

IMPLICATION SOCIALE - SYSTÈME COMMUNAUTAIRE - DÉVELOPPEMENT PARTICIPATIF - SENSIBILISATION ET FORMATION DE LA POPULATION

Guide pratique

pour la mise en place de systèmes sociaux
alternatifs d'assainissement condominium
en milieu urbain et périurbain

Malick Gaye, *ed*



Toute correspondance relative à cette publication doit être adressée à :

ENDA RUP (Relais pour le Développement Urbain Populaire),
Ouest Foire, BP 27 083, Malick Sy, Dakar - Sénégal,
Tél. : (221) 33 820 07 72 - Fax : (221) 33 820 52 47;
Email : rup@enda.sn - Site web : www.enda.sn/rup

Responsable de la publication : Malick GAYE

En couverture :

En haut :

Cinq photos en banderole :

- stations de lagunage de Rufisque-Castor ;
- femme lavant sa vaisselle au-dessus du vidoir avec son bébé dans le dos ;
- peinture murale de sensibilisation entre milieu insalubre et milieu assaini ;
- formation des femmes pour la connaissance des ouvrages du système semi-collectif dans les concessions ;
- filtre sous gravier nu à Yoff-Tonghor.

Image de fond :

public attentif pendant une séance de théâtre de sensibilisation à Yoff

Pao : Noma Camara, Infographiste
© enda rup, dakar 2011

ISSN 0850-8526
ISBN 92 9130 081 0

N.B. : La reproduction d'extraits est autorisée sans formalité pour des utilisations non commerciales (enseignement et formation), à condition que ENDA RUP soit cité avec exactitude.

Guide pratique

**pour la mise en place de systèmes sociaux
alternatifs d'assainissement condominium
en milieu urbain et périurbain**

Guide pratique

pour la mise en place de systèmes sociaux
alternatifs d'assainissement condominium
en milieu urbain et périurbain

Ouvrage de capitalisation des expériences d'Enda Rup
en matière d'assainissement avec l'appui du Ministère
Français des Affaires Etrangère et Européennes/AFD et
l'Agence Eau Seine Normandie.



TABLE DES MATIÈRES

Avant-Propos	9
partie 1 : Une innovation sociale	11
partie 2 : Gestion de la demande locale	15
partie 3 : La problématique de l'assainissement	17
partie 4 : Système communautaire d'Assainissement	21
partie 5 : La caractérisation des eaux usées domestiques	23
partie 6 : Une démarche participative : Concertation et Implication des populations	61
partie 7 : Approche par la Sensibilisation	67
partie 8 : Formation et renforcement de capacités	73
partie 9 : Fonds communautaire d'assainissement (Focaup) : Quand les pauvres financent le développement	77
partie 10 : Possibilité de connexion au réseau conventionnel	83
partie 11 : Traitement par voie naturelle	89
partie 12 : Filtre sous graviers nus	93
partie 13 : Suivi des systèmes, Maintenance et Entretien	97
partie 14 : Répartition des responsabilités	151
partie 15 : Récapitulatif des étapes	157
partie 16 : Recommandations	159
Conclusion	161
Annexes	163

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage est un manuel pédagogique à l'intention de tout opérateur intervenant au niveau d'aménagements destinés à **l'assainissement communautaire en milieu urbain et périurbain dans les pays en développement d'Afrique de l'Ouest** : associations, collectivités locales, entreprises, animateurs, enseignants, techniciens, sociologues ...

Par cet ouvrage ENDA-RUP avait le souci de produire un outil de **capitalisation** de ses différentes expériences dans l'assainissement condominium en milieu urbain et périurbain en vue d'une large diffusion des savoir-faire nouvellement acquis.

Ces **technologies non conventionnelles et alternatives** expérimentées par ENDA RUP ont fait l'objet de plusieurs évaluations externes pour s'assurer de leur efficacité, efficacité et pertinence aux fins de validation et de répliquabilité.

Il a pour objectif d'apporter les éléments utiles pour comprendre :

- la **problématique** de l'assainissement et les **enjeux** du traitement des eaux usées ;
- les possibilités de **financements** par la mobilisation des fonds communautaires ;
- la pérennisation et l'appropriation du projet passe forcément par une **démarche participative** (participation, sensibilisation, formation) ;
- les principes de base des **différentes filières de traitement des eaux usées** (prétraitement et connexion au réseau conventionnel, lagunage à macrophytes, filtre sous graviers nus...).

Partie 1

Une Innovation sociale

Cette **expérience novatrice** d'assainissement extensif semi-collectif a été sélectionnée par le Centre des Nations Unies pour l'Habitat Humain (UNCHS : United Nations Centre for Human Settlements) en tant que **Best Practice** en 1995 dans le cadre de la préparation du Sommet des Villes de 1996, puis inscrite dans la **Lettre de Politique Sectorielle** d'eau et d'assainissement du Sénégal et choisie comme option technologique en milieu urbain et périurbain dans la stratégie du PEPAM (Programme National d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire) en 2005.

OMD n°7 sur le Développement Durable – cible 10 :
« Réduire de moitié, d'ici 2015, la proportion de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable et à un système adéquat d'évacuation des excréta et des eaux ménagères. »

Le PEPAM, après avoir établi l'état des lieux du secteur, avait procédé à une recherche de standards pour faciliter l'atteinte des objectifs. C'est dans le cadre de cette recherche que cette expérience a été choisie.

Le PEPAM est le cadre programmatique national adopté par le Gouvernement sénégalais pour atteindre les OMD dans les secteurs de l'eau potable et de l'assainissement.

En ce qui concerne l'assainissement en milieu urbain, les objectifs du PEPAM sont d'ici 2015 :

- faire passer le taux d'accès à l'assainissement de 56,7% en 2004 à 78% en 2015.

Pour réaliser les objectifs, les résultats suivants sont à atteindre d'ici 2015 :

- assurer l'accès à un service d'assainissement à 1,73 millions de personnes.

La **lettre de politique sectorielle** pour l'hydraulique et l'assainissement constitue l'instrument de base pour la mise en œuvre du «Programme d'eau potable et d'assainissement du Millénaire».

« L'assainissement dans les centres urbains sera développé en évoluant par zone ou quartier depuis l'assainissement autonome vers l'assainissement collectif, par l'étape intermédiaire du semi-collectif. L'association optimale de l'assainissement collectif, semi-collectif et autonome permettra de soutenir la progression accélérée de l'assainissement vers les OMD.

- l'assainissement **collectif** sera consolidé dans les villes déjà assainies; son extension aux autres centres urbains sera envisagée sur des critères rigoureux de faisabilité.
- l'assainissement **semi-collectif** sera développé de manière volontariste dans les centres urbains importants où l'assainissement collectif n'est envisageable qu'à long terme, ou pose des problèmes techniques de faisabilité.
- l'assainissement **autonome** sera développé dans toutes les communes du Sénégal sur un paquet technique similaire à celui développé par le PAQPUD. »

L'expérience de l'ONG ENDA-RUP en assainissement semi-collectif dans les quartiers de Castors et Diokoul à Rufisque a montré le type de partenariat à développer entre les ONG, l'Etat et les populations. Cette expérience a été conjointement évaluée **en 2004 ?** par l'ONAS et ONU-Habitat et a servi dans la conception d'un programme similaire comme le PAQPUD dans le cadre du Projet eau à Long Terme (PLT).

Enfin, cette expérience a connu un nouveau **déploiement dans la sous-région**. Dans le cadre de la phase II du programme Eau pour les Villes Africaines (WAC : Water for African Cities) un Accord de Coopération a été signé en 2005 entre ONU-HABITAT et ENDA RUP pour l'exécution de l'Initiative pour l'Assainissement Novateur des Villes de Ouagadougou, Douala et Edéa (IANODE). ENDA RUP en qualité de maître d'œuvre a facilité l'accès aux ouvrages d'assainissement aux plus démunis par la mobilisation des ressources locales en proposant des choix techniques adaptés d'assainissement semi-collectif (technologies à moindre coût et reproduction du FOCAUP dans la sous-région).

À l'instar du Sénégal, le Burkina Faso et le Cameroun pourraient adopter le semi-collectif comme un nouveau standard.

Parallèlement, un processus d'études scientifiques et techniques pluridisciplinaires a été mis en œuvre dans le but d'une **normalisation** des technologies de traitement extensif des eaux usées et autres processus développés dans le PADE (Processus d'Amélioration Durable de l'Environnement), comme la valorisation des eaux usées traitées dans l'agriculture urbaine.

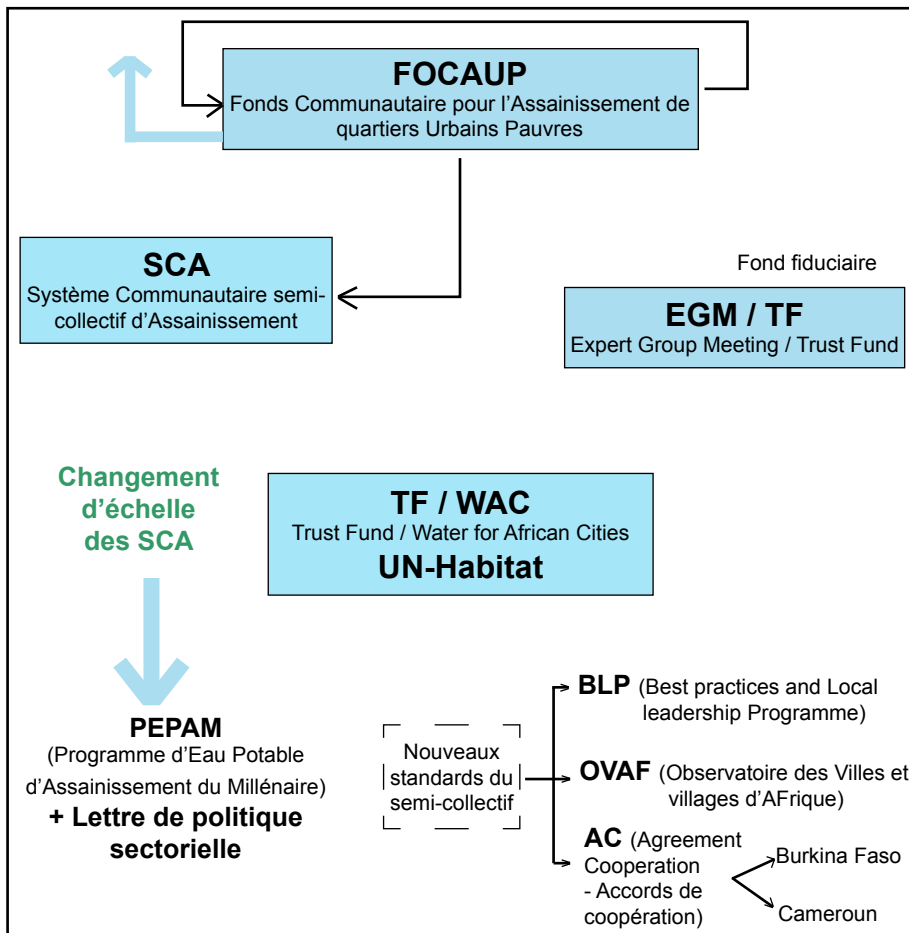


Ce processus d'étude a permis à ENDA-RUP d'avoir plusieurs variantes d'épuration extensive testées dans une station expérimentale multi-mosaïque d'UCAD/IFAN/ ENDA pour solutionner des questions d'**assainissement in situ** dans les quartiers.

En effet, contrairement aux systèmes d'assainissements intensifs (exemple : boues activées), où la STEP doit être très loin des habitations, les systèmes extensifs utilisés dans le PADE peuvent être intégrés au sein même des quartiers et ainsi rendre possible des espaces verts pour combattre les dépôts sauvages et les immondices d'ordures sur les terrains vagues.

C'est fort de cette expérience, dont la durabilité du processus est fondée sur la logique du **financement de micro infrastructures d'assainissement** par le **secteur de la micro finance**, que la deuxième phase du Programme de UN Habitat pour l'eau et l'assainissement souhaite la démultiplier dans un cadre partenarial ONG / Structures de micro finance, Autorités locales / Petites et Moyennes Entreprises dans les villes de Ouagadougou, Douala et Edéa au Cameroun.

En effet, pour passer de la phase 1 à la phase 2, UN Habitat a mis en place un **Fond Fiduciaire (Trust Fund)** pour l'eau et l'assainissement et compte travailler en partenariat avec d'autres initiatives en Afrique, notamment celle de la Banque Africaine de Développement. Le critère de choix des villes et pays qui doivent bénéficier du Fonds Fiduciaire est basé sur l'intervention de la BAD. C'est ainsi qu'en 2005 le Burkina Faso et le Cameroun ont été éligibles.



Partie 2

Gestion de la demande locale

C'est au niveau du quartier que la réceptivité aux **initiatives** se trouve être la plus prolifique, avec des habitants qui se **mobilisent** pour que le développement de leur quartier puisse s'organiser.

Nombre d'expériences de développement urbain connaissent des **comités de quartier multisectoriels** en terme de diversité d'acteurs (représentants de la population, de la Commune, des services déconcentrés de l'Etat, groupe d'appui, souvent une ONG, hommes et femmes, jeunes et moins jeunes...) qui génèrent des réflexions, des actions et des **outils de gestion de la ville**. Ces comités, dont les participants sont l'émanation du **choix populaire**, apparaissent spontanément. Puis, en véritables **gouvernements de quartiers** - dont la légitimité n'est pas électorale, mais plutôt **participative et concertée** -, ils exercent une **véritable gouvernance** au niveau le plus local.

Par exemple, à l'origine de la pratique de gestion communautaire des déchets de Rufisque, de telles structures furent créées à l'**initiative des assemblées traditionnelles** (les pintch). Cette procédure, qui respecte les traditions locales, facilite grandement l'organisation de la pratique et la communication entre les différents partenaires. Ce **respect des spécificités culturelles** passe également par le recours aux mosquées et à leurs haut-parleurs, afin de donner plus d'impacts aux messages. Il s'est très vite avéré que la création d'instances plus larges que les pintch serait nécessaire pour mieux gérer cette pratique : pour en assurer le suivi, l'évaluation, et faire un travail de prospective. C'est ainsi que les représentants des quartiers créèrent des Comités de Suivi-Evaluation-Prospective, ou **Comités Locaux de Gestion (CLG)**- communément appelé **Comité de Gestion** - reposant

sur les comités de santé qui en constitue l'ancrage institutionnel et le point focal.



Partie 3

La problématique de l'environnement

La gestion des eaux résiduaires dans les grandes villes et même dans les villes secondaires constitue un des **défis majeurs à relever** dans les programmes de gestion urbaine des municipalités d'Afrique et des autres pays en développement.

D'ailleurs dans la plupart des pays en développement, ce volet de la gestion urbaine est pris en charge au niveau national. En effet, cette gestion des eaux résiduaires qui comprend la collecte des eaux usées depuis les lieux de production (au niveau des populations, entreprises ou services), jusqu'à leur traitement avant rejet en passant par leur canalisation vers les stations de traitement est un poste assez dispendieux.

Si dans les pays développés, les problèmes de collecte et d'évacuation sont quasi dépassés, celui du traitement des eaux demeure toujours actuel. Par contre dans les pays en développement, aucun de ces points n'est résolu.



Femme déversant ses eaux de bassin dans la rue

La mauvaise gestion des eaux usées affecte aussi bien la santé des résidents que celle de ceux qui sont chargés de leur évacuation.

Ceci entraîne une **dégradation de l'environnement**, mais peut aussi contribuer à la contamination des ressources halieutiques – une étude qu'ENDA avait faite en 1990, au niveau des baies de Dakar, montrait non seulement une contamination des poissons mais aussi une perte de la production (Niang, 1995).

Par ailleurs, il est courant de voir que les **eaux usées brutes** sont **utilisées en agriculture urbaine** le long du réseau d'évacuation ou au niveau des exutoires.

Une bonne politique de gestion des eaux usées dans les pays en développement, au Sénégal en particulier, passera nécessairement par l'utilisation de **plusieurs systèmes de traitement** (fosse septique, fosse étanche, lagunage à microphytes, lagunage à macrophytes, boues activées ...), chaque système étant **adapté à la spécificité du contexte**.

A côté des politiques de réalisation de réseaux d'égout conventionnel adaptés à un certain niveau de vie, il faudrait, pour permettre aux moins nantis d'accéder aussi à un service public d'assainissement, étudier d'**autres alternatives** qui sont à leur portée.

En effet, les stations d'épuration de type classique, même si elles sont jugées nécessaires de par les avantages qu'elles présentent, ne peuvent pas à elles seules répondre convenablement aux attentes. Pour exemple, la station de Cambérène (station de type boues activées) a coûté, avant la dévaluation du FCFA, 2,5 milliards de FCFA alors qu'elle n'épure pas le dixième des eaux usées rejetées à Dakar.

Dans ce contexte, l'exemple du système d'assainissement développé à Rufisque en 1994 par ENDA-RUP (Gaye, 1996) mérite une attention toute particulière.

En effet, le système propose des ouvrages de stockage de capacité très modeste à l'intérieur des concessions, un réseau d'évacuation qui utilise des tuyaux en PVC de diamètre 110 mm et une station d'épuration de type lagunage à macrophytes.

Ce choix a été principalement guidé par le souci d'offrir aux populations financièrement défavorisées les possibilités d'accès au service d'assainissement, un des piliers de la santé publique.

Le but est de fournir aux populations et aux instituts gestionnaires du développement urbain, un procédé de collecte, d'évacuation, de traitement et de réutilisation des eaux usées approprié, économiquement viable et reproductible, techniquement satisfaisant et socialement accepté, pour aider à résoudre les problèmes de sécurité alimentaire et de santé publique.



Partie 4

SCA - Systèmes communautaires d'Assainissement

Le cas particulier des Systèmes communautaires Semi-Collectif d'Assainissement (SCA) a été initié par ENDA RUP il y a une dizaine d'années à Rufisque, Sénégal, comme étant **unique** dans les Pays d'Afrique Occidentale pour donner un système complet d'assainissement des eaux ménagères grises et noires à 250 ménages.

Il a fonctionné selon une **approche très participative** dans la gestion de la demande par des comités locaux, la mise en place et la maintenance de l'évacuation combinée des eaux usées par des micro-entreprises locales formées en conséquence.

Les autorités locales et nationales ont été impliquées dans cette initiative.

Les objectifs spécifiques des SCA sont les suivants :

- l'objectif **économique** dont la génération de revenus et la création d'emplois avec les activités environnementales en utilisant le microcrédit pour les micro-investissements des ménages en matière d'assainissement ;
- l'objectif **social** dont la responsabilisation des groupements de personnes en développant des activités d'information, d'éducation et de communication à des fins de sensibilisation pour réduire les travaux domestiques des femmes ;
- l'objectif concernant **l'environnement et l'assainissement**, dont la collecte, le traitement et le recyclage des ordures et des eaux usées ;
- l'objectif **politique** (renforcement de l'indépendance de la communauté et de la citoyenneté des individus en favorisant la formation et les rencontres entre différents groupes).

Les recherches et études de cas réalisées à Rufisque permettent d'avancer les points suivants :

- il est possible à l'échelle du quartier de faire de l'assainissement avec **réutilisation des eaux usées domestiques traitées dans l'agriculture urbaine** permettant ainsi la revalorisation d'espaces urbains sauvages où des problèmes d'environnement se posaient ;
- des **technologies alternatives** (par rapport aux technologies classiques) **efficaces** et **adaptées** au contexte socio-économique, géographique et écologique sont disponibles ;
- il est également possible de rendre **l'assainissement productif** (création d'emploi) et capable de générer un revolving fund pour continuer de faire de l'assainissement dans les quartiers pauvres à partir d'une subvention de départ et tendre ainsi à se départir petit à petit de l'aide extérieure dans ce domaine ;
- il est possible aux Communes de faire une **délégation de pouvoir des services publics urbains** aux organisations et micro-entreprises émanant des populations dans le cadre de la production et maintenance d'infrastructures d'assainissement, de gestion et revalorisation des déchets ménagers.

Il en résulte d'une part un renforcement des capacités des autorités locales en matière de planification et de gestion urbaine, d'autre part un renforcement de la citoyenneté chez les populations.



Visite des bassins de lagunage de Rufisque par une école

Partie 5

La caractérisation des eaux usées domestiques

Origines des eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques proviennent de différents usages domestiques de l'eau. Elles renferment essentiellement des matières organiques solubles, colloïdales et en suspension (Eckenfelder W.W., 1982).

A l'état frais, les eaux usées domestiques sont un liquide trouble, gris ou jaunâtre, d'odeur fade, chargé de flocons de boues, d'excréments, de résidus de végétaux ainsi que de lambeaux de papier et de matières synthétiques. Les matières polluantes se fragmentent et deviennent d'autant plus fines que le rejet d'écoulement est long et turbulent (Radoux, sd).

Elles comprennent :

- **les eaux vannes** : issues des toilettes (W.C.), elles sont constituées par les matières fécales et les urines qui contiennent des matières minérales, de la cellulose, des lipides, des acides gras, des alcools, des glucides, etc. Elles sont aussi riches en germes microbiens.

L'urée, élément dominant, sera transformé en ammonium dans les canalisations. Les matières fécales sont constituées par les résidus alimentaires, les produits de desquamations de l'intestin et les corps microbiens. Elles contiennent 70 à 80% d'eau (Radoux, sd).

- **les eaux ménagères** : regroupent l'ensemble des autres rejets, eaux de cuisines, de bains, de lessives, des graisses et surtout des savons et autres détergents (Radoux, sd).

De façon générale, les eaux usées domestiques véhiculent à la fois des agents physiques, des agents chimiques (organiques et inorganiques) et des agents biologiques, donc une panoplie de pollutions pouvant causer d'énormes problèmes aussi bien sur l'environnement que sur la santé publique.

Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comportent différentes formes de pollution qu'il importe de déterminer pour une évaluation correcte des performances épuratoires de systèmes d'épuration. Cette pollution est globalement répartie en trois catégories : la pollution physique, la pollution chimique (organique et minérale) et la pollution biologique.

La pollution physique, ses paramètres de mesure et ses impacts

La pollution physique ou particulaire ou encore appelée pollution primaire constitue l'ensemble des objets flottants, des matières grossières et de particules en suspension contenues dans les eaux usées. Elle constitue l'une des parties les plus apparentes de la pollution des eaux usées et est quantifiée par la mesure d'un certain nombre de paramètres dont les plus courants sont :

- **les matières en suspension (M.E.S.):** qui constituent un paramètre de pollution important et marquent généralement bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Elles sédimentent et sont la source d'envasements susceptibles de modifier les profils hydrauliques. D'autre part, le suivi de ce paramètre renseigne sur les possibilités épuratoires de certains ouvrages de traitement (décanteur).

Elles sont composées essentiellement des matières organiques ou minérales. Leur origine résulte des déchets désagrégés en provenance des W.C., de la cuisine, de la buanderie, et des salles de bains (Diop, 2002).

Deux techniques sont actuellement utilisées pour la détermination des M.E.S. (norme AFNOR T90-105) ; elles font appel à la séparation par filtration directe ou centrifugation. On réserve cette dernière mé-

thode au cas où la durée de la filtration dépasse une heure environ du fait de la forte charge des eaux..

Les causes de variabilité de la mesure sont nombreuses (volume de la prise d'essai, teneur de l'échantillon, séchage à 105°C jusqu'à poids constant). La précision reste cependant très acceptable (Bechac et al, 1983). Ce paramètre est exprimé en mg de matières sèches insolubles par litre.

La concentration en M.E.S. des eaux usées domestiques rejetées à Dakar est toujours très élevée et dépassent régulièrement 500 mg/l (Niang, 1995).

- **les matières décantables et non décantables (M.D. ou M.N.D.):** elles représentent la fraction des M.E.S. sédimentées après un certain temps (généralement deux heures). L'essai de décantation est réalisée dans un cône d'IMHOFF ou dans les éprouvettes cylindriques du Docteur Coin. Ces deux types d'éprouvettes ont une capacité d'un litre et le culot en est gradué pour lecture.

L'évaluation des matières décantables peut aussi être effectuée en soustrayant à la mesure des M.E.S. dans l'effluent brut celle dans le surnageant obtenu par siphonnage après deux heures de décantation. Ce paramètre est également utilisé pour la détermination de la capacité de dépollution de certains ouvrages (Bechac et al, 1983).

- **les matières volatiles en suspension (M.V.S.):** elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurées à partir des matières en suspension (résidu à 105°C) en les calcinant dans un four à 525°C±25°C pendant deux heures. La « perte au feu », différence entre les poids de ces deux résidus, correspond assez bien aux substances organiques car peu de sels minéraux initialement insolubles sont partiellement décomposés ou perdent une partie de leur eau de constitution entre ces deux températures, mais elle ne permet pas de différencier les matières organiques biodégradables de celles qui ne le sont pas. Ces M.V.S. représentent en moyenne 70% de la teneur en M.E.S. pour des effluents domestiques (Bechac et al, 1983).

- **les matières minérales et les matières sèches totales** : elles représentent le résidu des M.E.S. après calcination à 525°C+25°C. Les matières sèches totales ou extrait sec, obtenues par évaporation directe, sont plus rarement mesurées. Elles rendent compte à la fois des MES et des matières solubles (Bechac et al, 1983).
- **la température** : elle reste un paramètre dont la détermination est souvent négligée ; il est des cas où son contrôle est indispensable. Le fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseurs) nécessite que l'effluent présente une température comprise entre +10°C et +25°C (Bechac et al, 1983). Cependant, les processus épuratoires se réalisant en anaérobie sont plus fortement influencés par les variations de températures que les processus se réalisant en aérobie (Radoux, sd).

Le rejet, sans traitement, des eaux usées domestiques brutes (riches en pollution physique) dans le milieu naturel peut engendrer divers dommages parmi lesquels nous pouvons citer :

- la non pénétration de la lumière dans l'eau, déséquilibrant ainsi la chaîne trophique ;
- l'asphyxie de l'activité biologique régnant à l'interface eau-sédiments ;
- la destruction des zones de frayères ;
- la turbidité ;
- le recouvrement des végétaux ;
- l'obstruction des branchies des poissons ;
- inhibition de la vie aquatique.

Cependant, la perturbation de l'équilibre écologique induite par la pollution physique ne peut être évitée qu'en débarrassant les eaux usées de leurs charges particulières. Certains systèmes naturels arrivent à le faire de façon très efficace.

La pollution chimique organique, ses paramètres de mesure et ses impacts

Cette pollution est encore appelée **pollution secondaire** et s'articule autour de deux composantes :

- **les composés de synthèse** : il s'agit principalement des produits à usage domestique (détergents, insecticides organo-phosphorés, herbicides, etc.) et industriel (esters de l'acide phtalique, composés du phénol, etc.)
- **les composés organiques issus des métabolismes des êtres vivants** : ils sont représentés par des matières organiques fécales, les divers déchets organiques de cuisines, de culture, etc. Ces matières sont facilement biodégradables. Ce type de pollution a toujours existé ; le danger vient principalement de la rapide augmentation du volume de cette charge polluante et de ses concentrations locales, le milieu récepteur ne pouvant plus assurer son rôle auto-épurateur dans de telles conditions.

Cette pollution chimique organique est souvent être quantifiée de manière indirecte par la mesure de certains paramètres tels que :

- la **demande chimique en oxygène (D.C.O.)** : elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné (Radoux, 1993).

Elle permet, en d'autre terme, la mesure globale des matières organiques, biodégradables et réfractaires (Eckenfelder, 1982). Elle s'exprime en $\text{mg O}_2/\text{l}$;

- la **demande biochimique en oxygène en 5 jour (D.B.O₅)** : elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours. Elle s'exprime aussi en $\text{mg O}_2/\text{l}$ (Radoux, 1993).

L'ensemble des contaminants organiques sont, selon les cas, rémanents ou plus ou moins facilement biodégradés. Ils ont des impacts sur les écosystèmes aquatiques et sur la santé humaine (Radoux, sd).

Ces polluants organiques présentent, globalement, deux types de toxicité : une toxicité létale et sub-létale (dite toxicité à court terme) et une toxicité chronique (dite de longue durée). Et les risques liés à ces composés peuvent être de type mutagène, cancérigène et tératogène (produisant des monstres) (Radoux, sd).

La pollution chimique minérale, ses paramètres et ses impacts

Elle peut être aussi appelée par **pollution tertiaire** et est d'autant plus grave que ses effets sont insidieux. C'est une pollution qui n'est pas facilement biodégradée (Radoux, sd).

En effet, la pollution chimique minérale des eaux usées est provoquée par l'abondance des composés minéraux de l'azote et du phosphore mais aussi des métaux lourds. Il s'agit essentiellement de l'ammonium et des phosphates qui proviennent des matières fécales, des déchets de cuisine et des détergents ménagers (phosphore) (Diop, 2002).

Elle peut être quantifiée par deux grands types de polluants ou paramètres minéraux : les composés d'eutrophisation que sont les dérivés minéraux de l'azote et du phosphore (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates divers et autres sels utilisés en agriculture et dans l'industrie) et les métaux lourds (Radoux, sd).

- **l'azote** : il peut se présenter sous différentes formes : azote organique, azote ammoniacal, nitrites et nitrates. Leur somme constitue l'azote global. L'azote peut provenir de la décomposition des déchets organiques, des rejets organiques d'origine humaine (urée), de certaines industries notamment celles des engrais azotés, de la chimie, ... Dans l'eau, l'azote subit de nombreuses transformations (en sels ammoniacaux (NH_4), par nitrification (NO_2) et nitratisation (NO_3)). Ces différentes transformations modifient l'état d'équilibre de l'eau en consommant de l'oxygène. Par ailleurs, une des applications des nitrates est leur utilisation en tant qu'engrais. Une consommation importante en azote dans l'eau constitue donc un nutriment qui favorise la prolifération d'algues et plantes aquatiques ce qui entraînera une surconsommation de l'oxygène dissous dans l'eau. Les rejets azotés, en asphyxiant le milieu, constituent donc un facteur

d'eutrophisation. De plus, les rejets de nitrites peuvent être toxiques pour les organismes vivants ([http:// pages.infinet.net/kuentz/](http://pages.infinet.net/kuentz/)).

- **le phosphore** : il a diverses origines telles que les déchets organiques, les lessives, les détergents industriels, les laiteries et bien sûr les engrais, le lessivage des sols riches en phosphore soluble dans l'eau (<http://www.enseiht.fr>). Il se présente sous forme de phosphate dans les eaux usées (Radoux, sd) ;
- **les métaux lourds** : ils constituent aussi un paramètre très important pour cette pollution chimique et sont composés essentiellement de Hg, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, etc. (Radoux, sd).

Ils agissent principalement de façon nocive à l'état dissous où ils se trouvent sous forme hydratée. La solubilité est par ailleurs dépendante du pH.

Les polluants azotés et phosphorés ont comme principaux impacts : le phénomène d'eutrophisation du milieu aquatique et la contamination des nappes phréatiques (par les nitrates). Tandis que ceux causés par les métaux lourds sont essentiellement cancérigènes.

La pollution biologique, ses paramètres de mesure et ses impacts

Elle est souvent appelée **pollution quaternaire** et regroupe les pollutions bactériennes, virales et zoo-parasitaires.

L'origine de ces pollutions est spécifiquement humaine et animale. Le réservoir initial de ces germes est le tube digestif de l'homme et des animaux (Radoux, sd).

Les principaux paramètres de mesure de cette pollution quaternaire sont :

- *les bactéries* : elles sont essentiellement constituées d'organismes Coliformes. Ce groupe comprend toutes les bactéries en bâtonnets, Gram+ et Gram-, aérobies et anaérobies facultatives qui ne forment pas de spores et qui fermentent le lactose, avec dégagement de gaz en un temps et à une température donnée (par exemple, 48 heures à 37°). Les organismes coliformes qui vivent normalement dans le sol et dans les déjections des

animaux à sang chaud serviront également d'indicateurs généraux de pollution (Gloyna, 1972). Parmi les bactéries les plus fréquemment présents dans les eaux usées domestiques nous pouvons citer:

- le genre *Salmonelle* : ce genre regroupe des espèces telles que *Salmonella typhi*, *S. schottmuelleri* et *S. paratyphi* qui sont responsables de la fièvre typhoïde et paratyphoïde (des maladies très répandues dans le monde). Les principaux modes de transmission sont l'eau et les aliments contaminés. Les légumes cultivés dans des sols contaminés (irrigation de maraîchages avec des eaux usées brutes ou non désinfectées) sont facteurs de transmission importants dans certains pays (Radoux, sd).
- le genre *Shigella* : il regroupe des espèces telles que *Shigella dysenteriae*, *S. flexeneri*, *S. boydii*, *S. sonnei* qui sont responsables de dysenteries bacillaires aiguës. La contamination se fait par contact direct avec les matières fécales et par les aliments contaminés, les mouches et le sol (Radoux, sd).
- le genre *Vibrio* : qui regroupe les espèces telles que *Vibrio cholerae*, *V. el tor* responsables du choléra. La transmission se fait par l'eau (via les fèces et les vomissures), le sol, les aliments contaminés et les mouches. Cette maladie peut être endémique ou épidémique.
- le genre *Colibacille* : il a comme espèce principale *Escherichia coli* (hôtes normaux de l'intestin) qui peut être responsable de colibacilloses, de diarrhées, septicémies, entérites, cystites, néphrites, etc.(Radoux, sd).
- *les virus* : ils sont responsables des maladies infectieuses d'origine hydrique les plus fréquentes et se répartissent essentiellement en :
 - *Entérovirus* regroupant les Poliovirus (responsables de la poliomyélite), les *Coxsackie virus* (responsables des méningites, etc.), les Hépatites A virus (responsables de l'hépatite A), etc.
 - *Rotavirus* responsables des diarrhées humaines et animales ;

- *Adenovirus* responsables d'affections des voies respiratoires et des yeux.
- *les zoo-parasites* : ils sont responsables des maladies infectieuses les plus fréquentes. Il s'agit :
- *des amibes libres* regroupant les genres *Naegleria* et *Acanthamoeba* qui sont hétérotrophes, bactérivores et strictement aérobies. Leurs localisations cérébrales primaires (*Naegleria*) ou secondaires (*Acanthamoeba*) sont le plus souvent mortelles .
- *des helminthes* regroupant les espèces telles que les *Ascaris*, *Trichuris*, *ankylostomes* et *anguillules* (tous des vers) qui sont responsables des helminthiases (infections à vers), etc.

L'impact de la pollution biologique a des incidences importants sur :

- le traitement à apporter à l'eau en vue de la rendre potable ;
- la santé des populations ;
- le tourisme associé à l'eau ;
- l'utilisation à des fins agricoles de l'eau et des produits de l'agriculture (maraîchages) ;
- la consommation alimentaire des produits de l'aquaculture.

Il existe cependant différentes technologies d'épuration des eaux usées domestiques permettant de les débarrasser de toutes ces formes de pollution, avant le rejet dans la nature ou une réutilisation quelconque.

Les différentes techniques de traitements

Le rejet des eaux usées sans traitement est devenu un problème écologique à l'échelle mondiale. Cependant, la résolution de ce problème est devenu un enjeu essentiel pour la sauvegarde de notre environnement.

Dès que la nécessité du traitement des eaux usées avant rejet s'est posé, alors qu'il n'existait encore aucun procédé physico-chimique ou biologique de traitement intensif, le sol est apparu comme une alternative (Bechac et al, 1984). En effet, le sol constitue un milieu

biologique très actif, extrêmement riche en microorganismes de toutes sortes (bactéries, protozoaires, champignons, micro-faunes). En plus, la présence d'une végétation supérieure dont l'essentiel du système racinaire se développe dans cette zone augmente considérablement le potentiel d'épuration du sol (Bechac et al, 1984)..

Ensuite apparaissent les techniques collectives intensives d'épuration dites techniques classiques qui assurent un traitement biologique des eaux usées (traitement secondaire). Elles sont basées sur une utilisation importante d'énergie artificielle (Niang, 1995).

A côté de ces techniques collectives intensives, se sont développés d'autres procédés. Il s'agit des techniques collectives extensives basées sur la capacité épuratrice des milieux naturels (Niang, 1995).

Les techniques individuelles : **Assainissement individuel-les petites stations**

Les techniques individuelles d'épuration des eaux usées se limitent à de très petites stations dont la nécessité ne fait aucun doute dans certains cas (habitations ou petits lotissements isolés). Ce sont en général des fosses septiques, qui ne prennent en compte (dans certaines écoles) que les eaux vannes, les eaux ménagères étant envoyées en puisards. Elles fonctionnent en anaérobie et doivent être maintenues remplies. Le volume est environ 300 litres par usager (Valiron, 1985). Il est conseillé parfois d'essayer d'adjoindre une petite aération, mais en dessous d'une centaine d'habitants les complications d'entretien annulent l'avantage escompté. L'épuration est améliorée si l'effluent de la fosse est dirigée vers un plateau tellurien, ensemble de drains à 0,50 m de profondeur, recouvert de végétation à feuilles persistantes (Valiron, 1985).

On peut citer aussi la très vieille technique de l'épandage directe, qui exige beaucoup d'espaces (10 m²/ hbt) et peut présenter des contre indications hygiéniques. Elle est souvent utilisée pour éliminer les produits de vidange et de fosses fixées après une dilution éventuelle avec de l'eau d'égout (Valiron, 1985).

Cependant, la nature des effluents à traiter par ce système d'épuration individuel doit être essentiellement domestique (Valiron, 1985).

Prétraitement des eaux usées domestiques : la fosse septique et les dispositifs annexes

En assainissement individuel ou autonome, les filières de traitement des eaux usées domestiques sont constituées d'un dispositif de traitement préalable suivi d'un dispositif assurant l'épuration puis l'évacuation des effluents.

Le prétraitement assuré par la fosse septique vise à rendre l'effluent compatible avec l'infiltration dans le sol. A cette fin, la fosse doit assurer une liquéfaction partielle des matières polluantes contenues dans les eaux usées et la rétention des matières solides et des déchets flottants de façon à éviter le colmatage au niveau du dispositif de dispersion.

Les eaux ménagères permettent une dilution des eaux vannes, ce qui, d'une part entraîne un abaissement du seuil de toxicité ammoniacal des effluents, d'autre part évite l'adjonction d'un bac à graisse (Valiron,, 1985).

Le principe de fonctionnement se résume en une décantation et une fermentation qui se déroulent simultanément dans la fosse septique.

Lors de la décantation, les particules denses que l'eau sédimentent tandis que les graisses et huiles flottent et s'accumulent en surface. La principale difficulté enregistrée au cours de ce phénomène est la remise en suspension et l'entraînement des matières sédimentées par des arrivées brusques d'eau.

La fermentation est due aux micro-organismes anaérobies contenues dans l'effluent. Elle se traduit par une liquéfaction partielle des boues et par la diminution de leur volume. Elle s'accompagne d'une production de gaz de digestion (CH_4 , CO_2 et H_2S) qui sont éliminés par les conduits de ventilation.

Au total, l'abattement de la D.B.O. et de la D.C.O. entre l'entrée et la sortie des effluents est de l'ordre de 50% ; celui des M.E.S. de l'ordre de 65% à 80% ; celui de l'azote d'environ 10% et celui des phosphates de 20 à 30% (Valiron, 1985).



Prélèvement d'échantillon pour le contrôle de la qualité des eaux à Bignona



Visite du site à Douala par les membres du Comité de suivi-évaluation

Les critères d'aptitude d'un site à l'assainissement individuel

Différents paramètres doivent être pris en compte pour appliquer ce genre de technique d'épuration des eaux usées domestique parmi lesquels nous avons :

- la perméabilité du sol qui peut être évaluée par un test de percolation ;
- l'hydromorphie du sol ;
- la profondeur de la nappe et ses variations, qui doit être étudiée pour éviter les risques de contamination par les eaux usées. Cependant une profondeur minimale d'un mètre est souhaitée (Valiron, 1985) ;
- la profondeur du substratum doit être considérée comme suffisante à partir de 1 à 1,50 m si le sol possède une granulométrie assez fine et s'il ne présente pas d'horizon imperméable ;
- la pente peut empêcher l'épuration correcte des eaux en favorisant leur résurgence rapide après infiltration. Ce risque existe dès 10 à 15% de pente, sauf pour des sols particulièrement aptes à l'infiltration (Valiron, 1985).

Les technologies collectives intensives

Ce sont des techniques d'épuration classiques dont le coût d'installation, de fonctionnement et d'entretien est très élevé. Elles nécessitent une main d'œuvre qualifiée.

Elles restent cependant les plus efficaces pour les zones à forte densité de population (Niang, 1995).

Il existe plusieurs procédés de traitement des eaux usées par cette méthode dite classique.

Le réacteur à boues activées

Un bassin à boues activées est un réacteur biologique alimenté en continu dans lequel la biomasse est brassée et aérée en même temps que l'eau usée. Celle-ci est ensuite séparée dans un décan-

teur secondaire. Une partie de la boue épaissie est recyclée dans un bassin aérateur.

Le procédé par boue activée peut fournir un effluent dont la D.B.O. soluble variera de 10 à 30mg/l et la D.C.O. résiduelle peut être aussi élevée à 500 mg/l. Il est nécessaire de débarrasser préalablement les eaux d'un certain nombre de polluants, les huiles et graisses par exemples (Eckenfelder, 1982).

Les micro-organismes restent en suspension dans l'eau, notamment les levures et bactéries qui assurent l'essentiel de l'épuration. Ils sont associés à une micro-faune spécifique (protozoaires) qui assure leur rassemblement sous forme de flocons séparables ensuite dans un décanteur (Valiron, 1985).

Dans ce procédé, les effluents biodégradables sont mis en contact, pendant un temps suffisamment long, avec des amas biologiques floculés maintenus en suspension et en agitation au sein du liquide à traiter de façon à assurer un contact intime en permanence avec toutes les parties de l'effluent. De surcroît, ces amas biologiques (boues activées) sont renouvelées en permanence par une circulation continue. Le processus est aérobie et la présence en quantité suffisant d'oxygène est indispensable.

Au cours de ce processus d'épuration par boues activées, on note les trois étapes suivantes :

- l'adsorption et l'absorption des matières organiques de l'effluent par les amas biologiques ;
- l'oxydation et la dégradation de ces matières organiques, puis la synthèse de nouveaux micro-organismes ;
- l'oxydation et la dégradation d'une partie des amas biologiques.

La première étape est très importante en ce qui concerne l'épuration proprement dite de l'effluent. L'élimination réelle de la pollution se fait ensuite par transformation en protoplasme, en produits du métabolisme des micro-organismes et auto-oxydation des boues présentes, si elle est complète, stabilisées et minéralisées (Bechac et al, 1983).

Le mécanisme d'épuration par boues activées est différent selon que l'on considère le traitement des eaux résiduaires urbaines ou industrielles, compte tenu de leur composition respective. Une eau usée domestique est composée de matières organiques en suspension, de matières à l'état colloïdal ainsi que de matières organiques dissoutes, essentiellement des hydrates de carbone et des composés azotés. Si on met en contact une eau résiduaire domestique et une boue activée, les matières en suspension ou colloïdales sont rapidement absorbées ou agglomérées par les floccs bactériens. Les matières solubles sont absorbées par action enzymatique mais à un degré moindre.

L'hydrolyse des matières en suspension est beaucoup plus lente ; il est probable qu'une partie de celles-ci est éliminée comme telle lors de la vidange des boues secondaires en excès, du moins dans les procédés classiques à boues activées (Eckenfelder, 1982).

Lits bactériens

La technique des lits bactériens consiste à fixer les micro-organismes épurateurs sur matériaux poreux ou caverneux. L'eau à traiter est dispersée en tête de réacteur et traverse le garnissage et peut être reprise pour une recirculation. La surface d'encombrement au sol est limitée, et le coût en énergie peu élevé. Néanmoins, elle nécessite des volumes réactionnels importants et entraîne l'émanation d'odeurs.

Dans les lits bactériens (ou filtres bactériens), la masse active des micro-organismes se fixe sur des supports poreux inertes ayant un taux de vide d'environ 50% (minéraux, comme la pouzzolane et le coke métallurgique, ou plastiques) à travers lesquels on fait percoler l'effluent à traiter. En plus du lit bactérien, le procédé met en œuvre un clarificateur où l'eau épurée est séparée de la culture microbienne.

L'effluent (réparti uniformément) ruisselle à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support. Celle-ci comporte une forte proportion de bactéries, des champignons, des vers et des larves (d'insectes) dans les zones à l'abri du flux ; ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique soluble ou particulaire de

l'effluent, l'appauvrissent progressivement au cours de son trajet. La zooglyée ainsi alimentée tend à s'épaissir et sa partie interne passe en anaérobiose. Les produits issus de l'activité anaérobie diffusent vers l'extérieur, rencontrent la pellicule externe aérobie, où ils sont repris et oxydés (Bechac et *al*, 1984).

Ces systèmes sont toujours équipés d'un décanteur primaire en amont du réacteur qui joue un rôle important dans l'abattement de la pollution. Il surplombe souvent une fosse dans laquelle se rassemblent les boues digérées (Bechac et *al*, 1984). Après passage sur le lit (appelé phase d'aération), une décantation secondaire permet la séparation des particules entraînées. Ce procédé permet d'atteindre des rendements supérieurs à 85% de la D.B.O. lors du traitement d'eaux résiduaires domestiques (Niang, 1995). Il est très utilisé en Grande-Bretagne où il conduit à des ouvrages de grande surface, munis de dispositifs d'épandage importants (Bechac et *al*, 1984).

Le système à disques biologiques

Ces systèmes sont des variantes des lits bactériens. Le réacteur est constitué de disques en matière plastique, de diamètre élevé et montés sur axe horizontal. Le tambour, à demi-immérgé, tourne autour de cet axe. Un biofilm, dont l'épaisseur varie de 1 à 4 mm, se développe sur les disques (Eckenfelder, 1982).

La rotation des disques assure à la fois l'oxygénation et le contact avec l'eau usée. La biomasse en excès se détache de la même façon que dans les lits bactériens et est séparée par un décanteur secondaire.

Pour le traitement des eaux usées domestiques les performances augmentent en fonction du rapport volume du liquide sur surface et ce, jusqu'à 0,005 m³/m. Aucune amélioration n'est observée au-delà de cette valeur (Eckenfelder, 1982).

Les techniques collectives extensives

Ce sont des stations d'épuration dites rustiques basées sur les capacités épuratoires des écosystèmes naturels liés à l'eau. Elles se trouvent, aujourd'hui, très diversifiées et de conceptions variées grâce aux connaissances scientifiques poussées.

Ces stations nécessitent de surface de terrain relativement importantes d'où l'appellation de « techniques d'épuration par voie extensive ». Elles opèrent sans équipements sans soutien énergétique artificiel important ; les différents processus sont intégrés dans des écosystèmes naturels (milieux humides) plus ou moins aménagés.

Selon le type d'écosystème utilisé, elles sont distinguées en lagunage à macrophytes, prairies à hydrophytes libres ou flottants...

Le lagunage à microphytes

C'est un processus d'épuration des eaux usées qui consiste en un lent écoulement de l'eau dans plusieurs réservoirs ou bassins (3 au minimum) étanches d'eau libre où prolifèrent des bactéries, des algues et du zooplancton au détriment des matières organiques. On distingue trois types de bassins : anaérobies, facultatifs et aérobies.

Le bassin de tête, recevant les eaux usées brutes prétraitées, a une surface double de celle de chacun des deux autres bassins. Le dimensionnement, sous climat tempéré, est de l'ordre de 10 m² nets de plans d'eau par équivalent-habitant (Radoux, 1984).

Le principe de fonctionnement de ce système est le suivant :

- la rétention des M.E.S. s'effectue par simple décantation ;
- la charge organique est progressivement dégradée et minéralisée par des bactéries aérobies qui utilisent l'oxygène dissous dans l'eau. Cet oxygène provient d'une part de la photosynthèse du phytoplancton et d'autre part de l'air se solubilisant au niveau d'un grand interface air-eau ;
- le phytoplancton, abondant, participe à l'épuration tertiaire par sa nutrition minérale azotée et phosphorée ;
- la multitude des microorganismes bactériens et algaux morts forme progressivement des sédiments dont la dégradation constitue une charge organique de néoformation. Cette accumulation de boues est partiellement limitée, notamment par consommation animale à des niveaux trophiques supérieurs (protozoaires, cladocères, larves d'insectes... et même poissons).

Dans ces conditions, les rendements d'épuration (M.E.S., D.C.O., N total et P total) peuvent atteindre 70% ; ils sont cependant, variables au cours de l'année, plus faible en hiver et meilleurs en été (Radoux, 1984).

C'est le système d'épuration naturel le plus connu et, de loin, le plus répandu sous tous les climats. Il est, avec l'épandage souterrain, le seul à disposer de critères et de formules de conception et de dimensionnement suffisamment élaborés pour convaincre la majorité des concepteurs et des gestionnaires sur son efficacité et sa fiabilité (Radoux, 1984).

Ce système est connu depuis fort longtemps et est de plus en plus couramment utilisé dans les situations où les systèmes classiques et l'assainissement individuel atteignent leurs limites d'exploitations rationnelles (Radoux, 1989).

Les principaux avantages reconnus de ce système de lagunage à microphytes sont les suivants :

- une efficacité épuratoire ;
- un excellent abattement des germes indicateurs de contamination fécale ;
- un bon comportement face aux variations de charge et de débit des eaux usées ;
- une possibilité de réutiliser les eaux épurées en agriculture ;
- une maintenance simple et économique bien qu'elle soit essentielle (Radoux, 1986).

Des exemples de ce type de système d'épuration peuvent être cités. Pour cela, on a :

- à Marrakesh (Maroc), une étude expérimentale portant sur l'épuration des eaux usées domestiques par des bassins de stabilisation a été effectuée en 1993. Il s'agit de bassins à microphytes d'une surface de 168 m², d'une profondeur de 0,8 m, recevant 13,8 m³ d'eaux usées par jour pour un temps de rétention de 7 jours. Au cours de l'expérimentation, des analyses d'échan-

tillons prélevés au niveau de l'influent et de l'effluent ont été effectuées pour évaluer l'abattement de la pollution primaire (M.E.S.). Le rendement obtenu pour ce paramètre est de 42% (Mandi et al, 1993).

Les prairies à hydrophytes libres ou flottants

Le système le plus connu et le plus étudié est représenté par les bassins d'épuration à jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*, (Mart.) Solms-Laub.) et les bassins à laitues d'eau (*Pistia stratiotes* L.). Ces plantes se développent rapidement dans les eaux riches et couvrent la surface du plan d'eau.

Les bassins sont peu profonds et la couverture végétale empêche tout développement excessif d'algues, maintenant ainsi un environnement stable et homogène, avec la mise en place d'une microflore et d'une microfaune spécifiques contribuant aux processus d'épuration.

L'amélioration importante de la qualité des eaux concerne essentiellement les M.E.S. et la charge organique. Le temps de séjour peut être plus court que dans le cas précédent et l'assimilation rapide (Niang, 1995).

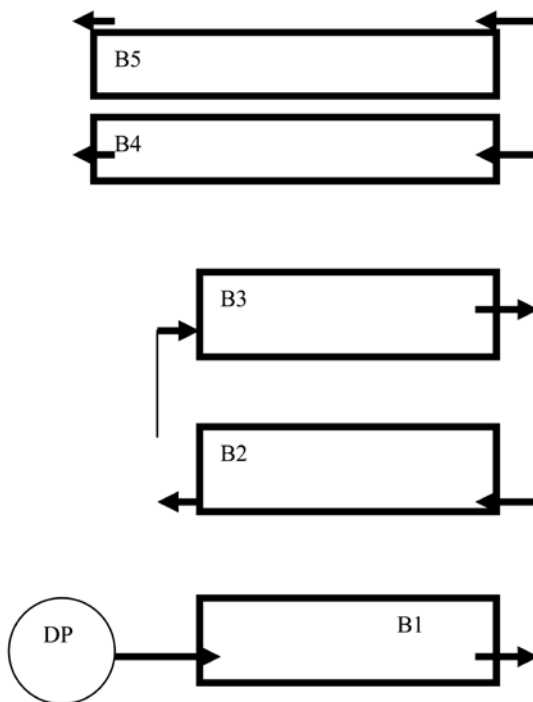
D'autres plantes sont également utilisées dans ce procédé de traitement naturel des eaux usées telles que *Salvinia molesta* et les lentilles d'eau (*Lemna spp.*). Ces plantes présentent une grande capacité de reproduction. La production annuelle sous climat tempéré est estimée entre 165 à 20 tonnes de matières sèches/ha/an, respectivement pour la jacinthe d'eau et les lentilles (Koné, 1999).

Dans le système avec jacinthe d'eau ou laitue d'eau, le processus épuratoire fait intervenir un ensemble de bactéries facultatives, fixées aux racines des plantes libres à la surface de l'eau ou dans le sédiment. Les M.E.S., ainsi que les plantes ou microorganismes morts sont éliminés par décantation/sédimentation. Les éléments nutritifs sont absorbés par les plantes et extraits du milieu avec les récoltes (Koné, 1999).

Ces systèmes sont très performants dans l'abattement de la matière organique, les matières minérales et les M.E.S. Ils peuvent donc être utilisés en épuration secondaire et tertiaire (Koné, 1999).

- A Ouagadougou au Burkina Faso, une étude expérimentale a été menée (2001) sur la capacité épuratoire de la laitue d'eau sous forte charge organique. La station est composée d'un décanteur primaire (D.P.) et 5 bassins. Le premier bassin est facultatif (il n'y a pas de plante) et les bassins 2 et 3 sont plantés de la laitue d'eau. Ces trois premiers constituent l'étage 1 de l'épuration disposés en série. Le bassin 4 constitue un filtre à gravier et enfin le bassin 5 un bassin facultatif secondaire. Ces deux derniers bassins constituent le deuxième étage de l'épuration et sont disposés en parallèle. (voir schémas).

Fig. 2 : Schéma de la station de Ouagadougou, Burkina Faso



Les trois premiers bassins ont une profondeur moyenne de 0,7 m, une longueur de 8 m et une largeur de 3 m. Les bassins de l'étage 2 mesurent 0,7 m de profondeur, 10 m de long et 1,3 m de large. Le débit moyen à l'entrée de la station sur la période d'étude (février-avril 2000) est de 3 m³/j.



Bassin de lagunage à Songrande à Ouagadougou



Système de dégraissage à Songrande à Ouagadougou

Les analyses ont été effectuées une fois par semaine sur des échantillons d'eau prélevés à l'entrée et à la sortie de chaque bassin pour caractériser ses performances physico-chimiques. Le temps de séjour est de 21 jours pour le bassin 4 et de 24 jours pour le bassin 5.

La charge appliquée sur le bassin facultatif en tête (B1) est de 158 mg/l de M.E.S. A la sortie du bassin 4 on obtient 27 mg/ l et 63 mg/ l à celle du bassin 5.

Ainsi, le rendement obtenu au premier étage, pour l'élimination des M.E.S., est de 68% alors qu'il est amélioré au niveau de l'étage 2 avec 82%. Ceci est dû au passage des effluents dans le filtre de gravier (Koné et al, 2001).

Les prairies à hydrophytes fixés ou rhizophytes

Ces systèmes d'épuration, fondés sur l'utilisation des plantes aquatiques dont la plupart des organes sont immergés, ne sont peu utilisées ou, en tout cas, ne le sont que dans des conditions de pollution très particulières. La raison en est évidente puisque ces végétaux, pour leur photosynthèse, dépendent de la lumière et donc d'une transparence suffisante des eaux, ce qui n'est pas l'apanage des eaux usées « traditionnelles » (Mc NABB, 1976).

Ces prairies aquatiques artificielles sont ainsi utilisées pour l'épuration des eaux usées de piscicultures, caractérisées par une pollution particulière importante, mais très facilement décantable, et par une teneur élevée en NH_4 soluble, directement assimilable par la végétation aquatique (Mc NABB, 1976).

2.2.3.4. Les marais artificiels ou « E.H.T.S. »

Ce sont des stations d'épuration par « marais reconstitués » ou E.H.T.S. (« Emergent hydrophyte treatment systems ») et utilisent des espèces héliophytiques caractéristiques des ceintures de végétation semi-aquatique en bordure des lacs et des étangs. Quatre types de ce procédé ont fait l'objet d'étude expérimentale en Europe.

Le procédé KICKUTH ou « Root Zone Method » (RZM)

Le système consiste à maximiser les processus biochimiques résultant des activités bactériologiques aérobie et anaérobie se développant dans la rhizosphère des roselières (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.).

Le principe de conception est de faire circuler l'eau usée prétraitée en translation horizontale à travers un sol planté de ces espèces. Ces plantes, par leur photosynthèse au niveau des feuilles et des tiges, fournissent au sol, via ses rhizomes et racines, l'oxygène nécessaire aux activités bactériennes aérobies. Selon KICKUTH, la décomposition de la charge organique est assurée, dans le sol, par dégradation aérobie et par fermentation anaérobie ; l'azote est éliminé par nitrification-dénitrification dans la structure hétérogène du sol ; le phosphore est précipité chimiquement, en zones aérobies, par combinaison avec les ions C_a^{++} , F_e^{+++} , et Al^{+++} normalement présents dans les sols utilisés. Le rendement en D.B.O. est bon (80%) dans la plupart des installations (Radoux, 1984).

Le procédé SEIDEL ou « Max Planck Institute System » (MPIS)

Dans ce procédé, les stations comportent plusieurs étages successifs constitués de bassins artificiels plantés de divers hélophytes (*Phragmites*, *Scirpus*, *iris*, *typha*, ...). Le premier étage comporte de 4 à 7 bassins disposés en parallèle ; suivant le nombre de bassins de tête, chacun d'entre eux reçoit toute l'eau pendant 24 h, tous les 4 jours, tous les 7 jours (une fois par semaine).

L'eau percole lentement à travers le sol durant les jours de non-alimentation ; elle est récupérée par des drains disposés au fond des bassins et elle alimente les étages suivants. L'eau circule souvent en translation horizontale à travers le sol. La végétation hélophytique est fauchée au moins une fois par an dans tous les bassins tandis que les bassins du premier étage doivent être périodiquement raclés pour décolmater la surface du substrat (Radoux, 1984)..

Ce système montrerait des performances comparables à celles du lagunage à microphytes avec une surface occupée trois fois moindre ; il serait, de plus, très efficace au niveau de l'abattement des M.E.S. (Leclerc et Duchene, 1986).

Le « LELYSTAD Process » (de JONC, 1976, GREINER et de JONC, 1982)

Ce système a été inspiré du procédé de SEIDEL et expérimenté en Hollande dans le cadre de l'aménagement des polders du FLEVO-LAND (Est et Sud).

Les expériences ont été portées sur les capacités d'épuration de bassins longs et étroits, plantés de *Scirpus lacustris* L. ou de *Pragmites australis* (Cav.) trin ex Steud, où l'eau usée circule soit en translation au-dessus du sol, soit en percolation verticale à travers le sol, soit encore en mélange des deux types de circulation (Radoux, 1984).

Les résultats montrent qu'avec des temps de séjour de 10 jours ou plus et avec une surface de l'ordre de 10 m²/EH, on obtient des taux de rétention de 80 à 90 % pour la charge organique, l'azote et le phosphore ; l'abattement des germes indicateurs de contamination fécale dépasse 2¹⁰ (Radoux, 1984).

L'épandage souterrain

C'est un système qui est souvent utilisé en assainissement individuel, à l'aval d'une fosse septique. Il est aussi installé pour des entités de plusieurs centaines d'habitants.

Le procédé consiste à exploiter au mieux les capacités épuratrices du sol en veillant à ce qu'il ne soit jamais saturé d'eau. Le système est constitué d'une structure de répartition des eaux usées prétraitées dans le sol de manière à favoriser les processus épuratoires du sol et d'éviter les risques de colmatage. Il s'agit d'un réseau de canalisations d'infiltration souterraine parfaitement horizontales et disposées sur une superficie dépendant de la charge à traiter et des caractéristiques du terrain (perméabilité ou hydromorphie) (Radoux, 1984).

Les rendements sont réputés excellents pour les matières organiques, le phosphore et les germes pathogènes. Par contre, l'élimination de l'azote serait partielle (50 à 70%) avec un rejet sous forme de nitrates (Radoux, 1984).

Mosaïques Hiérarchisées d'Écosystèmes Artificiels (MHEA)

Ce système a été mis au point par une équipe de chercheurs de la Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL).

Il consiste à combiner divers écosystèmes afin de compenser les carences des uns par les qualités des autres. En effet, il s'agit de comparer, dans les mêmes conditions climatiques et de charges, les rendements épuratoires d'écosystèmes artificiels simples et de séquences d'écosystèmes différents. Ceci, en vue de proposer un niveau plus performant.

Il a été ainsi prouvé, expérimentalement, qu'une combinaison d'écosystèmes différents dépasse tous les rendements épuratoires d'une succession d'écosystèmes identiques.

Les plantes épuratrices

Les Microphytes et leur rôle épuratoire

Ce sont des plantes microscopiques ou algues.

Les peuplements en microphytes sont fonction du caractère oligotrophe, mésotrophe ou eutrophe des eaux et des saisons. Ils prolifèrent suivant un rythme saisonnier propre à chaque espèce.

Dans le cas d'un lac eutrophe, certaines espèces peuvent se développer rapidement et influencer : la coloration des eaux (brun-vert), la transparence, le taux en oxygène dissous et la biomasse. Les algues bleues (cyanophycées) apparaissent. Ce sont des espèces indicatrices du phénomène d'eutrophisation (Radoux, sd).

Le phytoplancton est généralement autotrophe, bien que certaines espèces puissent être hétérotrophes.

Les algues planctoniques sont unicellulaires, solitaires ou agglomérées en colonies, constituant le microplancton. Elles forment le macroplancton lorsqu'elles sont filamenteuses, ramifiées ou non. Ces organismes ont une vie courte ; à leur mort, ils sédimentent et seront décomposés (Radoux, sd).

Les principaux rôles joués par les microphytes, au sein de l'écosystème, sont :

- la fourniture d'oxygène au milieu par les échanges gazeux due à la photosynthèse ;
- l'assimilation de certains composés azotés et phosphorés ;
- la contribution aux variations de pH, par les mécanismes de la photosynthèse et de la respiration ;
- source de nutriments des consommateurs de premier ordre ;
- leur prolifération peut asphyxier ou empoisonner un milieu donné.

Les Macrophytes aquatiques et leur rôle épuratoire

Ce sont des plantes macroscopiques qui se développent naturellement dans l'eau ou préférentiellement dans les zones humides. Ils peuvent être répartis en plusieurs catégories selon leurs caractéristiques :

- *les macrophytes libres flottants* : ils constituent une variété de plantes non enracinées dans le substrat. Elles ont des feuilles aériennes et/ ou feuilles flottantes avec des systèmes racinaires submergés. Dans cette catégorie, les espèces les plus recherchées et les plus rentables en épuration sont : *Salvinia natans* (L.) All, *Pistia stratiotes* L., *Eichornia crassipes*, *Lemna trisulca* L., etc. (Radoux, sd).
- *les macrophytes fixés* dont les principaux groupes sont :
 - *les hydrophytes fixés submergés* : l'existence de ces végétaux est conditionnée par la permanence de la couche d'eau. Elles sont fixées au substrat et l'appareil végétatif est immergé. L'appareil reproducteur apparaît à la surface de l'eau. Ces plantes offrent souvent des tiges grêles, présentent peu de résistance à l'écoulement de l'eau. Parmi ce groupe nous avons : *Elodea canadensis* Michaux, *Ranunculus fluitans* Lam., *Potamogeton pectinatus* L., etc.
 - *les hydrophytes fixés flottants* : ils sont fixés sur le substrat et étalent leurs feuilles à la surface de l'eau. Les espèces les plus connues sont : *Polygonum bistorta* var. *amphibium*, *Nymphaea*

alba L., *Nuphar lutea* (L.) Smith et *Potamogeton natans* L., etc.

- les *hélophytes*, ou plantes semi-aquatiques : l'appareil racinaire est fixé dans un milieu constamment gorgé d'eau. Les parties végétatives et reproductrices se développent en dehors de l'eau. Les espèces les plus connues sont : *Eleocharis palustris* (L.) Roem. Et Schult., *Scirpus maritimus* L., *Pragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud., *Typha latifolia* L., *T. angustifolia* L., *Carex* l., *Hippuris vulgaris* L., etc.

Ces macrophytes aquatiques ou semi-aquatiques jouent essentiellement les rôles physico-chimiques dans l'épuration des eaux usées :

- Le volume occupé par ces macrophytes aquatiques engendre une diminution de la vitesse d'écoulement des eaux et une augmentation des hauteurs d'eau. Par ailleurs, ils jouent le rôle de stabilisateur des berges et celui de consolidation des éléments meubles (Radoux, sd).
- l'activité photosynthétique diurne apporte de l'oxygène et consomme le gaz carbonique. La concentration maximale en oxygène dissous serait atteinte en fin de journée, le minimum en fin de nuit ;
- l'écran constitué par la nappe foliaire des plantes aquatiques limite la pénétration du rayonnement solaire dans l'eau et atténue les écarts thermiques jour/nuit ; de plus, le développement du phytoplancton est limité (Radoux, sd) ;
- la nutrition azotée (NO_3^- NH_4^+) et phosphorée (PO_4^{3-}) des plantes s'effectue par absorption directe des substances nutritives présentes dans l'eau et dans les sédiments (Radoux, sd) ;
- il y a libération dans l'eau de substances organiques selon deux processus : un processus continu, excrétion de matières organiques dissoutes par les feuilles et un processus lié à la décomposition de la matière organique des tissus végétaux ;
- l'évapotranspiration d'une surface couverte de végétaux est, en général, supérieure à l'évaporation d'une surface d'eau libre (Radoux, sd).



Les principes de traitement

Il existe une série d'étapes de traitement des eaux usées domestiques qui interviennent, presque de façon obligatoire, dans toutes les technologies d'épuration d'eaux usées précitées.

Prétraitement

Il s'agit essentiellement d'un traitement physique qui s'effectue par une série d'opérations pour l'abattement des M.E.S., des huiles et graisses, des matières décantables et autres matières grossières. Ces traitements sont appliqués à l'amont de toute technique d'épuration des eaux usées, quelle que soit leur origine.

Parmi ces opérations, peuvent être citées :

- **dégrillage et tamissage** : dans le traitement des eaux usées domestiques, les dégrilleurs sont habituellement implantés en tête de station pour retenir les matériaux grossiers. Quant aux tamis, ils sont généralement utilisés pour le traitement des eaux usées industrielles.

Les dégrilleurs simples sont généralement constitués de grilles métalliques, avec des écartement de barreaux de 4 à 7 cm, qui peuvent être nettoyées mécaniquement ou manuellement. Quant aux tamis, il existe en générale trois catégories : tamis statiques, tamis rotatifs et tamis vibrants.

Dans les tous les cas, ces techniques s'avèrent très efficaces pour la rétention des matières volumineuses, moyennes et petites (Eckendelfer, 1982).

- **dessablage** : il s'agit de procédés gravitaires. Il est assuré par un dessableur qui entraîne l'élimination des débris abrasifs et impuretés solides pour éviter leur sédimentation ultérieure et protéger les organes mécaniques en mouvement. Ce dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0,2 mm environ (Bechac et al, 1984).

Il existe plusieurs types de dessableurs suivant la géométrie des bassins ou la circulation du fluide et le choix d'un type dépend de la

concentration en sable des eaux, de l'importance de la station et son coût. Les équipements classiques sont : les dessableurs statiques, les dessableurs aérés et les dessableurs statiques avec racleurs mécaniques (Eckendelfer, 1982). A côté de ces derniers, il y a : les dessableurs canaux gravitaires, les dessableurs couloirs simples, les dessableurs circulaires, etc. (Bechac et al, 1984).

- **dégraissage-déshuilage** : ces appareils comportent un bac muni de cloisons siphonides retenant les flottants. Ils sont , de préférence, précédés le plus souvent d'un bac de décantation (temps de séjours 2 à 3 mn) pour limiter le dépôt des matières lourdes. Les dégraisseurs statiques sont les plus simples et les plus utilisés. Ils jouent sur la différence naturelle de densité entre les particules grasses et le milieu. Un ralentissement de l'eau permet ainsi leur montée en surface, d'où elles sont évacuées. Pour ces dégraisseurs statiques l'écumage peut être manuel ou automatisé. Un dégraissage efficace impose une température des eaux inférieure à 30°C. Ce qui fait donc qu'un refroidissement préalable doit s'imposer car l'effluent chaud laisse déposer des graisses au fur et à mesure de son refroidissement dans la chaîne de traitement. Ceci peut avoir comme inconvénients : un envahissement des décanteurs par les flottants, une diminution de la capacité d'aération dans les systèmes à aérateur de surface (du fait du recouvrement du bassin par une émulsion graisse-air-eau), une diminution des possibilités d'assimilation en lit bactérien (le matériau étant recouvert d'une pellicule huileuse isolant la zooglyée), une mauvaise sédimentation, un colmatage de canalisation et de pompes, une acidification, etc. (Bechac et al, 1984).

Cette série d'opérations constitue le prétraitement des effluents au niveau des systèmes d'épuration.

Traitement primaire

Ce traitement primaire se fait essentiellement par la décantation primaire qui se déroule dans les ouvrages appelés décanteurs primaires. Il fait appel à des procédés physiques, avec décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation- floculation. Ces traitements éliminent 50 à 60% des matières en suspension et et réduit d'environ

30 % la D.B.O. et la D.C.O. mais ne suffisent généralement pas pour satisfaire les exigences épuratoires de la réglementation actuelle (de la France). Avec coagulation et floculation dans des décanteurs lamellaires, on peut éliminer jusqu'à 90% des M.E.S.

La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé « décanteur » pour former les « boues primaires ». Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension.

La forme des décanteurs est commandée par le choix du dispositif d'évacuation des boues déposées et la capacité de traitement. Lorsqu'il fait appel à une simple éjection hydrostatique, on utilise des ouvrages à rejet hydraulique sensiblement vertical, de forme cylindrique ou conique, terminés à leur partie inférieure par un tronc de cône où les boues se rassemblent. Ce sont des décanteurs verticaux. Il existe aussi des décanteurs circulaires à raclage rotatif par bras tournants où les racleurs ramènent les boues vers un puits central. Dans ce cas, le radier doit avoir une légère pente, pour aider ce transfert des boues vers le centre. On note également l'existence des décanteurs rectangulaires où les boues sont régulièrement raclees soit de façon automatique soit de façon mécanique (Bechac et al, 1984).

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension et diminue de plus de 40 % la D.C.O. et la D.B.O.

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension et 75 % de la D.B.O. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage. Les amas de matières ainsi obtenus sont appelés « floccs ».

L'efficacité d'un ouvrage de décantation, pour un débit traité donné, est de ce fait, directement liée à la surface des aires de dépôt offerts (en première approximation la surface de radier) (Gomella et Guerrée, 1982).

La caractéristique principale d'un ouvrage de décantation est ainsi le paramètre de vitesse de subsidence qui est égale à Q/S (Q =débit traité et S =surface de dépôt). Cette vitesse de subsidence maximale doit être définie avec soin. Il est recommandé, pour obtenir en tout temps un rendement suffisant, de s'en tenir aux vitesses ci-après :

Tableau 3: Les rendements de l'abattement de la D.B.O.₅ et des M.E.S. en fonction des différentes valeurs de la vitesse de subsidence (source : Gomella et Guerrée, 1983).

Vitesse Q/S m/h	D.B.O. ₅ (%)	M.E.S. (%)
0,75	36	62
1	32	60
1,25	30	58
1,5	28	56
1,75	26	54
2	24	51
2,25	23	50

Traitement secondaire ou élimination biologique des matières polluantes

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique.

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'auto-épuration existant dans la nature. L'auto-épuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. Ces techniques sont soit anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, soit aérobies, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. En France, c'est aujourd'hui le procédé des « boues activées » qui est le plus répandu dans les stations d'épuration assurant un traitement secondaire.

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs, intensifs décrits précédemment et membranaires.

Les procédés membranaires combinent des procédés biologiques et physiques. Un traitement par boues activées est suivi d'une filtration au travers de membranes organiques ou céramiques. Ces membranes très fines constituent une barrière physique qui retient les micro-organismes et les particules. Les bactéries ne franchissent pas la membrane, mais restent dans le réacteur, c'est-à-dire le bassin à boues activées où se déroule la réaction biologique de dégradation des matières organiques. Ce type de traitement a l'avantage de nécessiter des installations de dimension réduite (suppression du clarificateur) et d'offrir un très haut niveau d'épuration. Mais il reste peu utilisé, car les coûts de fonctionnement sont très élevés.

Traitements tertiaires ou complémentaires

Ils sont encore appelés traitements avancés, de finissage, d'affinage. Ces traitements sont effectués lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire du milieu récepteur ou en raison d'un réemploi de l'eau épurée soit direct (par exemple comme eau industrielle ou agricole) soit indirect (rejet en amont et à proximité d'une prise d'eau potable, réalimentation de nappe, etc.). Il s'agit essentiellement de l'élimination des polluants azotés et phosphorés.

L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+). L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de « nitrification-dénitrification ». La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3^-), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification, complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries « dénitrifiantes », sont transformés en azote gazeux. Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère.

Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés, puisqu'ils peuvent, notamment, être combinés avec l'élimination de la pollution carbonée. Il suffit pour cela que les volumes des bassins et les dispositifs d'aération soient suffisants.

Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, « strippage » de l'ammoniaque) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût.

L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou « déphosphatation », peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans des boues sous l'action des microorganismes. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Le rendement moyen est d'environ 60%. Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé avec une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis ([http:// www.cieau.com](http://www.cieau.com)).

Traitement quaternaire

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone de baignade, de pisciculture ou d'élevage de coquillages.

L'éventail des techniques de désinfection est assez large.

Un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome.

Le rayonnement solaire dans le lagunage provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé (50 à 60 jours).

Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit, pendant l'hiver ou lors de remise en suspension de sédiments à l'occasion de fortes précipitations. Des lagunes de finition peuvent par contre être installées en aval d'une station biologique classique.

Les ultraviolets (U.V.) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les U.V. nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection.

Filtration

L'élimination de la pollution primaire peut se faire également par la filtration qui est un procédé de traitement des eaux usées classé souvent dans le prétraitement pour les eaux faiblement chargées ou dans le traitement tertiaire.

La filtration est un procédé de séparation solide-liquide par adhésion sur la surface d'un matériau granuleux traversé par le liquide à épurer. Elle est donc utilisée pour l'élimination des matières en suspension. Elle est réalisée à la surface du filtre par tamisage et au sein du filtre

par tamisage et absorption (Eckenfelder, 1982). Dans la pratique on peut rencontrer des filtres de différentes natures (à grains fins, lents, à graviers etc) (Gomella et Guerrée, 1983). Le temps de contact est court et les phénomènes biologiques qui peuvent intervenir n'ont qu'un effet mineur mais qui n'est pas cependant négligeable.

L'efficacité d'un procédé de filtration est essentiellement fonction :

- de la concentration et de la nature des matières en suspension ;
- de la nature du matériau filtrant et de tout autre adjuvant de filtration (Eckenfelder, 1982).

Les valeurs avancées les plus couramment font ressortir une efficacité de 60 à 80% pour l'abattement des M.E.S. , 30 à 50% pour l'abattement de la D.B.O.₅, un peu plus pour la D.C.O. (Valiron, 1985).

Les normes de rejet des eaux usées recommandées

Définition

Une norme est une donnée qui comporte un double aspects, c'est-à-dire un aspect écologique et un aspect économique. En effet, la norme doit être d'une part suffisamment restrictive pour permettre la protection ou à défaut l'amélioration sensible de la qualité des eaux destinées à recevoir le rejet et d'autre part, assez souple pour s'adapter aux possibilités financières du pays. En d'autres termes, il s'agit de réussir le mariage entre deux notions qui ne sont pas toujours compatibles c'est-à-dire l'écologie et l'économie. C'est la raison pour laquelle, aussi bien au niveau de l'Union Européenne qu'au Sénégal, le législateur a songé à laisser une marge de manœuvre qui, en principe, doit permettre de maintenir la qualité des eaux réceptrices de rejets d'eaux usées à un niveau qui satisfait aux objectifs assignés tout en limitant l'effort financier nécessaire à son minimum. Ainsi, les normes établies se fondent ou bien sur la taille de l'agglomération ou sur le flux de pollution.

Mieux, dans le cas du Sénégal, le législateur indique que certaines normes établies sont modulables par l'autorité compétente, selon le contexte écologique et/ou économique (Diop, 2002).

Les Normes établies par le Sénégal et par l'Union Européenne

Le Sénégal a établi ses normes de rejet des eaux usées en juillet 2001, c'est-à-dire dix ans après celles qui sont définies par l'Union Européenne (tableau 3).

Tableau 4 : Normes relatives à la qualité physico-chimique des eaux usées destinées au rejet en milieu naturel (source : Thomas O., 1995(Diop, 2002).

Paramètres polluants	Union Européenne ^a (Directive 91 / 271/CEE du 21 Mai 1991)		Sénégal (NS05-061 / Juillet 2001)	
	Concentration	Taux minimal de réduction(%)*	Concentration	Taux minimal de réduction(%)*
MES	35 mg/l	90	50 mg/l (Modulable par l'autorité)	-
DCO	125 mg O ₂ /l	75	200 mg O ₂ /l, si Flux≤100kg O ₂ /j** 100 mg O ₂ /l, si Flux >100kg O ₂ /j** (Modulable par l'autorité)	-
DBO ₅	25 mg O ₂ /l	70-80	80mg O ₂ /l, si Flux≤30kg O ₂ /j** 40mg O ₂ /l, si Flux>30kg O ₂ /j** (Modulable par l'autorité)	-
Azote total	15 mg N/l, si 10 000< EH > 100 000 10 mg N/l, si EH> 100 000	70-80	30 N/l, si Flux≥30kg N/j**	70-80
Phosphore total	2 mg P/l, si 10 000< EH>100 000 1 mg P/l, si EH > 100 000	80	10mg P/l, si Flux≥15kg P/j** (Modulable par l'autorité)	-
Coliformes fécaux		-	2 000CF/100ml	-



Communiquer par le changement de comportement



Réunion cadre de concertation à Rufisque, 1994

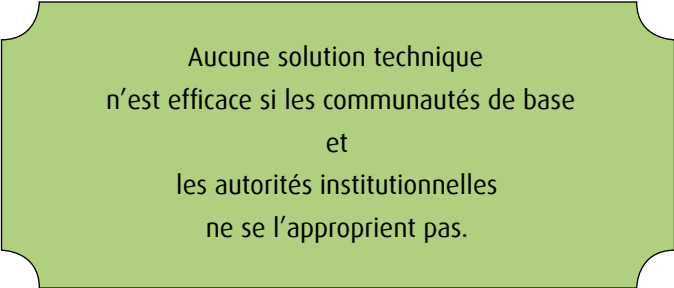
Partie 6

Une démarche participative : Concertation et Implication des populations

Il faut reconnaître qu'aucune solution technique n'est efficace si les communautés de base et les autorités institutionnelles ne se l'approprient pas. Ce qui signifie une participation des populations et des officiels du secteur **depuis l'élaboration** de la politique à mettre en œuvre jusqu'à la mise en place des mécanismes de pérennisation **en passant par la conception** des ouvrages de traitement, de leur financement, de leur réalisation, **mais aussi de leur mode de gestion**.

Cette vision rejoint la définition de la **bonne gouvernance** qui, selon Gaye 1996, désigne une **politique multisectorielle** conjointement et librement décidée puis mis en œuvre par une grande diversité, la plus exhaustive possible, d'acteurs (public, privé, associatif, communautaire, jeunes, vieux, hommes, femmes...) qui apportent des perspectives spécifiques afin d'enrichir la vision globale de la ville dans laquelle chacun doit se reconnaître.

Il s'agit donc d'une forme de gestion de la ville menée dans le cadre d'un partenariat sans exclusions, qui respecte les règles de la plus stricte équité et profite des potentialités de chacun.



Aucune solution technique
n'est efficace si les communautés de base
et
les autorités institutionnelles
ne se l'approprient pas.

Participation de la communauté

L'implication de la population ne doit pas se limiter à la contribution financière au projet, mais elle doit **participer activement à la planification** au lieu de recevoir des informations, voire des ordres qui aboutissent à l'échec du projet.

L'implication communautaire à la planification comprend les éléments suivants :

- adoption du réseau d'égout à faible diamètre après l'exposition des différentes options technologiques et leur fonctionnement et des coûts à attendre ;
- choix des ouvrages au niveau de la concession par le bénéficiaire: vidoir ou lavoir, taille et emplacement (le coût sera adapté) ;
- les bénéficiaires s'expriment sur le mode de remboursement souhaité et la contribution à l'entretien.

La participation de la population à la construction n'est pas indispensable, mais elle peut avoir l'avantage de diminuer le coût et de **familiariser le bénéficiaire aux ouvrages et leur fonctionnement**, ce qui favorise le bon usage.

La participation communautaire au niveau de l'entretien est possible, cependant les expériences de Rufisque adoptant cette démarche n'ont pas été concluantes. En confiant l'entretien au GIE, la participation des bénéficiaires au niveau du bon fonctionnement du réseau se limite aux tâches suivantes :

- bon usage des ouvrages (ne pas mettre des ordures dans le regard par exemple) ;
- le cas échéant, curer le bain de fond du lavoir ;
- collaborer avec le GIE en permettant l'accès permanent aux ouvrages par l'organe d'entretien ;
- signaler des dégâts ou des dysfonctionnements du réseau au GIE
- s'acquitter des redevances.



Visite de site, du ministre d'Etat en charge de l'assainissement à Dagana

L'implication d'une structure de quartier constitue également une sorte de participation, mais seulement pour une partie de la population. Lorsque le GIE (ou ONG) prend en charge l'exécution et l'entretien du réseau d'égout, il peut améliorer le cadre de vie et réduire sensiblement le chômage qui constitue une préoccupation primaire dans les quartiers défavorisés.

Il est important de noter que l'approche participative décrite ci-dessus nécessite que la communauté ait conscience de la problématique de l'assainissement en général et de la nécessité du système, de sa faisabilité et ses avantages en particulier.

Pour cela, la **sensibilisation** de la population doit accompagner toutes les étapes du projet.



Implication de tous les acteurs (ENDA, Service d'hygiène...)



Premier comité de pilotage à Ouagadougou
Signature du protocole d'accord avec le 2^{ème} adjoint au maire de Ouagadougou

Mécanismes de participation des populations

(Exemple de Rufisque, 1995)

Au niveau de la participation des populations, celle-ci s'est organisée de la façon suivante :

1. Il y a eu d'abord une mise en place de comités locaux de gestion et de suivi-évaluation et prospective ;
2. Pour bénéficier de l'assainissement, il était conseillé à la personne intéressée, d'adresser une demande à son comité qui le répercutait à ENDA et depuis peu la commune a été associée à la procédure ;
3. A l'issue de l'étude technique réalisée par ENDA, un contrat de prêt pour la participation financière du bénéficiaire à la réalisation de l'assainissement, à domicile, était signé par le demandeur ;
4. Le bénéficiaire s'acquittait d'abord d'une avance initiale, puis les travaux, préfinancés par le programme, commençaient et étaient exécutés par une entreprise adjudicataire du marché du groupe de bénéficiaire ;
5. Ensuite, le bénéficiaire s'acquittait de la somme restante par versements mensuels récupérés par les membres du comité de gestion et déposés sur un compte bancaire bloqué pour constituer le Fond Communautaire d'Assainissement des Quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP), dont l'institutionnalisation connaît un début de mise en œuvre à l'échelle nationale.



Partie 7

Approche par la Sensibilisation

Toute la population bénéficiaire doit **accepter la nouvelle technologie et adopter son bon usage**.

Il est nécessaire de la sensibiliser avant, pendant et après la mise en place du réseau. Il s'agit de privilégier ce changement de comportement à travers **l'éducation à l'hygiène**. Lorsque la population est consciente des liens entre les maladies d'une part, et l'insalubrité d'autre part, elle est disposée à changer de comportement et à adhérer à toutes les actions nécessaires au projet.

Cependant, il faut veiller à tenir compte du contexte des pauvres à majorité analphabète. Dans cette perspective, des **outils participatifs** tels que ceux offerts par la méthode PHAST / SARAR, (qui utilise des images montrant le bon et le mauvais comportement et la situation actuelle et future) doivent être utilisés.

Selon le sujet, la sensibilisation peut se faire de différentes manières. Par exemple, l'utilisation de **peintures murales**, de **groupes de théâtre** ou des **campagnes aux événements publics**. La réunion des chefs de ménage par le maire communal, le chef de quartier ou le comité de l'assainissement permet d'informer les futures bénéficiaires et de les faire participer aux



1993 Troupe Ndiagne Samb, Diokoul-Rufisque

décisions. La méthode porte-à-porte par un comité de sensibilisation ou par le GIE offre la possibilité d'informer et de sensibiliser les femmes du bon usage et de l'entretien nécessaire.

L'implication des enfants peut constituer un **vecteur de changement de comportement** chez les adultes. En effet, ce sont eux qui sont le plus touchés (GUENE et al., 1999). Ce sont eux qui constituent le groupe le plus exposé aux risques sanitaires par le fait que les tas d'ordures et les eaux stagnantes sont leurs lieux de jeux préférés. De plus, les enfants seront les futures bénéficiaires.

La sensibilisation et la participation permettent de **diminuer les**



Peinture murale de sensibilisation, Yoff-Dakar

réticences qui sont parfois considérables par rapport à une innovation. En effet, lorsqu'il existe des éléments qui compromettent le fonctionnement et

l'impact positif du mini-égout, quatre grands

types de motivations peuvent les pousser à adhérer au projet ou de se comporter correctement :

- confort et sécurité (accès plus facile, diminution de moustiques)
- gain financier (moins de dépenses pour les médicaments)
- statut social (quartier plus attractif et prospère)
- pression du groupe

Le **processus de sensibilisation et de participation prend du temps** et peut conduire dans des directions inattendues, cependant, il est **incontournable**. Il est préférable de ne pas précipiter les décisions et de laisser à la population le temps de débattre les problèmes et de parvenir à un consensus (OMS, 1992).

Sensibilisation des populations

Par la technique **d'animation et de formation**, le projet PADE (Processus d'Amélioration Durable de l'Environnement) à Rufisque a révolutionné cette population de type traditionnel. Les animations se sont faites par le biais du théâtre, des soirées culturelles, des chants avec comme thème : le péril fécal, les eaux usées, les ordures, les liens entre la santé et le cadre de vie, le fonctionnement et l'entretien des équipements etc...

Le message passe bien et toutes les formes de communications sont utilisées : les pintchs, les mosquées, les réunions de quartiers, les réunions de jeunes, de femmes...

Cette sensibilisation a rendu la population plus réceptive. Elle a participé aux comités suivi-évaluation, aux comités de concertation, aux enquêtes, aux études en vue de l'identification des bénéficiaires de l'assainissement privé, à la réflexion et à la gestion du matériel et de fournitures du projet.

La récupération des apports des bénéficiaires de l'assainissement individuel par les délégués et autres notables du village rendait plus regardant la population vis-à-vis de mauvais payeurs qui étaient alors démasqués facilement.

Le comité de santé institué par décret présidentiel est devenu l'organe officiel dirigeant de la communauté. Grâce au projet PADE, l'agent voyer et les services d'hygiène en faisaient également partie. La contribution financière au fonctionnement de charrettes liait les populations à cette initiative où les femmes et les enfants attendaient impatiemment tous les matins le klaxon.

Moyens mis en œuvre :

- les campagnes de sensibilisation (instrument d'éducation et de conscientisation) ;
- le regroupement communautaire ;
- la constitution d'une conscience collective susceptible de pérenniser la nouvelle éthique sociale ainsi choisie ;
- la participation active des femmes.



Peinture murale de sensibilisation



« SETAL SA DEUKOUWAYE »
Respecte ton environnement

« SA WAREEF LA »
C'est ton devoir



Public assistant à une séance de théâtre de sensibilisation



Extraits du syllabaire de la relayeuse



Partie 8

Formation et renforcement de capacités

Le succès de tout projet d'aménagement repose, en grande partie, sur les qualités professionnelles des acteurs qui interviennent aux différents stades de sa réalisation.

Il est donc nécessaire de mettre l'accent, dès le départ, sur le type de formations à dispenser à ces acteurs afin d'assurer au mieux le bon fonctionnement des aménagements. Il est souhaitable par ailleurs d'établir des programmes de sensibilisation destinés aux usagers des services d'assainissement.

Objectifs de la formation :

- Faire connaître le produit assainissement semi collectif.
- Appropriation du produit assainissement.
- La vulgariser pour susciter la demande.
- Distribution du produit par des mécanismes de crédit (micro finance).

Outils de la formation :

- Maquette du système dans les concessions.
- Présentations Powerpoint constituées de beaucoup de photos et schémas.
- Films thématiques.



Le marketing social

Passer par le marketing social pour offrir à moindre coût de l'assainissement aux villes et quartiers urbains pauvres.

Quelques étapes du Marketing social:

- Présenter le produit assainissement dans toutes ses facettes: faisabilité, durabilité, rentabilité économique, sanitaire en démontrant qu'obtenir des ouvrages d'assainissement opérationnels permet d'économiser de l'argent et participe au recul des maladies liées aux eaux usées ;



Présentation de la maquette à de futurs formateurs, Ouagadougou

- **La maquette**, les productions audiovisuelles et les visites guidées aident à mieux comprendre les visées du produit assainissement et facilite sa vente (adhésion) et son appropriation.



Présentation de la maquette par les femmes, Ouagadougou

L'ingénierie sociale

Quelques exemples d'outils qui peuvent être créés par les animateurs dans le cadre de la mise en place d'activités d'éducation en Assainissement :

- Le tableau itinérant thématique: avec la craie et un tableau comme outil. L'animateur fait le tour des écoles et par des schémas simples explique le processus participatif de l'assainissement semi-collectif (dessins, rôles des partenaires, fonctionnement du réseau)

- Le petit journal d'informations : "Courrier du cadre de vie " déjà expérimenté dans le cadre d'un programme d'assainissement permet de diffuser les informations et activités relatives au Programme. Il sert d'outil de diffusion et de partage de l'information aux différents acteurs (institutionnels, communautaires, scolaires, techniciens ...)

Exemple d'écocartes



Info Carte thématique
Entretien des Ouvrages

INTÉRIEURS

1- Le Vidoir
Le pot de tomate troué peut remplacer la bonde de sol/vérifier que les épaulements ne rentrent pas dans le réseau

Tous les 6 mois à l'aide d'une écumoire vider les bacs de décantation (2bacs) pour permettre l'eau usée de circuler dans le réseau



2 L'écumoire usagée peut vous servir pour enlever la boue

La pelle ronde pour le curateur

Sensibilisation et maintien des équipements

Les 10 Règles à respecter par les Bénéficiaires pour rendre durable les Ouvrages, le réseau et les mini-station de traitement.

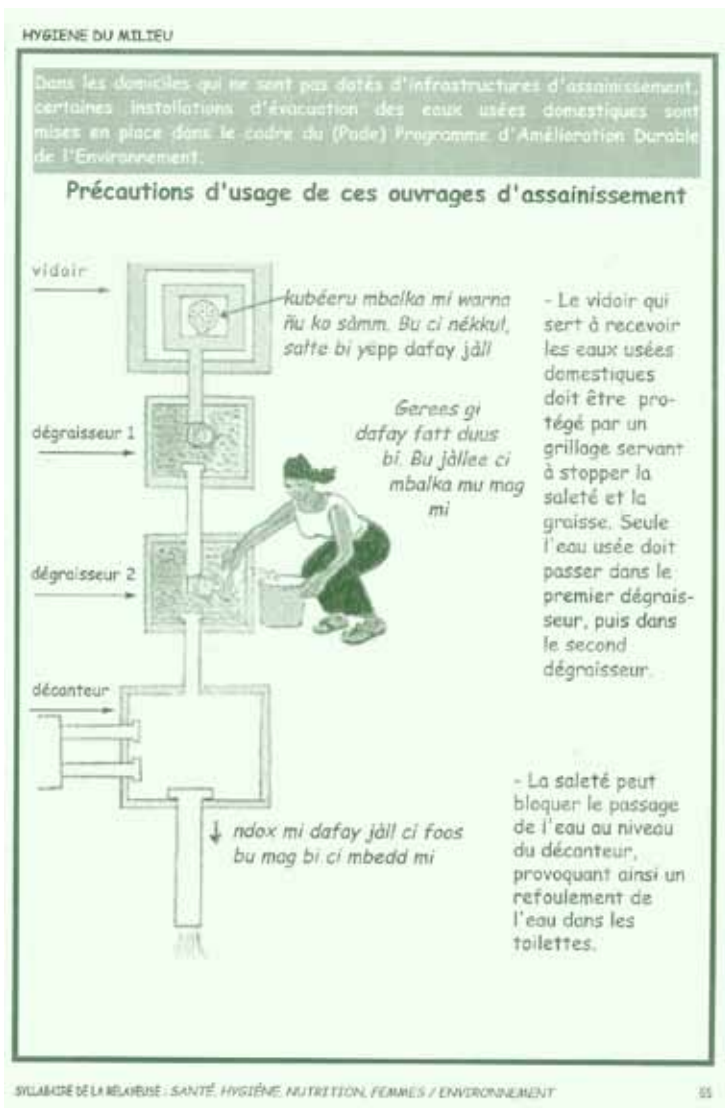
- 1- Ne pas se contenter d'être bénéficiaire seulement, mais raisonner et agir en tant qu'acteur du processus
- 2- Assurer le contrôle des ouvrages, bien vérifier si la bonde de sol est en place sur le vidoir (le pot de tomate troué peut remplacer la bonde de sol si les moyens font défaut)
- 3- Ne jamais laisser les déchets solides sur le vidoir
- 4- Séparer les eaux pluviales des eaux usées (éviter que les eaux ruissellements pénètrent dans le réseau d'assainissement)
- 5- Curer à l'aide d'une écumoire les 2bacs à graisses
- 6- éviter de verser de mettre dans le réseau les eaux issues des activités de teinture
- 7- rembourser les crédits d'assainissement selon le contrat signé
- 8- Participer à la sensibilisation et aux réunions de coordinations
- 9- payer dans les délais les frais d'entretien aux prestataires pour leur permettre d'assurer le service
- 10- faire le plaidoyer aux sein des collectivités locales et services chargés de l'assainissement pour qu'ils assurent la dévolution et l'appropriation

- Le théâtre forum est une très bonne activité éducative qui permet aux participants de travailler un rôle, d'élaborer un scénario et de le dérouler devant les acteurs concernés en vue de les imprégner

sur le processus participatif de l'assainissement tout en visant leurs changements de comportements

- Expositions photo-audiovisuelles : elles permettent à l'animateur ou au chef de projet de montrer les réalisations en images (photo, CD, ecocartes, affiches, poster)
- "l'image ne se discute pas et elle est loin de la théorie"

A travers l'utilisation de ces outils, l'animateur doit faire passer des messages courts, clairs et concis, afin qu'ils soient facilement compréhensibles par le public auquel il s'adresse.



Partie 9

Fonds Communautaire d'Assainissement : Quand les pauvres financent le développement

Au cœur de la lutte pour sortir de la pauvreté figure la **mobilisation des ressources**, dans laquelle le plus grand nombre fait preuve d'un engagement soutenu. Confrontés à la difficulté de l'accès aux ressources, les pauvres relèvent la tête (*siggi !*, en wolof) et prennent en main la mise en œuvre de **processus d'autofinancement** qui, en outre, permettent une **meilleure appropriation de leurs initiatives**.

C'est sur un tel processus — nommé **Fonds Communautaire pour l'Assainissement de quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP)** — que repose la Pratique de gestion populaire. Il s'agit d'un fonds rotatif (fonds **revolving**), qui assure non seulement la mobilisation de l'épargne locale — en l'espace d'une année, quelques centaines de concessions ont mobilisé près de 25 millions de Fcfa (50 000 \$US) —, mais également la redistribution de celle-ci, à travers un mécanisme permettant la reproduction de cette pratique à une échelle beaucoup plus vaste, au profit d'un plus grand nombre de pauvres. Toutefois, ce fonds est **exclusivement** destiné à appuyer des actions en faveur de l'amélioration de la qualité de l'environnement.



*Comité de
pilotage à
Ouagadougou –
Réunion sur le
FOCAUP*

Le FOCAUP contribue à redynamiser l'économie populaire urbaine, par la mise en service d'un fonds de crédit populaire consacré au financement des initiatives locales en matière d'assainissement et d'environnement urbain dans des quartiers défavorisés. Ces crédits sont octroyés à des ménages, communautés, et collectivités locales, dont les initiatives doivent s'inscrire dans des processus communautaires.

Il importe de comprendre que le **FOCAUP** ne désigne pas uniquement l'argent du Fonds, ni même le système de crédit : c'est **l'ensemble du mécanisme** attaché à la **reproductibilité** de la pratique qui est compris sous ce terme.

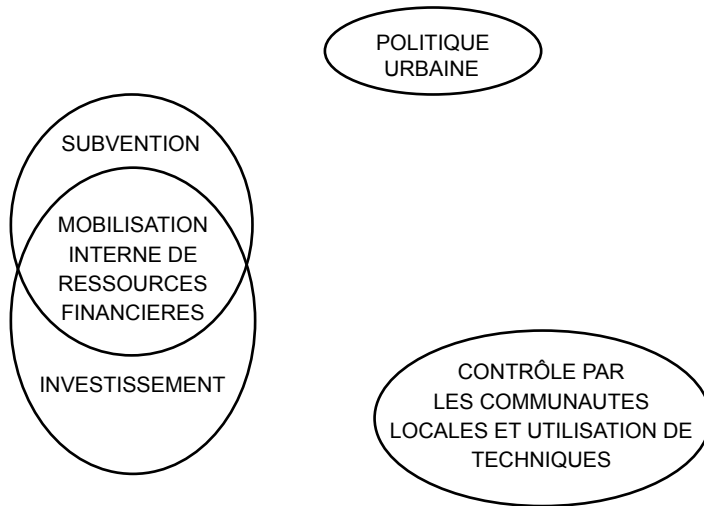
La pertinence de ce Fonds est liée au besoin qu'ont les populations d'accéder aux ressources pour la réalisation d'actions destinées à l'amélioration de leur proche environnement pour un développement durable, ainsi qu'à la nécessité de les faire participer pleinement à l'orientation des ressources affectées à la réalisation de ces actions.

1 – La générosité des pauvres pour l'équité

Le FOCAUP préfinance des ouvrages d'assainissement pour les ménages qui en font la demande. Il est alimenté tout à la fois par l'épargne populaire et par des subventions de partenaires : aux débuts de la pratique, les subventions couvraient la majeure partie des dépenses engagées pour l'assainissement, tandis que l'autre partie était assurée par la participation financière des bénéficiaires, sous la forme du remboursement de crédits octroyés par le Fonds. Aujourd'hui, l'épargne populaire constitue l'élément déterminant de la mobilisation du Fonds, tandis que les contributions des partenaires viennent augmenter sa capacité d'investissement. Par ailleurs, le FOCAUP permet à des ménages, des communautés ou des collectivités locales d'accéder à des ressources destinées à l'assainissement des quartiers pauvres.

Le processus de mobilisation locale des ressources découle d'une part de la capacité des communautés à contrôler leurs ressources et à investir pour l'amélioration de la qualité de leur environnement, d'autre part d'une volonté politique de trouver de nouvelles stratégies de développement urbain. En retour, la mise en œuvre de ce processus s'accompagne d'impacts sur la politique urbaine.

Le schéma ci-dessous illustre ce processus et sa méthodologie.



Processus et méthodologie du FOCAUP

2 – Les pauvres au secours de la ville

L'installation d'ouvrages d'assainissement dans chaque concession est financée par un crédit – octroyé par le fonds – qui fait l'objet d'un contrat entre le chef de concession et le CLG. Les Comités Locaux de Gestion et leurs représentants à l'intérieur des quartiers sont chargés de recouvrer les remboursements du crédit populaire, lesquels remboursements constituent la participation financière des bénéficiaires. Ceux-ci sont encouragés à honorer leurs versements, du fait de la rapidité tangible de la réalisation des ouvrages d'assainissement. Les sommes ainsi récupérées servent à alimenter le Fonds.

Suite à des efforts constants de réduction des coûts d'investissement, le taux de récupération de ces coûts s'est élevé, et celui des subventions s'est donc réduit. Dès le début de la pratique, un consensus au sein des Comités de Suivi-évaluation-prospective avait permis de bâtir des scénarios qui ont mis en évidence cette relation. Ainsi, par exemple, la récupération peut être totale si l'investissement devient inférieur à 100 000 FCFA.

Conformément aux prévisions des Comités de Suivi-évaluation-prospective, le coût des équipements a pu être diminué de façon

importante, si bien qu'en quatre ans, le taux de récupération des coûts est passé de 32 à 67 %.

Ces efforts soutenus de récupération et de marginalisation du coût des services urbains permettent au FOCAUP de massifier ses actions de lutte contre la pauvreté urbaine.

Depuis le début de la pratique, le montant des remboursements mensuels versés par les bénéficiaires est resté sensiblement le même – autour de 9000 Fcfa, quelque soit le taux de participation et la durée de recouvrement. Cette somme constitue un montant à la fois décidé – compte tenu du niveau de vie dans les quartiers – au sein des Comités de Suivi-évaluation-prospective, et optimal puisque le taux moyen de recouvrement qui est obtenu avec ce montant est tout à fait satisfaisant. Il est à noter que la dévaluation du Franc CFA survenue en janvier 1994 – et qui n'était sans doute pas de nature à contribuer à la lutte contre la pauvreté dans les quartiers – a masqué les efforts de réduction des coûts.

Dans le but de rendre ce processus plus durable encore, le **Comité de Concertation** – qui regroupe des représentants de tous les CLG – a pris la décision, en 1995, de récupérer entièrement le coût des services urbains : non seulement de recouvrer la totalité de la somme investie, mais également d'étendre cette récupération aux coûts de la gestion populaire et de l'accompagnement méthodologique (grâce à un intérêt global de 8%). Toutefois, cette décision ne s'est pas traduite par un poids supplémentaire dans le budget familial des bénéficiaires : le montant des remboursements mensuels est resté équivalent au **montant optimal** initialement *décidé*, seule la durée du remboursement s'est allongée.

A travers des développements de la Pratique de gestion populaire, l'assainissement de quartiers pauvres révèle une fois encore la **dimension productive de l'environnement urbain...**

Ainsi, de très faibles investissements suffisent à **faire d'un environnement urbain défavorisé une réelle entreprise** ; ce sont de nouvelles perspectives pour la ville que les pauvres apportent là.

Les infrastructures de base mises en place grâce au FOCAUP ne sont généralement pas du ressort des communes, faute de moyens. Le processus permet donc de renforcer les capacités des collectivités locales, ce qui explique le profond intérêt que lui portent certaines

municipalités : six maires sénégalais – Bignona, Foundiougne, Kaffrine, Pikine, Thiès et Fass Boye – ont d’ors et déjà demandé à voir une telle pratique reproduite dans leur commune.

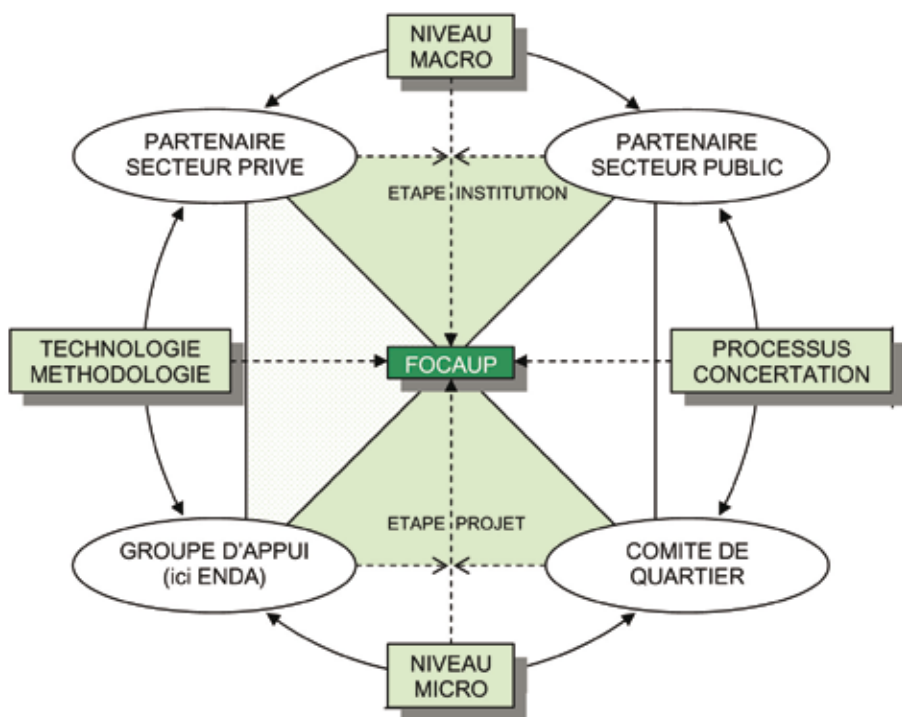
Ce **changement d’échelle** du FOCAUP s’opère dès que la commune qui en a fait la demande décide de faire l’interface entre le Fonds et les sources financières locales. Le Crédit Communal, par exemple, s’est déclaré prêt à appuyer des communes pour de telles actions d’assainissement. Cette intermédiation financière permet l’augmentation de la capacité de préfinancement du Fonds. Cette intermédiation financière permet l’augmentation de la capacité de préfinancement du Fonds ; il y a là l’embryon d’une réelle articulation entre un système formel d’épargne et de crédit d’une part, et un système non conventionnel d’autre part.

Enfin, **le FOCAUP permet de concilier les niveaux micro-économique et macro-économique**, par l’établissement de relations entre les initiatives locales et les politiques urbaines (cf. schéma ci-dessous). Habituellement, les secteurs public et privé travaillent au niveau macro-économique, les groupes d’appui et les organisations communautaires de base au niveau microéconomique.

Le FOCAUP, lui, introduit un processus de concertation dynamique entre les deux niveaux, d’une part à travers la méthodologie et la technologie apportées par le niveau micro, et réalisées par le macro, d’autre part à travers les processus de concertation entre des partenaires des niveaux micro (Comités de Suivi-évaluation-prospectives / Comité de Concertation) et macro (collectivités locales).

L’exemple du FOCAUP montre que l’épargne populaire peut contribuer à résoudre le problème crucial du manque de moyens des collectivités locales : le plus grand nombre se porte ainsi au-devant des communes pour leur prêter main forte : un véritable renversement des rôles !

Mais au-delà du FOCAUP, une réalité – surprenante à bien des égards, mais néanmoins tout à fait réelle – se cache derrière le phénomène de l’économie populaire urbaine. Aujourd’hui, en effet, ce sont les pauvres qui « construisent » la ville, qui assainissent de plus en plus de quartiers défavorisés, qui assure un nombre croissant de services.



Le FOCAUP, au cœur d'un changement d'échelle

Partie 10

Possibilité de connexion au réseau conventionnel

L'innovation la plus audacieuse est le système de prétraitement et de transport avant de rejoindre le réseau conventionnel, qui a été expérimenté la première fois à Baraka. C'est un quartier défavorisé de Dakar, qui était constitué de « baraques » en tôle et en bois.

En effet, après passage dans un dégraisseur, les eaux ménagères rejoignent les eaux vannes au niveau d'un décanteur (mini-fosse septique), où elles séjournent environ quatre heures, avant d'arriver dans le réseau petit diamètre (PVC, 110) qui les acheminera vers le réseau conventionnel.

En plus de leur coût réduit, les tuyaux à petit diamètre ont pour principal avantage de permettre un autocurage des canalisations.



Dans les concessions :

- un vidoir ;
- deux dégraisseurs ;
- un décanteur ;
- des regards ;
- des tuyaux PVC de $\text{Æ}75$ - $\text{Æ}110$.

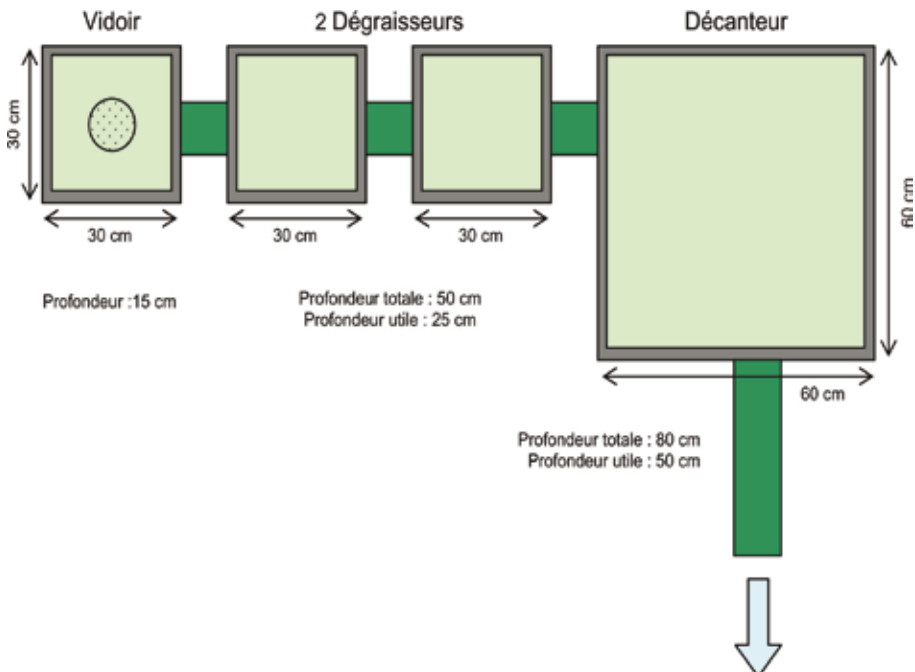


Vidoir collectif (Douala - Cameroun)

Dans le réseau :

- des regards ;
- des vidoirs publics ;
- des tuyaux PVC rigides de $\text{Æ}110$ pour l'évacuation et la pression.

Les ouvrages de prétraitement se présentent schématiquement ainsi :





**Fouille à Baraka (Dakar, Sénégal)
en vue de la pose des canalisations à petit diamètre**



**Vacutug, hydrocreuseuse conçue pour l'entretien des réseaux d'assainissement
dans les quartiers denses comme Baraka**

Vidoir

C'est un ouvrage de forme rectangulaire. Les dimensions varient entre 28 et 34 cm de longueur et de 26 à 29 cm de largeur. Il est muni d'un orifice devant être normalement équipé d'une grille pour le dégrillage ; afin d'éviter l'intrusion dans le système de matière grossière.



L'efficacité du vidoir est mesurée par la capacité de la grille à retenir les matières solides.

Avantages : il contribue à l'allègement des travaux liés à l'évacuation des eaux de lessive et de cuisine.

Dégraisseurs

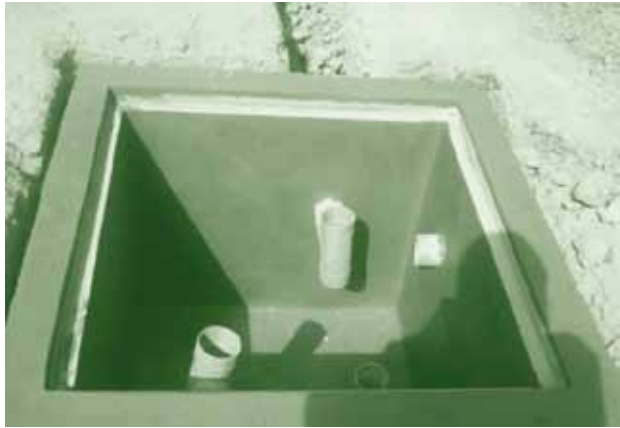


L'eau du vidoir passe ensuite dans deux dégraisseurs (primaire et secondaire) ayant pour rôle de retenir les graisses en surface.

Ils doivent être curés périodiquement à l'aide d'une écumoire usagée.

Décanteur

Il réalise le prétraitement anaérobie de l'ensemble des eaux usées de l'habitation (eaux ménagères, eaux vannes).



Le décanteur digesteur est un réservoir fermé de décantation dans lequel les boues décantées sont en contact direct avec les eaux usées traversant l'ouvrage. Les matières organiques solides y sont partiellement décomposées par voie bactérienne anaérobie.

L'ouvrage reçoit les eaux provenant des dégraisseurs (eaux grises) et les eaux vannes (WC+douche).

La capacité utile de ces ouvrages est de l'ordre de 250 Litres.

Ce décanteur est dimensionné pour un temps de séjour de 4 à 8 heures destiné à retenir le sable et une partie des flottants. L'entretien de ces ouvrages qui se résume en un enlèvement manuel des dépôts est à la charge des populations au rythme de deux fois par an.

Les résidus sont destinés à l'alimentation du compostage en produits humides.

Les boues séchées peuvent être utilisées comme intrants pour la floriculture ou l'arboriculture.

Les décanteurs sont alimentés par 3 conduites (dégraisseur, WC et douche). Le tuyau provenant des douches est de diamètre 75 mm. Chaque conduite se termine par un té.

Les eaux usées des maisons branchées sont évacuées vers le réseau d'égouts par le trop plein à partir du décanteur privé.

Remarque : Les eaux pluviales ne sont pas admises dans le réseau, elles perturbent la décantation qui est une activité anaérobie.



Partie 11

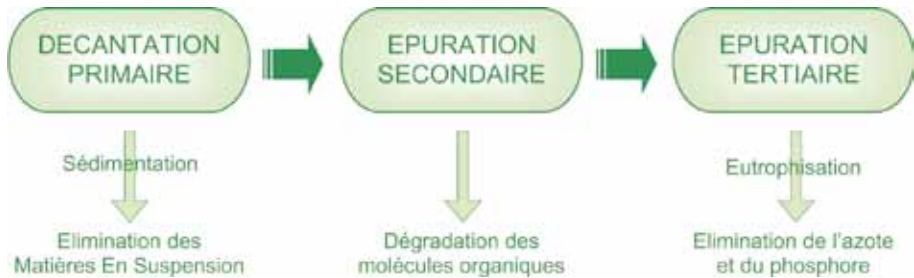
Traitement par voie naturelle

La station de Castors a été conçue pour fonctionner en lagunage à macrophytes avec *Pistia stratiotes* (L.). Cette plante est une herbe en rosette flottant librement à la surface de l'eau et est assez semblable à la laitue d'où le nom commun de laitue d'eau. Ses racines finement ramifiées plongent dans l'eau participant activement au procédé de traitement.

En réalité, le schéma de principe de l'épuration des eaux par lagunage est très simple. Les eaux usées subissent un traitement biologique grâce à un système de bassins placés en série et exposés à l'air libre. Ces lagunes sont aussi appelés bassins de stabilisation. Les bassins ont une faible profondeur et une grande surface favorisant une épuration bactérienne aérobie sans avoir à dépenser de l'énergie pour la fourniture d'oxygène puisqu'il est fourni avec les microphytes et par une grande interface air-eau.



Chantier de construction d'un bassin de lagunage à Ouagadougou au Burkina Faso



La succession de plusieurs bassins en série permet la réalisation des étapes suivantes :

- une **décantation** pour l'élimination des matières en suspension qui s'effectue par simple sédimentation. Ce processus physique assez lent a le temps de s'effectuer car l'une des particularités des stations de lagunage est le temps de séjour qui est très long ;
- une **épuration primaire** permet la dégradation des molécules organiques résultant de l'activité des microorganismes présents dans l'eau qui utilisent l'oxygène fourni par le phytoplancton ;
- une **épuration secondaire** qui peut être partiellement réalisée en fin de station où on assiste à un phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire un développement exceptionnel d'algues. Les éléments éliminés durant ce traitement sont l'azote et le phosphore ; le lagunage à macrophytes joue à ce niveau un rôle important ; en effet, les plantes présentes dans le milieu utilisent pour leur nutrition les matières minérales issues de la dégradation des molécules organiques ; ceci a pour conséquence de limiter la prolifération des algues microscopiques et le phénomène d'eutrophisation (à condition qu'une partie des plantes soient régulièrement extraite du milieu).

Exemple de la station de Castor (Rufisque) :

Celle-ci se compose :

- d'une fosse de décantation / digestion (bassin primaire avec lagunage anaérobie) profonde de 1,85m. Celle-ci permet le dépôt des substances toxiques et la minéralisation de la matière organique ;

Date de construction : 1994
Superficie : 0,5 ha
Décanteur-digesteur suivi de
6 bassins de lagunage
Coût : 14 000 000 FCFA

- de 6 bassins secondaires couverts de laitues d'eau que l'effluent à épurer franchit successivement jusqu'à parvenir à une qualité permettant son utilisation pour l'irrigation et l'arrosage.

Parallèlement la collecte et le tri des ordures ménagères sur le site permettent aussi la fabrication de compost à partir de la partie fermentescible et de l'eau épurée.

Ce dispositif a une capacité de traitement de 105 m³ d'eau polluée/jour et aboutit donc :

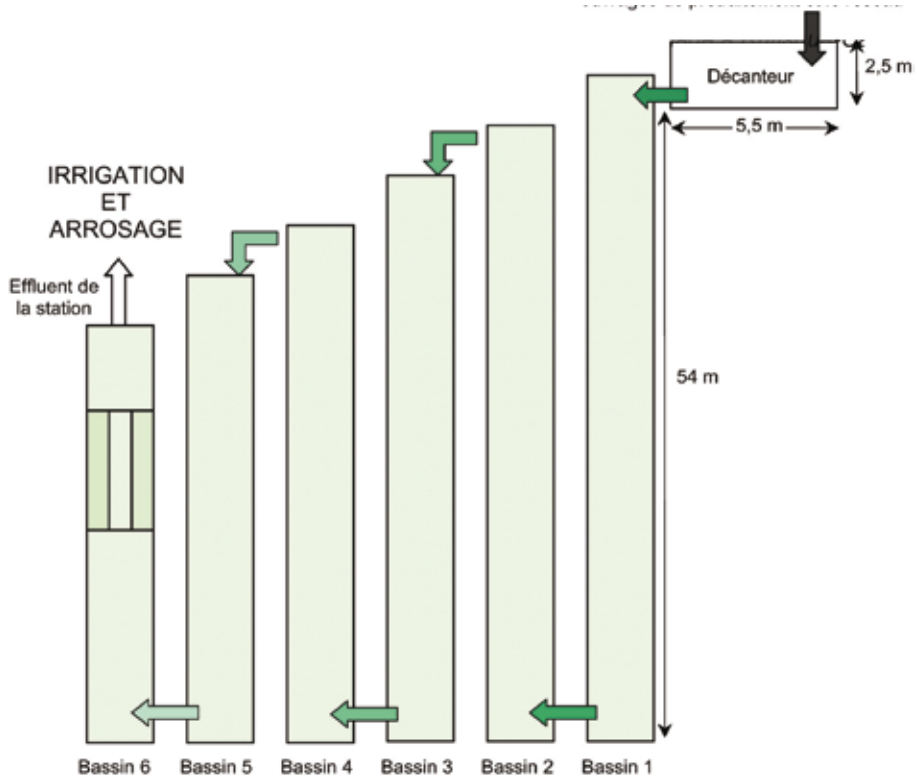
- à l'assainissement des eaux usées ;
- à la production d'eau épurée commercialisable (facteur important dans des pays où les ressources en eau font souvent défaut) ;
- à la production de compost et de plantes aquatiques offrant un revenu rémunérant les emplois ainsi créés par la même opération.



Photo aérienne
du site de Rufisque-Castor



Bassins de lagunage à Rufisque-Castor



Partie 12

Filtre sous gravier nu

Le filtre sous gravier nu est un bassin étanche horizontal garni de graviers à granulométrie variable comportant trois couches successives ; les graviers les plus fins affleurent. Son épaisseur est de 1,5m.

Dans la pratique, on peut rencontrer des filtres de différentes natures (à grains fins, lents, à graviers ...etc ...). La tendance actuelle réside cependant dans l'emploi des filtres relativement rapides (10 km/h) d'une granulométrie légèrement supérieure à celle des filtres à eau potable (1,5 à 2 mm). Le colmatage des filtres est rapide et un lavage quotidien à contre courant (avec généralement une insufflation d'air) est nécessaire.

Pour éviter la grande vitesse de colmatage des filtres à couches homogènes on peut faire appel au filtre bi ou tri-couche à granulométrie inversée. Ils allongent le cycle entre lavage mais ne changent pas les performances. Le choix à faire est d'ordre économique (Gomella et Guerrée, 1983).

Description des ouvrages du système à Yoff

A Yoff-Tonghor, le système est ainsi structuré :

- des ouvrages individuels enterrés composés d'un vidoir, filtre à graisse, un décanteur principal, un (ou des) regards de visite au niveau de chaque concession bénéficiaire qui jouent le rôle de prétraitement ;
- des ouvrages collectifs avec neuf grandes fosses septiques en condominium dont deux sont pour le moment fonctionnelles et deux ouvrages de collectes des eaux usées ménagères (pour ceux qui ne sont pas encore connectés) ; ils jouent le rôle du traitement secondaire ;

- un réseau petit diamètre qui permet la connexion de tous les ouvrages ;
- deux filtres sous graviers nus à granulométrie différenciée qui jouent le rôle du traitement tertiaire. Ces filtres évacuent les eaux traitées dans un ouvrage de récupération. Le surplus est évacué en mer.

Les tuyaux d'évacuation en Polyvinyle Chlorure (P.V.C) 110 mm constituent des buses rigides disposées selon le maillage qui suit le tracé des profils des voies attenantes aux concessions branchées. Conformément à la topographie du site, les effluents s'écoulent par gravitation. Les buses sont articulées par des regards de visites tous les 20m facilitant l'entretien du réseau. La pente minimale facilitant la gravitation est de 0,5%.

Les eaux usées provenant des ouvrages situés au niveau des concessions sont recueillies dans les fosses septiques en condominium disposées le long d'espaces ou poches communautaires.

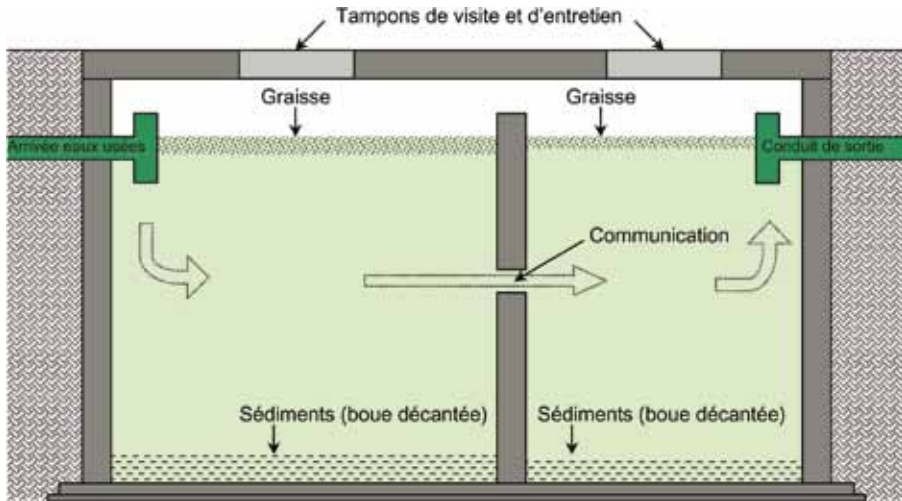
Schéma fosse condominium



Photo aérienne du site de Yoff-Tonghor

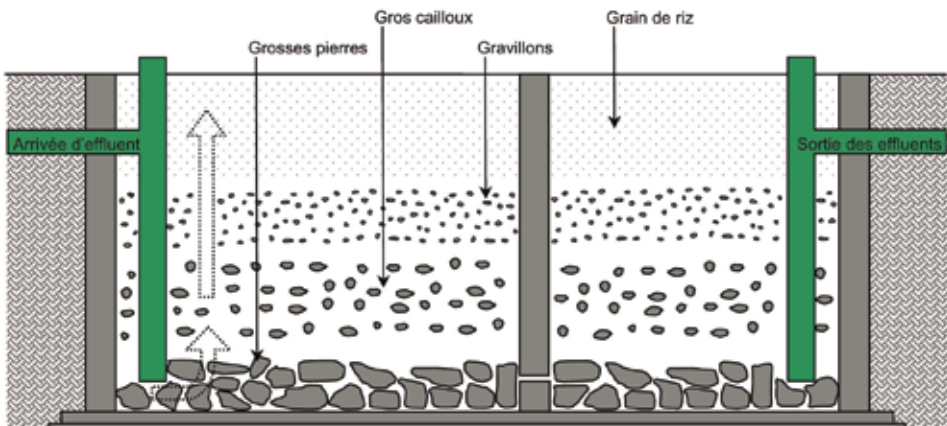


Filtre sous gravier nu, Yoff-Tonghor



Chantiers de construction d'une fosse septique et du filtre sous gravier nu à Douala au Cameroun

Schéma filtre sous gravier nu





Visite de site à Edéa au Cameroun



Juste à côté du vidoir public, une dame lavant son linge selon la technique habituelle dans le quartier de Yadémé à Bertoua : les eaux de lessive sales s'écoulent dans les ruelles

Partie 13

Suivi des systèmes, Maintenance et Entretien

Consommations en eau potable

Données bibliographiques

Les enquêtes effectuées par GPG en novembre 1999 débouchent sur des consommations de 36, 29 et 47 l/hab j, respectivement à Diokoul, Arafat et Castor. Des études de la Banque mondiale, citées par GPG (1999) situent la consommation en eau potable à Rufisque entre 20 et 50 l/hab par jour ; ce qui encadre bien les valeurs résultant de l'étude GPG (tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Consommation en eau potable dans la zone du projet
(extrait de GPG, 1999)

Caractéristique	Diokoul	Arafat	Castor
Consommation moyenne en eau (l/hab/j)	36	29	47

Résultats des enquêtes

Dans le cadre de la présente étude, deux sources de données ont été exploitées : les 3 derniers relevés de consommation d'eau chez les ménages enquêtés (annexe 4) et les relevés de la SDE à partir des compteurs d'eau placés en amont de chaque quartier (annexe 5).

Les relevés des factures d'eau des concessions effectivement raccordées au réseau de petit diamètre montrent que la consommation des abonnés est de l'ordre de 39 litres par habitant par jour quelque soit le la zone. Le tableau 2.3 fournit les détails selon le quartier.

Tableau 2.3 : Consommation en eau potable des abonnés au réseau d'égout de petit diamètre.

Caractéristique	Diokoul	Arafat	Castor
Consommation moyenne par concession (l/j)	628	445	540
Consommation moyenne en eau (l/hab/j)	39	39	39

Etabli à partir des 3 dernières factures SDE de 2001

L'exploitation des relevés des compteurs placés au niveau des quartiers par la SDE indique la variation de la consommation entre les 3 quartiers comme indiqué au tableau 2.4. Arafat et Castor présentent des débits presque identiques, alors que Diokoul se retrouve avec une valeur moyenne beaucoup plus faible.

Tableau 2.4 : Consommation en eau dans les 3 quartiers (exploitation fichier SDE du premier bimestre 2001)

Caractéristique	Diokoul	Arafat	Castor
Consommation moyenne par concession (l/j)	364	427	504
Consommation moyenne en eau (l/hab/j)	23	39	36

Analyse des informations

Les trois sources d'informations fournissent des résultats relativement identiques de l'ordre de 30 à 40 l/hab.j.

Concernant *les données bibliographiques*, la consommation moyenne à Arafat s'écarte de la tendance avec une valeur plus faible. Par contre la consommation à Castor dépasse celle de Diokoul ; ce qui, à priori, paraît concevable dans le sens où ce quartier a un niveau socio-économique plus élevé, si on se réfère à la trame de l'habitat. Cependant, en retenant cette logique, Diokoul devrait avoir une consommation plus faible que de celle de Arafat ; ce qui n'est pas le cas.

S'agissant *des données résultant des informations de la SDE*, la consommation de Arafat est supérieure à celle de Castor et de Diokoul ; ce dernier présentant une valeur bien plus faible de 23 l/hab.j. Cette configuration semble contredire l'hypothèse selon laquelle la consommation est tributaire aux conditions socio-économiques.

Les enquêtes menées lors de cette étude conduisent à des consommations moyennes identiques de 39 l/hab.j pour les trois quartiers. Ce qui signifie que les concessions ayant accepté de s'abonner au système d'assainissement sont celles qui présentent un niveau socio-économique identique. Cette configuration semble plus proche de la réalité en ce sens que dans les cas **des programmes basés sur la demande** (*demand driven approach*), un tri s'opère automatiquement ; les plus nantis et les mieux sensibilisés adhèrent en premier lieu. Autrement dit, les résultats des enquêtes montrent que les concessions qui sont raccordées actuellement au réseau présentent un niveau de vie similaire, bien que se trouvant dans des quartiers de standing globalement différent.

Ainsi on retiendra pour les concessions abonnées, une consommation actuelle moyenne de **39 litres par habitant**.

Description des ouvrages

Ce chapitre se limite à la présentation et la description des ouvrages tels qu'ils se présentent sur le terrain. Leur analyse critique sera abordée après les chapitres 4 et 5, consacrés à la théorie relative à ces systèmes. La partie analyse et critique n'est par conséquent abordée qu'au chapitre 6.

Ouvrages intérieurs

Les ouvrages de prétraitement visités se présentent schématiquement comme indiqué à la figure 3.1.

Le troisième cas de figure est le maintien de la fosse septique initiale en lieu et place du décanteur. Ce cas est uniquement rencontré à Diokoul.

Vidoir

C'est un ouvrage de forme rectangulaire dans toutes les concessions visitées (figure 3.2). Les dimensions varient entre 28 et 34 cm de longueur et de 26 à 29 cm de largeur (tableau 3.1).

Il est muni d'un orifice devant être normalement équipé d'une grille pour le dégrillage ; afin d'éviter l'intrusion dans le système de matière grossière. Cependant, près de la moitié des ouvrages ne

dispose pas de grilles et laissent alors les solides passer directement dans le dégraisseur.

Tableau 3.1 : Description des vidoirs observés (dimensions en cm)

Quartier	Longueur	Largeur	Profondeur	Présence de Grille (%)
Castor	28	26	17	68
Arafat	32	29	21	15
Diokoul	34	29	10	48

L'efficacité du vidoir est mesurée par la capacité de la grille à retenir les matières solides.

Parmi les ouvrages en bon état (présence de la grille), des dépôts ont été notés sur 40 % des vidoirs. Ces dépôts se composent d'épluchures de légumes, d'écorces de tomate, d'oignon, d'écaille de poisson, de feuilles d'arbre, etc.

Sur les autres vidoirs sans grilles, 54% ont des dépôts, composés de noix de pain de singe, de papier, de fibres de pain de singe, d'écaille de poisson, de papier, de plastique, de charbon, tomate, etc.

Dégraisseurs

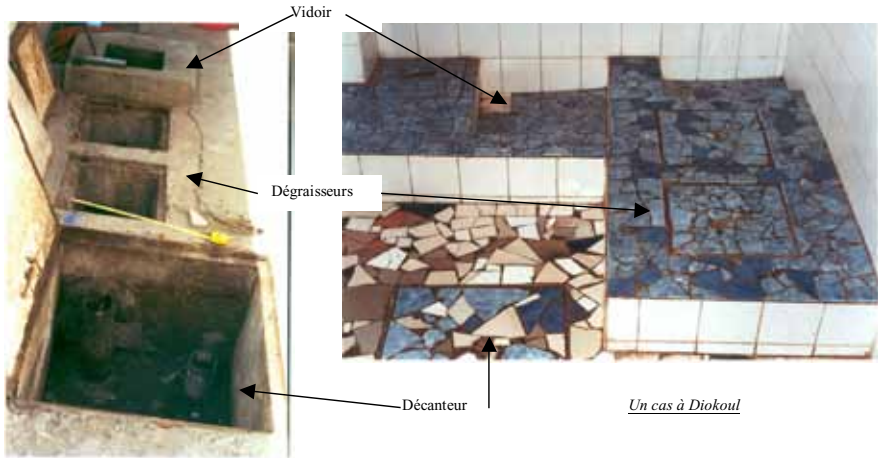
Description physique

Les dégraisseurs sont des ouvrages de section relativement carrée et de profondeur de l'ordre de 50 cm (tableaux 3.2 et 3.3).

Tableau 3.2 : Dimensions moyennes des premiers bacs dégraisseurs (en cm)

Quartier	Longueur	Largeur	Profondeur totale	Profondeur utile
Castor	33	32	53	24
Arafat	34	33	47	22
Diokoul	29	29	53	29

Figure 3.1 : Vue d'ensemble de deux prototypes d'ouvrages intérieurs



Un cas à Castor

Figure 3.2 : Prototype de vidoir avec les variations de dimensions

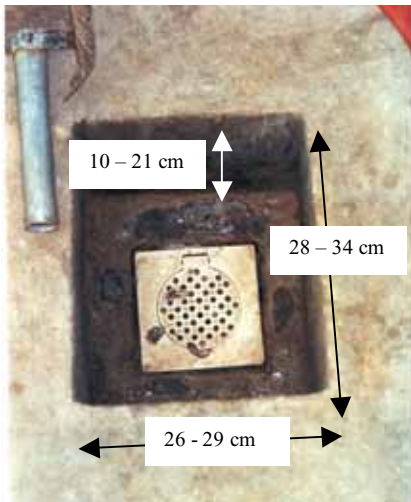


Figure 3.3 : Dégraisseurs avec les variations de dimensions

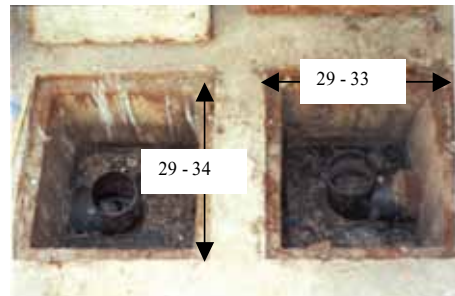


Figure 3.4 : Variation des dimensions des décanteurs

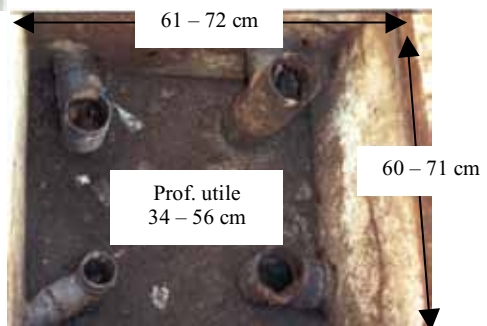


Tableau 3.3 : Dimensions moyennes des seconds bacs dégraisseurs (en cm)

Quartier	Longueur	Largeur	Profondeur totale	Profondeur utile
Castor	34	33	54	25
Arafat	34	33	48	21
Diokoul	30	29	55	29

Conduites de communication (amont, aval)

La conduite qui alimente le premier bac dégraisseur est en PVC $\square 110$ avec à son bout un té dans $\frac{3}{4}$ des cas visités.

Les deux dégraisseurs sont reliés par un simple orifice sans aucune singularité (ni té, ni coude), ce qui explique la présence des boues et écumes dans le dégraisseur aval.

Pour les seconds bacs dégraisseurs, trois quarts des cas présente un té à la sortie.

La conduite de liaison avec le décanteur est du PVC $\square 110$ avec à chaque extrémité un té dans $\frac{3}{4}$ des cas.

Composition des matières solides

Les solides dans les dégraisseurs se composent de boues flottantes (« gâteau ») et décantées, du sable et des matières plus volumineuses ayant transité par le vidoir (des plastiques, des feuilles d'arbre, papier, des graviers).

Décanteur/fosse intermédiaire

L'ouvrage reçoit les eaux provenant des dégraisseurs (eaux grises) et les eaux vanes.

Ses dimensions moyennes sont données au tableau 3.4.

La capacité utile de ces ouvrages est de l'ordre de 250 litres.

Tableau 3.4 : Dimensions moyennes des décanteurs visités (cm).

Quartier	Longueur	Largeur	Profondeur	Profondeur utile
Diokoul	68	67	85	49
Castor	72	71	86	56
Arafat	61	60	71	34

Les boues mesurées à l'intérieur des ouvrages visités occupent au moins 50 % du volume des ouvrages. Selon les informations collectées, l'entretien des ouvrages intérieurs est prévu tous les 4 à 6 mois.

D'autres matières telles que plastique, papier, sable, graviers, noix de jujube, noix de pain de singe, etc. se retrouvent dans les fosses intermédiaires. La présence de ces matières prouve la faible efficacité des ouvrages en amont (dégrilleur, dégraisseurs).

Ouvrages de communication (amont, aval) :

Les décanteurs sont alimentés par 3 conduites (dégraisseur, WC et douche). Le tuyau provenant des douches est de diamètre 75 mm. Chaque conduite se termine par un té.

Dans certains cas, les tuyaux de drainage des eaux provenant de la cuisine sont raccordés directement par le bénéficiaire au décanteur, sans consultation du GIE.

Dans certains regards intermédiaires situés en aval du décanteur, on retrouve des matières qui n'ont pas pu être piégées dans le décanteur.

Problèmes évoqués par certains bénéficiaires :

Le problème d'insuffisance d'entretien par le GIE est soulevé par 30 % des bénéficiaires. La fréquence d'entretien par le GIE étant de 6 mois, certains ouvrages se remplissent bien avant. Dans ces conditions, le bénéficiaire se trouve obligé d'effectuer lui-même l'opération. C'est ainsi que certains ont fini par ne plus s'acquitter de la redevance d'entretien.

Un autre problème souligné est le reflux pendant la période pluvieuse qui peut entraîner des débordements par surcharge de certaines conduites. Ce phénomène de charge a été observé par l'équipe d'étude lors des pluies exceptionnelles du mois janvier 2002.

Ceci découle certainement du drainage des eaux de ruissellement des cours de certaines maisons vers les ouvrages intérieurs et/ou de l'infiltration des eaux de pluies dans les canalisations du réseau.

Point de vue des GIE :

Du point de vue des GIE, l'absence d'entretien chez un abonné découle des raisons suivantes:

- non-paiement de la redevance de 500f/mois,
- désaccord entre l'équipe d'entretien et le bénéficiaire sur les méthodes d'entretien et d'évacuation des boues. En effet, lorsque l'abonné est éloigné de la station d'épuration, l'ancienne fosse septique sert de lieu d'évacuation des boues.

Fosses septiques existantes

A Diokoul, 1/3 des concessions ont conservé leur fosse septique initiale.

Les fosses septiques existant ont des capacités variant entre 5 m³ et 9 m³. Les dimensions varient entre les valeurs suivantes :

- longueur : 2 à 2,4 m ;
- largeur : 1,5 à 2,4 m

Elles se composent en général de deux compartiments.

Réseau

Les figures 3.5 et 3.6 représentent les plans des réseaux de Castor-Arafat et Diokoul.

Regards

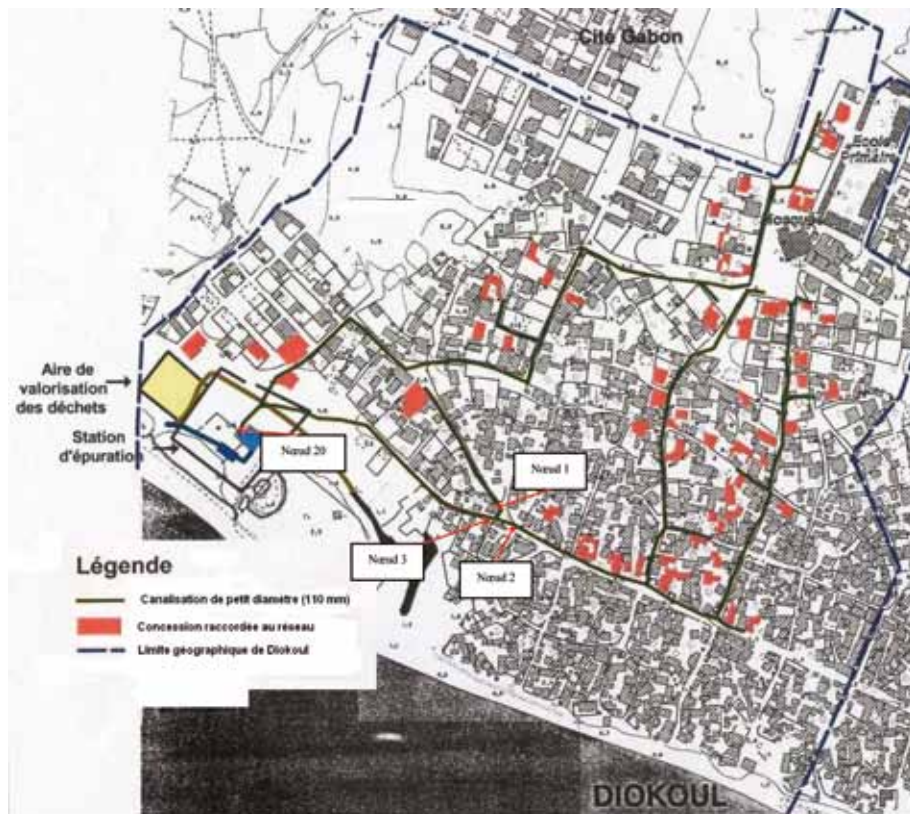
Les regards ont des sections de dimensions de l'ordre de 40 à 50 cm avec des profondeurs variant en fonction des contraintes du terrain entre 38 et 56 cm pour le réseau de Castor/Arafat et 56 et 72 cm pour le réseau de Diokoul. Cependant dans la partie avale du réseau de Diokoul, à l'intérieur de la station, la canalisation est pratiquement à même le sol.

Figure 3.5 : Réseau de Castor et Arafat (Source : ENDA-Rup 2002)



**les tronçons numérotés sont ceux décrits dans le tableau 3.6.*

Figure 3.6 : Réseau de Diokoul (Source : ENDA-Rup 2002)



Les numéros des nœuds correspondent à ceux du profil en long (figure 3.7 et 3.8)

Tableau 3.5 : Dimensions des regards (en cm)

Quartier	Longueur	Largeur	Profondeur totale
Castor - Arafat	42	41	38 - 56
Diokoul	47	47	56 - 72

Toutefois, il faut souligner que les profondeurs des regards à Diokoul sur le tronçon 2-20 (figure 3.6), se trouvent souvent à des profondeurs inférieures à la normale et parfois la génératrice supérieure est à peine enterrée. C'est une zone assez défavorable, parce que proche de la mer. Les figures 3.7 et 3.8 illustrent les nœuds, les distances partielles et le profil en long de certains tronçons.

Distribution des regards sur le réseau

La distribution des regards sur le réseau est faite en fonction :

- du nombre de maison à raccorder ;
- de la position de chaque sortie de maison par rapport au regard le plus proche. Dans certains cas deux maisons partagent le même regard ;
- d'une distance maximale de 25 m pour faciliter l'entretien des tronçons.

A titre indicatif, le tableau 3.6 illustre une répartition des regards sur certains tronçons à Castor. Dans ces cas d'espèce, la distance varie entre 9 et 16 m.

Des fissures ont été constatées sur les couvercles et les parois de certains regards. Pour pallier ces faiblesses, de nouveaux regards préfabriqués de 50 cm de côté munis de couvercles mieux armés sont réalisés et entrain d'être posés.

Composition des boues dans les regards

Les boues et les dépôts solides constatés dans les regards sont identiques à ceux observés dans les ouvrages à l'intérieur des maisons.

Tableau 3.6 : distribution des regards sur certains tronçons à Castor.

Tronçons (*)	Nbre de regards	Maisons raccordées	Longueur du tronçon (m)
1	19	15	256.10
2	7	5	95.70
3	9	5	72.20
4	5	1	58.47
<i>(*) Se référer à la figure 3.5 pour situer les tronçons ci-dessus</i>			

Canalisation (diamètre, pente, profondeur de pose)

Longueur et diamètre

La longueur du réseau est de 2500 m à Castor et Arafat et 2000 m à Diokoul. Les tuyaux sont en PVC de diamètre Ø110.

Les conduites sont encore intactes et aucune casse n'a été signalée.

Pente des conduites

Elles suivent le plus souvent le terrain naturel.

Les figures 3.7 et 3.8 illustrent le plan du tronçon 2-20, matérialisé dans la figure 3.6, ainsi que le profil en long.

Figure 3.7 : Plan du tronçon 2-20.

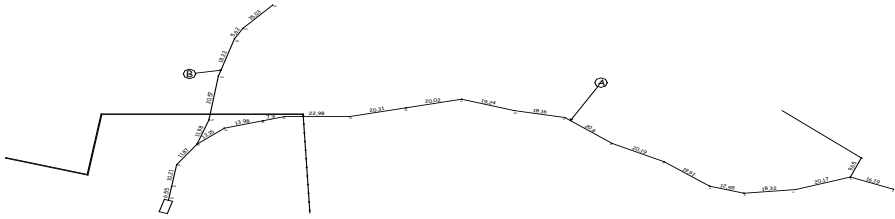
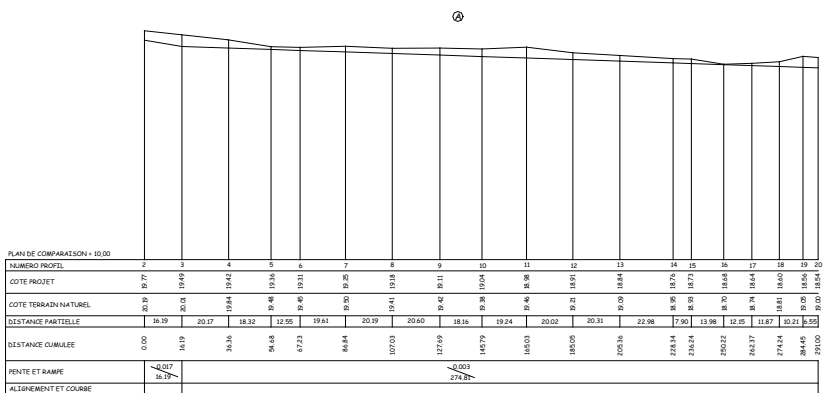


Figure 3.8 : Profil en long du tronçon 2-20



Station d'épuration de Diokoul

Description physique

La station de Diokoul se compose d'un décanteur primaire en amont, suivi de 3 bassins en série. Un 4^{ème} bassin, subdivisé en 5 compartiments, assure le traitement final. Les caractéristiques des bassins sont résumées dans le tableau 3.7. La figure 3.9 illustre la station et la figure 3.10 en donne une illustration.

Le débit arrivant à la station peut être estimé sur la base de la consommation moyenne déterminée dans la section 2.3.3 (39 l/hab.j), du nombre d'abonnés (62), d'un coefficient de rejet de 0,8 et de la densité moyenne d'habitants par concession (égale à 16 - voir tableau 2.1). Ainsi, on aboutit à un débit moyen Q_c :

$$Q_c = 0,039 * (62 * 16) * 0,8 = 31 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le volume utile des bassins étant de 272 m³, le temps de séjour est de 9 jours.

Tableau 3.7 : Description de la station de Diokoul

Ouvrage	Longueur	Largeur	Prof total	Prof utile	Surface	Volume utile
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³)
Décanteur	5,4	3,3	1,4	1,0	18	18
Bassin 1	20,0	4,0	1,2	0,8	80	64
Bassin 2	20,0	4,0	1,2	0,8	80	64
Bassin 3	20,0	4,0	1,2	0,9	80	72
Bassin 4	20,0	4,0		0,9	80	72
Description du bassin 4						
Compartiment 4.1	12,6	4,0	1,1	0,9	50	44
Compartiment 4.2	3,0	1,1	1,2	0,9	3	3
Compartiment 4.3	3,0	1,3	1,1	0,9	4	4
Compartiment 4.4	3,0	1,1	1,1	0,9	3	3
Compartiment 4.5	3,9	4,0	1,1	0,9	16	14

Le décanteur

Les observations sur le décanteur montrent qu'une partie non négligeable des matières en suspension est retenue dans cet ouvrage. Les boues de curage, temporairement par l'exploitant à proximité, sont identiques aux matières solides et en suspension identifiées dans les ouvrages intérieurs des concessions et dans les regards le long des tronçons ayant été diagnostiqués.

Normalement, une station d'épuration recevant des effluents d'un réseau de faible diamètre ne devrait pas comprendre d'ouvrage de prétraitement puisque les eaux sont sensées être débarrassées d'une partie substantielle des MES par les fosses intermédiaires.

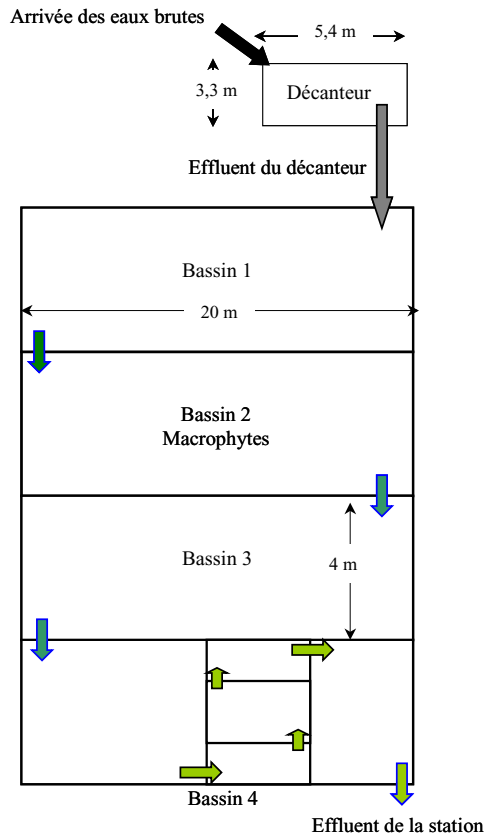
Les bassins

Ils ont une forme qui favorise un écoulement piston, puisque la longueur est beaucoup plus grande que la largeur. Actuellement, ils fonctionnent avec des microphytes.

Figure 3.9 : Station de Diokoul



Figure 310 : Schéma de la station de Diokoul



Comportement des ouvrages

Le comportement de la station d'épuration est apprécié sur la base d'analyses d'échantillons ponctuels prélevés à chaque niveau d'épuration. Le tableau 3.8 donne les résultats des analyses effectuées sur les eaux non filtrées, prélevées en avril 2000. Le tableau 3.9 fournit les valeurs moyennes des analyses effectuées par IFAN sur une période de 6 mois.

Le rendement du décanteur en abattement des matières en suspension est de l'ordre de 70% si l'on se réfère aux analyses effectuées par IFAN. A la sortie du bassin 2, le rendement d'abattement de la pollution organique est 88 %. Le niveau d'épuration est donc très bon. A partir du bassin 3, en raison de la prolifération des algues qui provoque une interférence dans les résultats concernant les

paramètres organiques, il apparaît alors une augmentation de la DBO. Cette élévation n'est pas le résultat de la pollution organique dissoute mais des algues.

A la sortie de la station, la teneur en coliforme fécaux est de l'ordre de 5 unités logarithmiques (10^5) par 100 ml.

Tableau 3.8 : Caractéristiques des eaux de la station d'épuration de Diokoul (échantillons d'avril 2002)

Niveau	MES	DBO	DCO
	mg/l	mg/l	mg/l
Diokoul EUB	1068	680	2112
Sortie décanteur		160	1940
Sortie bassin 1	144		
Sortie bassin 2	216	20	680
Sortie bassin 3	332	430	844
Sortie bassin 4	158	170	1010

Concentration en coliformes fécaux à la sortie de la station : $9,4.10^4$

Tableau 3.9 : Caractéristiques moyennes des eaux de la station d'épuration de Diokoul.

Niveau	MES	DBO	DCO
	mg/l	mg/l	mg/l
Entrée	483	893	2200
Sortie déc	98	358	1175
Sortie step	128	95	867
<i>Source : IFAN/ENDA 2000, 2002</i>			

Station d'épuration de Castor

Description physique

La station de Castor se compose d'un décanteur primaire en amont, suivi de 5 bassins en série. Un 6^{ème} bassin, subdivisé en 5 compartiments, assure le traitement final. Les caractéristiques des

bassins sont résumées dans le tableau 3.10. La figure 3.11 donne une illustration.

Le débit arrivant à la station à la station peut être estimé sur la base de la consommation moyenne déterminée dans la section 2.3.3 (39 l/hab.j), du nombre d'abonnés (73 à Arafat et 82 à Castor) ? d'un coefficient de rejet de 0,8 et de la densité moyenne d'habitants par concession (11 à Arafat et 14 à Castor - voir tableau 2.1). Ainsi, on aboutit à un débit moyen Q_c :

$$Q_c = 0,039 * (73 * 11 + 82 * 14) * 0,8 = 61 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le volume utile des bassins étant de 700 m³, le temps de séjour est de 11 jours.

Figure 3.11 : Schéma de la station de Castor.

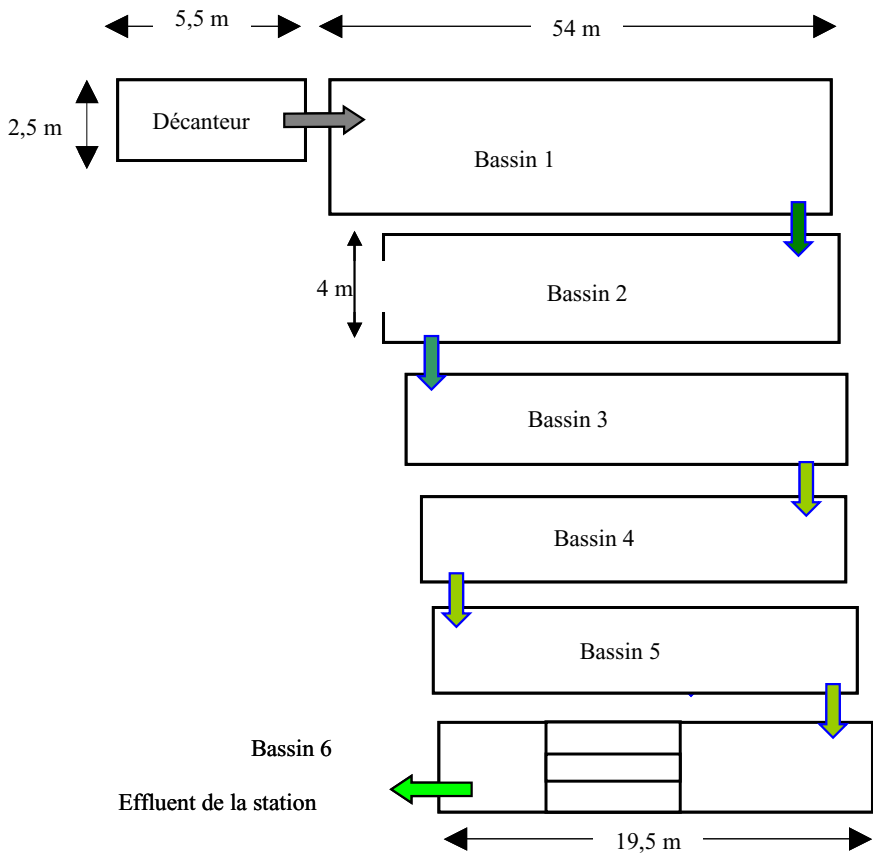


Tableau 3.10 : Caractéristiques physiques de la station de Castor.

Niveau de traitement	Longueur	Largeur	Prof total	Prof utile	Surface	Volume utile
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³)
Décanteur	5,5	2,5	2,1	1,9	13	26
Bassin 1	54,1	4,1	1,0	0,7	220	163
Bassin 2	49,9	4,1	0,9	0,8	202	152
Bassin 3	45,6	4,0	0,9	0,7	184	129
Bassin 4	41,6	4,1	0,9	0,7	169	118
Bassin 5	37,6	4,1	0,9	0,7	152	99
Bassin 6	13,1	4,1	0,9	0,7	54	38
Bassin 6						
Compartment 1	4,5	4,1	0,9	0,7	18	13
Compartment 2	3,2	1,2	0,9	0,7	4	2
Compartment 3	3,2	1,2	0,9	0,7	4	2
Compartment 4	3,2	1,2	0,9	0,7	4	2
Compartment 5	5,4	4,1	0,9	0,7	22	14

Comportement des ouvrages

Le tableau 3.11 donne les résultats des analyses effectuées sur les eaux non filtrées, prélevées en avril 2000. Le tableau 3.12 fournit les valeurs moyennes des analyses effectuées par IFAN lors des campagnes de suivi dont les résultats sont publiés en 2000 et 2002. Le rendement du décanteur en abattement des matières en suspension est de l'ordre de 90 % si l'on se réfère aux analyses effectuées par IFAN/ENDA. A la sortie du bassin 2, la qualité de l'effluent est très bonne (30 mg/l) ; ce qui témoigne d'un bon niveau d'épuration. A partir du bassin 3, la prolifération des algues engendre une DBO apparente, comme vu précédemment.

A la sortie de la station, la teneur en coliforme fécaux est de l'ordre de 5 unités logarithmiques (10⁵) par 100 ml.

Tableau 3.11 : Caractéristiques des eaux de la station d'épuration de Castor (mg/l)

Niveau de traitement	MES	DBO	DCO
	mg/l	mg/l	mg/l
Eaux usées brutes	1855		
Sortie décanteur	662	980	3460
Sortie bassin 1	206	220	495
Sortie bassin 2	250	30	250
Sortie Bassin 3	272		268
Sortie bassin 4	278	160	326
Sortie Bassin 5	280	120	323
Sortie bassin 6	276	125	339

Tableau 3.12 : Caractéristiques moyennes des eaux de la station de Castor ((mg/l).

Niveau de traitement	MES	DBO	DCO
	mg/l	mg/l	mg/l
Entrée	483	690	2580
Sortie déc	98	617	1645
Sortie step	128	132	610
<i>Source : IFAN/ENDA 2000 , 2002</i>			

Conception des égouts de faible diamètre

Ce chapitre a pour objectif de fournir au lecteur une approche pour la conception des ouvrages des réseaux d'égout de faible diamètre.

Description générale

Le réseau de faible diamètre se compose :

- des fosses intermédiaires qui réduisent les matières en suspension ;
- le réseau de canalisation de petit diamètre pour acheminer les eaux usées décantées vers un exutoire (égout, station d'épuration, ou autre émissaire ad-hoc).

Fosse intermédiaire

Les fosses intermédiaires ont pour rôle de débarrasser les eaux de leur matières en suspension qui se déposent au fond de l'ouvrage (matières denses) ou qui surnagent (matières légères telles que les huiles ou les graisses). Les matières lourdes se déposant au fond sont dégradées par voie anaérobie. Ces boues qui s'accumulent doivent être vidées tous les 2 à 3 ans.

C'est donc des ouvrages qui assurent les fonctions suivantes :

- la décantation, grâce à un temps de séjour suffisant et un écoulement lent ;
- la digestion, en disposant d'un volume suffisant pour le stockage des matières solides ;
- le stockage des boues avant leur élimination ;
- le stockage des écumes.

Ces quatre fonctions ont comme conséquences la résolution d'une importante partie des problèmes de sédimentation dans les canalisations en aval ; donc des conduites de diamètres plus faibles que ceux des réseaux d'égout classiques.

Dimensionnement

Le dimensionnement et la mise en œuvre des fosses intermédiaires sont déterminants pour le bon fonctionnement du réseau de canalisation faible diamètre. En effet, si les matières en suspension arrivent à passer dans le réseau, des problèmes de bouchage risquent de se poser de manière beaucoup plus fréquente que lorsqu'il s'agit de réseau classique ; donc des interventions plus rapprochées et par conséquent des charges d'exploitation plus élevées. Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement des fosses.

Méthode 1 : approche théorique

$$V_1 = T_r \cdot q_i \cdot N$$

V_1 : volume nécessaire pour que les solides se séparent des liquides

T_r : temps de rétention

q_i : débit rejeté par habitant par jour

N : nombre d'usagers

Le volume nécessaire pour la digestion est donnée par la formule :

$$V_d = \frac{1}{2} T_d \cdot N \cdot V_{bf}$$

V_{bf} : volume boues fraîches rejeté par un habitant par jour

T_d : temps de digestion en jour

Le facteur $\frac{1}{2}$ est introduit pour tenir compte du volume moyen des boues qui passent dans la zone de digestion.

Le volume nécessaire pour stocker les boues digérées :

$$V_s = 0,25 P_a \cdot V_{bf} \cdot N$$

P_a : période d'accumulation en jour.

Le volume utile de la fosse est égal à la somme des 3 volumes ci-dessus :

$$V_u = N [T_r \cdot q_l + \frac{1}{2} T_d \cdot V_{bf} + 0,25 P_a \cdot V_{bf}]$$

Méthode 2 : approche pragmatique

Il est difficile de cerner avec précision les paramètres entrant dans la formule précédente en ce sens qu'ils sont étroitement liés au contexte local, à la nature des eaux usées, tributaire des conditions socio-économiques. Mais de manière pratique, le volume des fosses doit répondre aux contraintes suivantes :

- la capacité de stockage de la boue décantée doit être suffisante pour une durée de 2 à 3 ans ;
- la capacité maximale de stockage des boues dans la fosse est égale au $\frac{2}{3}$ du volume utile total ;
- le temps de séjour minimum de l'effluent dans la fosse est égal à 1 jour ; c'est-à-dire lorsque la fosse est remplie au $\frac{2}{3}$ de son volume par les boues.

Dans ces conditions, le volume de la fosse intermédiaire doit être égal au triple du débit journalier. Ainsi :

$$V_f = 3 \cdot Q_j$$

ou

$$V_f = 3 \cdot N \cdot q_s$$

N : nombre d'usagers

Q_j : Débit journalier d'eau usée (m^3/j)°

q_s : débit spécifique de rejet d'eau usée ($m^3/usager/j$).

Dispositions constructives

Compartimentage

La fosse intermédiaire comprend un à trois compartiments :

- cas de 2 compartiments : volume du premier = 2 fois volume compartiment 2
- cas de 3 compartiments : volume compartiment 2 (V_2) = volume compartiment 3 (V_3)
Volume du compartiment 1 $V_1 = V_2 + V_3$

Tuyaux d'arrivée et de sortie des eaux

- dénivellement de 7,5 cm entre l'entrée et la sortie
- té plongeant au 1/3 supérieur de la profondeur utile à l'amont du tuyau de sortie
 - diamètre des tuyaux au moins 75 mm

Les figures 4.1a et 4.1b donnent des illustrations des dispositions constructives des fosses septiques avec des variantes pour les dispositifs de mise en charge et de décharge..

Cas où la fosse septique existe

Dans le cadre d'un projet de réseau d'égout à faible diamètre, il peut arriver que certaines concessions disposent déjà de fosses septiques. Dans ces conditions, le concepteur du projet devra vérifier les dimensions des installations existantes et les dispositifs d'entrée et de sortie des effluents.

Le volume de la fosse doit être tel qu'il puisse contenir le triple de la quantité d'eau journalière rejetée par les usagers, comme indiqué dans la section 4.1.

Les dispositifs d'admission des effluents et de leur évacuation doivent être tels que les transports solides dans le réseau d'égout soient minimisés. La section 4.1 décrit comment ces éléments doivent être réalisés.

Diamètre optimal des tuyaux entre ouvrages intérieurs

Pour faciliter l'entretien des canalisations reliant les ouvrages à l'intérieur des concessions, il est conseillé d'adopter un diamètre de 100 mm. Pour les canalisations drainant des eaux non chargées comme celles provenant des lavabos, des douches et des éviers, un diamètre de 50 mm est suffisant.

Figure 4.1 a : Dispositions constructives des fosses septiques (variante 1).

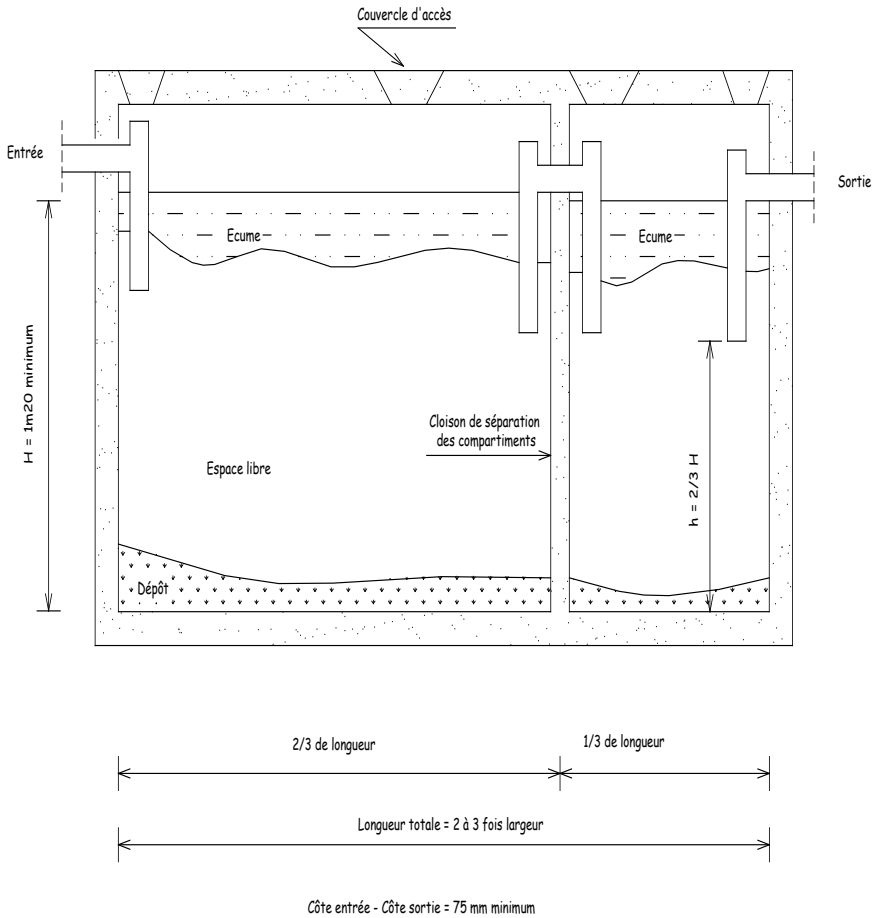
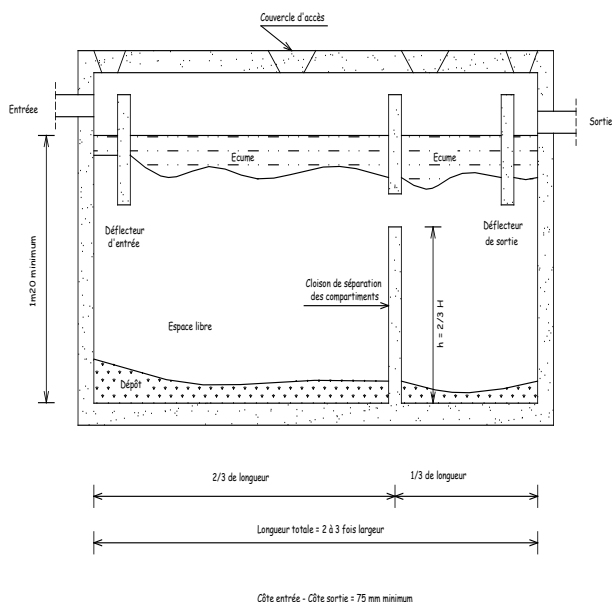


Figure 4.1 b : Dispositions constructives des fosses septiques (variante 2).



Regards

Dimensions

La dimension des regards varie en fonction de la profondeur de pose des canalisations. Ainsi, les dimensions indiquées sur le tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Variation de la section des regards (Tiré de Lobo et col, 2000).

Profondeur du regard	Inférieure ou égale à 80 cm	Supérieure à 80 cm
Dimension des regards (cm x cm)	45 x 45	60 x 60

Distance entre regards

La répartition des regards le long du réseau se fait en fonction de :

- la typologie des conduites (principale ou secondaire) ;
- leur emplacement ;
- changement de pente ;
- changement de section ;
- changement de direction.

Le tableau 4.2 donne la répartition des regards selon l'emplacement et de la typologie des canalisations.

Tableau 4.2 : Distances maximales entre regards (Tiré de Lobo et col, 2000).

Typologie des conduites	Principale		Secondaire	
	Voie publique ou chaussée	Sous trottoir	Intérieur concession ou entre concessions	Sous trottoir
Emplacement				
Distance maximale (m)	100	80	25	50

Profondeur

La profondeur doit être telle que qu'elle permette de recevoir les affluents par gravité et protéger les canalisations contre les éventuelles ruptures engendrées par le trafic.

La profondeur minimale sera celle qui est en dessous de la côte de connexion du voisin en amont, garantissant ainsi que celui-ci accède au service.

Les profondeurs minimales des regards sont selon *Lobo et col (2000)* au moins 0,45 m (voir tableau 4.3). Selon *Bakalian et col. (1994)*, cette profondeur minimale est de 2,5 m lorsque le réseau passe sous la chaussée.

Tableau 4.3 : Profondeurs minimales des regards (Tiré de Lobo et col, 2000).

Typologie des conduites	Principale		Secondaire	
	Voie publique ou chaussée	Sous trottoir	Intérieur concession ou entre concessions	Sous trottoir
Emplacement				
Profondeur minimale (m)	0,85	0,45	0,45	0,45

Canalisation

Diamètre optimal

La section des tuyaux est déterminée à partir de la formule de Manning qui donne la vitesse d'écoulement :

$$v = k^{-1} \cdot R^{2/3} \cdot \rho^{1/2}$$

- v = vitesse d'écoulement (m/s) ;
- k = coefficient de rugosité du tuyau (0.010 à 0.011 pour les PVC)
- R = rayon hydraulique ($R = D/4$) en m
- D = diamètre du tronçon (m)
- ρ = pente du tuyau (m/m)

La capacité Q du tuyau est donnée par l'équation :

$$Q = \pi \cdot k^{-1} \cdot D^2/4 \cdot (D/4)^{2/3} \cdot \rho^{1/2}$$

ou

$$Q = 0,31 \cdot k^{-1} \cdot D^{8/3} \cdot \rho^{1/2}$$

Q = Débit de projet transitant par le tronçon (m^3/s)

Dans la mesure où, la fosse intermédiaire n'assure pas un rendement de décantation de 100%, il faut nécessairement une pente minimale pour limiter les dépôts des matières en suspension ayant pu s'échapper de la fosse intermédiaire.

Pour le dimensionnement hydraulique des réseaux, on adopte le critère de tension tractive qui produit des résultats plus économiques (Lobo et col, 2000 ; Bakalian et col, 1994).

$$T = \rho \cdot R_h \cdot \rho$$

Avec :

- poids volumique de l'eau ($10^4 N/m^3$)
- R_h : Rayon hydraulique (m)
- ρ : pente du tronçon (m/m)
- T : tension tractive (Pa)

Pente minimale

Cette pente minimale est déterminée à partir de la tension tractive minimale, facteur déterminant pour la réduction des coûts des canalisations et leur autocurage, selon *Lobo & Inchauste* (2000) et *Bakalian et al.* (1994).

Cette pente minimale, pour un tuyau d'assainissement en PVC de rugosité égale à 0,010, est donnée par la formule :

$$\rho_{\min} = 0,0058 Q_i^{-0,47} (k = 0,010)$$

Q_i : débit initial en amont du tronçon en litre par seconde (phase initiale du projet)

Pente maximale

La pente maximale est fonction de la vitesse maximale qui permet de limiter l'action corrosive des particules solides, fatalement rencontrées dans les réseaux.

Pour les PVC, la vitesse maximale est 5 m/s et la pente maximale est donnée par l'équation suivante :

$$p_{\max} = 2,70 Q_f^{-0,57} \quad (k = 0,01)$$

Q_f : Débit de projet en litre par seconde (l/s).

La vitesse maximale de 5 m/s peut être dépassée pour autant qu'on maintienne des taux de remplissage maximal de 75% et en assurant l'ancrage des tuyaux aux points munis d'accessoires afin de garantir leur immobilité et en renforçant les éléments qui reçoivent des décharges.

Diamètre minimum des tuyaux

Le diamètre minimum est déterminé en tenant compte des contraintes relatives aux pentes minimale et maximale, du débit de pointe de projet en amont du réseau et de l'équation de Manning-Strikkler. De toutes les façons, il ne doit pas être inférieur à **100 mm** afin de faciliter les travaux d'entretien et de curage des canalisations.

Diamètre maximum des tuyaux

Le diamètre maximum est déterminé en tenant compte des contraintes relatives aux pentes minimale et maximale, du débit de pointe de projet en aval du réseau et de l'équation de Manning-Strikkler.

Profondeur de pose des tuyaux

La profondeur de pose des canalisations dépend des contraintes topographiques, de leur emplacement et de leur fonction (conduite maîtresse ou secondaire). Le tableau 4.3 précédent donne une indication de la variation de la profondeur minimale.

Typologie des quartiers

Dans les quartiers non lotis, de type spontané, le réseau d'égout de faible diamètre s'adapte mieux que les réseaux classiques.

Le réseau d'égout de faible diamètre peut être aussi utilisé dans les quartiers lotis où les consommations en eau ne permettent pas d'assurer des lames d'eau suffisantes pour assurer l'autocurage des canalisations (consommations inférieures à 60 litres par habitant par jour).

Possibilités de raccordement au réseau classique

Un réseau d'égout de faible diamètre peut être raccordé à un réseau d'égout conventionnel. Pour ce faire, la canalisation de jonction au réseau classique doit être dimensionnée de manière à pouvoir faire transiter le débit issu du réseau de petit diamètre.

Aussi, le point de raccordement entre le réseau de faible diamètre et le classique doit être choisi de manière à ne pas provoquer de reflux en amont de l'un quelconque des réseaux. Si cette disposition ne peut être assurée gravitairement, il y aura nécessité de procéder à un relèvement des eaux du réseau le plus défavorable.

Analyse critique des ouvrages

Ouvrages intérieurs

Vidoir

Cet ouvrage qui sert en même temps de dégrilleur laisse souvent passer certaines matières solides que l'on retrouve dans les ouvrages en aval jusqu'au décanteur de la station d'épuration. Les raisons d'ordre technique sont:

- l'absence de grille ou sa destruction ;
- l'écartement assez grand des mailles.

Pour limiter les problèmes de remplissage rapide des ouvrages en aval tel que le décanteur, un effort de restauration des grilles couplé à une campagne de sensibilisation pour l'utilisation de préfiltre (tamis) avant la vidange des eaux grises est nécessaire.

Dégraisseur

Au regard de l'état des matières dans les ouvrages situés en aval, force est de déduire que les dégraisseurs ne remplissent pas leur rôle. Plusieurs raisons concourent à cette situation :

- les systèmes de communication hydraulique non correctement agencés : le té à l'arrivée oblige les matières grasses à passer d'abord dans la masse liquide et compte tenu de la faible section de l'ouvrage, les graisses ont le temps de passer dans le second dégraisseur à travers l'orifice aménagé dans la paroi de séparation ;
- l'entretien ne se faisant pas avec la fréquence nécessaire (compte tenu de la faible capacité), les huiles et graisses aboutissent en partie dans le décanteur ;

Par ailleurs, compte tenu de la présence du décanteur dans la conception générale du système en place, on aurait dû se dispenser d'un tel dispositif de déshuilage. En effet, la fosse intermédiaire, correctement conçue, joue aussi un rôle de déshuilage/dégraissage.

Fosse intermédiaire/Décanteur

Les dépôts solides et les boues constatés dans les décanteurs ou fosses intermédiaires et dans les dispositifs en aval (regards de visite et décanteurs au niveau des 2 stations d'épuration) montrent que ces ouvrages ne fonctionnent pas de façon optimale.

La raison fondamentale est d'ordre conceptuel. Le volume de ces ouvrages est de l'ordre de $0,25 \text{ m}^3$; ce qui représente le débit moyen rejeté par une concession de 2 à 3 personnes. Or dans l'ensemble des concessions de la zone d'étude, le nombre d'occupants varie entre 5 et 35, avec une moyenne de 11 à 16 selon les quartiers (voir tableau 2.1).

Ainsi les ouvrages actuels fonctionnent comme des regards de visite et laissent passer une bonne partie de la pollution particulaire et organique, contribuant à des charges plus élevées que la normale pour une station d'épuration en aval d'un réseau d'égout de faible diamètre.

La conception des fosses intermédiaires doit tenir compte effectivement du nombre d'usagers. Le tableau 6.1 donne les volumes utiles en fonction des usagers et de la consommation en eau de 39 l/us.j et d'un taux de rejet de 0,8.

Les fosses septiques existant notamment à Diokoul ont des capacités supérieures à 5 m³, c'est-à-dire largement supérieures à celles requises pour faire face aux besoins des concessions regroupant le plus d'usagers (35 personnes).

Tableau 6.1 : Variation du volume utile des fosses intermédiaires applicable dans la zone du projet.

Nombre d'usagers	5	10	15	20	25	30	35
Volume utile (m ³)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

Consommation spécifique en eau : 39l/hab/j

Coefficient de rejet : 0,8

Réseau d'égout

Les seules données complètes disponibles pour permettre une vérification du réseau ne concernent qu'une partie de Diokoul ; il s'agit en l'occurrence du tronçon 1 à 20 (voir figures 3.7 et 3.8).

Débits

Débits moyens actuels

Le débit moyen actuel d'un tronçon est évalué sur la base de la consommation moyenne actuelle par concession définie dans la section 2.3.3 (39 l/hab j), du nombre total de concessions dont les effluents sont actuellement drainés par ledit tronçon et d'un coefficient de rejet de 0,8. Le décompte du nombre de concession est effectué sur la base de la carte représentée par la figure 3.6 et avec l'appui du président du GIE responsable de la gestion du projet de Diokoul.

Le nombre de concessions actuellement raccordées à chaque tronçon est donné dans la colonne (1) du tableau 6.3.

Débits moyens futurs

Le débit moyen futur d'un tronçon est évalué sur la base d'une consommation moyenne égale aux valeurs maximales constatées dans la zone, soit 50 l/habj, du nombre total de concessions existant effectivement dans le bassin versant dont les effluents sont susceptibles d'être drainés par ledit tronçon et d'un coefficient de rejet de 0,8. Le décompte des concessions a été effectué de la manière décrite dans la section précédente et le résultat figure dans la colonne (2) du tableau 6.3.

Coefficient de pointe

Le coefficient de pointe a été évalué en cherchant à cerner le débit de pointe en aval du réseau, particulièrement à l'entrée de la station de Castor. Une campagne de mesures de débit a été alors effectuée entre 7 heures et 19 heures de manière à identifier l'heure et le débit de pointe. Les données de la campagne sont fournies en annexe 6. La figure 6.1 représente l'évolution des débits entre 7 et 19 heures le 19 février 2002 à l'entrée de la station d'épuration de Castor.

Le débit journalier à l'entrée de la station est obtenu à partir du nombre de concessions abonnées et du débit spécifique rejeté par abonné. Ainsi, le coefficient de pointe obtenu est de 4,3 (tableau 6.2).

Figure 6.1 : Variation des débits à l'entrée de la station de Castor le 19 février 2002.

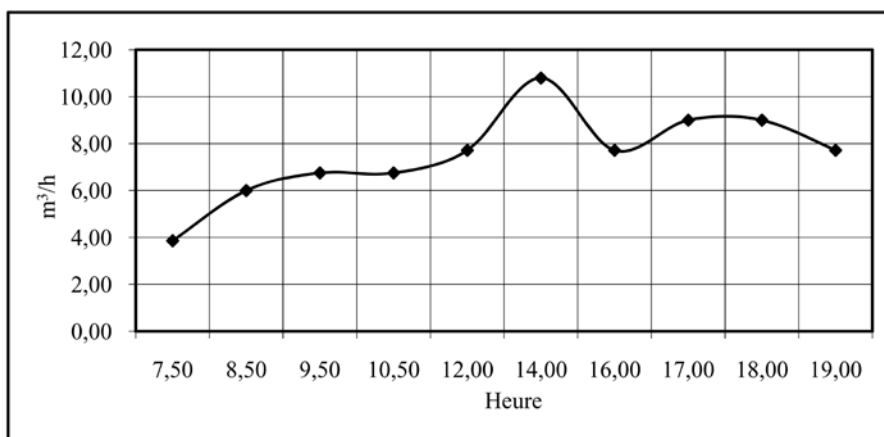


Tableau 6.2 : Evaluation du coefficient de pointe pour la zone du projet.

N°	Paramètre	Source	Valeur
(1)	Nombre d'abonnés à Castor	Tableau 1.1	82
(2)	Nombre d'abonnés à Arafat	Tableau 1.1	73
(3)	Nombre d'habitants par concession à Arafat	Tableau 2.1	11
(4)	Nombre d'habitants par concession Castor	Tableau 2.1	14
(5)	Consommation spécifique (m ³ /jhab)	Section 2.3.3	0,039
(6)	Coefficient de rejet	Valeur admise pour zone de moyen et bas standing	0,8
(7)	Débit moyen provenant de la Cité Castor (m ³ /j)	(1)*(4)*(5)*(6)	35,9
(8)	Débit moyen provenant du quartier Arafat (m ³ /j)	(2)*(3)*(5)*(6)	25,1
(9)	Débit moyen à la station (m ³ /h)	[(7)+(8)]/24	2,5
(10)	Débit de pointe à la station (m ³ /h)	Annexe 6	10,8
(11)	Coefficient de pointe	(10)/(9)	4,3

Pente des canalisations

Pentes minimales

La pente minimale d'un tronçon est déterminée conformément à la méthode décrite dans la section 4.4.2. Ainsi pour les tronçons de 1 à 17, elle est de 12 ‰ contre 9 ‰ à partir du nœud 17 – voir colonne 9 du tableau 6.3.

Il apparaît donc, en comparaison avec les pentes effectives actuelles – colonne (11) – que seul le tronçon 2-3 répond à cette contrainte, les autres tronçons ont des pentes inférieures à la valeur minimale. En effet, les observations sur le terrain le prouvent en ce sens dans les tronçons aval de Diokoul, entre 14 heures et 16 heures, les conduites sont en charge.

Pentes maximales

La pente maximale d'un tronçon est déterminée conformément à la méthode décrite dans la section 4.4.3. La colonne (10) du tableau 6.3 fournit les résultats des calculs.

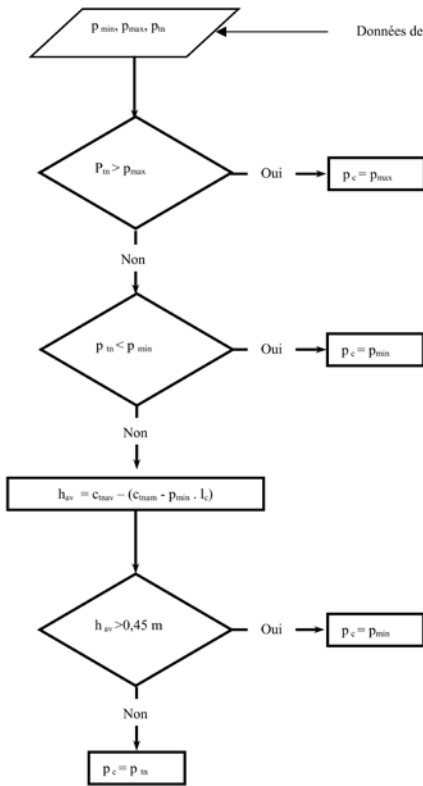
Aucun tronçon n'a une pente qui dépasse la valeur maximale.

Pentes normales

Les pentes qui auraient dû être retenues pour la partie du réseau de Diokoul, objet de la présente vérification sont déterminées à partir de l'algorithme représenté par la figure 6.2.

En suivant cet algorithme, on aboutit aux valeurs données dans la colonne (12) du tableau 6.3.

Figure 6.2 : Algorithme de détermination de la pente optimale d'une conduite d'assainissement.



Légende

- p_{\min} : pente minimale (m/m)
- p_{\max} : pente maximale (m/m)
- p_{tn} : pente terrain naturel (m/m)
- p_c : pente canalisation (m/m)
- h_{am} : profondeur de pose canalisation en amont (m)
- h_{av} : profondeur de pose de la conduite en aval (m)
- c_{nav} : côte du terrain naturel aval (m)
- c_{tnam} : côte du terrain naturel amont (m)
- l_c : longueur du tronçon (m)

Diamètre optimal des canalisations

Diamètre minimal

En réseau d'égout de faible diamètre, le diamètre minimal recommandé est de 100 mm. Bien que les calculs puissent aboutir à des diamètres inférieurs à 100 mm (voir colonne 25 du tableau

6.3 concernant le diamètre pour les débits actuels), pour faciliter les travaux d'entretien et de curage des conduites, on passe toujours au moins à 100 mm.

Diamètre maximal

Le diamètre maximal en réseau d'égout de faible diamètre comme en égout classique est simplement dicté par les débits de pointe à l'horizon du projet. Il n'existe pas de valeur limite. Dans tous les cas, la capacité d'écoulement doit correspondre au débit de pointe futur.

Diamètre optimal

Le diamètre optimal est déterminé en fonction du diamètre théorique. Ce dernier est déterminé à partir du débit de pointe de projet et de la formule de Manning Strickler donnée dans la section 4.4.1. Les colonnes (13) et (14) donnent respectivement les débits de pointe de projet et le diamètre théorique pour chaque tronçon.

Le diamètre optimal est celui qui est immédiatement supérieur au diamètre théorique et trouvable dans le commerce. Aussi, pour tenir compte des risques d'infiltration, ce diamètre commercial doit être au moins 20% supérieur au diamètre théorique.

Ainsi les diamètres optimaux des tronçons calculés varient entre 150 mm et 200 mm. Autrement dit, les conduites actuellement posées sur les tronçons vérifiés sont sous dimensionnées. Ceci se vérifie aisément aux heures de pointe. Entre 14 et 16, les tronçons situés en aval de Diokoul sont effectivement en charge.

Profondeur de pose des tuyaux

Les profondeurs de pose théoriques des regards sont définies dans les colonnes (18) et (19). Elles varient entre 0,45 m et 3,06 m. Or,

sur le terrain les profondeurs des regards se situent entre 2 et 52 cm.. Autrement dit sur le tronçon vérifié, 8 regards sur 9 ne sont pas suffisamment profonds. La figure 6.3 illustre la surélévation d'un regard sur un tronçon situé à l'intérieur de la station de Diokoul.

Distance moyenne entre regards de visite

Les distances moyennes entre regards sont bien respectées aussi bien à Diokoul qu'à Castor. Rarement, elles dépassent les 25 m ; ce qui favorise un entretien aisé avec de simples moyens (tiges de fer de 10). Le tableau 3.6 illustre bien cette répartition. La figure 6.4 indiquent une répartition des regards sur un tronçon situé à l'intérieur de la station d'épuration de Diokoul.

Etat des regards

Les regards sont en général en bon état. Les quelques problèmes de rupture des parois et des couvercles rencontrés auparavant au niveau de certains regards situés sur les voies carrossables ont été résolus grâce à leur remplacement avec des regards préfabriqués. La figure 6.5 indique la première génération de regards et la figures 6.7 illustre la nouvelle génération préfabriquée.

Nombre maximal de concessions à connecter

Le nombre maximal de concession que le réseau, dans son état actuel, peut drainer est déterminé à partir de la capacité d'écoulement des canalisations actuelles (110 mm). La colonne (27) donne le nombre d'abonnés complémentaire que chaque tronçon peut connecter. Ce nombre varie, suivant les tronçons, entre 86 et 361.

Toutefois, compte tenu du fait que c'est le tronçon situé en aval qui dicte le nombre à retenir, on conclut que le réseau de Diokoul, dans son état actuel, ne peut recevoir que 86 abonnés supplémentaires.

Tableau 6.3 : Calcul du réseau de Diokoul composé des tronçons allant du nœud 1 au nœud 20

Tronçon	Nombre de concessions		Débit moyen		Longueur du tronçon (a)	Cote terrain naturel (a)	Pente terrain naturel	Pente		Diamètre commercial optimal	Côte conduite		Profondeur regard calculé		Côte actuelle tronçon (a)	Profondeur regard actuel	Débit de pointe	Diamètre théorique	Vérification avec données actuelles								
	total	abonné	Actuel	Futur				mini-male	maxi-male		amont	aval	amont	aval					amont	aval	Dia-mètre	Débit	Nombre d'abonnés supplémen-taires				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
1-3	1	31	0,01	0,23	nd																						
2-3	36	272	0,21	2,01	16,19	20,19	20,01	0,011	0,012	1,689	0,017	0,017	0,009	0,112	0,150	19,74	19,54	0,45	0,47	19,77	19,49	0,42	0,52	0,001	0,044	0,0023	361
3-5	37	309	0,21	2,29	38,48	20,01	19,48	0,014	0,012	1,550	0,003	0,012	0,010	0,118	0,150	19,54	19,08	0,47	0,40	19,49	19,36	0,52	0,12	0,001	0,060	0,0010	138
5-11	37	321	0,21	2,38	110,35	19,48	19,46	0,000	0,012	1,511	0,003	0,012	0,010	0,120	0,150	19,08	17,76	0,40	1,70	19,36	18,98	0,12	0,48	0,001	0,060	0,0010	140
11-13	37	327	0,21	2,42	40,33	19,46	19,09	0,009	0,012	1,493	0,003	0,012	0,010	0,120	0,150	17,76	17,28	1,70	1,81	18,98	18,84	0,48	0,25	0,001	0,060	0,0010	141
13-15	37	327	0,21	2,42	57,01	19,09	18,93	0,003	0,012	1,493	0,002	0,012	0,010	0,120	0,150	17,28	16,60	1,81	2,33	18,84	18,73	0,25	0,20	0,001	0,067	0,0008	95
15-16	37	327	0,21	2,42	13,98	18,93	18,7	0,016	0,012	1,493	0,004	0,012	0,010	0,120	0,150	16,60	16,43	2,33	2,27	18,73	18,68	0,20	0,02	0,001	0,060	0,0010	143
16-17	37	327	0,21	2,42	12,15	18,7	18,74	-0,003	0,012	1,493	0,003	0,012	0,010	0,120	0,150	16,43	16,28	2,27	2,46	18,68	18,64	0,02	0,10	0,001	0,061	0,0010	136
17-18	62	550	0,36	4,07	11,8	18,74	18,81	-0,006	0,009	1,054	0,003	0,009	0,018	0,153	0,200	16,28	16,17	2,46	2,64	18,64	18,6	0,10	0,21	0,002	0,073	0,0010	114
18-20	62	550	0,36	4,07	24,76	18,81	19	-0,008	0,009	1,054	0,002	0,009	0,018	0,153	0,200	16,17	15,94	2,64	3,06	18,6	18,54	0,21	0,46	0,002	0,078	0,0009	86

(a) : tiré du profil en long (figure 3.8).
 (1) : décompte des abonnés actuel rattaché à chaque tronçon effectué avec l'appui du GIE de Diokoul et de la figure 3.6
 (2) : même décompte qu'en (1) mais tenant compte de l'ensemble des concessions situées sur le bassin versant desservi par chaque tronçon
 (3) : à l'heure actuelle une concession rejette en moyenne 0,8*0,039 m³/16 personnes (moyenne de Diokoul)
 (4) : la consommation future est tabulée sur 50 l/hab/j qui correspond aux plus fortes valeurs actuelles dans la zone.
 (5, 6, 7, 8, 11, 20, 21, 22, 23) : voir (a)
 (9, 10) : voir sections 4.4.2 et 4.4.3
 (12) : voir algorithme (figure 6.1)
 (13) : débit moyen - coefficient de pointe (4.3)
 (14) : voir formule de Manning (section 4.4.1)
 (15) : diamètre immédiatement supérieur au diamètre calculé et disponible dans le commerce
 (16, 17) : déterminé avec la pente optimale et la profondeur minimale de 0,45 m
 (18, 19) : côte terrain naturel - côte conduite
 (24) : débit moyen actuel - coefficient de pointe (4.3)
 (25) : déterminé à partir du débit moyen actuel (24) et de la formule de Manning (section 4.4.1)
 (26) : déterminé à partir du diamètre actuellement pressé sur le terrain (110 mm) et de la formule de Manning (section 4.4.1)
 (27) : déterminé à partir du débit moyen (26) et du rejet moyen d'une concession de Diokoul (16 personnes, 39 l/hab, taux de rejet de 0,8).

Figure 6.3 : Surélévation d'un regard de visite pour compenser la faible profondeur de pose.



Figure 6.4 : Illustration des distances entre regards de visite.



Figure 6.5 : Première génération de regards de visite.



Figure 6.6 : Nouvelle génération de regards de visite.



Analyse des stations d'épuration

Comme précédemment vu dans les sections 3.3 et 3.4, les débits actuels des stations de Diokoul et Castor sont respectivement de 31 et 61 m³/j. Au vu des mesures effectuées aussi bien par IFAN lors de campagnes de mesures en 2000 (tableau 3.12) et les analyses d'un échantillon par ouvrage lors de la présente étude (tableau 3.11), les performances des différents ouvrages sont satisfaisantes en terme d'abattement des matières en suspension par le décanteur et de la pollution organique.

Décanteur

Les observations sur le terrain contrastent avec les résultats des analyses. En effet, beaucoup de solides passent dans les premiers bassins dans les deux stations d'épuration. Des tests en éprouvette ont été effectués pour vérifier la superficie des décanteurs. Pour déterminer la capacité des décanteurs, nous avons opéré un suivi cinétique dans des éprouvettes de 2 litres. Les relevés de la hauteur de l'interface suspension-partie claire au cours du temps ont permis de calculer la surface nécessaire par la méthode de *Talmadge&Fitch*. La méthode consiste à tracer les tangentes à la courbe au début et à la fin de la décantation. La bissectrice de l'angle formé par les deux tangentes rencontre la courbe de décantation au point de début de compression. On trace ensuite la tangente à la courbe en ce point. On projette sur cette dernière tangente la hauteur correspondant à la concentration de soutirage pour déterminer sur l'axe des abscisses le temps correspondant. La surface nécessaire est déduite de la formule suivante :

$$A = Qt_u/H_0$$

- Q étant le débit;
- t_u le temps mesuré sur la tangente
- H_0 la hauteur initiale des boues dans l'éprouvette.

Station de Castor

Le suivi de la décantation en éprouvette nous a permis d'obtenir la courbe de la figure 6.7.

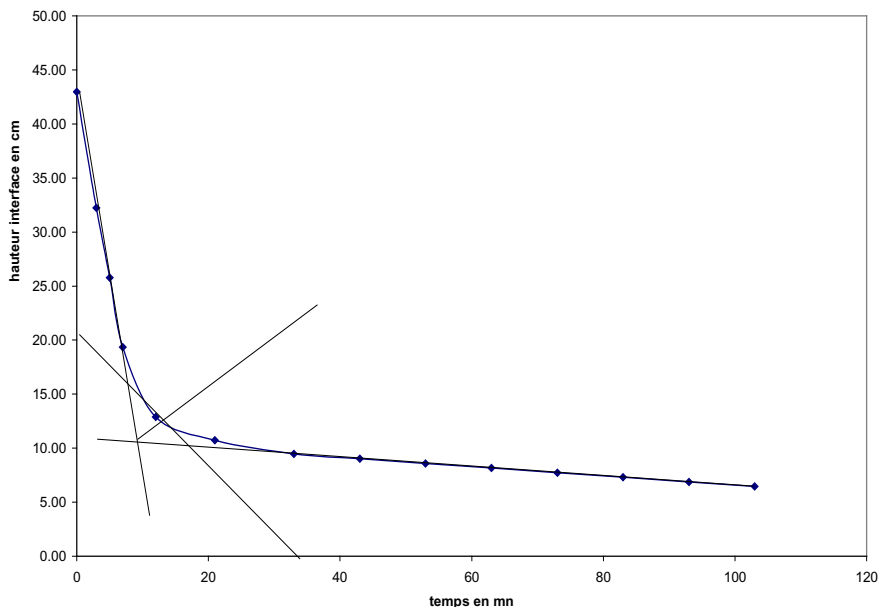
La fin de la décantation a été observée au bout de 2 heures. La clarté du surnageant obtenu lors des tests en éprouvette contraste avec la mauvaise qualité de l'effluent observée à la sortie de l'épaississeur. Cette différence peut provenir des remontées de gaz produits lors de la digestion anaérobie qui remettent en suspension les particules qui sédimentent. D'ailleurs ces fuites importantes de MES rendent, comme nous l'avons observé, le premier bassin de lagunage grisâtre. Cet état ne favorise pas la diffusion de la lumière nécessaire à la photosynthèse réduisant ainsi la production d'oxygène et favorisant l'anaérobiose décelée dans ce même bassin par les dégagements de bulles de gaz. A partir de cette courbe, nous avons calculé une surface de 7.01 m², inférieure à la surface de l'ouvrage de la station (supérieur à 10 m²). Mais, le rapport longueur sur largeur est de l'ordre de 2,2, alors qu'il doit être entre 3 et 4 afin que le circuit hydraulique soit tel que les particules aient le temps de se déposer.

Station de Diokoul

En utilisant la courbe de décantation, on obtient une surface de 5.34 m². L'état global de cette station paraît meilleur que celle de Castor car la surface réelle du décanteur est de 3.32 fois la surface théorique alors qu'à Castor, elle n'est que de 1.9 fois la surface théorique. Ainsi l'effluent à la sortie de l'épaississeur est de meilleure qualité que celui observé à Castor. Néanmoins, les analyses faites à Castor quant à la qualité de l'effluent s'appliquent ici.

Ces constats au niveau des décanteurs des deux stations montrent que les problèmes sont surtout liés à leur mise en œuvre. Effet, l'emplacement des tuyaux d'arrivée et de sortie des eaux, l'absence de trémie de stockage des boues décantées dans l'ouvrage et l'absence de système automatique de purge ne favorisent pas un fonctionnement optimal de l'ouvrage.

Figure 6.7 : Suivi de la décantation à la station de Castor



Bassins

Au regard des résultats des analyses effectuées sur les échantillons prélevés en avril 2002, dès la sortie du second bassin des deux stations d'épuration, la pollution organique est fortement éliminée avec des concentrations en DBO_5 de 20 mg/l à Diokoul (tableau 3.8) et 30 mg/l à Castor (tableau 3.11). Dans les bassins en aval (à partir des 3^{èmes} bassins), les concentrations s'élèvent apparemment. Mais cette augmentation est probablement le reflet des analyses sur échantillons brutes alors que le laboratoire aurait dû opérer sur des échantillons filtrés afin de bien cerner la pollution soluble et éviter l'incidence des algues qui faussent la mesure de la DBO_5 . En effet, les conditions opératoires de mesure de la DBO sont, entre autres, l'obscurité et une température constante de 20°C. Or dans ces conditions, les algues, comme les bactéries, consomment de l'oxygène plutôt que d'en produire ; faisant que les conditions dans les bassins ne sont plus simulées.

Concernant la pollution bactériologique, on constate, compte tenu des types de cultures pratiquées avec les effluents de la station, que

les concentrations en bactéries sont encore élevées car de l'ordre de 5 unités logarithmiques pour les deux stations. Pour réduire encore davantage cette pollution microbienne, deux solutions pourraient être envisagées. La première consisterait à augmenter le nombre de bassins de maturation ; ce qui ne paraît pas réalisable compte tenu des contraintes spatiales. La seconde solution consisterait à favoriser une pénétration des rayons ultraviolets à partir des 3^{èmes} bassins en limitant le développement des microphytes. Pour y parvenir, il faudrait assurer un abattement sensible des teneurs en matières nutritives à travers la plantation dans le 3^{ème} bassin de chaque station de macrophytes. Ces derniers absorberaient une bonne partie des éléments azotés et phosphorés ainsi que le potassium. Ainsi débarrassés d'une bonne partie des nutriments, les bassins situés en aval des 3^{èmes} bassins seraient mieux clarifiés et exposés au rayonnement ultraviolet qui a un effet bactéricide.

Conclusion - Recommandations

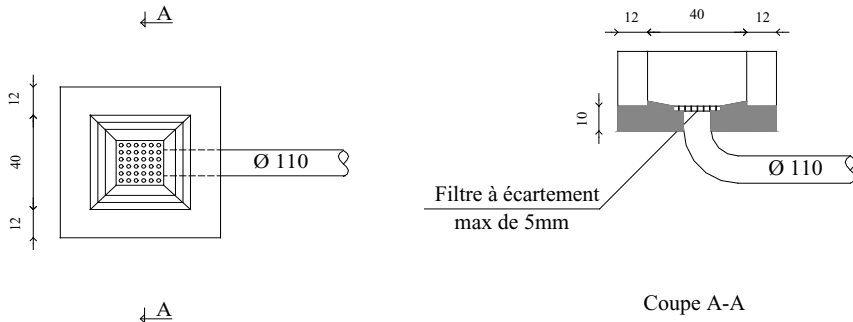
Ouvrages intérieurs

Vidoir

C'est un dispositif important dans le système, mais il faut veiller dans sa mise en œuvre et son exploitation à assurer la présence de grille de faible maille – 2,5 mm ; ce qui n'est pas toujours le cas, ou renforcer le siphon de sol avec un grillage poulailler pour mieux retenir les matières volumineuses. La figure 7.1 illustre un schéma type de vidoir.

Dans son exploitation, les usagers doivent être sensibilisés au filtrage préalable des eaux grises avant leur évacuation vers le vidoir.

Figure 7.1 : Schéma type de vidoir.



Dégraisseur

On pourrait s'en passer dans la mesure où une fosse intermédiaire, correctement conçue et mise en œuvre, joue en même temps un rôle de dégraisseur. De plus, la couche de graisse permet de renforcer le processus de digestion anaérobie des boues.

Fosse intermédiaire/décanteur

Les capacités des décanteurs réalisés dans le cadre du projet objet de l'étude ont des capacités de 0,25 m³ et sont, par conséquent, insuffisantes au regard du nombre d'habitants par concession. En effet, ces ouvrages doivent être conçus comme des fosses septiques. Comme telle, son dimensionnement doit tenir effectivement compte du nombre d'utilisateurs. Une capacité insuffisante engendre un mauvais fonctionnement de la fosse ; ce qui entraîne des efforts supplémentaires dans l'exploitation du réseau et des charges polluantes plus importantes à la station, risquant de réduire ses performances.

Pour le dimensionnement, la formule générale suivante peut être utilisée.

$$V_f = 3.N.q_s.$$

- N : nombre d'utilisateurs
- Q_j : Débit journalier d'eau usée (m³/j)^o
- q_s : débit spécifique de rejet d'eau usée (m³/usager/j).

L'application des données spécifiques au contexte de Rufisque donne les valeurs indiquées au tableau 7.1 illustrant la variation du volume

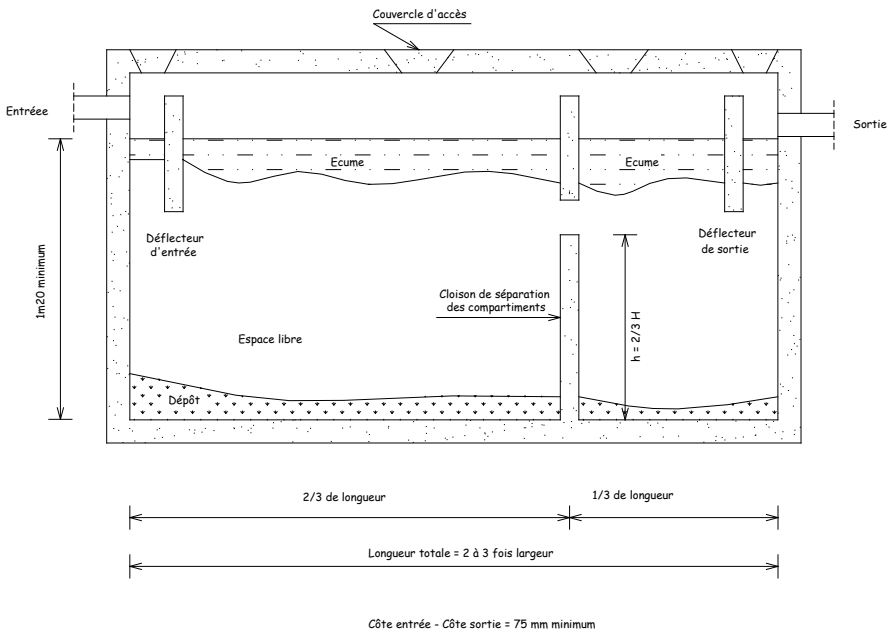
utile de la fosse en fonction du nombre d'utilisateurs. Dans d'autres zones, une étude fine sur le nombre d'utilisateurs et les consommations d'eau doit être préalablement menée.

Tableau 7.1 : Variation du volume utile des fosses intermédiaires applicable dans la zone du projet.

Nombre d'utilisateurs	5	10	15	20	25	30	35
Volume utile (m ³)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

Les dispositions constructives de la fosse septique sont résumées dans la figure 7.2.

Figure 7.2 : Dispositions constructives des fosses septiques.



Cas où la fosse septique existe

La présence préalable d'une fosse correctement conçue et réalisée présente les avantages suivants :

- sur le plan technique, pas de nécessité de réaliser un autre décanteur ; donc,
- sur le plan économique, des gains de coûts de mise en oeuvre du système.

Dans les cas où la maison à raccorder dispose d'une fosse septique, il y a lieu de vérifier préalablement si :

1. la capacité convient au nombre d'occupants. Pour la vérification, on peut se référer à la formule de la section 7.1.3. qui donne la capacité de la fosse en fonction du nombre d'occupants, du débit spécifique rejeté par personne. Dans le cas particulier de Diokoul et Arafat, le tableau 7.1 indique la variation du volume utile en fonction du nombre d'usagers dans la concession ;
2. les dispositifs d'arrivée et de départ des eaux sont correctement mise en œuvre. S'il y a des risques de transport de solides depuis la fosse, aménager un filtre entre la fosse et le raccordement au réseau ;
3. l'étanchéité du radier de la fosse.

Dans le cas de Diokoul, le tiers des abonnés disposent de fosse septique de capacité supérieure à 5 m³; ce qui est largement suffisant. En effet, les concessions les plus peuplées regroupent 35 usagers, soit un volume utile requis pour la fosse de 3,5 m³.

Diamètre optimal des tuyaux intérieurs

Les canalisations reliant les ouvrages à l'intérieur des concessions ont des diamètres conformes aux recommandations. Les eaux en provenance des douches et cuisine arrivent au vidoir ou au décanteur par l'intermédiaire de tuyaux de 50 mm, tandis que celles provenant des sanitaires ou reliant vidoir-dégraisseur-décanteur-regard sont de diamètre 110 mm.

Réseau d'égout

Nombre maximal de concessions à connecter

Le nombre maximal de concessions que le réseau de Diokoul peut accepter, compte tenu du diamètre actuel des canalisations, de leurs pentes actuelles et des débits spécifiques des concessions est de 148 ; c'est-à-dire que 86 abonnés supplémentaires peuvent être raccordés en plus des 62 actuels – voir tableau 6.1, tronçon 18 - 20.

Cependant, compte tenu des faits suivants :

- les canalisations se mettent en charge en période pluie ;
- le diamètre requis pour faire transiter le débit de pointe actuel est de 78 mm, soit près de 70 % du diamètre actuel ;
- la recommandation de ne pas dépasser un taux de remplissage de 75% pour tenir compte des intrusions d'eau dans le réseau,

il est alors plus prudent de ne pas augmenter le nombre d'abonnés, au risque de voir se multiplier les plaintes par suite aux reflux des eaux usées à l'intérieur des maisons.

Diamètre optimal des canalisations

Diamètre optimal

Le diamètre optimal est obtenu en tenant compte :

1. des contraintes sur les pentes qui sont développées dans les sections 4.4.2, 4.4.3. Elles se résument dans l'équation suivante :

$$0,0058 Q_i^{-0,47} < \text{pente} < 2,70 Q_f^{-0,57}$$

Q_i et Q_f étant respectivement les débits moyens au début et à l'horizon du projet ;

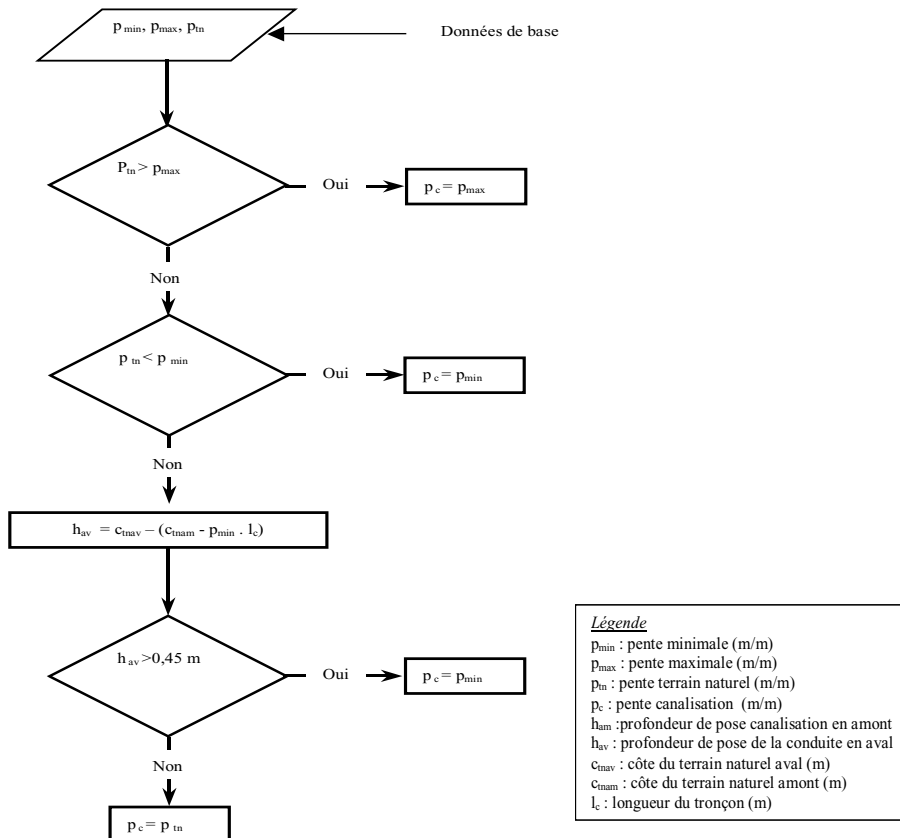
2. de la pente optimale dont la détermination est donnée par l'algorithme, représenté à la figure 7.3 ci-dessous ;
3. du débit de pointe à l'horizon du projet (tableau 7.2) ;
4. de la formule de Manning Strickler ($Q = 0,31.k^{-1} . D^{8/3} . p^{1/2}$ - voir section 4.4.1) ;
5. du diamètre commercial, immédiatement supérieur au diamètre théorique d'au moins 20% (pour tenir compte d'éventuelle infiltration d'eau).

Le tableau 7.2, colonne (15), indique les diamètres optimaux applicables à la partie du réseau de Diokoul représentée sur le profil en long (figures 3.7 et 3.8).

Tableau 7.2 : Diamètres optimaux des tronçons de la figures 3.7 et 3.8
(tiré du tableau 6.3).

Tronçon	Nombre de concessions		Débit moyen		Diamètre	Diamètre commercial optimal à adopter (m)
	abonné	total	Actuel	Futur	théorique (m)	
			(l/s)	(l/s)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(14)	(15)	
1 - 3	1	31	0,01	0,23		
2 - 3	36	272	0,21	2,01	0,112	0,150
3 - 5	37	309	0,21	2,29	0,118	0,150
5 - 11	37	321	0,21	2,38	0,120	0,150
11 - 13	37	327	0,21	2,42	0,120	0,150
13 - 15	37	327	0,21	2,42	0,120	0,150
15 - 16	37	327	0,21	2,42	0,120	0,150
16 - 17	37	327	0,21	2,42	0,120	0,150
17 - 18	62	550	0,36	4,07	0,153	0,200
18 - 20	62	550	0,36	4,07	0,153	0,200

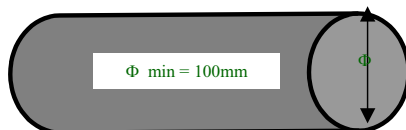
Figure 7.3 : Algorithme de détermination de la pente optimale d'une conduite d'assainissement.



Diamètre minimal

Le diamètre est déterminé de la même manière que le paragraphe précédent. Dans un réseau, le diamètre minimum est dicté par le tronçon dont le débit est le plus faible et la pente plus forte. Cependant, pour des raisons pratiques d'entretien et de curage périodique, le diamètre doit être au moins égal à 100 mm (figure 7.4).

Figure 7.4 : Diamètre minimum



Dans le cas de Diokoul, en tenant compte des débits de projet (raccordement de toutes les concessions situées dans le bassin versant drainé par le réseau représenté par les figures 3.7 et 3.8), le diamètre minimal est de 150 mm, au lieu de 110 actuellement.

Diamètre maximal

Le diamètre maximal est dicté par le tronçon aval qui fait transiter le débit le plus élevé du réseau. Il n'existe pas une limite à la taille des canalisations. Les paramètres qui sont déterminants sont ceux présentés pour le diamètre optimal.

Dans le cas de Diokoul, caractérisé par les conditions suivantes :

- nombre de concessions à l'horizon du projet : 550
- nombre moyen d'habitants par concession : 16
- population à raccorder à l'horizon du projet : 8800 habitants
- pente du terrain naturel en aval : - 8°/00 ;

le diamètre optimal maximal est 200 mm. Cette valeur pouvait être plus grande si la population à raccorder l'était davantage.

Profondeur de pose des tuyaux

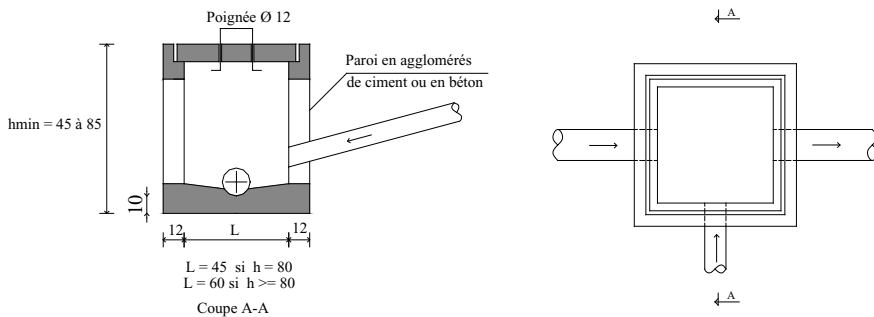
La profondeur minimale de pose recommandée en fonction du site (voie publique, sous trottoir, intérieur des concessions, entre

concessions) et de la typologie des canalisations (principale, secondaire) varie entre 45 cm et 85 cm, comme l'indique le tableau 7.3 et la figure 7.5. Dans le cas des voies à fort trafic, Bakalian et Right (1994) recommandent 2,5 m de profondeur minimale.

Tableau 7.3 : Profondeurs minimales des regards (Tiré de Lobo et col, 2000).

Typologie des conduites	Principale		Secondaire	
	Emplacement	Voie publique ou chaussée	Sous trottoir	Intérieur concession ou entre concessions
Profondeur minimale (m)	0,85	0,45	0,45	0,45

Figure 7.5 : Schéma type de regard de visite



Dans le cas des tronçons ayant pu être vérifiés à Diokoul, les profondeurs théoriques varient entre 45 cm et 3 m (tableau 7.4).

Dans l'état actuel sur le terrain, pour la même portion de réseau, les profondeurs varient entre 2 cm et 52 cm. Autrement dit, 9 regards sur 10 ne sont pas à la profondeur requise.

Tableau 7.4 : Tableau comparatif des profondeurs de pose des regards
(tiré du tableau6.3).

Tronçon	Profondeur regard calculé		Profondeur regard actuel	
	amont	aval	amont	aval
	(m)	(m)	(m)	(m)
	(18)	(19)	(22)	(23)
2 - 3	0,45	0,47	0,42	0,52
3 - 5	0,47	0,40	0,52	0,12
5 - 11	0,40	1,70	0,12	0,48
11 - 13	1,70	1,81	0,48	0,25
13 - 15	1,81	2,33	0,25	0,20
15 - 16	2,33	2,27	0,20	0,02
16 - 17	2,27	2,46	0,02	0,10
17 - 18	2,46	2,64	0,10	0,21
18 - 20	2,64	3,06	0,21	0,46

Distance entre regards de visite

Les distances maximales entre regards qui son recommandées varient entre 25 et 100 m (figure 7.6). Le tableau 7.5 donne des indications précises en fonction du type de canalisation et de son emplacement.

Dans le cas de Rufisque, la distance entre regards est toujours inférieure à 25 m ; ce qui est acceptable compte tenu de la nature de la voirie.

Figure 7.6 : Distance maximale entre regards de visite

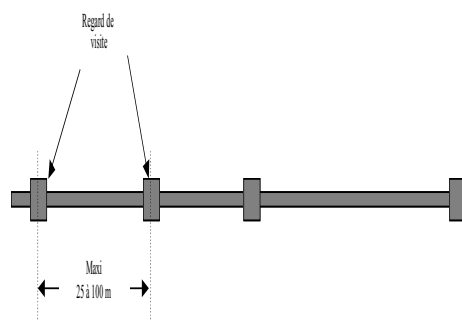


Tableau 7.5 : Distances maximales entre regards (Tiré de Lobo et col, 2000).

Typologie des conduites	Principale		Secondaire	
	Voie publique ou chaussée	Sous trottoir	Intérieur concession ou entre concessions	Sous trottoir
Distance maximale (m)	100	80	25	50

Typologie et densité des quartiers (pour lesquels SBS approprié)

Le réseau d'égout de faible diamètre est mieux adapté aux quartiers à trame d'habitation irrégulière. Le réseaux classiques s'adaptent mal à ce type de quartier.

Dans les quartiers réguliers, avec de faibles consommations d'eau (généralement inférieur à 60 litres par habitant et par jour, le réseau de faible diamètre est plus recommandé que le réseau d'égout classique. En effet, les importantes quantités de matières solides, caractéristiques des réseaux tout-à-l'égout, nécessitent des quantités d'eau tout aussi importantes pour éviter les dépôts à l'intérieur des canalisations.

Transition vers un réseau d'égout classique

Un réseau d'égout de faible diamètre peut être raccordé à un réseau d'égout conventionnel. Pour ce faire, la canalisation de jonction au réseau classique doit être dimensionnée de manière à pouvoir faire transiter le débit issu du réseau de petit diamètre.

Aussi, le point de raccordement entre le réseau de faible diamètre et le classique doit être choisi de manière à ne pas provoquer de reflux en amont de l'un quelconque des réseaux. Si cette disposition ne peut être assurée gravitairement, il y aura nécessité de procéder à un relèvement des eaux du réseau le plus défavorable.

Station d'épuration

Décanteur

Vu les résultats des analyses effectuées par IFAN/ENDA en 2000 et ceux de la présente étude, ainsi que les essais de décantations (figure

6.7), les deux décanteurs ont un bon rendement d'abattement des matières en suspension.

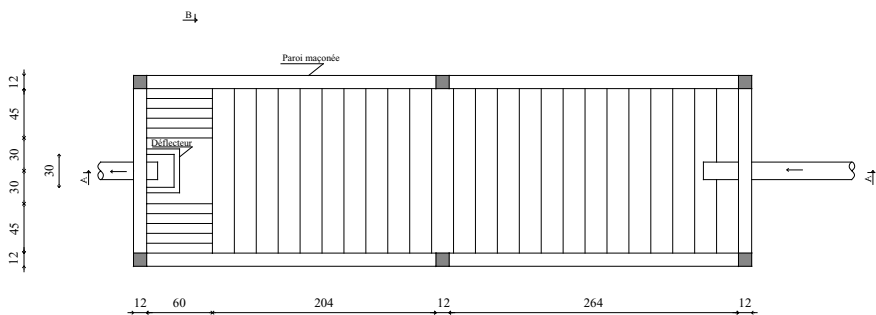
Cependant, leur exploitation est difficile en raison de l'absence de :

- trémie pour piéger les boues ;
- pente de leur radier ;
- de pompe de purge des boues.

C'est ainsi qu'on note des phénomènes de remontée de boues, entraînée depuis le fond vers la surface par les gaz résultant de la décomposition anaérobie de ces boues.

Ces ouvrages devraient être améliorés pour optimiser leur exploitation. Il s'agira de reprendre le profil de ces ouvrages en respectant les rapports entre la longueur et la largeur (longueur = au moins 3 largeur) et la profondeur minimale d'eau (au moins 1,5 m) et disposant d'une pompe immergée pour la purge des boues. La figure 7.7 représente un profil type qui pourrait être adopté.

Figure 7.7 : Schéma de décanteur approprié aux conditions de Diokoul et Castor.

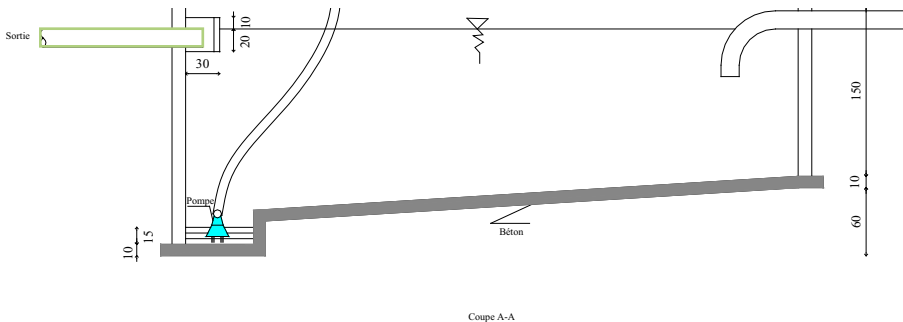


Bassins

Du point de vue abattement de la pollution organique, les bassins fonctionnent correctement si l'on se réfère aussi bien aux résultats des campagnes de mesures effectuées par l'IFAN que par ceux de la présente étude. En effet, dès la sortie des seconds bassins, la

qualité des effluents est très bonne avec des concentrations en DBO_5 inférieures ou égales à 30 mg/l.

A partir des troisièmes bassins, la demande biochimique augmente artificiellement en raison de la présence des algues qui faussent la mesure en laboratoire lorsque les échantillons ne sont pas filtrés avant leur introduction dans l'enceinte à DBO .



Du point de vue pollution bactériologique, les effluents à la sortie des stations ont des concentrations de l'ordre de 5 unités logarithmiques par 100 ml (10^5 CF/100ml).

Pour arriver à une réduction de la pollution bactériologique, une alternative consisterait à rendre la pénétration des rayons ultraviolets plus en profondeur dans les bassins de manière à faire agir l'effet bactéricide de ces rayons à ces niveaux. Il s'agirait donc de chercher à réduire les écrans à cette pénétration des rayons solaires en abaissant la densité algale, directement liée à la richesse des bassins en nutriments. Pour y parvenir, une voie simple consisterait à introduire à nouveau les macrophytes dans les troisièmes bassins. Ces plantes auront pour rôle de « pomper » ces éléments fertilisants avant leur accès massive au niveau des quatrièmes bassins. Ce faisant, il subsisterait moins de « nourritures » en aval pour le développement des microphytes.



Station d'épuration de Tractafic construite par Enda entre 2005 et 2008 (Douala II).



Exutoire des eaux usées traitées par la station d'épuration de Tractafic(Douala II).

Partie 14

Répartition des responsabilités

Répartition des rôles de chaque acteur suivant les différentes phases du projet :

- A- Phase initiale et phase d'exécution des travaux de terrain
- B- Phase d'opération - Mise en service du réseau – suivi de l'expérience
- C- Phase transitoire qui prépare la dévolution
- D- Phase post-projet

A. PHASE INITIALE ET PHASE D'EXECUTION DES TRAVAUX DE TERRAIN		
Représentant de l'Etat (Office National de l'Assainissement, Direction de l'Assainissement ...)	Commune	ENDA RUP
<p>Il est impliqué dans le projet dès la première phase d'études de faisabilité.</p> <p>La Direction de l'Assainissement de l'ONEA est également membre du Comité de suivi du projet. L'ONEA oriente sur le choix du site de la commune d'arrondissement qui doit bénéficier du projet.</p> <p>??? ONAS impliqué dans le projet au Sénégal</p>	<p>La mairie participe pleinement au suivi et à la mise en œuvre du projet. Elle est responsable de la pérennisation des ouvrages.</p> <p>L'implication politique de la municipalité est indispensable pour l'appropriation locale du processus.</p> <p>Le maire est le Président du Comité de pilotage.</p> <p>A ce titre, les rôles la commune sont notamment :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. former le bureau du Comité de Pilotage du projet ; 2. choisir les sites du projet en relation avec l'ONEA . 	<ol style="list-style-type: none"> 1. informer sur les objectifs du projet aux institutions locales et à l'ensemble des acteurs ; 2. faire le marketing et le plaidoyer du projet 3. élaborer les termes de référence des études, travaux et prestations de services ; 4. organiser et coordonner la planification des activités avec l'ensemble des acteurs ; 5. assurer l'intermédiation entre les différents acteurs.

B. PHASE D'OPERATION - MISE EN SERVICE DU RESEAU – SUIVI DE L'EXPERIENCE

1. Sélection des bureaux d'études, des entreprises et prestataires de services ;	2. Exécution des travaux	3. Réception des travaux	4. Fonds de garantie (FG) / Recouvrement	Représentant de l'Etat (Office National ou Direction de l'Assainissement...)	Commune	ENDA RUP	Organisme de Crédit (OC)	Comité de gestion
				<ul style="list-style-type: none"> - approuver la sélection 	<ul style="list-style-type: none"> - recruter une micro entreprise locale / GIE : pour les travaux d'entretien des ouvrages à l'intérieur des concessions, du réseau et des viduoirs publics et en informer l'ONEA ; - participer au suivi de l'exécution des travaux par ses services techniques ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Chargé de la sélection - établir les contrats pour les entreprises, les prestataires de services et les protocoles entre l'ONG et les institutions ; - établir les devis de raccordement au réseau pour les parties en extension ; - assurer le contrôle et le suivi des travaux ; 		
				<ul style="list-style-type: none"> - assurer le contrôle et le suivi de l'exécution des ouvrages du réseau et de la station de traitement des eaux usées ; - participer à la réception des travaux ; - consigner les PV verbaux de réception des travaux ; - participer activement à la supervision et à la réception des travaux de raccordement des nouvelles demandes et d'entretien des ouvrages. 	<ul style="list-style-type: none"> - participer à la réception des travaux d'entretien exécutés par les soins des prestataires ; 	<ul style="list-style-type: none"> - organiser les réceptions des travaux et établir les procès verbaux. 		<ul style="list-style-type: none"> - la participation à la réception des travaux faite par l'entreprise chargée de l'exécution des ouvrages et du GIE chargé de l'entretien et de la maintenance des ouvrages ;
				<ul style="list-style-type: none"> - participer au contrôle du mécanisme de gestion des FG en relation avec l'OC 	<ul style="list-style-type: none"> - participer au contrôle du mécanisme de gestion du FG en relation avec l'OC ; - veiller à la régularité du recouvrement de la contrepartie des bénéficiaires ; 	<ul style="list-style-type: none"> - superviser en relation avec l'OC le recouvrement des bénéficiaires ; 	<ul style="list-style-type: none"> - assurer l'opérationnalisation du FG. - assurer le recouvrement des crédits - veiller à l'efficacité des services de crédits et du succès de l'apport du FG au projet ; 	

B. PHASE D'OPERATION - MISE EN SERVICE DU RESEAU – SUIVI DE L'EXPERIENCE (suite)

	Représentant de l'Etat (Office National ou Direction de l'Assainissement...)	Commune	ENDA RUP	Organisme de Crédit (OC)	Comité de gestion
5. Demandes de raccordement				- octroyer des micro-crédits d'assainissement aux demandes approuvées par la mairie et l'ONEA après avis technique du comité de gestion et d'ENDA RUP	- l'examen de la recevabilité des demandes de raccordement ;
6. Entretien / Maintenance et surveillance du réseau	- assurer le suivi technique du réseau et donner des conseils aux services techniques de la commune et au comité de gestion ; - assister et encadrer le GIE dans l'entretien du réseau et des ouvrages ;	- participer à l'accompagnement méthodologique du GIE et de l'OC dans les domaines de l'entretien et de la maintenance ;	- assurer un accompagnement méthodologique du GIE et de l'OC dans les domaines de l'entretien et la maintenance ;		- la participation au suivi et au contrôle du GIE chargé de l'entretien et de la maintenance des ouvrages ; - la surveillance du réseau afin d'éviter les branchements clandestins et autres actes de vandalisme.
7. Comité de gestion / GIE		- mettre en place un comité de gestion de quartier ;	- encadrer les populations pour la structuration en GIE (Groupement d'Intérêt Economique) ; - assurer la formation des acteurs institutionnels et communautaires ; - organiser des séances d'information, d'éducation et de communication pour les bénéficiaires ;		
8. Formation / Sensibilisation				- Informer et sensibiliser les populations sur les conditions d'adhésion au projet et d'accès aux micro-crédits assainissement ;	- le développement des initiatives pour la promotion d'une bonne gestion des ouvrages d'assainissement semi-collectif ;
10. Rapports				- établir et transmettre des rapports financiers à l'ONEA, au City manager à la mairie, à l'ONG et au comité de gestion.	- l'élaboration de rapports d'activités ;
11. Autres					- l'identification des problèmes et propositions de solutions au maître d'ouvrage ;

C. PHASE TRANSITOIRE QUI PREPARE LA DEVOLUTION

1. Fonds de garantie	Représentant de l'Etat	Commune	ENDA RUP	Organisme de Crédit (OC)	Comité de gestion
	<ul style="list-style-type: none"> - participer au contrôle du mécanisme de gestion du fonds de garantie en relation avec la FCPB dans la phase de dévolution de l'ONG ; - veiller à la régularité du recouvrement de la contrepartie des bénéficiaires ; 	<ul style="list-style-type: none"> - participer avec l'OC et le comité de gestion aux recouvrements de la contre partie des bénéficiaires ; 		<ul style="list-style-type: none"> - octroyer des micro-crédits assainissement aux demandes approuvées par la mairie après avis technique du comité de gestion et du RUP ; - veiller à l'efficacité des services de crédit et du succès de l'apport du Fonds de garantie au projet ; - assurer le recouvrement des crédits ; 	
2. Demandes de raccordement	<ul style="list-style-type: none"> - établir les devis de raccordement au réseau ; 		<ul style="list-style-type: none"> - approuver avec l'ONEA les raccordements qui lui sont soumis par le comité de gestion ; 		<ul style="list-style-type: none"> - mettre à la disposition pour les demandes, les conditions d'abonnement ; - examiner la recevabilité des demandes de raccordement ;
3. Entretien / Maintenance et surveillance du réseau	<ul style="list-style-type: none"> - assurer le suivi technique du réseau et de la station de traitement des eaux avec les services techniques de la commune et le comité de gestion ; - prendre des mesures contre les actes de vandalisme et les branchements clandestins ; - ordonner le paiement des prestataires (GIE et autres) dans la phase de dévolution ; - promouvoir la valorisation des eaux usées épurées. 	<ul style="list-style-type: none"> - participer à la réception des travaux d'entretien exécutés par les soins des prestataires ; - prévoir dans son budget un fonds de participation pour l'entretien du réseau ; - établir avec l'ONEA le planning des travaux d'entretien. 			<ul style="list-style-type: none"> - participer au suivi et au contrôle du GIE chargé de l'entretien et de la maintenance des ouvrages ; - surveiller le réseau afin d'éviter les branchements clandestins et autres actes de vandalisme.
4. Formation / Sensibilisation				<ul style="list-style-type: none"> - sensibiliser les populations sur les conditions d'adhésion au projet et d'accès aux micro-crédits assainissement ; 	<ul style="list-style-type: none"> - développer des initiatives pour la promotion d'une bonne gestion des ouvrages d'assainissement semi-collectif ;

C. PHASE TRANSITOIRE QUI PREPARE LA DEVOLUTION (suite)

	Représentant de l'Etat	Commune	ENDA RUP	Organisme de Crédit (OC)	Comité de gestion
5. Evaluations			<ul style="list-style-type: none"> - proposer un schéma de suivi et d'évaluation du projet dans la phase post-projet. - faire une évaluation de la performance du système ; - faire une évaluation sur l'impact socio- sanitaire et environnemental ; - faire une évaluation du mécanisme d'autofinancement avec l'apport du fonds de garantie et de la micro finance ; 		
6. Rapports				<ul style="list-style-type: none"> - établir et transmettre des rapports financiers à l'ONEA, au City manager à la mairie, à l'ONG et au comité de gestion. - Informer régulièrement le comité de gestion, le maire, le City Manager et l'ONEA sur la situation du fonds ; 	<ul style="list-style-type: none"> - l'élaboration de rapports d'activités ;
7. Autres	<ul style="list-style-type: none"> - mettre à jour les plans d'extension du réseau semi-collectif ; 				<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les problèmes et propositions de solutions au maître d'ouvrage ;

D. PHASE POST-PROJET

	Représentant de l'Etat	Commune	ENDA RUP	Organisme de Crédit (OC)	Comité de gestion
1. Entretien / Maintenance et surveillance du réseau	<ul style="list-style-type: none"> - prendre en charge le réseau et la station de traitement des eaux ; - le suivi technique du réseau et de la station de traitement des eaux avec les services techniques de la commune et le comité de gestion ; - mettre à jour les plans d'extension du réseau semi-collectif ; - ordonner le paiement des prestataires (GIE et autres) dans la phase de dévolution ; - prendre des mesures contre les actes de vandalisme et les branchements clandestins ; 	<ul style="list-style-type: none"> - participer avec l'ONEA à la réception des travaux d'entretien exécutés par les soins des prestataires ; - prévoir dans son budget un fonds de participation pour l'entretien du réseau ; - établir avec le représentant de l'Etat et le Comité de Gestion, le planning des travaux d'entretien. - établir avec l'ONEA et le Comité de Gestion, le planning des travaux d'entretien. 	<p>L'ONG ENDA RUP étant le maître d'œuvre du projet, doit pendant une certaine période (trois ans) participer aux réunions d'évaluation sur les performances du système semi-collectif et la micro-finance (une fois tous les trois mois)</p>		
2. Fonds de garantie	<ul style="list-style-type: none"> - participer au contrôle du mécanisme de gestion du fonds de garantie en relation avec l'OC dans la phase de dévolution de l'ONG ; - veiller à la régularité du recouvrement de la contrepartie des bénéficiaires ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Participer avec la Caisse et le comité de gestion aux recouvrements de la contrepartie des bénéficiaires ; 		<ul style="list-style-type: none"> - continuer pour la pérennisation du fonds de garantie sous l'autorité du Ministère - gérer le fonds à partir des recouvrements et des subventions de la Commune 	
3. Formation / Sensibilisation	<ul style="list-style-type: none"> - promouvoir la valorisation des eaux usées épurées 				<ul style="list-style-type: none"> - travail d'ingénierie sociale en relation avec le représentant de l'Etat et la commune
4. Demandes de raccordement	<ul style="list-style-type: none"> - établir les devis de raccordement au réseau ; 	<ul style="list-style-type: none"> - approuver avec le Comité de Gestion les raccordements qui lui sont soumis ; 			

Partie 15

Récapitulatif des étapes

1 – PREPARATION

- Enquête socio-économique de la demande ;
- « veille » institutionnelle et technique pour apprécier dans quel contexte global le projet va développer ses propres actions techniques ;
- étude de faisabilité technique et financière, avant-projet sommaire (ou APS) permettant d'estimer les coûts des travaux et de rechercher les financements ;
- faisabilité et montage des procédures de financement.

2 – CONCEPTION TECHNIQUE

Avant-projet détaillé (ou APD) contenant entre autres :

- les notes détaillées et bien argumentées de calcul de dimensionnement ;
- la recherche sur les matériaux et les procédures de réalisation locale ;
- les réflexions préalables sur les futures conditions de maintenance ;
- leurs impacts sur la conception même des installations techniques.

3 – PROJET D’EXECUTION

Documents de projet (ou projet d’exécution) permettant les appels d’offre et conduite de ces mises en concurrence :

- cahier des prescriptions techniques ;
- plans d’exécution ;
- bordereaux des prix ;
- procès verbal d’ouverture des plis ;
- dépouillement de l’appel d’offres et argumentation transparente du choix de l’adjudicataire ;
- contrôle et réception des travaux.

4 – APRES-PROJET

- Dévolution du projet ;
- Suivi, Entretien, Maintenance ;
- Evaluation après une certaine période de fonctionnement.

Partie 16

Recommandations

Facteurs à réunir pour favoriser la réussite du projet :

- l'existence d'un besoin important de la population en matière d'assainissement ;
- une expression de ce besoin par la population elle-même ;
- une sollicitation des institutions par la population pour répondre à ce besoin ;
- l'existence de projets antérieurs sur le quartier ou la préexistence de relations entre l'ONG et la population ;
- une sensibilisation en amont du projet ;
- une population dynamique et bien organisée (l'importance des chefs de quartier, des ASC ...)
- un esprit de quartier ou une cohésion sociale locale (la solidarité « ethnique » dans les villages traditionnels ...)
- l'implication des jeunes dès le début du programme ;
- la résolution des questions foncières ;
- l'existence préalable de GIE (la pré-collecte et les GIE-CETOM) ;
- la formation et la professionnalisation des GIE et des CLG ;
- un engagement municipal (subvention municipale mensuelle, fourniture de terrain pour les stations d'épuration) ;
- un travail partenarial, en synergie ;
- la création d'Activités Génératrices de Revenus (AGR) pour lesquelles les habitants ont un besoin et un intérêt réels ;
- une volonté politique locale et nationale ;
- la responsabilisation des acteurs face aux engagements pris ;

- la contractualisation des engagements ;
- le respect des engagements ;
- un retrait à la fois progressif et effectif de l'ONG ;
- la pérennité des réalisations (entretien des ouvrages, passage de relais entre les acteurs, maintien des GIE et des AGR...) ;
- s'adapter au contexte local et aux besoins nouveaux que peuvent faire naître des terrains étrangers.



Quartier de Tractrafric,
Douala II

CONCLUSION

Face aux coûts élevés des stations d'épuration dites classiques, ENDA a proposé un système avec des techniques extensives d'épuration des eaux usées, adapté au contexte local et capable d'apporter des solutions aux problèmes d'assainissement du pays.

L'efficacité du système proposé par ENDA est due en partie par l'appropriation que les communautés de base et les autorités institutionnelles en ont faite.

Il faut signaler qu'aucun ouvrage d'assainissement, quelque soit son niveau de performance, ne peut durablement fonctionner sans entretien.

Les populations et les officiels du secteur ont participé depuis l'élaboration jusqu'à la mise en place des mécanismes de pérennisation du système d'assainissement.

Ce système novateur de collecte et de traitement des eaux usées peut participer aux stratégies de développement par la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine.



Le quartier de Mambanda, Douala IV : eaux stagnantes autour des habitations



Le quartier de Mambanda, Douala IV : élevage de porcs « sur pilotis » au milieu des habitations, aggravant l'insalubrité générale.

ANNEXES

Montage des dossiers de crédit FOCAUP et collecte de la participation financière des bénéficiaires sur le compte

Les contrats de crédits assainissement sont signés, les réseaux sont opérationnels et les bénéficiaires connectés. Des séances d'initiation au mode d'utilisation et d'entretien des ouvrages sont effectuées au niveau des ménages bénéficiaires. L'accent est mis sur l'utilisation d'un tamis au niveau du vidoir pour éviter le passage de matières solides pouvant provoquer le bouchage.

Les bénéficiaires sont invités à verser leur contrepartie à chaque fin de mois comme stipulé dans le contrat d'assainissement.

Situation des contreparties versées par les bénéficiaires (au 31/12/2010)

PAYS	Villes	Montant contrepartie demandée au bénéficiaire	NB Bénéficiaires	Montant du crédit en Fcfa	Montant versé en Fcfa	Reliquat en Fcfa
Sénégal	Bignona	150 000 (soit 228 €)	115	17 250 000	420 000	16 830 000
	Dagana	150 000 (soit 266 €)	50	7 500 000	300 000	7 200 000
	Saint-Louis	175 000	69	12 075 000	214 500	11 860 500
	Rufisque	150 000	206	11 454 000	599 100	10 854 900
	Yoff	150 000	7	1 050 000	42 000	1 008 000
Burkina Faso	Nongr Massom	150 000	56	7 050 000	807 500	6 242 500
Cameroun	Douala, Edéa, Bertoua	165 000 (soit 251 €)	79	13 035 000	333 500	12 561 000
TOTAUX			447	69 414 000	2 857 100	66 556 900
Soit en euros				105 821	34 845	101 465

Le tableau ci-dessus présente la situation du FOCAUP. De ce fait nous pouvons noter les états de recouvrements différents selon les villes :

- A Bignona, pour suivre la forte demande, nous avons accepté les versements selon les disponibilités financières des demandeurs. Nous acceptons des versements à partir de 1000f au lieu d'attendre les 6 000f pour le démarrage des travaux.
- A Saint-Louis, 47 personnes ont versé l'avance de démarrage et pour les autres, comme à Bignona nous avons accepté des versements à partir de 1 000f
- A Rufisque outre les versements des nouveaux bénéficiaires au nombre de 71, nous avons procédé aux recouvrements pour les entretiens des ouvrages dans 135 concessions à raison de 2 000f. (s'agit il des ménages raccordés au réseau mis en place dans le cadre du projet avec Union Européenne)
- A Nongr Massom au Burkina Faso, la plupart des bénéficiaires versent mensuellement selon leur disponibilité financière.
- Au Cameroun en général, les versements sont enregistrés comme suit : 49 bénéficiaires continuent de verser mensuellement, 9 ont donné leur avance de démarrage et le reste versent en fonction de leur disponibilité financière.

Les causeries sur le crédit assainissement réalisées ont vu la participation des chefs et femmes de ménages qui ont voulu connaître les mécanismes d'octroi du crédit avant de pouvoir s'engager. Au cours des visites domiciliaires et des causeries avec outils Phast, nous avons expliqué :

Mobilisation de la contribution des collectivités locales

M. Gbaman suit le projet d'Enda depuis déjà 5 ans (ancien projet ONU Habitat jusqu'en 2008 puis projet MAEE/AESN à partir de 2009). Il a inscrit au budget 2011 de la CUD une ligne pour l'entretien du réseau à Tractafric (fonctionnel depuis 2008) et a suggéré à la CUD de répliquer le projet à plus grande échelle :

- Budget prévu à la CUD pour le curage des drains (eaux de pluie) en 2011 : à 524 millions de FCFA.
- Budget pour l'assainissement : 216 millions de FCFA.
- Budget de réfection des caniveaux : 93 millions FCFA.
- L'ensemble de ces dépenses sont sur les ressources propres de la CUD et le budget a été voté.

Ainsi, pour Tractafric, la CUD a prévu un budget en 2011 de 8,4 millions de FCFA pour rémunérer un prestataire de maintenance qui sera choisi dans le cadre d'une consultation restreinte. Le comité de gestion sera chargé d'alerter la CUD en cas de panne et le prestataire devra remédier à la panne dans les 48h sous peine de pénalités.

M. Gbaman est en train de rédiger un projet de contrat avec le prestataire et le soumettra pour avis à Enda. A noter que ce système ne tient pas compte des cotisations de 500 FCFA/mois/ménage prévues dans les contrats de branchement des ménages, et que ceux-ci devraient commencer à payer des remboursements de leur micro-crédit, c'est-à-dire au mieux dans 3 ans.

M. Yango a renouvelé sa disponibilité à accompagner le projet et à s'appropriier les enseignements qui en résultent, et a apporté quelques éléments de réponse :

- La communication auprès des habitants et des élus locaux est importante. Enda doit saisir les occasions qui se présentent pour parler de son projet, comme par exemple les Journées du Développement Durable en cours de préparation par la CUD.
- Sur le foncier, un consultant vient de terminer une étude sur les Plans d'Occupation des Sols. Le Plan Directeur d'Urbanisme étudie tout particulièrement Newbell (Douala IVII) car c'est une «bombe à retardement». Enda est invitée à suivre cette réflexion en cours.
- Le département de l'environnement pourrait assurer la synergie nécessaire sur les déchets solides via le projet ISDERA (projet de reconnaissance de l'activité des artisans recycleurs).
- Il estime à 500 millions de FCFA (762 000 euros) le budget assainissement disponible chaque année au niveau de la CUD et des communes d'arrondissement. Il est très favorable à ce que le projet soit à l'avenir porté par la CUD et que Enda fasse de l'accompagnement institutionnel.



2^{ème} station
d'épuration en
construction
à Tractafic
(Douala II).

MODALITES D'OCTROI DES CREDITS

Secteur d'intervention

Le programme FOCAUP s'adresse aux mutuelles d'épargne et de crédit faisant partie de l'UM-PAMECAS dans les zones d'intervention du FOCAUP.

Critère d'octroi

L'octroi du crédit se fait conformément aux politiques de crédit en vigueur dans la mutuelle d'épargne et de crédit, cependant, compte tenu des spécificités du programme, un certain nombre de dérogation a été prévu, il s'agit :

- Suppression de l'épargne obligatoire mensuelle ;
- Durée maximale du prêt fixé à 30 mois ;
- Apport minimal fixé à 12,5 % ;
- Accès au crédit qui devient immédiat.

Bénéficiaires

La garantie FOCAUP servira uniquement pour les prêts octroyés à des familles et non à des entreprises. Elles ne doivent pas avoir d'antécédents de crédits négatifs, elles ne doivent pas avoir d'autre crédit à la mutuelle ou dans une autre mutuelle ou institution financière et les crédits octroyés devront être utilisés exclusivement pour le renforcement de l'assainissement de leur concession.

Type de prêt

Le type de prêt qui pourra être garanti :

- prêts destinés à construire des ouvrages d'assainissement liquide fait par un bénéficiaire dans sa concession. Le système d'assainissement devra être branché sur le système d'assainissement existant (assainissement collectif ou autonome).

Les demandes de crédit seront référées à la mutuelle individuellement même dans le cadre d'un ouvrage collectif.

Le versement du crédit se fera directement à l'entreprise réalisatrice de l'ouvrage sur présentation du décompte final certifié par l'ONAS.

MODALITES DE LA GARANTIE

Emission de la garantie

Pour chaque prêt faisant l'objet de la garantie FOCAUP, le visa du Département Crédit et Contentieux devra être apposé sur le formulaire d'analyse de dossier complété par un agent de crédit de la mutuelle. L'apposition du visa FOCAUP – UMP-PAMECAS – ONAS signifie que la garantie est accordée aux conditions énumérées sur le formulaire de demande de crédit avec au préalable la délibération par l'ONAS d'un devis présentant la faisabilité technique et le coût de l'Ouvrage.

Taux maximal de compensation

Le montant de garantie correspond à 100% du solde en capital en sus des intérêts échus et de deux mois de pénalités.

CONDITIONS DE MISE EN JEU DU FONDS

Principe directeur

Le fonds de garantie FOCAUP est constitué pour permettre à la mutuelle d'épargne et de crédit de s'indemniser en cas de perte sur les crédits consentis. La gestion des crédits FOCAUP, devra être faite avec toute la rigueur qui sied à la gestion d'un classique. La mise en jeu du fonds intervient lorsque toutes les procédures de recouvrement de la politique de crédit en vigueur dans la mutuelle d'épargne et de crédit sont épuisées. Il ne doit toutefois pas s'écouler plus de 4 mois entre le dernier paiement en retard et la réclamation.

Modalités de décaissement du fonds

La mutuelle demandeuse du fonds doit d'abord épuiser toutes les procédures de recouvrement prévues à la politique de crédit en vigueur à la mutuelle. Compte tenu de l'inadéquation du droit des sûretés, au secteur de la micro finance, l'appel de fonds ne saurait être subordonnée à la réalisation préalable des garanties .

Elle doit ensuite introduire une demande écrite auprès du FOCAUP accompagné d'un dossier complet comportant:

- le dossier de prêt complet (analyse de la demande, correspondance, contrat de prêt, documents de garanties, action de recouvrement, etc.).
- Les raisons qui motivent la demande de décaissement ;
- Les informations sur le solde du crédit en question, incluant les intérêts en retard et les frais de recouvrement.

Pour que le FOCAUP procède au remboursement de la réclamation, tous les documents doivent lui être soumis.

RESPONSABILITES DE LA MUTUELLE D'EPARGNE ET DE CREDIT

Engagements de la mutuelle

La mutuelle s'oblige à fournir au FOCAUP :

- Un rapport semestriel sur les prêts garantis par le fond de garantie,
- La mutuelle s'engage à aviser le FOCAUP si le portefeuille du secteur concerné comporte un taux de délinquance élevé.
- La mutuelle s'engage en outre à assurer la réalisation du présent protocole en faisant l'octroi du crédit aux bénéficiaires désignés à l'article 2.3 du présent protocole et conformément à la politique de crédit en vigueur à la mutuelle.
- La mutuelle s'engage à faire le suivi et l'analyse du portefeuille de prêts ainsi que le recouvrement des prêts octroyés.
- La mutuelle s'engage à apporter aux crédits octroyés en vertu du programme même diligence qui est assurée aux crédits réguliers.

L'équipe du réseau de l'institution de microfinance aura pour responsabilités :

- De sensibiliser les bénéficiaires à l'utilisation des mutuelles pour la pratique de l'épargne et du crédit ;
- De mettre en place des produits de micro crédit, dont l'objet sont d'améliorer le cadre de vie de populations défavorisées ;
- D'assister les bénéficiaires de dossier d'assainissement pour une demande de crédit, de présenter les dossiers de

crédit appuyés par le FOCAUD au Comité de crédit de la mutuelle ;

- De veiller à l'efficacité des agents de crédit, afin d'assurer le succès du programme ;
- De sensibiliser de façon continue les partenaires institutionnels à la problématique de l'assainissement du milieu à travers la mutuelle ;

Enveloppe de prêts disponibles

Le FOCAUP devra avoir une enveloppe maximale déterminée et divulguée par écrit à l'UM-PAMECAS, celle-ci acceptera des dossiers jusqu'à concurrence du montant déterminé. Toute modification d'enveloppe devra être acceptée par les trois parties (FOCAUP, UM-PAMECAS et ONAS). L'enveloppe globale, qui sera dégagée par la mutuelle sera fonction de l'avance de fonds consentie par le FOCAUP.

En aucun cas elle ne pourrait dépasser, le quadruple des fonds avancés. En d'autres termes, le FOCAUP est tenu de dégager une avance de fonds de l'ordre de 25 %, de l'enveloppe arrêtée.

RESPONSABILITES DU COMITE FOCAUP

Gestion du fonds de garantie FOCAUP

Le FOCAUP s'engage de respecter ses engagements envers l'UM-PAMECAS et les mutuelles qui la composent.

Dans le cadre de la gestion du fonds de garantie FOCAUP, le comité FOCAUP aura pour responsabilités :

- D'indiquer à la mutuelle d'épargne et de crédit les bénéficiaires et les types de crédit acceptés par le fonds de garantie FOCAUP. Les débiteurs ouvriront des comptes au sein de la mutuelle d'épargne et de crédit et, après acceptation des dossiers présentés, pourront bénéficier de financement selon leurs demandes. Les relations entre l'emprunteur et la mutuelle d'épargne et de crédit se feront directement, sans intermédiaire, à titre de membre à part entière de la mutuelle.

- De préciser le volume global de crédit en fonction du Fonds de garantie FOCAUP et du ratio indiqué à l'article 3.2 du présent protocole soit de 100 %.
- D'autoriser le paiement des garanties émises dans le cas de créances douteuses conformément aux conditions de mise en jeu de fonds définies précédemment.

Financement du fonds de garantie FOCAUP

- En fonction du volume global de crédit déterminé, il devra y avoir une avance de fonds afin de financer les crédits octroyés. Ce montant devra être de 25% de l'enveloppe déterminée, c'est-à-dire le portefeuille ne pourra dépasser le quadruple de la mise de fonds du FOCAUP dans la mutuelle concernée.

RESPONSABILITES DE LA SOCIÉTÉ CONCESSIONNAIRE

Cette société, chargée de l'assainissement liquide en milieu urbain, s'engage à :

- Assurer la présidence du Focaup ;
- Fournir au comité Focaup, les informations permettant d'identifier les cibles et les programmes prioritaires en matière d'assainissement liquide en milieu urbain ;
- Fournir un devis de faisabilité technique et financier pour chaque demande de prêt ;
- Assurer à travers le Focaup le respect des engagements envers l'UM-PAMECAS et les Mutuelles qui la composent ;
- Veiller aux conditions de mise en jeu du fonds et de sa gestion.

