéma du procédé de Filtres de Sable enterrés
- Schéma général d'un procédé de Filtre Vert (CENTA)
- Schéma général du procédé de Milieu Humide Artificiel à Flux Libre (FL) (CENTA)

Schéma général du procédé de Milieu Humide Artificiel à Flux Hypodermique Horizontal (FHH) et à Flux Hypodermique Vertical (FHV) (CENTA)

Schéma général d'un procédé de Lagunage (CENTA)

Schéma général d'un procédé de Filtres de Tourbe (CENTA)

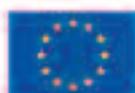
Schéma général du procédé de Lits Bactériens avec Traitement Primaire (Décanteur Primaire) ou Bassin Anaérobie (CENTA)

Schéma général d'un procédé de contacteur Biologique Rotatif, avec Traitement Primaire (Décanteur Primaire) ou Bassin Anaérobie (CENTA)

Schéma général d'un procédé d'Aération Prolongée (CENTA)



ERAGIAZTE, HEZKUNTZA
ETA ENPLAERATZE
DEPARTAMENTUA
EUSKAL GOBIERNUA



Con la participación de la Unión Europea
Procedo cofinanciado por el FEDER