PN-ABM-415

PRIDE

Project in Development and the Environment

Evaluation des Petits Systèmes d'Epuration des Eaux Usées en Tunisie

Août 1992

Rapport présenté à:
L'USAID/Tunisie et le
Gouvernement de Tunisie

Préparé par:
Le Projet PRIDE
Contrat AID numéro:
ANE-0178-C-00-1046-00
Projet AID numéro:
398-0365

Agence contractante:
USAID/NE/DR/EENR
Contrat exécuté par:
Chemonics International
et associés

2000 M Street, NW, Suite 200, Washington, DC 20036
Telephone: (202) 331-1860 · Fax: (202) 331-1871

The objective of the Project in Development and the Environment (PRIDE) is to help the U.S. Agency for International Development (AID) design and implement programs that foster the agency's environmental and natural resources strategy for sustainable economic growth in the Near East and Eastern Europe.

PRIDE provides AID and participating countries with advisory assistance, training, and information services in four program areas: (1) strategic planning, (2) environmental policy analysis, (3) private sector and NGO institutional strengthening, and (4) environmental information, education, and communication.

The project is being implemented by a consortium selected through open competition in 1991. Chemonics International is the prime contractor; subcontractors include RCG/Hagler, Bailly, Inc.; Science Applications International Corporation; Capital Systems Group, Inc.; Environomics, Inc.; Industrial Economics, Inc.; Lincoln University; and Resource Management International, Inc. In addition, AID has entered into a cooperative agreement with the World Environment Center to support implementation of PRIDE.

The opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect the positions of the sponsoring agency or contractors.

Printed on recycled paper

PN-ABM-415

Evaluation des Petits Systèmes d'Epuration des Eaux Usées en Tunisie

PROJET PRIDE
Rapport technique No. 6

Bonneau H. Dickson, Jr., Rédacteur principal
Ahmad Gaber, Chef de mission

Août 1992

TABLE DES MATIERES

			Page
PREFACE			
SIGLES			i
RESUME ANALYTIQUE			iii
SECTION I		INTRODUCTION ET CADRE GENERAL	I-1
	A.	Description des tâches et but de la mission	I-1
	B.	Approche et méthodologie	I-2
	C.	Sources d'information	I-2
	D.	Caractères spécifiques des petites villes	I-2
	E.	Législation de l'environnement	I-3
SECTION II		IDENTIFICATION DU PROBLEME	II-1
	A.	Les dangers pour la santé humaine	II-1
	B.	Le tourisme	II-1
	C.	Réutilisation de l'eau	II-2
	D.	Capacités institutionnelles	II-2
	E.	Contraintes financières	II-2
SECTION III		LA STRATEGIE NATIONALE POUR L'EPURATION DES EAUX USEES	III-1
	A.	Les grandes villes	III-1
	B.	Les villes secondaires	III-2
	C.	Les petites villes	III-2
	D.	Zones sans égouts	III-3
SECTION IV		LES INSTITUTIONS	IV-1
	A.	L'ONAS	IV-1
	B.	La SONEDE	IV-3
	C.	Les autorités locales	IV-4
	D.	Autres agences	IV-4

TABLE DES MATIERES
(suite)

			Page
SECTION V		EVALUATION DES TECHNOLOGIES D'EPURATION DES EAUX USEES A PETITE ECHELLE	V-1
	A.	Critères de choix des technologies d'épuration des eaux usées à petite échelle	V-1
		A1. Le niveau de l'épuration	V-1
		A2. La fiabilité	V-2
		A3. La facilité de l'exploitation	V-2
		A4. Les besoins en terre	V-4
		A5. Les coûts	V-4
	B.	Aperçu des technologies appropriées	V-4
		B1. Les bassins de stabilisation	V-5
		B2. Les lagunes aérées	V-7
		B3. La boue activée	V-9
		B4. Les systèmes sur place	V-13
		B5. Egouts de petit calibre	V-14
		B6. Technologies moins appropriées pour l'épuration des eaux usées	V-16
	C.	Comparaison des trois alternatives de traitement secondaire	V-16
		C1. Considérations techniques et opérationnelles	V-16
		C2. Considérations économiques	V-19
		C2a. Dépenses d'investissement par personne	V-19
		C2b. Coûts d'exploitation par personne	V-22
		C3. Classement des technologies de traitement secondaire par ordre de priorité	V-26
SECTION VI		PROGRAMME D'EXECUTION	VI-1
	A.	Changements de conception	VI-1
	B.	Planification et conception technique	VI-2
		B1. Création d'une équipe de préparation de petits projets	VI-2
		B2. Volet de familiarisation	VI-3
		B2a. Diffusion de publications techniques	VI-3
		B2b. Visite à des sites	VI-4
		B3. Phase de planification	VI-4
		B3a. Etudes de cas	VI-4

TABLE DES MATIERES
(suite)

			Page
		B3b. Familiarisation avec le processus d'élaboration d'un projet	VI-5
		B3c. Planification supervisée	VI-5
		B4. Phase d'évaluation	VI-5
	C.	Calendrier et budget notionnels	VI-6
		C1. Publications techniques	VI-6
		C2. Visites sur les sites	VI-6
		C3. Phase de planification	VI-6
		C4. Phase d'évaluation	VI-7
		C5. Exécution à grande échelle	VI-7
	D.	Exploitation	VI-8
	E.	Priorités	VI-9
	F.	Financement	VI-9
SECTION VII		CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	VII-1
	A.	Conclusions	VII-1
	B.	Recommandations	VII-2
ANNEXE A		DESCRIPTION DES TACHES D'EVALUATION DES PETITS SYSTEMES D'EPURATION DES EAUX USEES	A-1
ANNEXE B		PERSONNES RENCONTREES ET SITES VISITES	B-1
ANNEXE C		RESUME DE L'ETUDE DE FACTIBILITE DE SOTINFOR/SERAH POUR "ASSAINISSEMENT 2001"	C-1
ANNEXE D		NORMES TUNISIENNES D'EVACUATION DES EFFLUENTS	D-1
ANNEXE E		LA FORMATION A L'ONAS	E-1
ANNEXE F		STATION D'EPURATION TYPE	F-1
ANNEXE G		RESUME D'AUTRES TECHNOLOGIES CONSIDEREES	G-1
ANNEXE H		PROGRAMME D'URGENCE DE L'ONAS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USEES	H-1
ANNEXE I		LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	I-1

PREFACE

La présente évaluation des technologies appropriées d'épuration des eaux usées dans les petites villes de Tunisie a été financée par l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (AID) par l'entremise du Projet de développement et de l'environnement (PRIDE). Le projet PRIDE est un projet financé au niveau central, qui fournit une assistance technique en matière de gestion de l'environnement et des ressources naturelles, au Bureau de l'AID pour le Proche-Orient (NE), aux missions de l'USAID, et aux institutions des pays hôtes. L'AID a commandé cette évaluation en réponse à une requête du Gouvernement de la Tunisie par l'entremise de son Ministère de l'environnement et de la planification physique nationale (MEPP). Nous tenons à souligner que la présente mission n'a pour objet que d'offrir une assistance technique et que le présent rapport ne représente aucune décision ni engagement de fonds de la part de l'AID, ou de tout autre bailleur de fonds concernant les coûts des programmes et projets examinés dans le rapport.

Le projet PRIDE est exécuté par un consortium avec Chemonics International pour chef de file et auquel se joignent RCG/Hagler & Bailly, Inc., Science Application International Corporation (SAIC), Capital Systems Group, Inc., Industrial Economics, Environomics, Inc., Resource Management International, Inc. et l'Université Lincoln.

Le Dr. Ahmad H. Gaber, spécialiste du génie chimique et biomédical, a été le chef de la mission d'évaluation. Le Dr. Gaber est professeur d'ingéniérie à l'Université du Caire et chef de mission adjoint du Projet de développement local II/provincial (LDII/P) en Egypte, financé par l'AID et exécuté par Chemonics International. Mr. Bonneau H. Dickson Jr., un ingénieur de l'assainissement qui possède plus de 30 ans d'expérience dans le traitement des eaux usées aux Etats-Unis, en Afrique, en Asie et dans le Proche-Orient, a participé à la mission avec le Dr. Gaber et est l'auteur principal du rapport. Mme Julie Bourns, administrateur du projet PRIDE a aussi participé à cette mission, en fournissant des services de traduction française et d'assistance à la recherche.

L'équipe du projet Pride est arrivée en Tunisie le 18 avril 1992 pour une mission de trois semaines. Elle a présenté ses observations et un rapport préliminaire aux représentants du MEPP et de l'USAID/Tunisie le 7 mai 1992. Au cours de sa mission, l'équipe a travaillé en étroite collaboration avec l'Office national de l'assainissement (ONAS). L'équipe a beaucoup apprécié l'appui continuel et la participation active de l'ONAS, qui a beaucoup contribué à l'efficacité de l'étude. L'équipe tient aussi à exprimer sa gratitude à James A. Graham, directeur de la mission de l'USAID en Tunisie, Fathi Kraiem de RHUDO/NENA et Hafid Lakhdar de l'USAID/Tunisie pour leur appui et leur contribution au travail de la mission.

L'équipe PRIDE tient à souligner que les estimations des coûts des technologies recommandées dans ce rapport ne sont données qu'à titre d'exemple; des estimations de coûts devront être élaborées pour chaque station d'épuration des eaux usées qui sera construite pour refléter avec précision les conditions physiques du sol et de l'eau particulières à chaque site.

SIGLES

AE	Aération étendue
CO	Chenal d'oxydation
DOB	Demande en oxygène biochimique
DOR	Dorsch (Allemagne)
DT	Dinar tunisien
ICN	Ing. Conseil Néerlandais
LA	Lagunes aérées
MEPP	Ministère de l'environnement et de la planification physique nationale
mg/l	Milligrammes par litre
NT	Normes Tunisiennes
ONAS	Office national de l'assainissement
PRIDE	Project in Development and the Environment
SC	Scandiaconsult (Sweden)
SONEDE	Société nationale pour l'exploitation des eaux

RESUME ANALYTIQUE

La mission PRIDE a réalisé cette étude en Tunisie, du 20 avril au 7 mai 1992, en collaboration étroite avec l'Office national de l'assainissement (ONAS). L'équipe de PRIDE avait pour mission première de conseiller l'ONAS sur les technologies d'épuration des eaux usées qui conviennent le mieux aux petites villes.

Il y a à l'heure actuelle en Tunisie 25 stations d'épuration des eaux usées en fonctionnement et 20 autres en voie de construction. Ces stations semblent être bien conçues, bien construites et fonctionnent correctement. Toutes ces stations ont été conçues par des consultants étrangers, et la plupart d'entre elles utilisent le procédé d'épuration par la boue activée, procédé qui est relativement complexe. Et comme ces stations desservent des populations importantes et/ou sont situées dans des zones développées, le procédé de la boue activée semble être la technologie qui convient.

Dans un proche avenir, les petites villes de 2.000 à 10.000 habitants auront besoin elles-aussi de stations d'épuration des eaux usées. A cause des densités de populations autorisées dans la planification des villes de Tunisie, et si chaque maison reçoit l'eau courante par des tuyaux, il faudra prévoir des systèmes d'égouts à écoulement (les systèmes d'élimination sur place ne sont pas réalisables). De nombreuses petites villes ont déjà construit des systèmes d'égouts qui déversent des eaux usées non traitées dans les lits de rivières sèches voisines (*wadis* ou *oueds*), ou dans des lagunes côtières.

Technologies appropriées pour le traitement des eaux usées

Les petites villes tunisiennes connaissent de sérieux problèmes de pollution de l'eau qui nécessiteront à l'avenir des dépenses substantielles pour le traitement des eaux usées. Et comme l'ONAS prépare un programme global de constructions de stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes, il faudra choisir les technologies qui offriront le service le plus économique pendant la durée de vie de chaque investissement.

Bien que les systèmes à boue activée conviennent aux grandes stations construites par le passé, dans les petites villes, il faudra des stations d'épuration moins compliquées et moins coûteuses. Les technologies d'épuration des eaux usées qui conviennent le mieux dans les petites villes sont les bassins de stabilisation là ou il y a de l'espace libre et les lagunes aérées lorsqu'il y a moins de terre disponible.

La table V-6, reprise ci-dessous, présente très approximativement le capital d'investissement et les frais d'exploitation de ces technologies et des systèmes à boue activée. Les coûts réels des stations d'épuration dépendent beaucoup de chaque site et les chiffres présentés dans la table V-6 ne sont donc qu'approximatifs.

Table V-6.
Coûts estimés par personne suggérés pour la planification préliminaire (Dollars EU par personne et par an)

	Bassins de stabilisation	Lagunes aérées	Boue activée
Capital d'investissement	50	75	125
Frais d'exploitation	1,00	2,00	4,00

Institutions

L'ONAS, qui a la charge des systèmes d'épuration des eaux usées en Tunisie, semble tout-à-fait capable de concevoir et de construire des stations d'épuration avec les technologies qui conviennent, à condition que son personnel se familiarise avec ces technologies et modifie sa philosophie de planification pour penser à petite échelle.

On recommande donc que l'ONAS constitue une équipe de planification de petits projets pour superviser la préparation et la construction des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes.

On recommande aussi d'établir un programme pilote pour donner une formation pratique à cette équipe de planification des petits projets. Ce programme pilote poursuivra les objectifs suivants: 1) développer au sein de l'ONAS une structure capable de planifier et de superviser le tracé des plans des stations d'épuration pour les petites villes, et 2) de prouver sa capacité en construisant plusieurs de ces stations dans des petites villes. Le programme pilote aura les volets suivants:

Phase de familiarisation. L'équipe se familiarise avec les technologies recommandées.

- Diffusion de publications techniques.
- Visites à des stations d'épuration avec bassins de stabilisation et lagunes aérées en Egypte, en Jordanie et aux Etats-Unis.

Phase de planification. L'équipe apprend par la pratique, sous la direction d'un ingénieur étranger expérimenté.

- Etudes de cas

- Familiarisation pratique avec la planification, la construction et l'exploitation d'une station d'épuration des eaux usées.

- Planification supervisée par chaque ingénieur de l'équipe, et construction des stations.

Avec l'assistance technique relativement limitée fournie par le programme pilote, tous les plans futurs de bassins de stabilisation et de lagunes aérées pourront être tracés dans le pays, sans l'aide de consultants étrangers.

On prévoit que l'ONAS ne fera que les plans préliminaires et supervisera la construction des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes. Des bureaux d'études tunisiens feront les plans détaillés et des entreprises tunisiennes seront chargées de la construction.

Il semble qu'aucune institution tunisienne ne soit chargée d'exploiter les stations de traitement des eaux usées dans les petites villes. L'ONAS, les municipalités ou la Société nationale pour l'exploitation des eaux (SONEDE) pourraient assurer cette fonction. La SONEDE semble être la mieux placée pour exploiter les stations parce qu'elle aura déjà le personnel nécessaire dans les petites villes où ces stations seront construites.

Exécution

L'exécution du programme pilote est examinée dans la section VI du présent rapport. On estime que le programme coûtera 119.000 de dollars EU pour une assistance technique qui s'étendrait sur neuf mois, y compris une évaluation après deux ans. De plus, il est à souhaiter qu'un montant d'environ 4 millions de dollars EU soit disponible vers la fin de la période initiale de neuf mois, de façon que les stations dont les plans sont préparés par l'équipe de planification des petits projets de l'ONAS avec la supervision prévue puissent être mis en chantier sans délais.

Après que l'ONAS ait acquis de l'expérience avec le cycle de projets inclus dans le programme pilote, il pourra entreprendre de nouveaux projets selon les financements disponibles.

Il est fortement recommandé que le programme pilote et les premiers groupes de projets n'utilisent que la technologie des bassins de stabilisation et des lagunes aérées. A mesure que l'ONAS aura acquis de l'expérience avec ces technologies, elles prendront le pas sur les technologies plus sophistiquées.

Législation

Les critères de décharge en vigueur selon la législation tunisienne sont peut-être plus stricts qu'il ne le faut en réalité. Cependant, un traitement secondaire est nécessaire pour éviter des ennuis et satisfera plus ou moins aux exigences de la législation actuelle. Les technologies des bassins de stabilisation et des lagunes aérées recommandées prévoient un

traitement secondaire. Pour cette raison, il n'est pas urgent de modifier la législation actuellement en vigueur.

SECTION I
INTRODUCTION ET CADRE GENERAL

A. Description des tâches et but de la mission

La mission a été entreprise en réponse à une requête du Ministère tunisien de l'environnement et de la planification physique nationale (MEPP) pour une assistance technique en vue d'évaluer les technologies d'épuration des eaux usées qui conviennent aux petites villes. La mission devait donc se concentrer sur la technologie et ne pas faire une évaluation du secteur de l'assainissement ou de la préparation du programme. Lorsque les missions ont des tâches plus étendues, il faut aussi s'occuper de nombreuses questions de politique et de stratégie telles que la législation, les institutions, les ressources humaines et l'acceptation par le public. En Tunisie, ces questions ont pour la plupart été résolues. La description des tâches, qui se trouve dans l'annexe A, a été conçue de façon que ces questions plus larges de politique et de stratégie soient prises en considération, mais la présente mission devait se concentrer sur les questions techniques. Par conséquent, le rapport s'adresse à des personnes qui ont des connaissances techniques concernant le traitement des eaux usées. Le problème traité peut donc être décrit de la manière suivante:

> En 1974, le Gouvernement de la Tunisie a créé l'ONAS en tant qu'agence technique principale pour s'occuper des questions des eaux usées dans le pays. Par la suite l'ONAS est devenue une grande organisation techniquement très compétente.
>
> La première priorité du travail avec les eaux usées a été de fournir des stations d'épuration dans les grandes villes et dans les régions importantes du point de vue touristique, qui sont cruciales pour l'économie du pays. Cette tâche a été largement accomplie par la construction de 25 stations d'épuration des eaux usées, conçues par des étrangers et relativement sophistiquées.
>
> Actuellement, on met l'accent sur l'implantation de stations d'épuration dans les villes secondaires. Vingt stations d'épuration sont en construction qui, elles aussi, reposent essentiellement sur une technologie étrangère relativement sophistiquée.
>
> Dans un proche avenir, le Gouvernement souhaite installer des stations d'épuration des eaux usées dans de nombreuses autres petites villes avec des populations comprises entre 2.000 et 10.000 habitants.
>
> L'équipe du projet PRIDE avait pour mission d'examiner s'il existait des technologies d'épuration des eaux usées plus simples, moins coûteuses et plus appropriées que celles qui sont utilisées aujourd'hui, et que l'on pourrait appliquer dans les petites villes.

B. Approche et méthodologie

Comme c'est l'ONAS qui a la charge de l'épuration des eaux usées en Tunisie, la collaboration de l'équipe du projet PRIDE avec le Gouvernement de la Tunisie s'est surtout faite avec cet organisme. Travailler avec l'ONAS a été la clé du travail sur le terrain parce que cet organisme constitue la meilleure source d'information sur le traitement des eaux usées en Tunisie et parce qu'il sera appelé sans aucun doute à exécuter les recommandations du présent rapport.

Au cours des discussions tenues avec l'ONAS, un éventail aussi large que possible de technologies et autres sujets concernant le traitement des eaux usées a été exploré, tout en sachant qu'un certain nombre d'entre elles ne convenaient probablement pas à des petites villes, et ceci pour assurer qu'aucune technologie potentiellement viable n'ait été oubliée et pour évaluer dans quelle mesure l'ONAS était réceptif à des approches alternatives. Ainsi, bien que de nombreuses technologies aient été examinées, le présent rapport se concentre sur celles qui semblent convenir le mieux aux petites villes de Tunisie.

Au cours de ce travail, le personnel de l'ONAS s'est révélé comme étant techniquement compétent, intéressé, énergique et extrêmement coopératif. La mission PRIDE remercie l'ONAS pour l'aide constructive que lui a accordée son personnel à tous les niveaux.

C. Sources d'information

L'équipe du projet PRIDE a puisé à trois types de sources pour recueillir des informations sur la nature et l'étendue des problèmes posés par le traitement des eaux usées et des questions annexes, à savoir: une revue de la littérature existante concernant la gestion des ressources en eau et le traitement des eaux usées, publiée par des agences du gouvernement tunisien, des bailleurs de fonds multinationaux et des bureaux d'études privés; des visites à des stations d'épuration d'eaux usées, et dans des villes ayant ou n'ayant pas de système d'égouts; enfin, des discussions avec des représentants du gouvernement tunisien à Tunis et dans un certain nombre de gouvernats et de municipalités. Une liste des personnes rencontrées et des sites visités se trouve en annexe B.

La mission PRIDE a pu trouver des informations étendues sur la situation des eaux usées dans les petites villes de Tunisie dans une étude financée par la Banque mondiale qui est en train d'être publiée (SOTINFOR/SERAH, 1992). Un résumé du travail de la SOTINFOR/SERAH est présenté dans l'annexe C.

D. Caractères spécifiques des petites villes

L'étude de la SOTINFOR/SERAH s'occupe des villes de Tunisie dont la population est égale ou dépasse les 2.000 habitants (en utilisant des chiffres de 1990), et qui ont besoin de services d'épuration des eaux usées; l'étude couvre ainsi 199 petites villes. Parmi celles-ci, 119 avec une population de 2.000 à 10.000 habitants sont sur la liste de l'équipe PRIDE. La moitié de ces villes n'ont pas de réseau d'égouts et n'ont donc pas encore besoin de

stations d'épuration d'eaux usées. Aucune de ces villes ne possède de station d'épuration, ce qui signifie que les petites villes dotées d'un système d'égouts éliminent des eaux non traitées.

Toutes les villes tunisiennes doivent préparer et appliquer des plans municipaux; il en résulte que les villes suivent des plans assez uniformes à travers le pays. Si chaque maison reçoit l'eau courante par des tuyaux, par suite de la forte densité des villes tunisiennes on devra installer des systèmes d'égouts à écoulement (c'est-à-dire que la densité de ces populations est trop élevée pour installer des systèmes d'élimination sur place qui soient efficaces). De plus, ces villes ont été planifiées avec des rues suffisamment larges et on peut construire assez facilement des égouts conventionnels par gravité.

Une autre caractéristique que l'on a pu noter dans les villes visitées était la préférence culturelle pour les sites sur des collines. Dans certains cas il n'y avait que des collines, mais parfois les collines avaient apparemment été choisies pour éviter d'empiéter sur des terres à haute valeur agricole dans les zones plates. La conséquence pratique de cette préférence pour les collines est que les villes ont assez de pentes pour que les égouts n'aient pas besoin d'être profonds. De plus, la construction des égouts conventionnels par gravité est assez peu coûteuse.

E. Législation de l'environnement

Parmi les *normes tunisiennes* (NT) sur la protection de l'environnement, deux concernent le traitement des eaux usées. La NT 106.002 régit l'élimination des effluents dans les voies d'eau publiques, et la NT 106.03 régit l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation. Les normes exigent que la demande en oxygène biochimique (DOB), la teneur en solides en suspension, et en matières chimiques et organiques soient inférieures à un certain niveau avant que les eaux usées ne soient évacuées dans la mer, les lits des cours d'eau ou les égouts publics. Les normes fixent aussi des niveaux de DOB et de solides en suspension pour les eaux épurées qui seront utilisées à des fins agricoles. Un résumé des exigences les plus importantes de ces deux lois se trouve dans l'annexe D.

Les critères d'évacuation prescrits par la législation tunisienne sont assez proches de ceux que l'on utilise aux Etats-Unis. Ces critères sont peut-être plus stricts qu'il ne le faut pour les conditions de la Tunisie, mais un traitement secondaire permet généralement de s'y conformer. Le traitement des eaux usées à un niveau secondaire est nécessaire pour éviter des ennuis tels des odeurs ou des insectes, et les technologies recommandées dans ce rapport—les bassins de stabilisation et les lagunes aérées—peuvent fournir un traitement secondaire. Il ne semble donc pas qu'il y ait un besoin pressant de modifier la législation pour le moment.

SECTION II
IDENTIFICATION DU PROBLEME

Comme on l'a noté dans la section I, le présent rapport se concentre sur le sujet précis des technologies d'épuration des eaux usées qui conviennent aux petites villes. Cependant, pour être sûr de couvrir l'ensemble du problème, cette section examine brièvement certains sujets plus généraux qui ont trait au traitement des eaux usées.

A. Les dangers pour la santé humaine

L'influence d'un traitement et d'une évacuation incorrectes des eaux d'égouts sur la santé humaine est bien connue. En Tunisie, les conditions suivantes peuvent provoquer des épidémies:

- Une densité de population relativement élevée dans les villes.
- L'élimination des eaux grises dans les rues de villes qui n'ont pas de système d'égouts.
- L'élimination des eaux d'égouts non épurées dans des lits de cours d'eau secs près des villes.
- L'utilisation d'eaux usées mal traitées ou non désinfectées pour l'irrigation, spécialement là où des petits agriculteurs peuvent arroser clandestinement des cultures vivrières.

Les fonctionnaires du Ministère de la santé ont affirmé que, bien que le nombre global de cas de typhoïde en Tunisie n'a pas changé depuis 1975, il y a eu des épidémies locales à El Hamma (Gabès), Sbitla (Kasserine) et Fernana (Jendouba). Le ministère a noté qu'il serait possible d'établir une corrélation entre la typhoïde et la quantité d'eaux usées utilisée pour arroser des cultures qui se mangent crues, comme les légumes et les fruits. Mais cependant, aucune relation causale directe n'a été établie.

Bien qu'à ce jour les maladies provenant de l'eau n'aient pas posé de risque sanitaire sérieux en Tunisie, les fonctionnaires locaux craignent que de sérieux problèmes puissent surgir dans un proche avenir par suite de l'augmentation de la population et des quantités d'eaux usées.

B. Le tourisme

Le secteur du tourisme revêt une importance extrême dans l'économie de la Tunisie. Le traitement et l'élimination des eaux usées sont importants pour l'industrie touristique, à la fois à cause de la dégradation esthétique due aux eaux usées et des dangers potentiels pour la santé. Une épidémie liée à l'eau dans une zone touristique pourrait être désastreuse pour l'économie tunisienne.

C. Réutilisation de l'eau

La Tunisie est un pays aride où l'eau a une importance particulière. Si elles sont correctement traitées, les eaux usées peuvent être utilisées pour l'irrigation. On estime qu'environ 20 pour-cent des eaux usées traitées de Tunisie sont utilisées pour l'irrigation, essentiellement pour les cultures à fibres (le coton), les cultures fruitières et les fourrages. Dans d'autres régions de la zone méditerranéenne ce pourcentage est bien plus élevé et le Gouvernement de la Tunisie souhaite pouvoir accroître cette proportion.

Une possibilité intéressante serait que des paysans locaux fassent l'entretien des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes, pour pouvoir en retour utiliser les eaux traitées pour l'irrigation. De telles dispositions réduiraient de beaucoup la charge du gouvernement dans l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes.

D. Capacités institutionnelles

Les institutions gouvernementales chargées de la conception, de la planification, de la construction et de l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées sont bien développées en Tunisie. En général, les institutions existantes semblent capables d'exécuter tout programme visant à implanter des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes, bien qu'il faudra en déplacer le centre de gravité et remédier à certains vides notés dans le programme. Une analyse institutionnelle est présentée dans la section IV.

E. Contraintes financières

L'élaboration d'un plan financier pour l'implantation de stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes de Tunisie était au delà des termes du mandat de la présente mission. Cependant, à la fin de la section VI, une approche est proposée qui permettra à l'ONAS de poursuivre un programme par étapes, au fur et à mesure que les financements deviendront disponibles.

SECTION III
LA STRATEGIE NATIONALE POUR L'EPURATION DES EAUX USEES

Le secteur de l'épuration des eaux usées de la Tunisie a passé par trois étapes. Pendant la première étape, qui est presque achevée, l'ONAS a été créé pour gérer les activités d'épuration des eaux usées et des stations d'épuration ont été construites dans les grandes villes et dans les régions les plus importantes du point de vue touristique. Dans la seconde étape, actuellement en cours, des stations d'épuration des eaux usées sont construites dans les villes secondaires. Pendant la troisième étape, qui devrait commencer bientôt, on construira des stations d'épuration usées dans les petites villes de Tunisie.

Les systèmes de collecte des déchets (à distinguer des systèmes d'épuration) ont toujours été sous la responsabilité des municipalités. Le nombre des villes qui ont construit des systèmes de collecte des déchets a augmenté régulièrement au cours des années, créant ainsi un accroissement correspondant du besoin pour des stations d'épuration des eaux usées.

La présente section examine l'évolution de la stratégie nationale d'épuration des eaux usées en Tunisie, et en particulier de son influence sur le programme d'implantation de stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes.

A. Les grandes villes

Comme la logique le voulait, l'ONAS a commencé à construire des stations d'épuration des eaux usées dans les grandes villes de Tunisie où les problèmes étaient les plus pressants et dans des zones particulièrement importantes pour le secteur du tourisme. Protéger la qualité de l'environnement dans les zones touristiques est un des objectifs les plus importants du développement économique national de la Tunisie.

Comme on l'a vu plus tôt, 25 stations d'épuration des eaux usées ont été construites pour servir les grandes villes et les zones touristiques les plus importantes. Des données sur le fonctionnement de certaines de ces stations d'épuration des eaux usées, qui ont été construites pendant cette phase et qui fonctionnent déjà, sont présentées dans la table V-4.

Pendant la première phase, un cadre organisationnel et institutionnel a été mis en place pour le secteur de l'épuration des eaux usées, et qui comprenait entre autres:

- La création, en 1974, de l'ONAS en tant qu'agence nationale chargée du secteur de l'épuration des eaux usées.

- L'établissement d'un cadre légal pour la lutte contre la pollution de l'eau en Tunisie, avec la loi NT 106.002 (1989).

- L'élaboration, en 1989, d'une stratégie nationale pour l'élimination des déchets.

- La mise sur pied de programmes de formation du personnel au sein de l'ONAS pour former des opérateurs et des techniciens.

La première phase, qui comprenait la construction de stations d'épuration des eaux usées dans les grandes villes et dans des lieux touristiques importants, est maintenant largement achevée. Toutefois, les stations exigent une rénovation, des modifications et des agrandissements continuels, ce qui fait que l'activité se poursuit dans les grandes villes.

B. Les villes secondaires

L'activité concernant le traitement des eaux usées en Tunisie se concentre actuellement sur les villes secondaires. Des informations concernant les plans et les coûts des stations d'épuration qui sont en train d'être construites sont présentées dans la table V-3.

Des consultants étrangers ont fait les plans de toutes les stations d'épuration des eaux usées pour les grandes villes et les villes secondaires. La plupart utilisent sous une forme ou sous une autre le procédé de la boue activée, qui implique un usage intensif d'installations et d'équipement. Au cours de la seconde phase, l'ONAS a commencé à préparer le terrain pour employer des procédés d'épuration qui reposent moins sur des ouvrages en béton et de l'équipement, tels que les bassins de stabilisation et les lagunes aérées, et pour faire préparer les plans des stations d'épuration des eaux usées par des consultants tunisiens. Dans le cadre de cet effort, le personnel de l'ONAS a élaboré deux projets pilotes avec l'aide d'un professeur venu d'Allemagne.

C. Les petites villes

La stratégie d'épuration des eaux usées pour les petites villes de Tunisie est profondément marquée par l'influence des autres politiques et objectifs. Par exemple, la Société nationale pour l'exploitation des eaux (SONEDE), qui est l'organisme national chargé de l'approvisionnement en eau potable, s'est fixé comme objectif de fournir l'eau courante à chaque maison dans toutes les villes ayant une population égale ou supérieure à 2.000 habitants, en l'an 2001.

Ensuite, chaque ville en Tunisie doit avoir un plan de développement. Les densités de population autorisées dans ces plans sont telles qu'il est techniquement impossible d'avoir sur place des systèmes d'épuration et d'élimination des eaux usées si chaque maison reçoit l'eau courante par un système de tuyaux. Il sera donc nécessaire d'installer des réseaux d'égouts à écoulement.

Enfin, le public et les institutions sont en faveur de systèmes d'égouts à écoulement. La stratégie sanitaire nationale adoptée en 1989 prévoit que les villes auront des systèmes d'égouts à écoulement, et que les autorités locales construiront des réseaux d'égouts pour résoudre leurs problèmes d'assainissement. Le public semble s'attendre à ce que des systèmes d'égouts à écoulement soient finalement installés dans les villes. Pratiquement chaque maison a une toilette avec chasse d'eau, même s'il n'y a pas encore d'égouts pour l'évacuation de cette eau.

La planification préliminaire des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes se trouve dans le rapport de la SOTINFOR/SERAH qui a été achevé vers la mi-1992. L'étape logique suivante consistera à construire des stations d'épuration des eaux usées dans plusieurs petites villes, pour que les premiers projets servent de test et de matière de formation pour des projets futurs.

D. Zones sans égouts

Dans les zones rurales à faible densité de population, les égouts sont très onéreux et les systèmes d'élimination sur place sont plus économiques. Cependant, même certaines zones urbaines ont des quartiers sans égouts et les résidents utilisent des systèmes d'élimination sur place.

Il semble qu'aucune agence gouvernementale n'ait la responsabilité de superviser la construction de systèmes d'élimination sur place des eaux usées. Les agences sanitaires locales fournissent une éducation sanitaire et les autorités locales peuvent offrir certains conseils lorsque des zones sans égouts tombent dans leur juridiction. Cependant, aucun de ces organismes gouvernementaux ne dispose d'un personnel technique solidement étoffé.

Bien que l'ONAS n'ait aucune responsabilité directe dans la construction ou l'entretien des systèmes d'élimination sur place, il serait souhaitable que l'ONAS donne des conseils techniques en la matière à cause de son excellente capacité technique.

SECTION IV
LES INSTITUTIONS

La présente section décrit les institutions tunisiennes qui sont impliquées dans le secteur de l'épuration des eaux usées ou qui peuvent l'influencer. En général, les dispositions institutionnelles pour ce secteur semblent logiques et efficaces, et il ne semble pas qu'il soit nécessaire d'introduire des réformes institutionnelles majeures. L'ONAS, qui est l'agence technique responsable des eaux usées est dotée d'un personnel technique et opérationnel compétent. Cependant, on a pu noter certains petits écarts dans la couverture institutionnelle, et les moyens d'y remédier sont suggérés ci-dessous.

A. L'ONAS

Selon la stratégie sanitaire nationale de 1989, l'ONAS est responsable de toutes les questions techniques concernant les égouts sanitaires. Cette responsabilité se reflète dans la déclaration de la mission de l'ONAS, qui se trouve dans l'annexe E. L'annexe contient aussi l'organigramme et les informations sur la formation de son personnel. Bien que d'autres institutions soient marginalement impliquées dans des activités ou des sujets concernant le traitement des eaux usées, l'ONAS est la seule agence responsable des questions techniques concernant ce traitement. L'ONAS a assumé la charge de superviser le tracé des plans et la construction de toutes les stations d'épuration des eaux usées et de faire fonctionner et d'entretenir ces stations dans les villes dont la population dépasse 20.000 habitants.

Le personnel de l'ONAS est passé de 174 personnes en août 1984, lorsque l'organisation a été créée à 2.065 aujourd'hui. Comme on l'a vu dans la section III, l'ONAS s'est tout d'abord occupé des égouts dans les grandes villes et les zones touristiques. A l'heure actuelle il se concentre sur les villes secondaires, et dans un proche avenir il s'occupera des petites villes.

L'ONAS a acquis un personnel technique compétent et bien formé. A l'heure actuelle, ce personnel fait fonctionner 25 stations d'épuration d'eau usées dans les grandes villes et sera bientôt responsable de 20 stations supplémentaires qui sont en construction dans des villes secondaires. Pour l'exploitation, l'ONAS est divisé en cinq régions, avec dans chacune un grand atelier central d'entretien bien équipé avec des outils et des instruments de réparation. Presque toutes les réparations pour l'équipement des stations d'épuration peuvent se faire dans ces ateliers.

Dans le passé l'ONAS avait confié le travail de préparation des plans des stations d'épuration des eaux usées à des firmes d'ingénieries étrangères. Cependant, plus récemment, l'ONAS a fait elle-même les plans de deux stations pilotes avec une assistance étrangère limitée fournie par un professeur allemand. Les plans de ces deux stations pilotes sont présentés dans l'annexe F. Ces stations, qui sont en voie d'être construites, utilisent

l'une un système combiné de boue activée—lagune aérée et l'autre une technologie de boue activée—aération étendue.

En général les dispositions institutionnelles concernant le traitement des eaux usées en Tunisie couvrent bien l'ensemble de la question; cependant on a pu noter les défauts suivants dans la couverture institutionnelle:

- La capacité de l'ONAS de faire des plans préliminaires et d'administrer des stations d'épuration d'eaux usées planifiées par des firmes tunisiennes n'est pas encore pleinement développée.

- L'ONAS s'est surtout occupée de stations d'épuration d'eaux usées plus grandes et plus complexes; son expérience avec des systèmes plus petits et moins compliqués est plus limitée.

- Les dispositions n'ont pas encore été prises pour faire fonctionner et entretenir les stations d'épuration d'eaux usées dans des villes dont la population est comprise entre 2.000 et 10.000 habitants.

- Les autorités locales sont chargées du tracé des plans et de la construction des égouts dans les villes, et la qualité des plans et de la construction laisse parfois à désirer.

- Il semble y avoir peu d'information technique et d'appui pour les systèmes d'élimination sur place.

Ces défauts sont examinés ci-dessous:

Préparation des plans dans le pays. La Tunisie semble avoir des capacités techniques suffisantes pour préparer les plans détaillée de bassins de stabilisation et de lagunes aérées pratiquement sans l'aide d'une société d'ingénieries étrangère. Un programme présenté dans la section VI et visant à exploiter cette capacité propose de créer une équipe de préparation de petits projets au sein de l'ONAS. Cette équipe préparera des plans préliminaires pour des stations avec bassins de stabilisation ou lagunes aérées pour des petites villes, puis supervisera le travail de préparation des plans détaillés qui sera exécuté par des bureaux d'études tunisiens.

Attention portée aux grands systèmes. A ce jour, l'ONAS s'est penché sur des technologies d'épuration des eaux usées sophistiquées, telles que la boue activée et les systèmes de lagunes aérées. Bien que ces technologies semblent convenir là où elles ont été appliquées, elles sont trop complexes et trop coûteuses dans les petites villes. L'ONAS devra réorienter son approche vers des technologies de plus petite échelle et plus simples. L'approche à la planification d'une organisation est un sujet délicat et sensible qu'il est souvent plus difficile de modifier qu'on ne le pense. Le programme pour la création et la formation d'une équipe de préparation de petits projets, proposé dans la section VI, devrait

aider l'ONAS à appliquer une approche de petits projets dans la préparation de plans de stations d'épuration pour les petites villes.

Exploitation des stations dans les petites villes. Bien que l'ONAS assure l'exploitation des grandes stations d'épuration des eaux usées, il n'a pas de personnel et pourrait ne pas être en mesure d'engager du personnel dans les petites villes, par suite des restrictions budgétaires actuelles au sein du gouvernement. De plus, la mise en place d'un personnel distinct pour assurer l'exploitation des stations d'épuration dans les petites villes desservies par des bassins de stabilisation et des lagunes aérées, peut être moins économique que d'autres arrangements institutionnels.

Préparation des plans et construction d'égouts. La mission du projet PRIDE a entendu à l'occasion que la qualité des plans et de la construction des égouts dans les petites villes laissait parfois à désirer. Peu d'exemples concrets ont été cités, et l'étude de ce problème était au delà des termes du mandat de la mission. Comme ce sont les autorités locales qui ont la charge de préparer les plans et de construire les égouts, l'ONAS n'a pratiquement aucun contrôle direct sur ces fonctions. Cependant, la performance de ses stations d'épuration peut être affectée si les égouts sont de mauvaise qualité et si de l'eau venant du sol ou du sable pénètrent dans le réseau et atteignent les stations. La section VI du présent rapport suggère comment l'ONAS pourrait intervenir dans ce domaine en fournissant des informations techniques, mais sans être directement impliqué dans le tracé des plans et la construction de ces égouts.

Systèmes d'élimination sur place. L'ONAS n'est pas responsable pour ces systèmes, qui sont utilisés dans des zones non desservies par des égouts à écoulement. Cependant, les autres institutions qui sont responsables dans ce domaine ont des capacités techniques très limitées pour s'occuper des aspects techniques des systèmes d'élimination sur place. Comme un grand nombre de ces systèmes seront par la suite reliés à un réseau d'égouts menant à une station d'épuration des eaux usées dont les plans auront été préparés par l'ONAS, il serait sage que l'ONAS fasse tout ce qu'il peut pour améliorer les plans de ces systèmes sur place. Dans la section VI, des suggestions sont faites sur la manière dont l'ONAS pourrait fournir des informations techniques aux autres organismes qui s'occupent des systèmes d'élimination sur place.

B. La SONEDE

La Société nationale pour l'exploitation des eaux (SONEDE) est l'agence gouvernementale tunisienne chargée de l'approvisionnement en eau potable. Comme on l'a vu ailleurs, la SONEDE a adopté une politique selon laquelle elle fournira de l'eau courante à chaque maison dans les villes de 2.000 habitants et plus. Il faudra alors des systèmes d'égouts pour recueillir les eaux usées provenant de ces maisons.

La SONEDE possède deux éléments qui seront particulièrement utiles pour fournir des services concernant le traitement des eaux usées dans les petites villes: le personnel technique et un système de collecte de revenus.

Personnel pour l'exploitation. La SONEDE a du personnel technique dans chaque petite ville pour faire fonctionner les stations d'approvisionnement en eau. Comme les autorités locales ne s'occupent généralement pas d'activités techniques, on pourra faire appel au personnel de la SONEDE pour l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées dans ces villes. Cette possibilité est examinée dans la section VI.

Département de la facturation. La SONEDE fait payer les consommateurs pour l'eau potable qu'elle fournit. Des fonds supplémentaires seront nécessaires pour l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées. Le moyen le plus pratique de recueillir ces fonds sera d'ajouter un supplément à la facture de l'eau.

C. Les autorités locales

Les autorités locales des petites villes ont des ressources très limitées et peu de capacités techniques. Elles sont chargées de la construction et du fonctionnement des égouts, mais, comme on l'a déjà vu, leur travail laisse parfois à désirer. Et bien que les autorités locales soient chargées d'exploiter les stations d'épuration des eaux usées, elles n'ont pas nécessairement le personnel voulu.

D. Autres agences

Bien que l'ONAS et la SONEDE soient les agences principales dans les secteurs de l'approvisionnement en eau et du traitement des eaux usées, plusieurs autres agences sont impliquées dans des activités qui affectent le secteur des eaux usées. Certaines de ces agences sont passées en revue ci-dessous.

Le Ministère de la santé. L'aspect le plus important des secteurs de l'approvisionnement en eau et des eaux usées est leur contribution potentielle à la protection de la santé publique. Ce potentiel ne peut être totalement exploité que si le public reçoit une éducation concernant l'influence de la gestion de l'eau et des eaux usées sur la santé. Les postes de santé locaux constituent un moyen essentiel pour la diffusion des informations concernant les aspects de l'utilisation de l'eau et du traitement des eaux usées liés à la santé.

Les postes de santé locaux peuvent aussi être la principale source d'information du public pour la construction et l'utilisation appropriées de systèmes d'épuration et d'élimination sur place des eaux usées, bien que les agences de santé n'ont vraisemblablement pas de grandes capacités techniques. On suggère que l'ONAS aide les agences de santé locales en fournissant des informations sur les aspect techniques des systèmes d'élimination sur place, comme des brochures techniques simples que les postes de santé pourraient distribuer.

Le Ministère de l'agriculture. Le Ministère de l'agriculture est très intéressé à encourager l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, et il a publié des critères d'utilisation (voir annexe D). L'ONAS et toute autre agence qui serait chargée de l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées dont les effluents sont ou pourraient être utilisés pour l'irrigation, doivent être conscients du rôle et des exigences du ministère.

L'ONAS devra aussi aider le ministère à veiller à ce que les paysans locaux utilisent les effluents sans danger.

Les écoles. Les écoles constituent un autre moyen d'éduquer le public sur les aspects sanitaires de l'utilisation de l'eau et des eaux usées et sur l'exploitation correcte des réseaux d'égouts. Par exemple, s'il y a trop d'eau venant du sol ou de sable dans les égouts, à cause de la mauvaise qualité de l'égout ou d'un branchement illégal, le personnel chargé de l'exploitation à la station d'épuration pourrait faire la classe dans les écoles pour enseigner les effets néfastes de ces agissements. Les élèves recevraient aussi des fiches informatives pour ramener à la maison et éduquer leurs familles.

L'industrie. Les industries qui utilisent les égouts peuvent aussi avoir une influence néfaste sur l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées si elles éliminent des substances toxiques ou qui gênent le fonctionnement du système de collecte, ou de la station d'épuration ou encore la réutilisation des effluents traités. Il sera nécessaire de coordonner les actions avec les industries reliées au réseau d'égouts, de prélever des échantillons et d'analyser leurs effluents. Les industries qui utilisent une partie importante de la capacité des stations d'épuration devraient payer pour ce service ou pour les expansions qui seront nécessaires pour les servir.

SECTION V
EVALUATION DES TECHNOLOGIES D'EPURATION DES EAUX USEES A PETITE ECHELLE

La présente section propose plusieurs critères qui devront être pris en considération lors du choix des technologies d'épuration des eaux usées pour les petits systèmes. Elle identifie et examine les technologies qui semblent convenir le mieux aux petites villes de Tunisie et compare les technologies alternatives d'épuration secondaire.

A. Critères de choix des technologies d'épuration des eaux usées à petite échelle

Les stations d'épuration des eaux usées sont complexes, et ceci de plusieurs manières. Premièrement, les structures physiques et l'équipement lui-même sont complexes. Deuxièmement, les procédés d'épuration sont biologiques et ils ne fonctionnent pas toujours comme on s'y attendrait. Enfin, une station d'épuration des eaux usées est affectée de façon spectaculaire par les actions des nombreuses personnes qui participent à la planification, au tracé des plans, à la construction, au fonctionnement et à l'exploitation du système. A cause de ces complexités, il faut considérer un certain nombre de facteurs lors du choix de la technologie d'épuration la plus appropriée.

Les critères de choix d'une technologie d'épuration peuvent être répartis selon deux catégories, ceux qui régissent la performance et ceux qui déterminent le coût. Les trois premiers critères—le niveau de l'épuration, la fiabilité et l'exploitation—concernent les caractéristiques de la performance. Les critères qui régissent les coûts concernent la terre, le capital et les frais d'exploitation. Un certain nombre d'autres critères, tels que l'utilisation de l'énergie et la compatibilité pour une utilisation ultérieure des eaux épurées entrent aussi dans la comparaison des diverses alternatives et sont examinées dans l'aperçu général des technologies appropriées.

A1. Le niveau de l'épuration

En venant choisir une technologie d'épuration des eaux usées, il faut considérer le niveau auquel les eaux usées doivent être traitées. D'habitude, le traitement primaire seul (la sédimentation) n'est pas suffisant. L'effluent primaire est malodorant, devient rapidement septique (spécialement dans les pays chauds) et contient une forte concentration de germes pathogènes. De plus, la sédimentation produit une boue non traitée dans un courant latéral. Cette boue primaire est aussi malodorante et exige un traitement ultérieur, qui est généralement complexe et coûteux. Le procédé préféré pour le traitement de la boue primaire est d'habitude la digestion anaérobie. La mission du projet PRIDE a visité deux stations d'épuration en Tunisie qui ont des stations séparées d'épuration primaire et de digestion anaérobie. Dans les deux cas, il s'est avéré que le fonctionnement des digesteurs était à la fois difficile et onéreux, et aucun ne fonctionnait lors de la visite de la mission.

Pour des stations plus petites, il est d'habitude plus efficace et plus économique d'utiliser un procédé d'épuration secondaire (biologique) avec une durée de rétention relativement longue, sans traitement primaire séparé, plutôt que de fournir un système qui comprend des procédés d'épuration primaires et secondaires séparés. La durée prolongée de la rétention permet d'obtenir une boue qui est relativement stable et inoffensive. Aux Etats-Unis, en première approximation, les ingénieurs offrent rarement des stations séparées si le débit est inférieur à 4.000 mètres cube par jour. Et comme les villes en question dans ce projet ont des populations inférieures à 10.000 habitants et que le débit sera inférieur à 1.000 m^3/jour, en Tunisie, il ne faudrait sans doute pas utiliser des stations d'épuration primaire séparées.

Une étude des stations d'épuration des eaux usées existantes en Tunisie, ainsi que de celles qui sont en train d'être construites, révèle que peu d'entre elles ont des stations d'épuration primaire séparées. Cela montre que les ingénieurs européens qui ont travaillé en Tunisie sont d'accord que les stations d'épuration primaire séparées ne constituent pas un bon choix.

La législation qui régit l'élimination des eaux usées en Tunisie (voir annexe D) exigent que la DOB et les matières solides en suspension n'excèdent pas 30 milligrammes par litre. On ne peut atteindre ces concentrations qu'à l'aide d'un traitement secondaire voire d'un degré plus élevé.

A2. La fiabilité

Les technologies d'épuration des eaux usées doivent être fiables. L'idéal serait que la technologie choisie ait fait ses preuves, c'est-à-dire que de nombreuses stations aient fonctionné dans des conditions semblables pendant de nombreuses années. Des procédés nouveaux, ou même plus anciens mais qui n'ont pas été utilisés dans les conditions locales devraient être considérés comme n'ayant pas fait leurs preuves. Il arrive souvent qu'une technologie nous attire en théorie, mais des problèmes imprévus surgissent pendant l'exécution (voir en annexe G quelques exemples du système d'écoulement en surface).

Un second facteur à considérer pour déterminer la fiabilité d'une technologie est si elle fonctionne bien avec de grands écarts dans les niveaux de charge, ou d'autres conditions inhabituelles (c'est-à-dire si les processus sont relativement stable). Les procédés tels que les bassins de stabilisation et les lagunes aérées, qui impliquent de grands volumes par rapport au débit, ont tendance à réagir lentement, et sont donc stables et fiables.

A3. La facilité de l'exploitation

La facilité de l'application d'une technologie et de l'entretien du matériel dépend tout-au-moins des facteurs suivants:

- La complexité de la technologie
- La présence d'opérateurs habiles
- La présence d'un personnel d'entretien qualifié

- Une source d'énergie disponible
- De l'équipement et des pièces de rechange disponibles
- Une technologie souple
- Une technologie compatible
- Les possibilités d'avoir des ennuis

Les systèmes simples sont à préférer aux systèmes complexes. Les systèmes que l'on peut relativement bien contrôler manuellement ont plus de chances de bien fonctionner que ceux qui exigent des systèmes de contrôle automatiques. Les systèmes ayant moins d'équipement mécanique sont plus faciles à exploiter.

Il faut aussi se demander si on pourra trouver le personnel ayant les qualifications nécessaires pour faire fonctionner et entretenir le système. Il arrive souvent que le personnel ayant les qualifications nécessaires à faire fonctionner des stations d'épuration compliquées obtiennent des salaires plus élevés ailleurs et on ne peut ni les attirer ni les garder. Par exemple, le taux de roulement du personnel des stations d'épuration des eaux usées d'Alexandrie, en Egypte a atteint parfois 67 pour-cent par an parce que le personnel ayant une qualification technique quelle qu'elle soit pouvaient avoir des salaires bien plus élevés dans les pays exportateurs de pétrole. Par conséquent, il était impossible de maintenir l'équipement en état de fonctionnement.

Si la technologie proposée requiert de l'énergie, celle-ci doit être disponible en permanence. S'il y a des coupures de courant fréquentes ou prolongées, une technologie qui dépend de l'électricité sera vouée à l'échec.

Si l'équipement tombe en panne, les technologies basées sur de l'équipement ou des pièces détachées importées risquent d'avoir des périodes d'inactivité plus longues que celles qui utilisent des matériaux ou un équipement de fabrication locale.

Une technologie d'épuration des eaux usées doit avoir la souplesse nécessaire pour continuer à fonctionner dans des conditions diverses, lorsqu'une partie de l'installation est hors de service, par exemple, lors de constructions supplémentaires, dans des situations d'urgence, ou dans des conditions de débit ou de charge variables. Un aspect important de la technologie d'épuration est qu'elle doit être suffisamment souple pour permettre des améliorations ou une expansion ultérieures. Dans les stations d'épuration des eaux usées, on peut augmenter considérablement la souplesse en ajoutant parfois quelques tuyaux et quelques vannes qui permettent de diriger les eaux usées en dehors des destinations habituelles.

Dans la technologie de l'épuration des eaux usées, la compatibilité consiste à pouvoir bien fonctionner avec d'autres technologies d'épuration ou avec des utilisations secondaires. Par exemple, les technologies qui utilisent des grands bassins sont compatibles avec les systèmes d'irrigation, parce que les bassins constituent un moyen de stocker l'eau destinée à l'irrigation.

Enfin, il faudra tenir compte du fait qu'une technologie peut dégager des odeurs, faire du bruit, créer des problèmes d'insectes, des problèmes esthétiques ou d'autres ennuis.

A4. Les besoins en terre

La quantité de terrain nécessaire pour les diverses technologies d'épuration des eaux usées est très variable. Les données de la table V montrent que les systèmes de bassins de stabilisation peuvent exiger près de 4 mètres carrés par utilisateur alors que les technologies qui utilisent des équipements et des ouvrages importants, tels que le procédé de la boue activée, exigent moins d'un mètre carré par usager. En fait, en choisissant entre ces diverses alternatives, le planificateur échange le terrain pour des structures et de l'équipement. Les technologies qui demandent beaucoup de terrain ne sont applicables que lorsqu'on peut disposer de grandes superficies à un prix relativement modéré.

A5. Les coûts

Dans le choix d'une technologie d'épuration des eaux usées, le coût constitue toujours un critère majeur. En général, les coûts peuvent être répartis en coûts initiaux (capital d'investissement) et en dépenses courantes (opération et entretien). Souvent on échange l'un pour l'autre. Une alternative peut impliquer une dépense initiale modeste, mais des frais d'exploitation élevés, une autre peut exiger un investissement important mais des dépenses courantes plus réduites. Lorsque les deux types de dépenses varient, on peut d'habitude les comparer en les ramenant à leur valeur actuelle. Cette technique de comparaison est surtout utile lorsqu'on dispose des données spécifiques concernant le site et les plans; elle n'a donc pas été utilisée dans la présente étude. Cependant, il faut souligner que l'analyse de la valeur actuelle doit être faite afin de déterminer dans un site déterminé quel plan permet de minimiser les coûts sur toute la durée de vie de la station d'épuration et offre par là la meilleure possibilité de rendre le projet plus durable.

B. Aperçu des technologies appropriées

Comme on l'a déjà noté ci-dessus, il semble qu'en Tunisie, les systèmes d'épuration des eaux usées doivent fournir au moins un second niveau d'épuration pour éviter les inconvénients et pour se conformer à la législation sur l'environnement. Nous examinons ci-dessous les trois catégories générales de stations d'épuration secondaire qui semblent convenir le mieux aux petites villes de Tunisie:

- Les bassins de stabilisation
- Les lagunes aérées
- La boue activée

Tous ces procédés peuvent fournir un effluent secondaire de qualité acceptable s'ils sont correctement planifiés et exploités. En d'autres termes, le niveau d'épuration est comparable dans ces trois technologies.

Les systèmes d'élimination sur place pour les zones qui n'ont pas d'égouts ou des petites fosses d'égout, par opposition aux systèmes d'égouts par gravité traditionnels, semblent aussi être prometteurs en Tunisie. Ils seront examinés plus loin.

B1. Les bassins de stabilisation

Dans ce rapport, la technologie des bassins de stabilisation est définie comme étant un ensemble de lagunes aérées de façon non mécanique, et qui peut comprendre des lagunes anaérobies, des lagunes facultatives et/ou des bassins de maturation. Les bassins de stabilisation, ou encore appelés bassins d'oxydation, sont des bassins construits pour un traitement basé sur des procédés naturels. Aucun équipement mécanique ou électrique est nécessaire sauf pour les tuyaux et les vannes. Les bassins ont en général des parois et des fonds en terre, bien que le revêtement des parois avec du béton ou des matériaux semblables peut aider à lutter contre les mauvaises herbes, ou avec du gros gravier pour empêcher l'érosion. Un schéma général de ce procédé est représenté dans la figure V-1.

Des bassins de stabilisation fonctionnent dans la Côte nord (Tunis), à Moknine, à Gafsa et à El Jem. Aux Etats-Unis il y a près de 7.000 stations à bassins de stabilisation qui fonctionnent, et c'est une technologie qui est aussi largement utilisée dans d'autres régions de la zone méditerranéenne.

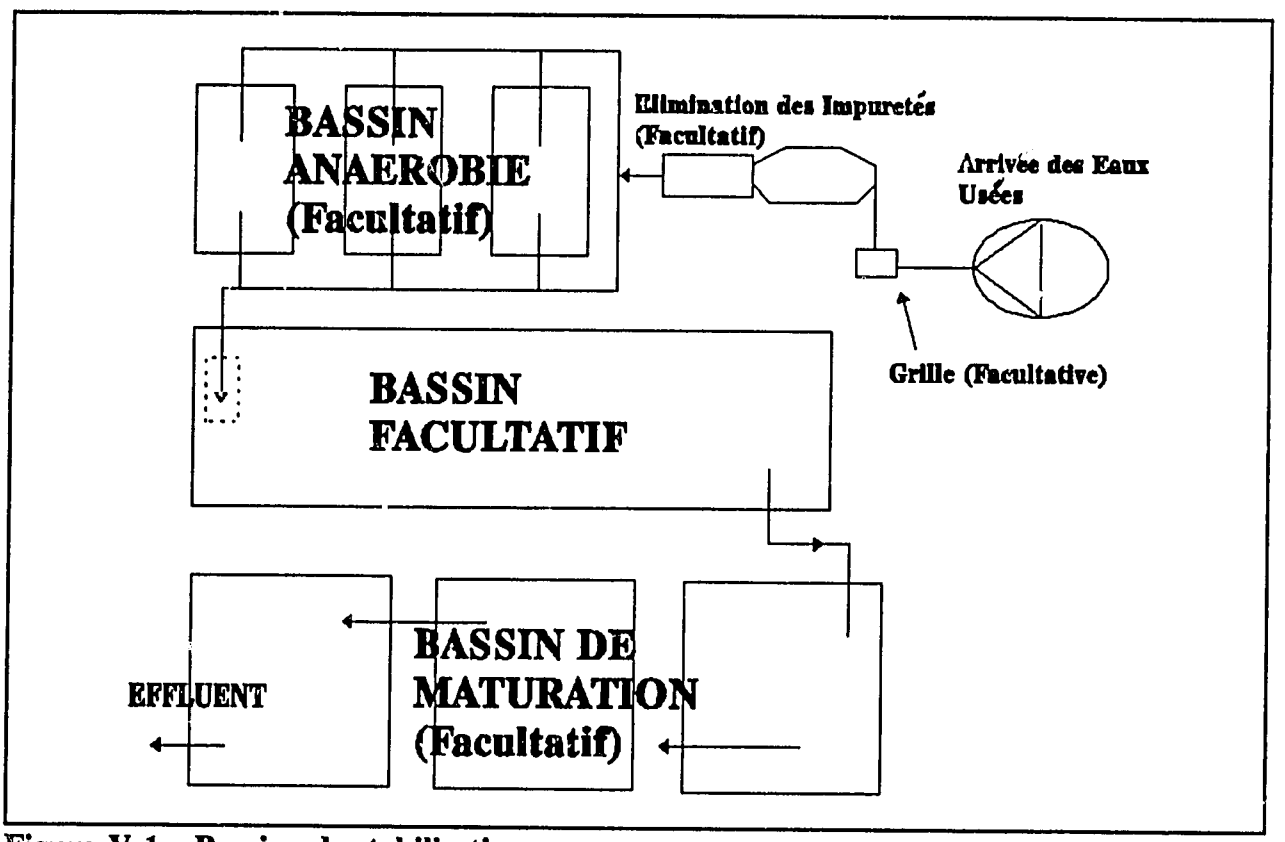


Figure V-1. Bassins de stabilisation

Il faut généralement un séjour d'une durée minimum de 30 jours pour faire un traitement secondaire efficace. Un séjour plus long dans des bassins de maturation est parfois nécessaire pour une destruction plus complète des éléments pathogènes. Dans le lagunage facultatif on utilise une combinaison de procédés aérobies et anaérobies. Dans les couches supérieures de la lagune, les eaux usées sont aérées par le transfert de l'oxygène atmosphérique à travers la surface et le dégagement d'oxygène dans l'eau par les algues. La quantité d'oxygène dégagée par les algues est bien plus élevée que la quantité qui passe par la surface. Dans les niveaux supérieurs et moyens de la lagune, les bactéries oxydent les polluants organiques par un processus aérobie. Dans les niveaux inférieurs de la lagune, la boue se dépose et est digérée par un processus anaérobie.

Comme les lagunes anaérobies peuvent supporter une charge plus importante par unité de surface que les lagunes facultatives, l'utilisation des lagunes anaérobies peut réduire la superficie nécessaire à la station d'épuration. L'inconvénient principal de l'utilisation de lagunes anaérobies est d'accroître le risque des odeurs et des insectes. Les effluents provenant d'une lagune anaérobie sont essentiellement des effluents septiques primaires et ne peuvent être évacués dans l'environnement sans une autre forme de traitement.

Les lagunes facultatives peuvent être utilisées comme unités de premier traitement ou à la suite de lagunes anaérobies. Comme la surface des lagunes facultatives est aérobie, il y a moins de chance d'avoir des mauvaises odeurs. Cependant, des odeurs peuvent se dégager si les eaux de la lagune sont mélangées par des vents ou par suite d'une inversion des couches d'eau, ce qui se produit généralement au printemps et en automne à cause des changements de température.

Les bassins de maturation viennent toujours à la suite du lagunage facultatif ou d'autres procédés de traitement secondaire et sont utilisés essentiellement pour un séjour des eaux prolongé en vue d'améliorer la qualité bactérienne des effluents. Comme les bassins de maturation sont peu profonds et reçoivent une charge légère, ils restent aérobies sur toute la profondeur et dégagent rarement des mauvaises odeurs.

La principale exigence opérationnelle pour les bassins de stabilisation est de pouvoir changer la destination du courant. L'entretien consiste essentiellement à nettoyer les mauvaises herbes près des berges pour éviter les insectes et à briser tout amoncellement de matériel flottant pour éviter qu'il ne dégage des odeurs. La boue doit être retirée des bassins mais pas très fréquemment (en général tous les deux à quatre ans pour les lagunes anaérobies et une fois tous les dix à vingt ans pour les lagunes facultatives ou les bassins de maturation). Le fonctionnement et l'entretien peuvent être assurés par des travailleurs non qualifiés.

Des aérateurs mécaniques sont parfois ajoutés aux bassins de stabilisation comme moyen d'éviter les inconvénients. Les aérateurs peuvent suppléer à un manque d'oxygène temporaire, mélanger le contenu du bassin et briser des amoncellements de mousse flottante. Le bassin de stabilisation ne sera converti en une lagune aérée que si l'on ajoute un nombre suffisant d'aérateurs pour pouvoir mélanger tout le contenu du bassin.

Les avantages des bassins d'oxydation sont les suivants:

- L'exploitation est simple, et peut être accomplie par des travailleurs non qualifiés.

- Aucun besoin d'énergie, d'équipement et de pièces de rechange. Comme les bassins d'oxydation utilisent des procédés naturels, ils continuent à fonctionner de façon satisfaisante dans pratiquement toutes les conditions.

- Ils possèdent un degré élevé de souplesse et de compatibilité. Comme il s'agit de grands volumes, les conditions à l'intérieur des lagunes changent lentement. Les débits et charges de pointe sont amoindris. Les matériaux toxiques sont dilués, souvent à des concentrations qui ne dérangent pas sérieusement le processus. S'il faut augmenter la capacité par suite de la croissance de la ville ou que de nouvelles conditions exigent une capacité d'épuration plus élevée, les bassins de stabilisation peuvent facilement et sans grandes dépenses être convertis en lagunes aérées ou en systèmes à boue activée en ajoutant du matériel mécanique.

- Les effluents ont une qualité bactériologique meilleure que dans les procédés utilisant une courte durée de rétention, parce que les pathogènes sont détruits à la longue.

Le principal inconvénient des systèmes de bassins de stabilisation est qu'ils exigent un terrain de grande superficie. Les bassins de stabilisation conçus pour des climats semblables à celui de la Tunisie ont d'habitude besoin de deux mètres carrés de terre par personne desservie pour l'épuration, exigence qui doublera probablement si on tient compte des besoins pour les digues, les routes, etc. Ainsi, la superficie nécessaire pour une station desservant une population comprise entre 2.000 et 10.000 personnes veut aller de 0,8 à 4 hectares. Les besoins de plus grandes stations peuvent être quelque peu réduits en utilisant des lagunes anaérobies.

Les bassins de stabilisation peuvent aussi dégager des mauvaises odeurs ou attirer des insectes, bien que ces inconvénients peuvent être amoindris dans une certaine mesure et sont généralement mineurs.

B2. Les lagunes aérées

Les lagunes aérées sont semblables aux bassins de stabilisation, à la différence qu'on y ajoute une aération mécanique. Du point de vue historique, elles ont été conçues lorsque des bassins de stabilisation surchargés ont été équipés d'appareils d'aération mécaniques pour ajouter de l'oxygène à celui qui était fourni par des voies naturelles. On a trouvé que peu de temps après que les aérateurs aient été mis en fonction les algues disparaissaient et que la flore microbienne ressemblait à celle de la boue activée. Aujourd'hui, les lagunes aérées sont conçues comme des systèmes à boue activée entièrement mélangée sans retour de boue. Un schéma général de ce procédé est présenté dans la figure V-2.

Des lagunes aérées fonctionnent déjà en Tunisie, à Sfax et à Lella Meriem. Quatre autres stations à lagunes aérées sont en train d'être construites à Houmt Souk, à Kasserine, à Mehdia et à Tabarka, dans le cadre du programme pour équiper vingt villes secondaires.

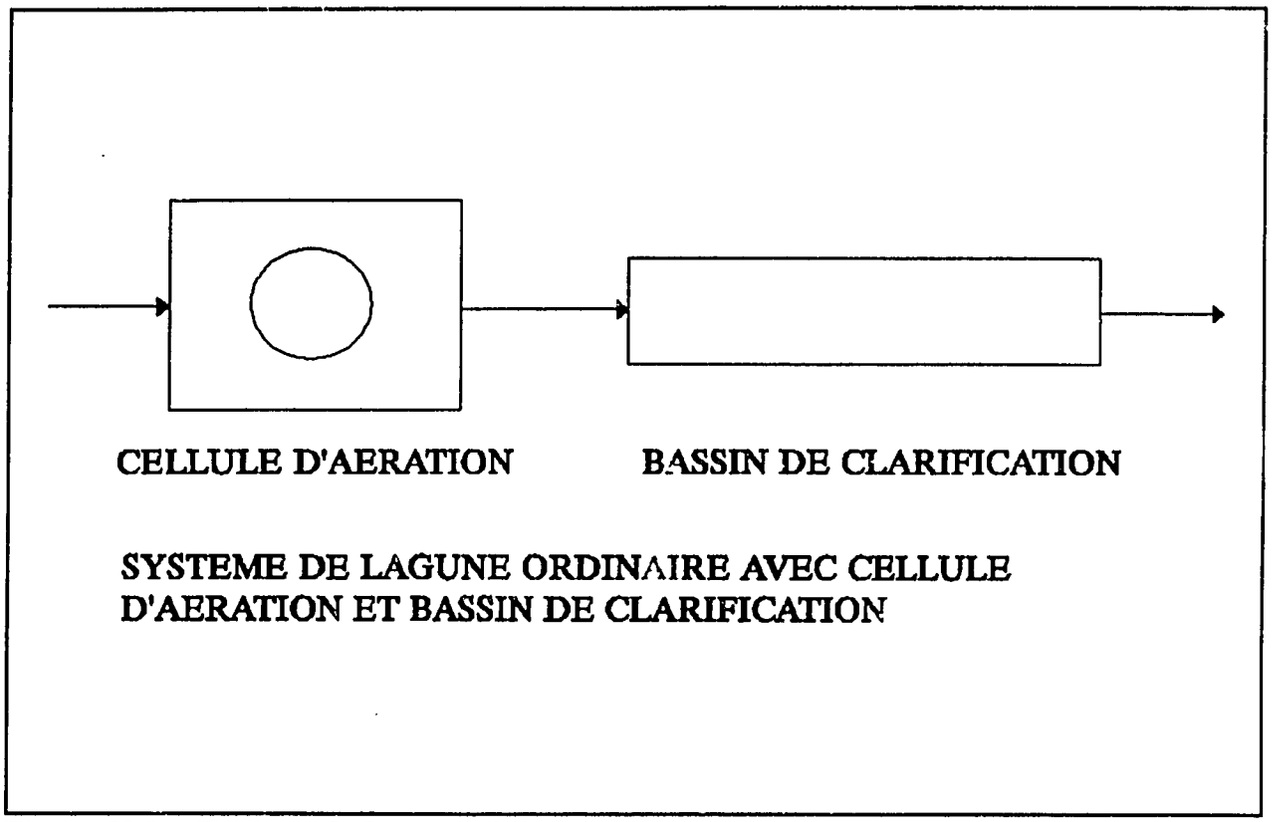


Figure V-2. Système de lagune aérée

Les lagunes aérées peuvent atteindre une réduction de la DOB supérieure à 90 pour-cent pour des durées de séjour de deux à six jours. On ne recommande pas de retenir les eaux usées pendant moins de deux jours parce que ce serait trop court pour obtenir une boue floculente saine. La concentration de la boue dans les lagunes aérées dépend de celle des eaux brutes à l'entrée du système et varie généralement de 200 à 400 mg/l, alors que la concentration dans les systèmes de boue activée est généralement comprise entre 2.000 et 4.000 mg/l. La réduction des bactéries coliformes fécales est de 90 à 95% seulement.

Comme la lagune aérée est entièrement mélangée, la concentration des particules solides en suspension dans l'effluent est la même que dans le bassin, c'est-à-dire de 200 à 400 mg/l, ce qui dépasse de beaucoup l'objectif de 30 mg/l. Une sorte de lagune non aérée ou un bassin de clarification est donc nécessaire à la suite de la lagune aérée pour permettre à la boue activée de se déposer.

Il existe plusieurs méthodes d'aération mécanique, soit en forçant des bulles d'air à travers l'eau à épurer, soit par des aérateurs de surface ou encore par divers types d'aspirateurs. L'équipement d'aération le plus courant est l'aérateur de surface flottant. Les

systèmes d'aération mécaniques sont le plus souvent électriques et il faut donc disposer d'une source d'énergie fiable.

Le brassage causé par l'aération de la lagune met les microorganismes en contact avec la charge organique dans les eaux brutes, ce qui accélère le processus de digestion. Les lagunes aérées supportent donc une charge plus élevée que les bassins de stabilisation et demande moins de superficie. Par suite du brassage, le contenu de la lagune est suffisamment turbide pour empêcher la croissance des algues.

Les opérations pour le fonctionnement et l'entretien des lagunes aérées sont semblables à celles des bassins de stabilisation, c'est-à-dire la suppression des mauvaises herbes et la destruction des amoncellements flottants, plus le fonctionnement et l'entretien du matériel d'aération mécanique et électrique. La turbulence provenant de l'aération a tendance à empêcher la croissance des mauvaises herbes et le développement des amoncellements flottants, et il faut d'habitude moins d'entretien de ce type que pour les bassins de stabilisation. Les lagunes aérées sont conçues de façon que l'évacuation des boues ne soit nécessaire qu'à de longs intervalles, par exemple une fois tous les dix ou vingt ans.

L'avantage principal des lagunes aérées par rapport aux bassins de stabilisation est qu'il faut beaucoup moins de terrain, parce ce que la durée de séjour est plus courte (généralement de six jours au lieu de trente) et que le bassin est plus profond (généralement 3,5 mètres au lieu de 2,0 mètres). La superficie nécessaire pour le procédé des lagunes aérées, à l'exclusion des voies d'accès, bâtiments d'exploitation, etc. est d'environ 0,3 mètres carrés par personne desservie.

L'inconvénient principal des lagunes aérées par rapport aux bassins de stabilisation est qu'ils ont besoin d'énergie électrique et d'un entretien mécanique et électrique pour l'équipement d'aération.

B3. La boue activée

Dans le procédé de la boue activée, une masse d'organismes flottants aérobies est mélangée avec les eaux brutes dans un bassin d'aération. Les organismes consomment les matières organiques polluantes et se multiplient. Le mélange des eaux brutes et des microorganismes, appelé la "liqueur mélangée", passe dans un bassin de décantation ou les organismes se déposent. Les eaux clarifiées coulent alors à travers un système de barrages. La plus grande partie de la boue activée qui s'est déposée au fond du bassin de clarification est renvoyée en tête du bassin d'aération pour traiter de nouvelles eaux brutes. Une partie de la boue activée est séparée du système comme boue de rejet afin que la quantité d'organismes de boue active dans le système reste stable. Un schéma général de ce système se trouve dans la figure V-3.

L'élément principal qui fait la distinction entre le procédé de la boue activée et les deux autres procédés est que la boue activée est retournée au bassin d'aération. Le renvoi d'un courant concentré d'organismes venant du bassin de clarification permet de maintenir une concentration élevée d'organismes dans le bassin d'aération. Les concentrations des

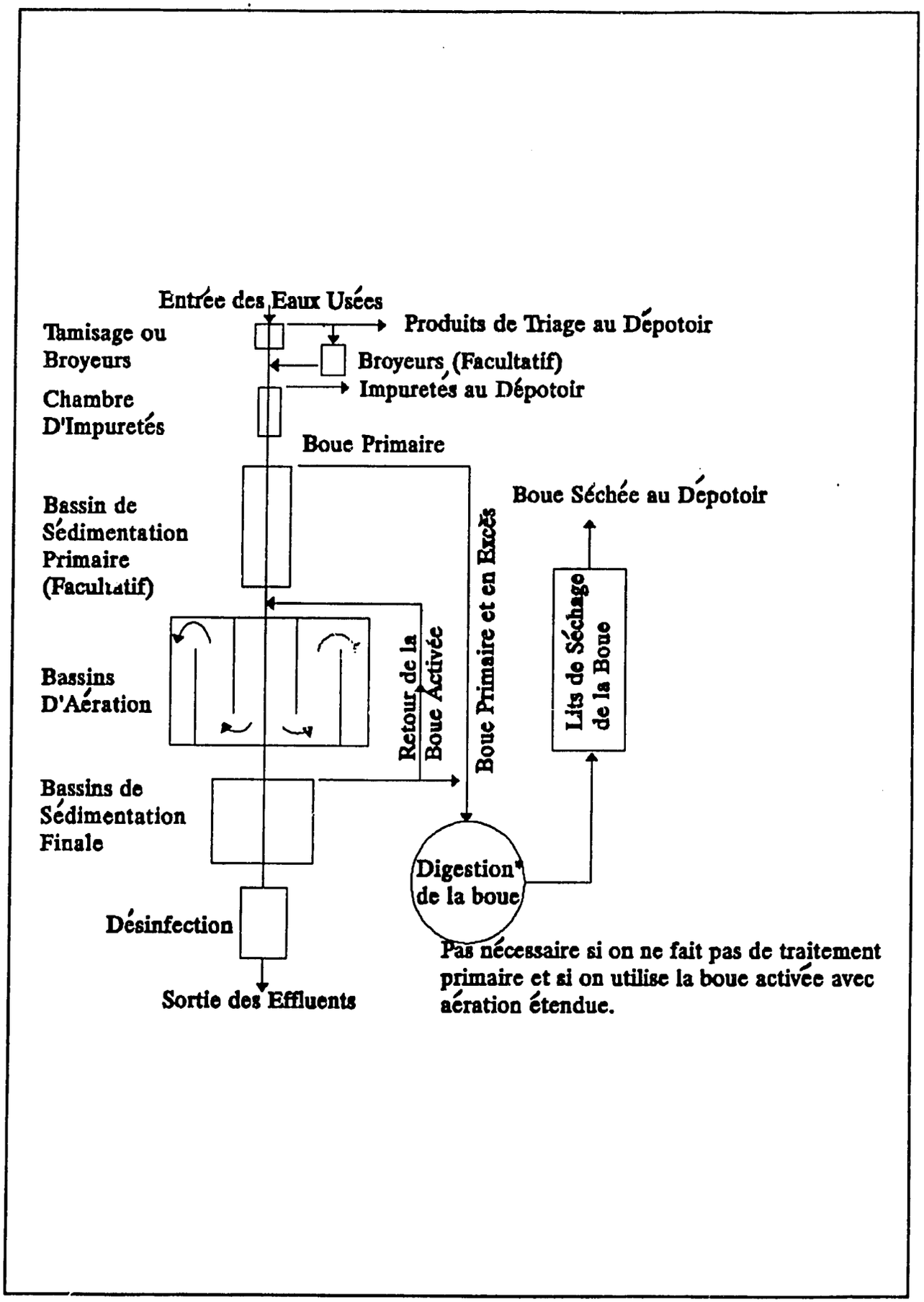


Figure V-3. Schéma du procédé de traitement de la boue activée

liqueurs mélangées dans le procédé de la boue activée varie souvent de 2.000 à 4.000 mg/l alors qu'elles ne sont que de 200 à 400 mg/l dans les lagunes aérées et même moins dans les bassins d'oxydation. Comme la quantité d'épuration obtenue est proportionnelle à la concentration des organismes, on peut obtenir un niveau d'épuration bien plus élevé pour un volume donné d'eau brute dans le procédé de la boue activée que dans les procédés des lagunes aérées ou des bassins d'oxydation.

Le procédé de la boue activée compte de nombreuses variantes. En les classant selon la charge, les deux variantes les plus communes sont la boue activée conventionnelle, avec une durée de rétention de quatre à huit heures, et l'aération étendue, avec un séjour de 24 à 36 heures. Il est évident que la configuration pour le procédé de la boue activée conventionnel exige un volume bien plus petit que pour celle de l'aération étendue, puisque la durée du séjour est plus petite, mais elle produit une grande quantité de boue qui n'est pas stable et qui est difficile à traiter. Par contre, le procédé par aération étendue produit beaucoup moins de boue et est relativement stable. La boue produite par le procédé de l'aération étendue peut être séchée sur des lits de séchage par gravité, et ne dégage pratiquement aucune odeur. La boue provenant du procédé conventionnel dégage normalement une odeur caractéristique si on l'envoie sur des lits de séchage sans autre forme de traitement.

Pour les petits courants, il est d'habitude plus pratique et plus économique d'utiliser le procédé de l'aération étendue sans installation de traitement de la boue que d'utiliser le système de la boue activée conventionnel avec une installation de traitement de la boue. Aux Etats-Unis, dans la pratique, il est rare que l'on utilise le procédé de la boue activée conventionnel pour des débits de moins de 4.000 m^3/jour.

Le système de la boue activée comprend trois éléments principaux: le bassin d'aération, le système d'aération et le clarificateur (bassin de décantation ou de sédimentation).

Les bassins d'aération peuvent être des réservoirs en béton armé, des bassins en terre enduits de béton ou de tout autre matériel, un chenal enduit en forme de piste de course, un réservoir en acier ou en béton avec des zones concentriques, etc. Ils peuvent être carrés, rectangulaires ou circulaires. On a tendance à considérer que les différentes formes de bassins d'aération se rapportent à différents procédés. Par exemple, le chenal d'oxydation est souvent considéré comme un procédé séparé. Mais cependant, ceci n'est pas vrai. Le type de procédé de la boue activée est déterminé par la quantité de microorganismes par rapport à la charge organique qui est appliquée, et non par la configuration des bassins d'aération. Le plan d'une station *compacte* de l'ONAS, qui se trouve dans l'annexe F, est correctement caractérisée comme utilisant le procédé de l'aération prolongée (ce qui signifie que la forme du réservoir n'a aucun rapport avec le processus biologique qu'il abrite).

Les équipements d'aération peuvent aussi revêtir de nombreuses formes. Certains diffusent des bulles d'air dans les eaux brutes par des diffuseurs; ces bulles peuvent être fines ou grossières. Les diffuseurs de bulles fines sont plus efficaces parce que les petites bulles ont une superficie plus grande par unité de volume d'air, mais ils se bouchent plus facilement

que les diffuseurs de bulles plus grosses. Des diffuseurs de grosses bulles peuvent être fabriqués en perçant simplement des trous dans des tuyaux, mais ces systèmes sont peu efficaces. On peut faire l'aération avec des aérateurs de surface, qui ont parfois la forme d'un grand rotor qui pulvérise l'eau brute en fines couches, ou de brosses qui barbotent à travers la surface des eaux à épurer. Il existe aussi divers types d'aérateurs à aspiration. Souvent l'équipement d'aération est adapté à la configuration du bassin d'aération; par exemple l'aérateur en brosse est souvent utilisé avec le chenal d'oxydation, parce que la forme de la brosse maintient l'eau en mouvement dans le chenal. Les dispositifs d'aération peuvent être fixes ou flottants. Les dispositifs fixes sont souvent plus facile à atteindre et à entretenir parce qu'ils ont en général des plates-formes de service, mais il faut parfois vider le bassin d'aération lorsqu'on fait l'entretien des parties inférieures de l'aérateur. Les dispositifs flottants peuvent généralement être enlevés et entretenus sans vider le réservoir.

La partie clarification du procédé de la boue activée se présente aussi sous de nombreuses formes. Traditionnellement c'est un réservoir circulaire ou rectangulaire, séparé du bassin d'aération. Le clarificateur peut cependant aussi être bâti dans une partie du bassin d'aération, comme dans le modèle breveté Biolac, ou flotter dans le bassin d'aération, auquel cas on l'appelle parfois le bateau clarificateur. Sauf dans le cas des petits clarificateurs, il y a généralement un équipement mobile pour l'enlèvement mécanique de la boue. Certains équipements soulèvent la boue dans une hotte d'où elle est aspirée par une pompe. D'autres équipements aspirent la boue avec de grandes quantités d'eau.

Comme il existe un grand nombre de combinaisons possibles de bassins d'aération, de systèmes d'aération et de clarificateurs, et par suite de la performance parfois imprévisible des systèmes à boue activée, le préparation des plans est très complexe et exige beaucoup d'expérience pratique, ainsi qu'une connaissance théorique approfondie du procédé.

Il y a en Tunisie environ 40 stations d'épuration en fonctionnement ou en construction qui utilisent le procédé de la boue activée.

L'avantage principal des systèmes à boue activée est qu'ils sont compacts. La superficie nécessaire pour le traitement seulement est de 0,2 mètres carrés par personne desservie, mais la superficie totale du terrain est bien plus grande. Le procédé de la boue activée est si compact que la superficie du terrain nécessaire pour les routes d'accès, les bâtiments d'exploitation, les stations de pompage, etc., est relativement grande par rapport à la superficie utilisée pour le traitement lui-même. Comme le procédé de la boue activée est de nature compacte, une grande partie du traitement peut être réalisé dans un espace relativement limité. Un autre avantage est que le procédé de la boue activée présentent moins de chances d'avoir des problèmes de mauvaises odeurs ou d'insectes.

Parmi les inconvénients principaux du procédé de la boue activée citons:

- Un capital d'investissement et des frais d'exploitation élevés
- Le besoin d'un personnel qualifié pour le fonctionnement et l'entretien
- Le besoin de grandes quantités d'énergie
- Le besoin d'équipement et de pièces détachées importées

Un inconvénient moins important est que la durée relativement courte du séjour des eaux à épurer diminue beaucoup moins la concentration des germes pathogènes que les durées de séjour plus longues dans les technologies des lagunes aérées et des bassins de stabilisation.

Comme les systèmes à boue activée sont compliqués et coûteux il faut aussi examiner la possibilité de pomper les eaux usées vers un site plus éloigné où on pourra employer une technologie d'épuration plus simple.

B4. Les systèmes sur place

Le prix des systèmes d'égouts devient prohibitif lorsque la densité de la population est faible. Pour les zones à faible densité, et même pour les zones urbaines à plus forte densité dans lesquelles il n'existe pas d'égouts, des systèmes sanitaires sur place sont la seule solution pratique pour maintenir une hygiène adéquate.

En général, il existe deux types de systèmes sur place: les systèmes à eau et les systèmes à sec. Les systèmes à eau comprennent généralement des fosses septiques avec des terrains d'infiltration ou des fosses de curage, bien que dans certains cas on trouve des fosses de rétention dont le contenu est évacué par camion. Les systèmes à sec comprennent les fosses de toilettes en dehors de la maison ou latrines. Ces systèmes sont décrits dans de nombreuses publications (Kalbermatten, 1980) et ne seront pas repris en détail ici. La publication Kalbermatten existe en français.

Divers types de systèmes sanitaires sur place existent et sont déjà très répandus en Tunisie, là où il n'y a pas d'égouts. Dans ces zones, les gens vident souvent les eaux grises dans la rue, mais la loi et la coutume interdisent de vider les eaux provenant des toilettes. Dans les zones qui ont l'eau courante mais sans système d'égouts, les résidents utilisent certains systèmes sanitaires sur place, au moins pour l'eau provenant des toilettes. Bien que l'étude de ces systèmes sur place était au delà des termes de mandat de cette mission, des rapports antérieurs ont indiqué que quelques maisons avaient des fosses de rétention avec peu d'infiltration et qu'il fallait donc transporter ces eaux par camion fréquemment et pour un prix élevé.

Comme on l'a déjà vu ailleurs dans ce rapport, la stratégie sanitaire nationale de Tunisie prévoit que chaque ville avec une population égale ou supérieure à 2.000 habitants aurait l'eau courante dans toutes les maisons et un système d'égout avec écoulement d'eau. Le grand public semble prévoir que des égouts seront construits, parce que pratiquement chaque maison nouvellement construite en Tunisie a des toilettes avec chasse d'eau. Le résultat est qu'il est assez improbable que l'hygiène à sec (par latrines) soit acceptée.

La stratégie sanitaire nationale prévoit aussi que l'ONAS sera chargé de préparer les plans de tous les systèmes d'égouts et de les exploiter dans les grandes villes. Compte tenu de son rôle d'agence technique principale chargée de l'épuration des eaux usées en Tunisie, il semble logique que l'ONAS devienne aussi une source d'information technique sur les

systèmes d'élimination sur place, même en sachant que l'ONAS n'assurera ni la planification, ni la construction ni l'exploitation de ces systèmes.

B5. Egouts de petit calibre

Il semble que les égouts de petit calibre n'existent pas en Tunisie. Bien qu'ils peuvent s'avérer utiles dans certaines conditions, leur utilisation n'est recommandée que sur une échelle limitée jusqu'à ce que la Tunisie ait acquis plus d'expérience. Les éléments essentiels sont examinés ci-dessous.

Les égouts de petit calibre sont conçus de façon à ne recevoir que la partie liquide des eaux usées pour les traiter et les éliminer au dehors. Les corps étrangers, les graisses et les corps solides sont séparés des eaux usées dans un réservoir d'interception, qui est le plus souvent une fosse septique conventionnelle en amont du réseau. Comme les égouts de faible diamètre ne conduisent que des liquides, il n'est pas nécessaire qu'ils suivent le gradient hydraulique, c'est-à-dire qu'ils soient en pente continuelle vers le bas. Ils peuvent même parfois remonter à condition de rester en dessous de la ligne de pente hydraulique. Ceci se traduit souvent par des tranchées qui sont moins profondes que pour les systèmes conventionnels par gravité, et comme les réservoirs d'interception ont une certaine capacité de stockage, les diamètres peuvent être plus petits ce qui réduit aussi la dimension nécessaire pour les tranchées.

Les critères de planification existent dans diverses publications (Otis 1980; EPA, 1980) et nous n'y reviendrons pas ici.

Il faut avoir grand soin d'éviter d'introduire de grands corps solides dans un système d'égout de petit calibre. Une précaution consiste à limiter le tuyau de sortie du réservoir d'interception de façon que son diamètre ne soit pas plus large que celui de l'égout. Il faut aussi interdire les branchements illégaux et veiller à ce que cette interdiction soit strictement respectée, mais ceci peut parfois être difficile. Comme la population locale est habituée à des égouts de grand diamètre par gravité, ils peuvent se brancher illégalement à un système de petit calibre ne réalisant pas que des corps solides de grande dimension provenant des eaux brutes boucheront rapidement le système.

Il faut accorder une attention particulière au problème fréquent des excédents de sable dans les égouts. Comme dans un système de petit calibre le réservoir d'interception devrait éliminer le sable qui y arrive, les égouts sanitaires conventionnels ne devraient pas recevoir de grandes quantités de sable. Le fait qu'ils reçoivent trop de sable indique que les fossés d'évacuation sont connectés au système des égouts sanitaires ou que les tuyaux sont brisés en certains endroits. Compte tenu de la faible dimension des égouts de petit calibre, il est difficile de nettoyer les obstructions. Il pourrait devenir pratiquement impossible de nettoyer de grandes quantités de sable qui se déposeraient dans les parties inférieures du réseau.

Comme il est nécessaire de pomper continuellement les réservoirs collecteurs, et ceci à un prix relativement élevé, le coût des systèmes de petit calibre peut à la longue égaler voire dépasser celui des égouts conventionnels. Le capital d'investissement dépend du site et

peut varier considérablement, mais il est d'habitude inférieur à celui des égouts conventionnels. Cependant, une partie des économies est perdue dans le coût des réservoirs collecteurs qui doivent se trouver en amont des égouts de petit calibre. La plus grande partie des économies se fait au niveau de la station d'épuration parce qu'on n'a pas besoin de grille pour l'élimination des corps étrangers et des graisses puisque les réservoirs d'interception ne laissent passer que la partie liquide du courant. Toutefois ces économies risquent encore une fois d'être perdues si le contenu des réservoirs collecteurs est amené à la station par camion.

Les coûts d'exploitation seront bien plus élevés pour les égouts de petit calibre que pour les systèmes d'égouts conventionnels à cause de la nécessité de pomper les fosses septiques.

Les systèmes d'égouts de petit calibre conviennent particulièrement aux situations suivantes:

- Lorsque le prix de revient des égouts conventionnels est élevé à cause d'un plan d'eau élevé, d'un terrain accidenté, de rochers près de la surface et/ou de faibles densités de populations. La plupart de ces conditions, sauf pour le plan d'eau élevé dans les régions côtières, ne sont pas très courantes en Tunisie.

- Lorsque les villes sont très surpeuplées, avec des rues étroites qui laissent peu d'espace pour des égouts conventionnels (par exemple, les villages en Egypte).

- Lorsqu'il y a des systèmes de fosses septiques, mais que les terrains d'infiltration sont insuffisants.

En général, les systèmes d'égouts de petit calibre semblent être une option moins attractive en Tunisie que dans d'autres pays et pour les raisons suivantes:

- La plupart des petites villes tunisiennes sont bâties sur des collines, où les pentes naturelles sont telles que les égouts conventionnels peuvent être parallèles à la surface et n'ont pas besoin d'être très profonds.

- Grâce à la planification urbaine uniforme de la Tunisie, les rues sont larges avec assez d'espace pour des égouts conventionnels.

Comme l'influence des excédents de sable sur les égouts de petit calibre est inconnue, que la population locale n'est pas familiarisée avec ce type d'égout et que cette technologie est nouvelle en Tunisie, les égouts de petit calibre sont encore une technologie au stade expérimental. Les égouts de petit calibre ne seront installés à la place des égouts conventionnels que dans des conditions soigneusement étudiées et de façon limitée jusqu'à ce qu'on ait acquis plus d'expérience avec ces systèmes dans les conditions de la Tunisie.

B6. Technologies moins appropriées pour l'épuration des eaux usées

De nombreuses autres technologies ont été discutées en Tunisie pendant le travail sur le terrain et avec les ingénieurs tunisiens. Pour des raisons diverses (et dans certains cas sur la base d'informations supplémentaires obtenues après que la mission du projet PRIDE ait quitté la Tunisie), elles semblaient moins convenir aux conditions de la Tunisie que les technologies présentées ci-dessus.

Ces technologies moins appropriées sont brièvement examinées dans l'annexe G.

C. Comparaison des trois alternatives de traitement secondaire

Les trois types de traitement secondaire présentés ci-dessus (les bassins de stabilisation, les lagunes aérées et la boue activée) sont comparés dans la table V-1 ci-dessous. Les systèmes d'élimination sur place et les égouts de petit calibre ont des rôles autres que le traitement secondaire et ne sont pas inclus dans cette comparaison.

C1. Considérations techniques et opérationnelles

Niveau de traitement. Les bassins de stabilisation, les lagunes aérées et la boue activée fournissent tous un traitement secondaire, c'est-à-dire une DOB et des concentrations de solides en suspension de 30 mg/l ou moins s'ils sont bien conçus et fonctionnent correctement. Les bassins de stabilisation rejettent parfois des niveaux plus élevés de solides en suspension et de DOB sous forme d'algues, spécialement au printemps et en automne lorsque les niveaux supérieurs et inférieurs des bassins facultatifs ont tendance à s'inverser. Bien que la DOB dans les cellules des algues et les solides en suspension constituent une transgression technique des exigences concernant les rejets, ils ont tendance à être moins nocifs que des quantités égales de DOB et de solides en suspension dans les eaux usées brutes. En se basant sur l'observation des rejets en Tunisie, il semble que des incursions occasionnelles au dessus des concentrations spécifiées de 30 mg/l seront assez inoffensives.

Vu leur durée de séjour relativement longue, les bassins de stabilisation ont tendance à réduire le niveau des organismes pathogènes plus que les lagunes aérées ou les systèmes de boue activée, ce qui est sans doute très important en Tunisie où on ne fait pas de désinfection.

Fiabilité. Les trois procédés sont utilisés en Tunisie, mais les systèmes à boue activée sont plus communs que les lagunes aérées ou les bassins de stabilisation.

Table V-1. Comparaison des caractéristiques techniques et opérationnelles pour les trois types de traitement secondaire

Critère	Bassins de stabilisation	Lagunes aérées	Boue activée
Niveau de traitement	Secondaire. apparition occasionnelle d'algues	Secondaire. Besoin de faire une sédimentation	Secondaire
Fiabilité	Très élevée	Elevée	Moyenne
Exploitation	Très aisée	Aisée	Difficile
Complexité	Très faible	Faible	Très élevée
Energie	Pas nécessaire	Nécessaire mais tolère des coupures occasionnelles	Nécessaire de façon continuelle et en grandes quantités
Equipement et pièces détachées	Pas nécessaires	Besoins modestes	Nécessaires en grandes quantités
Souplesse	Elevée	Elevée	Faible
Compatibilité avec l'irrigation	Elevée	Elevée	Faible
Possibilité d'ennuis	Modérée	Modérée-faible	Faible
Besoins en terre	Très élevés	Modérés	Très faibles

Grâce à leur grande capacité volumétrique, les bassins de stabilisation et les lagunes aérées peuvent faire face à des pointes de charge et de débit. Par contre, les systèmes à boue activée sont sensibles à ces pointes. Des pointes de charge organique peuvent aussi dépasser la capacité des systèmes d'aération, le système devient alors anaérobie et la boue activée meurt. Des pointes de débit peuvent aussi balayer la boue activée en dehors des deux bassins de clarification ce qui arrête le processus.

[illegible]jet de matières toxiques dans le courant des eaux usées affectera sans doute plus [illegible] boue activée que les lagunes aérées ou les bassins de stabilisation, puisque ces [illegible]traitent de grands volumes qui ont tendance à diluer les matières toxiques [illegible]nètrent dans la station d'épuration.

L'énergie, l'équipement et les pièces détachées affectent beaucoup la fiabilité des systèmes de boue activée qui exigent un équipement important. Les bassins de stabilisation ne sont pas affectés par la présence ou l'absence d'énergie, d'équipement et de pièces de rechange puisqu'ils ne contiennent pas d'équipement. Les lagunes aérées sont quelque peu affectées s'il n'y a pas d'énergie, d'équipement ou de pièces de rechange, mais seulement de façon limitée et seulement si ces éléments sont absents pendant longtemps.

Complexité. Les systèmes à boue activée sont complexes et de nombreux éléments de l'équipement sont importants pour le fonctionnement du système; les besoins fonctionnels sont tout aussi complexes. Par contre, la technologie des bassins d'oxydation n'implique aucun équipement mécanique ou électrique autre que les tuyaux et les vannes. La technologie des lagunes aérées est un peu plus complexe, et demande un appareil d'aération.

Besoin en personnel qualifié. Les systèmes à boue activée exigent un personnel qualifié pour leur fonctionnement et leur entretien. Il se peut qu'il soit très difficile de trouver et de garder un tel personnel dans les petites villes tunisiennes, puisqu'il peut souvent trouver un travail mieux rémunéré dans les stations de traitement des grandes villes ou dans d'autres secteurs.

Les deux tâches principales pour le fonctionnement et l'entretien d'un bassin de stabilisation sont de couper les mauvaises herbes et de briser les amoncellements flottants. Les lagunes aérées demandent des travaux semblables pour le fonctionnement et l'entretien, mais le système d'aération mécanique ou électrique doit aussi fonctionner et être entretenu ce qui demande plus de qualification.

Energie. En Tunisie l'électricité est généralement présente et fiable; donc l'énergie ne constitue pas une contrainte majeure dans le choix du procédé d'épuration des eaux usées. Cependant, comme nous l'avons noté plus haut, si une panne de courant n'a aucun effet sur les bassins de stabilisation, et un effet limité sur les lagunes d'aération, elle peut considérablement affecter les systèmes à boue activée.

Equipement et pièces détachées. Jusqu'à présent, en Tunisie, la plus grande partie de l'équipement utilisé dans les stations d'épuration des eaux usées a été importée. Cependant, l'équipement nécessaire ou les pièces détachées peuvent ne plus être disponibles à l'avenir, pour diverses raisons, un manque de devises étrangères, ou le fabricant ne produit plus les modèles utilisés en Tunisie, ou s'est arrêté de fabriquer. Il est évident que les systèmes à boue activée dépendent beaucoup de la présence d'équipement et de pièces détachées, mais les bassins de stabilisation ne sont pas du tout affectés. Les lagunes aérées sont plus affectées que les bassins de stabilisation puisqu'ils utilisent des aérateurs, mais d'habitude ce sont là des appareils relativement simples et un type peut en remplacer un autre.

Souplesse et compatibilité pour l'irrigation. En général les bassins de stabilisation et les lagunes aérées sont plus souples que les systèmes à boue activée. La capacité de traitement des bassins de stabilisation peut être augmentée en isolant une partie du bassin pour une première phase anaérobie ou en ajoutant de l'équipement d'aération et en

transformant une partie ou l'ensemble du bassin de stabilisation en lagune d'aération. La capacité d'un système de lagunes d'aération peut être augmentée en ajoutant des aérateurs. Par contre, pour augmenter la capacité d'un système à boue activée, il faut le plus souvent bâtir une série supplémentaire pour un traitement parallèle, ce qui est relativement coûteux et qui prend du temps.

Les bassins de stabilisation et les lagunes aérées sont compatibles avec les réseaux d'irrigation puisqu'ils ont une grande capacité pour stocker l'eau épurée. Par contre, les systèmes à boue activée ont un débit continu et pas de capacité de stockage, ce qui ne convient pas aux besoins de l'irrigation qui a tendance à être intermittente.

Incommodités. Comme les procédés à boue activée exigent un degré élevé de mécanisation et de contrôle, ils ont relativement peu de risques de dégager des mauvaises odeurs ou d'attirer les insectes. Les bassins de stabilisation dégagent parfois quelques mauvaises odeurs, en particulier en certaines saisons, et peuvent attirer les insectes, surtout si on laisse pousser les mauvaises herbes autour des berges. Pour les lagunes aérées les risques d'incommodités sont les mêmes que pour les bassins de stabilisation sauf que les systèmes d'aération fournissent une certaine protection.

C2. Considérations économiques

Le coût des stations de traitement secondaire dépend des facteurs sur place. Les coûts d'investissement peuvent varier considérablement selon la longueur de l'égout principal pour aller de la ville au site de la station d'épuration, la topographie du terrain, et les conditions du sol. Les travaux de terrassement dans un site qui est rétréci, en forte pente, vallonné et/ou entrecoupé de cours d'eau (wadis), peut revenir plusieurs fois plus cher que des travaux dans un site relativement ouvert et en pente douce. La présence de rochers ou d'un plan d'eau élevé peut aussi multiplier le prix du travail. Enfin, le coût par personne de l'investissement dans des stations d'épuration des eaux usées varie considérablement avec les dimensions de la station. Des grandes stations d'épuration coûtent généralement beaucoup moins par personne que des petites stations.

Les coûts d'exploitation varient aussi de façon substantielle d'une station à l'autre, selon le niveau du service. Pour les petites villes dont il est question dans ce projet, l'élément déterminant dans le coût de l'exploitation est si la station d'épuration doit avoir un personnel totalement séparé, ou si un personnel existant, comme celui de la SONEDE qui fait fonctionner le système d'alimentation en eau ou encore le personnel municipal peut s'occuper de l'installation d'épuration à temps partiel. Dans les coûts d'exploitation on peut aussi réaliser des économies d'échelle (par exemple, les dépenses d'exploitation par personne sont plus petites dans une grande station que pour une petite station).

C2a. Dépenses d'investissement par personne

Comme on l'a vu plus haut, les dépenses détaillées pour l'investissement et l'exploitation ne peuvent être raisonnablement calculées que cas par cas, en tenant compte des caractéristiques spécifiques du site considéré. Le calcul des dépenses à ce niveau de

détail dépasse le cadre de la présente étude. Cependant, certaines données concernant les coûts ont été obtenues en Tunisie et ailleurs, et qui donnent une idée générale du niveau des dépenses auquel on peut s'attendre. Les données du capital d'investissement par personne sont présentées dans la table V-2 et discutées plus loin. Sauf indication contraire, les dépenses d'investissement n'incluent pas le prix de la terre.

Table V-2. Dépenses d'investissement par personne pour les stations d'épuration d'eaux usées
$ EU/habitant

Source	Bassins de stabilisation	Lagunes aérées	Boue activée
Arthur, J. (1983)*	19 - 31	46 - 55	
SOTINFOR/ SERAH	55 - 125		
Stations en construction		35	62
ONAS, fourchette **	56 - 89	67 - 100	111 - 156
ONAS, prix **	78	111	111

Les valeurs sont données à titre indicatif et [illegible]nt pas directement comparables. Voir texte.

Les chiffres provenant de cette so[illegible] été ajustés en dollars 1991, en supposant une augmentation annuelle de 5%
Les chiffres fournis par l'ONAS s[illegible] doute récents, mais l'année n'est pas spécifiée.

Selon un rapport préparé pour la Banque mondiale (Arthur, 1983) les dépenses d'investissement dans une zone assez semblable à la Tunisie étaient:

- 19 - 31 $ EU par personne pour des bassins de stabilisation
- 46 - 55 $ EU par personne pour des lagunes avec aération partielle
- 86 - 94 $ EU par personne pour des systèmes de lagunes aérées avec bassin de clarification

Les chiffres provenant de cette source ont été ajustés en dollars 1991, en supposant une augmentation annuelle de 5%.

Dans le volume 2 du rapport A1 d'une étude récente de faisabilité en Tunisie (SOTINFOR/SERAH, 1992, page 104) il y a une estimation des coûts d'investissements des

lagunes facultatives à Gafsa et à El Jem et de deux plans prototypes, et qui donne la formule suivante pour le prix des systèmes de lagunage facultatif:

$$\text{Coût} = 24.700\ (\text{charge de DOB journalière})^{0,53}$$

Selon cette formule, le coût par personne des lagunes facultatives est compris entre 55 $EU et 125 $ EU pour des villes de 10.000 à 2.000 habitants. La lagune facultative d'El Jem, qui avait la dimension la plus proche de celles qui seront nécessaires dans les petites villes, avait un coût unitaire de 45 $EU par personne. L'étude de SOTINFOR/SERAH contenait relativement peu de données sur les lagunes facultatives, et les données présentées concernaient des stations bien plus grandes que celles qui sont nécessaires dans les petites villes. Aussi, la précision de l'équation ci-dessus est quelque peu douteuse.

Les dépenses d'investissement pour les 20 projets d'épuration des eaux usées que l'on construit en ce moment dans les villes secondaires de Tunisie sont présentées dans la table V-3 à la page suivante. Quatre de ces villes appliquent la technologie de la lagune aérée. Le coût moyen par personne de ces quatre systèmes a été estimé à 312 dinars tunisiens par m^3/jour de capacité. En supposant 100 litres par jour et un taux de conversion de 0,9 dinars par dollar EU, le coût moyen unitaire de ces quatre systèmes de lagunes aérées est de 35 $EU, un peu plus économique que les chiffres avancés par J. Arthur, mais dans le même ordre de grandeur.

Avec les mêmes hypothèses, le coût moyen par personne des autres projets qui sont construits en ce moment dans ces villes est de 62 $EU pour l'aération étendue et 75 $EU pour les chenaux d'oxydation. Le système de l'aération étendue a été porté dans la table V-3.

Les cadres de l'ONAS, dans leur proposition de programme d'urgence pour l'épuration des eaux usées (voie annexe H) ont proposé les ordres de grandeur suivants pour les dépenses d'investissement pour les divers types de stations et par personne:

Type de traitement	Coût de l'investissement $EU/personne
Lagunage facultatif	56 à 89
Lagunes aérées	67 à 100
Boue activée par aération étendue	111 à 156

Pour estimer le coût du programme d'urgence proposé (voir annexe H), l'ONAS a utilisé pour les dépenses d'investissement par personne le chiffre de 78 $EU (70 DT) pour les bassins de stabilisation avec aérateurs et de 111 $EU (100 DT) pour les lagunes aérées et les systèmes de boue activée. L'annexe H n'indique pas la source de ces chiffres. Le prix des lagunes aérées devrait être plus proche de celui des bassins de stabilisation que de celui des systèmes à boue activée.

Comme la dimension de la station a une influence énorme sur le coût par personne, et que les conditions des sites ont aussi leur influence sur les systèmes de lagunes, il est difficile de généraliser les coûts par personne pour une station déterminée. Cependant, en se basant sur les données provenant des stations qui se construisent en ce moment en Tunisie (voir table V-3), il s'avère que les dépenses d'investissement des systèmes de boue activée sont à peu près doubles de celles des lagunes aérées.

C2b. Coûts d'exploitation par personne

Selon un rapport de la Banque mondiale (J. Arthur, 1983) les coûts d'exploitation par personne (en dollars 1991) et dans un autre pays méditerranéen étaient les suivants:

- 1 $EU pour les bassins de stabilisation
- 10 à 22 $EU pour les lagunes aérées.

Les données sur les dépenses d'exploitation dans des stations d'épuration des eaux usées en Tunisie, telles qu'elles ont été extraites d'une étude de factibilité de la Banque mondiale (SOTINFOR/SERAH, 1992) et du rapport annuel de l'ONAS pour 1991, ont été résumés dans la table V-4. Le coût d'exploitation par personne à Lella Marie, qui est la station de lagune aérée la plus petite existant en Tunisie, était de 9,664 DT (c'est-à-dire environ 11 $EU) par personne et par an, qui est dans le même ordre de grandeur que l'étude de J. Arthur. Par contre, le coût d'exploitation unitaire en 1989 et 1990 pour les quatre systèmes de lagunage facultatif indiqués dans la table V-4 était de 0,907 DT (c'est-à-dire environ 1 $EU) par personne et par an.

A titre de comparaison, ces coûts d'exploitation et les coûts d'exploitation unitaires pour d'autres technologies d'épuration et tirées de la table V-4, sont résumées ci-dessous.

Technologie de traitement	Coûts d'exploitation $EU/personne/an
Lagunage facultatif	1,00
Chenal d'oxydation	2,80
Boue activée par aération étendue	3,10
Boue activée conventionnelle	6,70

Table V-3. Coût des nouvelles stations d'épuration construites en Tunisie

Villes	Caractéristiques de la station Type	Débit m^3/jour	Charge DOB kg/j	Coût génie civil	Coût équip.	Coût total	Bureau d'étude	Coût de la capacité DT/m^3/jour
Mahres	CO	780	400	447	286	733	ICN	940
Ouardanine	CO	1160	600	515	428	943	ICN	813
Sayada	CO	1160	600	501	428	929	ICN	801
Kalaa Saghira	CO	1450	500	476	357	833	ICN	574
Zarzis	CO	1330	600	635	428	1063	ICN	799
Sahlin	CO	2560	750	607	445	1052	ICN	411
Sidi Bouzid	CO	2100	900	960	213	1173	ICN	559
Grombalia	CO	2445	1050	558	623	1181	ICN	483
Menzel Bouzelfa	CO	1395	700	557	415	972	ICN	697
Soliman	CO	1257	700	597	415	1012	ICN	805
El Jem	CO	1840	600	769	200	969	ICN	527
Nefta	CO	1335	600	599	400	999	ICN	748
Ksour Essef	CO	1381	500	416	400	816	ICN	591
Houmet Essouk	LA	3500	1500	600	724	1324	SC	378
Kasserin	LA	15000	7500	959	1494	2453	SC	164
Mehdia	LA	10220	4500	1237	1780	3017	SC	295
Gabes	AE	17260	9050	2227	3200	5427	SC	314
Beja	AE	14000	7800	3300	3450	6750	DOR	482
Jendouba	AE	7650	3400	2130	2832	4962	DOR	649
Mejez el Bab	AE	4430	1970	1570	1886	3456	DOR	780
Tabarka	LA	5500	1825	1060	1199	2250	SC	409

Source: table fournie par l'ONAS pendant la visite de la mission.

Abréviations: CO = chenal d'oxydation
LA = lagune aérée
AE = aération étendue
DT = dinars tunisiens
ICN = Ingénieurs conseil néerlandais
SC = Scandiaconsult (Suède)
DOR = Dorsch (Allemagne)

Coût moyen de la capacité par type de traitement

	DT/m^3/jour	DT/personne	$EU/personne
Lagunes aérées	312	31	35
Aération étendue	556	56	62
Chenal d'oxydation	673	67	75

Remarque: on suppose que la consommation d'eau est de 100 litres par personne et par jour.

CONCLUSION: Le coût par personne de l'aération étendue et du chenal d'oxydation est le double de la lagune aérée

En utilisant les données ci-dessus, il faut prendre beaucoup de précautions. Premièrement, les coûts d'exploitation semblent être bas, si on se rapporte à des informations provenant d'autres pays, bien que pour les lagunes facultatives ils correspondent à celui cité par J. Arthur. Deuxièmement, les données sont des moyennes de données provenant de stations individuelles de dimensions très différentes. Le bas niveau des coûts d'exploitation peut aussi indiquer que le système n'est pas correctement entretenu. Lorsque les systèmes prendront de l'âge, il faudra peut-être plus d'entretien. On sait aussi que les coûts d'exploitation varient beaucoup avec les dimensions de la station. En général, les coûts d'exploitation par personne sont bien plus bas dans des grandes stations que dans les petites; aussi, faire la moyenne des deux n'est peut-être pas valable. Les stations de la table V-4 sont classées par ordre de débit croissant, et on peut voir que les coûts d'exploitation unitaires sont plus élevés vers le haut de la colonne, c'est-à-dire pour les stations à plus faible débit. De façon plus spécifique, on peut noter que le coût d'exploitation dépasse 3 DT/personne/an pour neuf des onze stations ayant le débit le plus bas, alors que pour aucune des neuf stations ayant le débit le plus élevé, le coût ne dépasse 3 DT/personne/an.

Table V-4. Coûts d'exploitation dans les stations d'épuration des eaux usées existant en Tunisie

Station	Débit (1990) 1000m³/jour	Coûts d'exploitation (1989) DT/pers/an	Coûts d'exploitation (1990) DT/pers/an	Coûts moyens d'exploitation DT/pers/an	Type de traitement
El Ghedir		0,551	0,610	0,581	
Tanit	0,138	11,674	16,306	13,990	FB
Lalla Mariem	0,573	9,664		9,664	LA
Suihel	1,014	11,169		11,169	BAC
SE3, Nabeul	1,253	4,286	5,523	4,905	CO
Dar Jerba	1,510	8,023	10,478	9,251	BAC
Sidi Sim	1,707	12,375	12,724	12,550	BAC
SE1, Nabeul	2,019	4,718	3,903	4,311	BAAE
Sidi Mehrez	2,069	5,526	4,524	5,025	BAC
Moknine	3,228	0,762	0,750	0,756	LF
SE2, Nebeul	3,428	2,755	3,343	3,049	BAAE
Rades	3,719	0,574		0,574	LF
Dkhila	4,286	2,330	3,240	2,785	BAC
Gafsa	4,469	0,681	0,765	0,723	LF
SE4, Nebeul	7,929	1,300	1,587	1,444	BAC
Kairouan	12,951	0,900	1,010	0,955	BAAE
Côtière Nord	13,757	1,886	1,262	1,574	LF
Sud Meliane	26,591	1,606		1,606	CO
Charguia	31,113	1,027		1,027	BAC
Choutrana	76,437	0,792	1,115	0,954	CO
Source*	1	3	3	4	2

NOTES:
(1) Coûts d'exploitation 1989, DT/Eq.h/an
(2) Coûts d'exploitation 1990, DT/Eq.h/an
(3) Coûts moyens d'exploitation, DT/Eq.h/an

ABREVIATIONS:
SE1 = Station d'épuration No.1
BAC = Boue activée à moyenne charge (conventionnel)
BAAE = Boue activée à aération étendue (faible charge)
LA = Lagune aérée
LF = Lagunage facultatif
CO = Chenal d'oxydation
FB = Filtre bactérien

*Sources d'information:

1. ONAS, Rapport annuel d'exploitation des stations d'épuration, 1990, page 15.
2. ONAS, Rapport annuel d'exploitation des stations d'épuration, 1990, page 7.
3. SOTINFOR/SERAH, Etude de factibilité d'assainissement 2001, Rapport A1, Volume 3, les stations d'épuration, 1992, Table 5-1, Page 81
4. Moyenne des deux colonnes précédentes sans augmenter les prix de 1989.

En vue de réduire l'influence de la dimension des stations sur l'analyse, les coûts d'exploitation de stations dont le débit réel en 1990 était de 2.000 à 5.000 m³ par jour et présentés dans la table V-4 ont été portés dans la table V-5 pour une analyse plus poussée. Quatre stations à boue activée et trois stations de lagunage facultatif ont des débits dans cette tranche. Les coûts moyens d'exploitation par personne pour des stations de dimension semblable et par type de traitement sont:

Technologie de traitement	Coûts d'exploitation/personne/an	
	DT	$EU
Lagunage facultatif	0,684	0,76
Systèmes à boue activée (tous les types)	3,792	4,21

Table V-5. Coûts d'exploitation pour des stations de débits compris entre 2.000 ET 5.000 M³ par jour (Coûts d'Exploitation)

Station	Débit (1990) 1000m³/jour	Coûts d'exploitation (1989) DT/pers/an	Coûts d'exploitation (1990) DT/pers/an	Coûts moyens d'exploitation DT/pers/an	Type de traitement
SE1, Nabeul	2,019	4,718	3,903	4,311	BAAE
Sidi Mehrez	2,069	5,526	4,524	5,025	BAC
Moknine	3,228	0,762	0,750	0,756	LF
SE2, Nabeul	3,428	2,755	3,343	3,049	BAAE
Rades	3,719	0,574		0,574	LF
Dkhila	4,286	2,330	3,240	2,785	BAC
Gafsa	4,469	0,681	0,765	0,723	LF

Voir les notes dans la table V-4

Les coûts d'exploitation des lagunes aérées seront plus élevées que ceux des lagunes facultatives à cause des dépenses supplémentaires d'électricité, mais bien plus bas que les coûts d'exploitation des systèmes à boue activée.

C3. Classement des technologies de traitement secondaire par ordre de priorité

En se basant sur les coûts et les discussions ci-dessus, des estimations approximatives de coûts par personne ont été faites pour les bassins de stabilisation, les lagunes aérées et les stations à boue activée. Ces estimations ont été portées dans la table V-6. Mais comme ces chiffres dépendent des sites et sont très approximatifs on ne doit les utiliser que pour faire une planification générale. En particulier, les coûts d'exploitation semblent trop bas, bien qu'ils reposent sur des données tunisiennes. Comme on l'a déjà noté, ceci pourrait résulter d'un niveau d'entretien insuffisant.

Table V-6. Dépenses d'investissement pour une planification préliminaire

	Bassins de stabilisation	Lagunes aérées	Boue activée
Dépenses d'investissement $EU/personne	50	75	125
Coûts d'exploitation	1,00	2,00	4,00

Les valeurs ci-dessus sont des estimations grossières basées sur des chiffres présentés dans la table V-2 à pour des travaux de planification et peuvent ne pas s'appliquer à un site spécifique. Voir texte.

Il est à noter que les technologies avec les dépenses d'investissement les plus basses ont aussi les coûts d'exploitation les plus bas. Par conséquent, une analyse de valeur actuelle ne changera pas le classement relatif des différentes technologies.

Comme on l'a noté dans le texte, une différence fondamentale entre les technologies des lagunes (bassins de stabilisation et les lagunes aérées) et la technologie de la boue activée est que les premières exigent beaucoup de terre et ceci indique que les technologies de lagunes ne peuvent être appliquées près des zones fortement construites parce que le terrain y serait trop cher. L'étude de factibilité faite pour la Banque mondiale (SOTINFOR/SERAH, 1992, Volume 2, page 104) a estimé le coût de l'hectare à 60.000 DT dans les zones suburbains, 30.000 dans les zones rurales et 15.000 dans les zones rurales ayant une valeur agricole minime, soit environ 6 $EU, 3 $EU et 1,50 $EU le mètre carré respectivement.

En utilisant ces chiffres de valeur de la terre et les superficies nécessaires par personne pour chaque technologie (chiffres qui ont été donnés plus haut), les coûts de la terre pour les diverses technologies d'épuration et par personne ont été estimés et sont présentés dans la table V-7. Le total des dépenses d'investissement par personne, y compris le prix de la terre, pour les différentes technologies de traitement secondaire se trouvent au bas de la table V-7.

Une conclusion intéressante qui découle de la table V-7 est que même en tenant compte du prix de la terre, la technologie du bassin de stabilisation est économiquement plus avantageuse que celles qui demandent plus d'équipement et d'ouvrages. Cette conclusion suggère que les bassins de stabilisation semblent être la technologie de choix, même dans des villes plus grandes.

Table V-7. Dépenses d'investissement par personne y compris le prix du terrain

	Bassins de stabilisation	Lagunes aérées	Boue activée
Coût d'investissement des stations d'épuration *[1]	50	75	125
Terre nécessaire ** Mètres carrés/personne	4,0	0,6	0,4
Prix de la terre par mètre carré (1992)*[2]			
Urbaine	6,00	6,00	6,00
Rurale	3,00	3,00	3,00
Rurale de faible valeur	1,50	1,50	1,50
Prix de la terre par personne			
Urbaine	24	4	2
Rurale	12	2	1
Rurale de faible valeur	6	1	-
Total Coût des stations de traitement avec la terre*			
Urbaine	74	79	127
Rurale	62	77	126
Rurale de faible valeur	56	76	125

* $EU par personne

** On a supposé que la superficie totale dans cette table est double de celle qui est notée dans le texte, pour satisfaire aux besoins du processus d'épuration. La superficie supplémentaire est nécessaire pour les routes d'accès, les bâtiments d'exploitation, etc.

[1] Chiffres tirés de la table V-6, section V.

[2] Source SOTINFOR/SERAH, 1992

SECTION VI
PROGRAMME D'EXECUTION

La stratégie, les dispositions institutionnelles et les technologies appropriées pour les systèmes d'épuration des eaux usées dans les petites villes tunisiennes ont été examinés dans les sections précédentes du présent rapport. La présente section recommande un programme pilote pour exécuter la planification, la préparation des plans et la construction des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes. Le terme *pilote* est utilisé dans ce rapport parce qu'on l'emploie aussi dans la description des tâches de la mission et ailleurs. Le terme signifie souvent que le programme n'a pas fait ses preuves, mais dans ce rapport, il désigne la première étape de l'exécution et ne signifie pas que le programme n'a pas fait ses preuves.

Les objectifs du programme pilote recommandé dans cette section sont les suivants:

- Développer au sein de l'ONAS la capacité de planifier et de superviser le tracé des plans de stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes, de façon efficace et économique.

- Confirmer cette capacité en construisant quelques stations d'épuration dans des petites villes, c'est-à-dire d'établir un dossier d'antécédents.

L'ONAS a établi une liste de 44 villes, parmi les 119 couvertes par ce rapport, auxquelles il accorde une priorité plus élevée pour recevoir les services d'épuration des eaux usées pendant l'exécution du programme. Les critères utilisés pour classer ces villes par ordre de priorité et les estimations des coûts qui en dérivent sont décrits dans l'annexe H.

A. Changements de conception

D'une façon générale, le programme d'exécution recommandé ici est assez semblable au programme utilisé dans le passé, mais avec deux grands changements. Premièrement, pour tracer des plans de bassins de stabilisation et de lagunes aérées qui conviennent aux petites villes, il est nécessaire d'adopter une approche consistant à "penser petit", et d'acquérir une expertise spéciale pour les petites stations d'épuration.

Deuxièmement, nous avons le sentiment que si l'on décide d'appliquer les technologies des bassins de stabilisation et des lagunes aérées, pratiquement tout le travail de planification et de préparation des plans peut être fait dans le pays, avec des ingénieurs et des firmes tunisiennes, plutôt que des consultants étrangers.

Autrefois, ce sont des consultants étrangers qui ont tracé les plans des principales stations d'épuration en Tunisie. Au cours de son travail avec ces consultants, l'ONAS a mis sur pied une équipe de génie compétente. L'équipe de génie de l'ONAS a commencé à acquérir de l'expérience en préparant les plans de deux stations d'épuration avec un

minimum d'assistance étrangère. On pense qu'avec un peu plus d'expérience et de formation, les cadres de l'ONAS pourront faire les plans préliminaires et superviser un programme pour faire concevoir et planifier des bassins de stabilisation et des lagunes aérées pour les petites villes, par des bureaux d'études tunisiens.

Comme les systèmes à boue activée sont bien plus complexes, il faudra encore pendant plusieurs années faire appel à des ingénieurs étrangers pour aider à préparer les plans.

On croit en général que les plans des petites stations sont plus faciles à préparer que ceux des grandes stations, mais ceci n'est pas fondé. En fait, il peut même être plus difficile de planifier des petites stations que des grandes parce que les ressources de toutes sortes sont sévèrement limitées dans une petite station et qu'il faut donc avoir plus d'ingéniosité. En se concentrant sur les besoins spéciaux des petites stations, l'équipe de planification acquiert une grande expérience avec les caractéristiques spéciales et les limitations des petites stations et développe son aptitude à penser à petite échelle (c'est-à-dire de choisir les solutions qui conviennent aux petites stations). Par contre, il est difficile de réorienter des ingénieurs qui ont l'expérience des grandes stations.

B. Planification et conception technique

B1. Création d'une équipe de préparation de petits projets

On recommande que l'ONAS crée une équipe de préparation de petits projets dans le cadre de sa section technique pour superviser la préparation des plans et la construction des systèmes de bassins de stabilisation et de lagunes aérées pour les petites villes. Cette équipe aurait les responsabilités suivantes:

- Préparer et maintenir des listes de villes prioritaires où les prochaines stations d'épuration devront être construites.

- Evaluer les terres disponibles pour déterminer s'il est possible d'implanter des bassins de stabilisation ou des lagunes aérées.

- Pour les villes dans lesquelles les bassins de stabilisation et les lagunes aérées constituent la technologie la plus appropriée, choisir un site et préparer un plan préliminaire de la station. Les plans comprendront un plan général du site, les procédés de traitement qui seront adoptés (par exemple, deux lagunes anaérobies en parallèle, une lagune facultative à présent et une autre dans le futur et trois bassins de maturation à présent et trois autres dans le futur), les critères de planification et/ou les dimensions principales de la station de traitement, et un profil hydraulique approximatif.

- Faire exécuter les plans détaillés des stations (les plans d'aménagement, les plans structuraux, les plans électriques, etc.) par des bureaux d'études tunisiens sous contrat.

- Passer en revue les plans et les documents d'appels d'offres préparés par les bureaux d'études tunisiens.

- Acquérir la terre nécessaire pour la station d'épuration.

- Lancer l'appel d'offres pour soumissions d'entrepreneurs locaux. Choisir le soumissionnaire responsable le moins cher et attribuer le contrat de la construction.

- Superviser la construction. Le travail de construction doit être inspecté tous les jours par un inspecteur sur place, qui pourra être nommé par l'ONAS ou mandaté par un bureau d'études local.

L'équipe de préparation des petits projets devrait comprendre plusieurs ingénieurs pour le planning et des techniciens pour les plans et les levés, et un personnel de secrétariat d'appui selon les besoins. Il faudra probablement faire appel au personnel existant de l'ONAS qui est familier avec ses procédures et les stations d'épuration déjà construites. Cependant, ce personnel devra être libéré de toutes ses autres obligations pour lui donner le temps de s'occuper des projets pour les petites villes. Plusieurs personnes seront désignées comme membres de l'équipe afin qu'ils puissent se remplacer lorsque l'un d'entre eux n'est pas disponible.

B2. Volet de familiarisation

Comme des bassins de stabilisation et des lagunes aérées ont déjà été construits en Tunisie, le personnel de l'ONAS est quelque peu familier avec ces technologies. Cependant, comme la plupart de ces stations ont été planifiées par des consultants étrangers, l'ONAS a eu assez peu d'expérience pratique. On recommande donc de prévoir un volet de familiarisation pendant la phase pilote. Le volet de familiarisation aura deux composantes, la diffusion de publications techniques et une série de visites dans des sites.

B2a. Diffusion de publications techniques

Les ingénieurs qui seront désignés pour l'équipe de préparation des petits projets recevront des livres et des manuels (en français et/ou en arabe selon le cas) sur la planification des bassins de stabilisation et des lagunes aérées. Les publications comprendront des films vidéo et du matériel de formation dirigée.

Les publications techniques ne devraient pas seulement traiter des aspects théoriques, mais aussi des aspects pratiques de la planification, y compris une liste de pratiques acceptables et inacceptables, des exemples de bonnes et de mauvaises conceptions, et des discussions de problèmes qui ont surgi.

B2b. Visite à des sites

Pour renforcer la confiance des membres de l'équipe envers les bassins de stabilisation et les lagunes aérées, on recommande qu'ils aillent visiter plusieurs sites pour observer ces technologies. Ces visites pourraient inclure:

- Toutes les stations de bassins de stabilisation et de lagunes aérées en Tunisie.
- Des stations semblables en Egypte et en Jordanie.
- Des stations semblables aux Etats-Unis.

Les sites à visiter devraient inclure aussi bien des grandes stations d'épuration comme la station d'Amman, en Jordanie ou de Bakersfield en Californie, pour prouver que les technologies des bassins de stabilisation et de lagunes aérées peuvent servir des villes de plus de 100.000 habitants et jusqu'à de toutes petites stations ne desservant que quelques centaines de personnes[1]. Les stations visitées devront inclure quelques bassins anaérobies et quelques modèles plus économiques qui n'ont pas de système séparé d'élimination des grandes impuretés ou des berges avec un revêtement. Il est aussi désirable de visiter des installations dans lesquelles les effluents épurés sont utilisés pour l'irrigation.

Les idées et les informations recueillies pendant ces visites peuvent encourager les membres de l'équipe à préparer des plans plus économiques, en appliquant des critères de planification moins conservateurs, en prévoyant des lagunes anaérobies et en omettant des éléments tels que les chambres de dégrillage, le revêtement du fond des lagunes et le revêtement des berges.

B3. Phase de planification

On recommande d'engager, pendant la phase pilote, un ingénieur étranger qui a de l'expérience dans la planification de petites stations d'épuration et qui vienne travailler avec les ingénieurs de l'équipe de préparation des petits projets sur quelques projets initiaux. Pendant la phase de conception il faudrait inclure des études de cas, familiariser les ingénieurs avec les aspects pratiques du procédé, et que chaque ingénieur de l'équipe prépare plusieurs plans en tant qu'exercice pratique supervisé.

B3a. Etudes de cas

Le premier travail doit comprendre des études de cas dans lesquels les ingénieurs de l'équipe préparent des plans préliminaires pour quelques sites, y-compris ceux où des technologies plus élevées ont été utilisées par le passé, comme à Kairouan ou à l'aéroport de

---

[1]La station d'épuration à Amman fonctionne en ce moment avec des charges organiques et des débits qui dépassent de beaucoup sa capacité prévue, et connaît des problèmes de conception et d'exploitation. Cependant, elle constitue tout-de-même un exemple utile pour montrer que des systèmes à technologie simple peuvent être utilisés efficacement pour desservir des villes relativement grandes. La station d'Amman sera améliorée bientôt, de manière à pouvoir satisfaire toute la demande en matière d'épuration.

Tabarka. Les plans tracés pour chaque site seront alors comparés à ceux qui existent déjà, et on discutera des avantages et inconvénients des uns et des autres.

B3b. Familiarisation avec le processus d'élaboration d'un projet

L'ingénieur étranger organisera des discussions qui auront pour objet de familiariser les membres de l'équipe avec les aspects pratiques du travail de conception, de construction et d'exploitation des bassins de stabilisation et des lagunes aérées. Parmi les sujets traités, tracer les plans préliminaire, engager des consultants, réviser les plans, préparer les appels d'offres, acquérir le terrain, superviser la construction et assurer la gestion financière. Cette partie de la formation devra inclure des discussions et/ou des conférences par des fonctionnaires tunisiens sur les procédures d'acquisition des terres, les procédures de comptabilité financière du gouvernement, et les exigences pour la participation du public à ce processus. Il faudra aussi organiser des discussions et des conférences avec des ingénieurs de bureaux d'études et des entrepreneurs locaux pour familiariser les cadres de l'ONAS avec les capacités, les approches et les problèmes de ces organisations.

B3c. Planification supervisée

Après les études de cas, chaque ingénieur de l'équipe préparera un plan préliminaire pour une petite ville, pour lequel l'ingénieur étranger fera des suggestions.

En vue de permettre aux projets supervisés de progresser rapidement après que les plans préliminaires aient été achevés, un financement devra être disponible pour tracer les plans et construire les trois premières stations d'épuration, avant même que l'ingénieur étranger apporte son assistance à la phase de préparation des plans.

B4. Phase d'évaluation

Pendant la phase de planification, l'ingénieur étranger devra élaborer un programme de suivi et d'évaluation pour juger de l'efficacité du programme d'épuration des eaux usées dans les petites villes. Le programme de suivi et d'évaluation devra traiter au moins des sujets suivants:

- Le choix de la technologie
- La préparation des plans préliminaires
- La préparation des plans détaillés par des consultants privés
- Les procédures d'appels d'offres et d'attribution des contrats
- Les procédures de construction et d'inspection
- Le démarrage et le fonctionnement des nouvelles stations
- Des suggestions pour le programme courant

Après que les station d'épuration des eaux usées des petites villes de la première phase aient fonctionné pendant un certain temps, on recommande qu'un consultant étranger, de préférence celui qui a participé à la phase de planification, vienne évaluer les activités et

les résultats. Cette évaluation devrait probablement se faire environ deux ans après la phase de planification.

C. Calendrier et budget notionnels

Un calendrier et un budget notionnels très approximatifs pour la phase pilote du programme décrite ci-dessous est présenté dans la table VI-1 à la page suivante. Le calendrier et le budget présentés sont extrêmement préliminaires et les chiffres représentent les estimations des auteurs et ne proviennent d'aucune autre source.

C1. Publications techniques

Le coût de la fourniture des publications techniques à l'ONAS comprend non seulement le coût de la littérature elle-même, mais aussi le temps nécessaires aux personnes qualifiées de choisir, de collecter et d'envoyer ce matériel. Cette assistance technique est estimée environ à 5.000 dollars EU et prendra environ un mois.

C2. Visites sur les sites

On a supposé que les visites aux sites incluront un voyage de deux semaines en Egypte et en Jordanie, et un voyage de deux semaines en dehors du Proche-Orient, par exemple aux Etats-Unis et qui coûteront respectivement 3.000 et 5.000 dollars EU par personne. En supposant que trois ingénieurs seront envoyés pour chaque voyage, le coût total sera d'environ 24.000 dollars EU pour les voyages et le per diem des ingénieurs tunisiens. Il faudra aussi prévoir un supplément de 15.000 dollars EU pour payer les hôtes qui guideront les tournées en Egypte et en Jordanie et aux Etats-Unis. Enfin, pour éviter de trop fatiguer l'équipe, on suggère que ces tours soient étalés sur une période de deux mois au moins.

C3. Phase de planification

La dépense principale pour l'assistance technique pendant la phase de planification sera pour l'ingénieur étranger, et représente approximativement 15.000 dollars EU par mois y compris le transport et le per diem. Il est difficile d'estimer quelle sera la durée du travail de l'ingénieur étranger avec les ingénieurs de l'équipe, compte tenu du fait que ces derniers ne seront sans doute pas disponibles à plein temps. Il suffirait probablement que l'ingénieur étranger soit disponible à temps partiel, ou par intermittences, mais ceci sera difficile à organiser à moins que son temps puisse être partagé avec un autre projet. Un des ingénieurs du programme d'assistance allemand en mission auprès de l'ONAS pourrait être détaché pour un de ces postes. Pour l'estimation du budget notionnel du programme pilote proposé, on a supposé que l'ingénieur étranger serait nommé pour quatre mois, ce qui coûtera environ 60.000 dollars EU.

Table VI-1. Proposition de programme pilote
(Les coûts représentent les estimations de l'auteur)

Phase /activité	Coût de l'assistance technique ($ EU)	Coût de la construction	Temps nécessaire, en mois	Temps nécessaire cumulé, en mois
Publications techniques	5.000	aucun	1	1
Visites aux sites	39.000	aucun	2	3
Phase de planification	60.000	4.000.000	6	9
Phase d'évaluation	15.000	aucun	1	vers le mois 24
Pleine exécution	aucun	46.000.000	24	selon le financement disponible

Il faut noter à nouveau que le financement devrait être en place pour les projets dont la planification est supervisée, avant même le commencement de la phase de planification de façon que ces projets puissent passer à l'étape de la construction sans trop de délais. Le programme d'urgence de l'ONAS, présenté dans l'annexe H prévoit un coût estimé à 45 millions de DT pour 44 stations, soit environ 1,1 millions de dollars EU pour chaque station de traitement des eaux usées dans les petites villes. En supposant que chacun des trois ingénieurs de l'équipe de l'ONAS fasse le plan d'un projet pour une petite ville, le financement nécessaire pour les trois stations et qui devrait être disponible se chiffre à environ 3,3 millions de dollars EU. Mais comme les premiers projets entrepris risquent d'être plus importants que la moyenne, il faudra sans doute arrondir le financement nécessaire à la construction à 4 millions de dollars EU.

C4. Phase d'évaluation

La principale dépense d'assistance technique pendant la phase d'évaluation sera pour un ingénieur étranger pendant un mois. Comme on l'a vu plus haut, le coût sera d'environ 15.000 dollars EU.

C5. Exécution à grande échelle

Selon le programme d'urgence de l'ONAS (annexe H), les dépenses totales de construction seront de 45 millions de DT, soit environ 50 millions de dollars EU. Si on utilise 4 millions durant la phase d'évaluation, on aura besoin d'un montant supplémentaire

de 46 millions de dollars EU pour l'exécution à grande échelle du programme, qui pourrait bien commencer avant que la phase pilote ne soit achevée.

Pour déterminer le calendrier de la préparation des plans et de la construction, les durées ci-dessous semblent raisonnables pour les besoins de la planification:

Activité	Temps nécessaire
Planification préliminaire et acquisition préliminaire de la terre	3 mois
Planification détaillée et acquisition finale de la terre	6 mois
Appel d'offres et contrats	3 mois
Construction et démarrage	12 mois

Le temps qui s'écoulera entre le début de la planification préliminaire et le début de l'exploitation de la station sera d'environ deux ans pour un projet normal.

D. Exploitation

Les structures institutionnelles nécessaires pour assurer l'exploitation d'une station d'épuration des eaux usées dans une petite ville ont été examinées dans la section IV du présent rapport. Il semble que l'on ne soit pas tombé d'accord sur la question de savoir qui serait chargé de l'exploitation des stations d'épuration dans des villes ayant moins de 20.000 habitants. La SONEDE pourrait bien être l'institution qui pourrait le mieux exploiter les stations d'épuration dans les petites villes, probablement avec l'aide des ateliers de réparation régionaux de l'ONAS pour réparer les équipements importants.

Résoudre les problèmes institutionnels pour les petites villes dépasse le cadre de la présente mission. On recommande donc que, comme première tâche, l'équipe de préparation des petits projets de l'ONAS s'occupe de ce problème et entame des discussion avec les institutions concernées.

Le rapport de planification préliminaire qui sera préparé pour chaque station d'épuration dans une petite ville devra inclure une section sur le fonctionnement et l'entretien. Cette section devra contenir les éléments suivants:

- La recherche et l'étude de l'institution qui sera chargée de l'exploitation du système. Il faudra aussi considérer la possibilité d'une participation du secteur privé à la propriété et à l'exploitation de ces systèmes ou encore l'approche des groupements d'usagers de l'eau pour gérer les petites stations d'épuration des eaux usées.

- La liste et l'examen des tâches nécessaires pour le fonctionnement et l'entretien des systèmes.

- Une estimation du temps nécessaire à assurer le fonctionnement et l'entretien et le coût de ces activités.

E. Priorités

L'étude actuelle *Assainissement 2001* suit les priorités nationales officielles, et qui sont:

- Protéger l'économie, et en particulier le tourisme
- Faire l'épuration des eaux usées là où il existe des systèmes d'égouts et qui déversent des eaux d'égout non épurées
- Servir des lieux ayant des problèmes connus

L'ONAS a publié son propre rapport (voir annexe H) dans lequel il classe les villes dont la population est comprise entre 2.000 et 10.000 habitants par ordre de priorité. La méthode appliquée pour déterminer les priorités est expliquée dans l'annexe H et comprend les critères suivants:

- L'existence d'un réseau d'égouts public
- Le pourcentage de la population liée au réseau d'égouts
- Les conditions sanitaires dans la ville
- La localisation de la ville sur la côte (pour le potentiel touristique)

Ces critères semblent fournir une base rationnelle pour classer les villes par ordre de priorité. Compte tenu de la rapidité et du degré de détail avec lesquels les cadres de l'ONAS ont préparé l'annexe H, ils semblent avoir une excellente connaissance de la situation des eaux usées dans les petites villes et sont bien préparés pour déterminer les priorités.

Les priorités en matière d'épuration des eaux usées doivent être établies conformément aux priorités nationales sur la qualité de l'environnement en Tunisie, afin d'assurer que les normes de qualité de l'eau soient respectées, et soient conformes à un rythme de développement national soutenu.

Cependant, il est recommandé que les villes choisies pour recevoir des services d'épuration des eaux usées dans les premières phases de l'exécution du programme soient celles qui peuvent utiliser les bassins de stabilisation ou les lagunes aérées.

F. Financement

Elaborer un programme financier pour les stations d'épuration dans les petites villes de Tunisie était en dehors du mandat de la présente mission; cependant, le financement nécessaire au programme pilote a été examiné plus haut.

Pour le financement, on recommande une approche de portefeuille par laquelle la compétence de l'ONAS pour exécuter des projets serait d'abord développée et mise à l'épreuve dans le programme pilote. Après avoir achevé le programme pilote, l'équipe de

préparation des petits projets poursuivrait la planification des projets dans le cadre des financements disponibles. L'équipe dressera tout-au-moins une liste des petites villes qui recevront par la suite des stations d'épuration et sera préparée à poursuivre ces projets à mesure que les financements seront disponibles. Le nombre de projets entrepris à un moment donné dépend du montant du financement disponible.

La réalisation du programme pilote décrit dans cette section donnera à l'équipe un dossier d'antécédents qui permettra de bâtir la confiance des institutions financières et de les convaincre que l'argent dépensé pour des stations d'épuration dans les petites villes est judicieusement investi.

Des fonds seront nécessaires pour couvrir les frais courants d'exploitation des stations d'épuration dans les petites villes. Dans la table V-6, on estime que le coût annuel d'exploitation sera d'environ 1 DT par personne pour les systèmes de bassins de stabilisation et de 2 DT par personne pour les lagunes aérées. En supposant qu'il y ait cinq personnes par foyer, le coût total d'exploitation par foyer sera de 5 à 10 DT par an, soit inférieur à 0,5 à 1 DT par mois. Le moyen le plus pratique de collecter ces fonds sera que la SONEDE les ajoutent à la facture de l'eau, et les remettent à l'ONAS après la collecte. Cet arrangement serait en vigueur dans les grandes villes.

Dans tous les cas, le Gouvernement de la Tunisie doit sérieusement étudier la mise en place de mécanismes de financement et de recouvrement des coûts pour soutenir les dépenses d'investissement et d'exploitation pendant toute la durée de vie de chaque station d'épuration en vue d'assurer la pérennité financière du service fourni. Le Gouvernement de la Tunisie devra élaborer une stratégie globale pour le traitement des eaux usées qui accordera toute l'importance voulue au rôle du financement dans la planification, la construction et la gestion de ces systèmes.

SECTION VII
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A. Conclusions

Les conclusions présentées en divers points de ce rapport sont résumées ci-dessous:

1) Les stations d'épuration des eaux usées de Tunisie ont été bien conçues et sont bien construites, et la majorité d'entre elles fonctionne raisonnablement bien. La technologie d'épuration appliquée dans la plupart de ces stations et dans la plupart des stations en voie de construction dans les villes secondaires est le procédé relativement complexe de la boue activée. Compte tenu de la dimension de ces stations et de leur implantation dans des zones fortement développées, le choix de cette technologie semble justifié.

2) Pour les petites villes, des technologies d'épuration moins compliquées et moins coûteuses seront nécessaires. Les technologies les plus appropriées et les moins coûteuses identifiées dans cette étude sont le procédé du bassin de stabilisation et celui du lagunage aéré. Ces deux procédés sont déjà utilisés dans quelques sites en Tunisie, et une certaine expérience a déjà été acquise.

3) L'ONAS, l'organisme tunisien chargé de fournir les services d'épuration des eaux usées, semble capable de servir les petites villes à condition que son personnel se familiarise avec les technologies appropriées et réoriente son approche vers la planification des systèmes à petite échelle.

4) Aucune institution ne semble avoir été chargée de l'exploitation des stations d'épuration des eaux usées dans les villes dont la population est inférieure à 20.000 habitants. L'ONAS, la SONEDE ou les municipalités pourraient assurer ce service. La SONEDE semble être la mieux placée pour assurer l'exploitation de ces stations parce qu'elle aura du personnel technique qualifié dans chaque petite ville où une station d'épuration sera construite Si on applique des technologies d'épuration simples telles que le procédé des bassins de stabilisation, l'entretien peut être assuré par une main d'oeuvre non qualifiée. Ou encore, ce travail pourrait être confié à des agriculteurs locaux qui, en retour, auraient le droit d'utiliser les eaux épurées pour l'irrigation.

5) Certains fonds seront nécessaires pour couvrir les dépenses d'exploitation des stations d'épuration. Le moyen le plus approprié de collecter des fonds auprès des utilisateurs du système sera d'en ajouter le montant à la facture de l'eau.

6) Les normes de traitement tunisiennes sont peut-être légèrement plus strictes qu'il le faut, mais le traitement secondaire des eaux usées sera nécessaire dans

la plupart des cas pour éviter les inconvénients. Les procédés d'épuration des eaux usées identifiés dans ce rapport comme étant les plus appropriés sont en général capables de faire un traitement secondaire et de se conformer aux normes courantes. Il n'est donc pas nécessaire de changer les normes actuelles.

B. Recommandations

Les recommandations de ce rapport sont présentées dans les sections précédentes et sont résumées ci-dessous:

1) Lorsqu'il y a assez de terre disponible, il faut utiliser les bassins de stabilisation comme technologie d'épuration des eaux usées dans les petites villes de Tunisie.

2) Lorsque la terre est plus limitée, il faudra utiliser les lagunes aérées, si possible.

3) Pour l'épuration des eaux usées, il ne faut utiliser les systèmes de boue activée que si la terre est très limitée et dans les plus grandes villes concernées par le programme. Dans la plupart des cas, il vaudrait peut-être mieux pomper les eaux usées pour les amener vers un site plus distant où il y a plus de terre disponible plutôt que de construire des stations à boue activée.

4) Pour choisir la technologie qui convient le mieux à un site spécifique, les coûts de la construction et de l'exploitation doivent être évalués sur la base de la valeur actuelle pour identifier l'option la moins coûteuse.

5) L'ONAS devrait créer une équipe de préparation des petits projets pour superviser la planification et la construction des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes. La formation de cette équipe devra inclure: la lecture de publications techniques, des visites à des stations avec bassins de stabilisation et lagunes aérées en Egypte, en Jordanie et aux Etats-Unis, des études de cas, des séances de familiarisation avec le processus de réalisation d'un projet, et enfin, un programme de planification réelle sous la supervision d'un ingénieur étranger.

6) L'équipe de préparation des petits projets devrait commencer une concertation en vue de déterminer quelle institution fournira le personnel pour l'exploitation des stations d'épuration dans les petites villes. Il faudra aussi envisager de faire participer le secteur privé à la propriété et/ou à la gérance de ces stations, et de les faire gérer par des groupements d'usagers de l'eau.

7) Le Gouvernement de la Tunisie devra élaborer une stratégie globale pour financer, planifier, construire et exploiter les stations d'épuration d'eau usées à petite échelle.

8) Le Gouvernement de la Tunisie devra envisager l'établissement de mécanismes de financement et de recouvrement pour les dépenses d'investissement et d'exploitation. Ces mécanismes sont nécessaires pour assurer la pérennité financière des systèmes de collecte et d'épuration des eaux usées.

9) L'ONAS devra préparer des plans préliminaires pour les stations d'épuration, mais les plans détaillés devront être confiés sous contrat à des bureaux d'études privés tunisiens. La construction sera confiée à des entrepreneurs privés tunisiens.

10) Il faut envisager de faire en sorte que l'ONAS devienne la source d'information technique en matière de planification et de construction de réseaux d'égouts, fonctions qui sont sous la responsabilité des autorités locales, et des installations d'épuration sur place. Ce rôle doit inclure la publication de manuels techniques et d'informations à l'usage d'autres agences.

ANNEXE A
DESCRIPTION DES TACHES D'EVALUATION DES PETITS SYSTEMES D'EPURATION DES EAUX USEES

La mission PRIDE a été mandatée pour aider l'USAID/Tunisie et le Ministère tunisien de l'environnement et de la planification physique nationale, ministère nouvellement formé, à évaluer des technologies appropriées pour épurer les effluents d'eaux usées dans les moyennes et petites villes de Tunisie (généralement définies comme ayant moins de 6.000 habitants). Le mandat de la mission était:

- Déterminer l'étendue du problème.
- Identifier les technologies actuellement utilisées (le plus souvent on déverse des effluents non épurés dans l'oued sec le plus proche).
- Evaluer les possibilités d'appliquer des technologies simples mais améliorées utilisées aux Etats-Unis et ailleurs (par exemple, les bassins de stabilisation et les lagunes aérées) pour traiter les effluents et réduire les effets néfastes sur la santé et l'environnement.
- Mesurer l'intérêt que pourraient offrir des activités pilotes, en planifiant éventuellement de telles activités.

Les tâches spécifiques de la mission étaient les suivantes, la liste n'étant pas limitative:

1. Rencontrer les cadres du projet PRIDE et autres spécialistes du traitement des eaux usées avant le départ des Etats-Unis (2 jours);
2. Rencontrer le personnel de l'USAID/Tunisie pour une orientation détaillée;
3. Faire l'évaluation des petits systèmes d'épuration avec le Ministère de l'environnement et d'autres cadres du gouvernement (12 jours). Les activités à entreprendre comprennent les tâches suivantes:
   a. Une revue de la documentation et des interviews de personnes concernées (identification du problème).
   b. Des visites à des agglomérations urbaines de petite et moyenne dimension pour passer en revue les méthodes employées pour manipuler et évacuer les eaux usées (vérification du problème).
   c. L'identification et l'évaluation des technologies alternatives d'épuration des eaux usées appliquées aux Etats-Unis et ailleurs, ainsi que les technologies appliquées par le Gouvernement de la Tunisie et d'autres bailleurs de fonds

(par exemple, l'aide bilatérale allemande).

d. L'évaluation de la capacité des ressources institutionnelles tunisiennes de conduire des tests pilotes de technologies appropriées alternatives.
e. L'évaluation des capacités d'appui (fonctionnement, entretien, etc.) au niveau de la communauté pour les technologies pilotes.
f. L'évaluation de la faisabilité et de l'environnement politique pour la préparation d'un plan d'action en vue d'élaborer et d'appliquer une stratégie nationale.

4. Mettre les observations par écrit, et présenter un rapport préliminaire au Gouvernement de Tunisie et à l'USAID/Tunisie avant le départ (cinq jours, et peut-être cinq jours de plus s'il s'avère possible d'élaborer un plan d'action pour une stratégie nationale).

5. Finaliser le rapport après le départ, avec plans esquissés et descriptions de tâches pour les activités de suivi (six jours).

Le calendrier provisoire suivant a été proposé:

1.	Discussions sur la description des tâches	2 - 6 mars
2.	Configuration et recrutement de la mission	9 - 13 mars
3.	Approbation de l'équipe et de la description des tâches	6 - 20 mars
4.	Orientation de la mission à Washington	1ère semaine d'avril
5.	Arrivée à Tunis	2ème semaine d'avril
6.	Rapport préliminaire	fin avril
7.	Rapport final	fin mai

ANNEXE B
PERSONNES RENCONTREES ET SITES VISITES

Lundi 20 avril

1. USAID/Tunis

   James A. Graham, Directeur de la mission
   Fathi Kraiem, Spécialiste du programme de développement urbain, RHUDO/NENA
   Hafid Lakhdhar, Population et planning familial

2. Ministère de l'environnement

   S.E. Saleh Jebali, Ministre de l'environnement
   M. Abdel Latif, Chef de Cabinet, Ministère de l'environnement
   M. Houcine Essaied El Bech, S. Directeur de la planification et du développement
   Fathi Kraiem
   Hafid Lakhdhar

3. ONAS

   M. Abderrahman Gannoun, Chef du Département développement
   M. Hajj Ali Habib, Directeur des études
   Mme. Benzarti, Directrice de la coopération internationale
   M. Houcine Essaied El Bech
   M. Farid Sakli, Assistant directeur des études
   M. Daoud Ayad, Assistant directeur des études
   Fatih Kraiem
   Hafid Lakhdhar

Mardi 21 avril

1. ONAS: M. Houcine Essaid El Bech accompagne la mission PRIDE dans sa visite à trois stations d'épuration des eaux usées dans la zone métropolitaine de Tunis

   a) Station d'épuration de Choutrana
      M. Ben Massaoud, Chef de district, district Ariana
      M. Kalai, Chef de station

   b) Station d'épuration du district côtier nord
      M. Snoussi, Chef de district, district côtier nord
      M. Bouchoucha, Chef de station

c) Station d'épuration de Cherguia
M. Ben Hamed, Chef de station
M. Fathi Oueslati, Directeur, maintenance et matériaux fixes
M. Felfoul Ahmed, Directeur des matériaux roulants
M. Jrad Roussine, Ingénieur, responsable de la DMMR (division maintenance matériaux roulants)

Mercredi 22 avril

1. ONAS/Tunis: M. Marouani, responsable de la recherche, accompagne la mission PRIDE à Nabeul pour visiter les sites ci-dessous:

2. ONAS/Nabeul: La mission PRIDE est reçue par les personnes suivantes à l'ONAS/Nabeul qui est le bureau régional de l'ONAS pour la région nord-est de la Tunisie, et qui l'accompagnent aux sites du gouvernorat de Nabeul:

   a) M. Ben Mansour, Chef de département, département nord-est
   b) M. Ben Saleh, Directeur de l'exploitation à Nabeul
   c) M. Kamoun, Directeur de l'exploitation nord-est

3. Station de recherche et d'épuration No.3 (SE3) à Nabeul

   Professeur Haddad

4. Station d'épuration No.4 (SE4) à Nabeul

   M. Rhouma, Chef de station

5. La mission PRIDE et les membres de l'ONAS visitent alors les agglomérations suivantes qui n'ont pas de station d'épuration:

   a) Maamoura
   b) Som'a
   c) Tazaarka
   d) Korba
   e) Takelsa
   f) Soliman (station en cours de construction)
   g) Bou Argoub

Jeudi 23 avril

1. ONAS/Tunis: M. Haj Ali Nourredine de l'ONAS/Tunis accompagne la mission PRIDE dans sa visite à Sousse et à Kairouan.

2. ONAS/Sousse: La mission rend visite au bureau de l'ONAS à Sousse, qui est chargé de la planification et de l'exploitation des stations d'épurations dans six gouvernorats (Sousse, Monastir, Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid, et Mahdia).

3. Messadine:
M. 'Aoun, Directeur de l'exploitation centre

4. M'saken: La mission traverse cette ville en voiture

5. ONAS/Kairouan: M. Hlioui, Chef de district de Kairouan, accompagne la mission à la station d'épuration de Kairouan.

6. Station d'épuration de Kairouan.
M. Mhiri, Chef de la station à Kairouan

7. Haffouz: Le Secrétaire général de la mairie et un technicien reçoivent la mission et l'accompagnent dans l'oued où les eaux usées sont déversées.

Vendredi 24 avril

1. ONAS/Tunis: La mission PRIDE présente ses observations, basées sur sa première semaine de travail aux cadres de l'ONAS et aux représentants de l'USAID suivants:

M. Abderrahman Gannoun
M. Hajj Ali Habib
Mme. Benzarti
M. Houcine Essaied El Bech
M. Marouani
M. Farid Sakli
M. Daoud Ayad
M. Fetih Kraiem
M. Hafid Lakhdhar

Mardi 26 avril

1. ONAS/Tunis: La mission PRIDE présente un plan de rapport préliminaire et une liste préliminaire de technologies alternatives aux personnes suivantes:

A. Dans le bureau de M. Gannoun

M. Abderrahman Gannoun
Mme. Benzarti
M. Haj Ali Habib
M. Abid Najib

B. Dans le bureau de M. Mlika, Président-Directeur général de l'ONAS:

M. Mlika Mohamed Mehdi, Président-Directeur général, ONAS
M. Abderrahman Gannoun
Mme. Benzarti

Mercredi 29 avril

1. ONAS/Tunis: Julie Bourns rencontre les personnes suivantes pour recueillir des informations de base pour le rapport:

Mme. Benzarti
M. Haj Ali Habib
M. Abid Nejib, Ingénieur statisticien, planification

Jeudi 30 avril

1. ONAS/Tunis: La mission PRIDE présente les technologies qu'elle recommandera dans son rapport aux personnes suivantes:

M. Abderrahman Gannoun
M. Hajj Ali Habib
M. Abid Nejib
M. Marouani
M. Houcine Essaied El Bech
M. Farid Sakli
M. Daoud Ayad
Mme. Benzarti
M. Fatih Kraiem
M. Hajj Ali Nourredine

Jeudi 7 mai

1. Ministère de l'environnement, Tunis: La mission PRIDE présente ses observations aux personnalités suivantes:

S.E. Saleh Jebali, Ministre de l'environnement
John McCarthy, Ambassadeur des Etats-Unis en Tunisie
James A. Graham, Directeur de la mission USAID/Tunis
M. Mohamed Mehdi Mlika, Président-Directeur général, ONAS
M. Abderrahman Gannoun
Mme. Benzarti
Hafid Lakhdar, USAID/Tunis
Fatih Kraiem, RHUDO
Lane Smith, RHUDO

ANNEXE C
RESUME DE L'ETUDE DE FACTIBILITE DE SOTINFOR/SERAH POUR "ASSAINISSEMENT 2001"

Une étude complète des besoins de l'assainissement dans 199 petites villes de Tunisie a été préparée récemment par le groupe SOTINFOR/SERAH, un bureau d'étude local, avec un financement de la Banque mondiale (cette étude est souvent appelée l'"étude de la Banque mondiale", à ne pas confondre avec la note technique No.7, par J. Arthur, qui traite des bassins de stabilisation et à laquelle on se réfère souvent.

Les rapports mis à notre disposition étaient très approfondis, présentés de manière claire et logique, techniquement solides et très professionnels. Comme ces rapports sont très bien analysés et d'une excellente qualité, il a été décidé que la mission PRIDE n'aurait plus de besoin par la suite, de recueillir le type de données couvertes dans les rapports de SOTINFOR/SERAH.

Quatre volumes de cette étude, intitulée "Etude de factibilité d'assainissement 2001", ont été mis à la disposition de la mission de consultation PRIDE. Les trois volumes du rapport A1 sont datés d'avril 1992 et viennent juste d'être publiés. La note d'introduction au rapport A2, datée de mars 1992, est à peine plus ancienne. Malheureusement, certains volumes de cette étude sont encore en préparation et la mission n'a pas pu les obtenir. Ils auraient un volume d'introduction qui explique les relations des volumes entre eux. Les quatres volumes reçus étaient les suivants:

Rapport A1

Volume 1: Synthèse, annexe 3: les monographies des communes du département sud. Il semble que cette synthèse soit un résumé de l'ensemble de l'étude. Il existe probablement une annexe pour au moins quatre des cinq districts de l'ONAS. Le cinquième district, la zone métropolitaine de Tunis a été pratiquement exclu de l'étude. Mais comme on l'a noté, la mission n'a reçu que l'annexe 3, qui couvre le département sud.

Volume 2: Les prévisions et les normes de calcul et d'investissement.

Volume 3: Les stations d'épuration

Rapport A2

Note d'introduction au rapport A2 "Classification des agglomérations, les critères de surclassement des projets et communes". Nous ne savons pas combien de volumes composeront le rapport A2 lorsqu'il sera achevé.

Nous pensons que le rapport final donnera une estimation de l'investissement global nécessaire pour couvrir entièrement les 199 villes avec des égouts sanitaires et des stations d'épuration, et les classera par priorités indiquant l'ordre dans lequel les installations devront être construites.

Voici ce qui semble être les éléments les plus importants de chaque rapport reçu mis à notre disposition:

Rapport A1, Volume 1, Synthèse, annexe 3; les monographies des communes du département sud, avril 1992

Ce volume décrit brièvement chaque ville de la région sud de l'ONAS. Les villes sont classées par gouvernorat à la seconde page. Un format standard est utilisé pour décrire chaque ville, et les sections ont les titres suivants:

I.	Situation géographique et physique
II.	Perspectives de développement
III.	Alimentation en eau potable
IV.	Situation sanitaire actuelle
IV.1.	Statut sanitaire
IV.2.	Caractéristiques de l'infrastructure existante (égouts)
IV.3	Capacité de fonctionnement et d'entretien
V.	Etudes précédentes
VI.	Priorités

Réseaux d'égouts
Epuration

Volume 2, Les prévisions et les normes de calcul et d'investissement

Chapitre 1

Le chapitre 1, intitulé "Population et consommation d'eau", suit une approche de génie sanitaire approfondie et traditionnelle pour estimer les débits et les charges des eaux usées dans chaque ville. Les chiffres concernant les populations sont basés sur le taux de croissance entre les années 1975 et 1984, extrapolées pour les années 1990, 1996, 2001 et 2011. Le pourcentage de maisons avec l'eau courante et la consommation par personne et par jour ont été donnés par la Société nationale d'exploitation des eaux (SONEDE). On a aussi supposé que 100 des maisons auront l'eau courante en l'an 2001.

On a supposé que les débits des égouts domestiques seront de 80 pour-cent la consommation d'eau dans les maisons, et que le pourcentage de la population desservi par les réseaux d'égouts augmentera de façon linéaire depuis le pourcentage actuel jusqu'à 100 pour-cent en l'an 2001.

La consommation de l'eau et les débits des eaux usées ont été calculés séparément pour les organismes usagers.

La consommation d'eau à des fins touristiques a été calculée sur la base de 450 litres par lit et par jour pour les hôtels de grand luxe et de 400 litres pour les hôtels de classe économique. Le débit des eaux usées a été fixé à 80 pour-cent de la consommation de l'eau.

Pour les débits industriels, on a supposé qu'ils venaient essentiellement des parcs industriels qui ont été réservés. On a supposé que la consommation dans les zones industrielles serait de 40 mètres cubes par hectare et par jour et que 50 pour-cent de l'eau consommée serait rejetée dans les égouts.

Les charges en DOB reposent sur la quantité de DOB rejetée par jour ou sur la concentration en DOB dans les eaux d'égout.

La méthodologie suivie et les estimations faites semblent raisonnables.

Chapitre 2

Le chapitre 2, intitulé "Les normes de calcul", section II.1, présente des critères de planification pour les égouts primaires (grand collecteur) et les secondaires (collecteurs latéraux), les stations de pompage, et les stations d'épuration. L'estimation des pointes de débit a été faite et utilisée pour déterminer les dimensions nécessaire des tuyaux. On a supposé qu'il y aurait 200 mètres linéaires d'égouts secondaires par hectare dans les zones résidentielles.

La section II.2 présente les dépenses d'investissements pour divers ouvrages concernant les eaux usées. Le coût des égouts a été réparti entre le prix des tuyaux et le coût de l'installation dans chacune des trois régions. Le coût total des égouts secondaires est estimé à environ 8 500 DT par hectare dans les zones résidentielles.

La section II.4 présente les bases du calcul des dépenses d'exploitation des égouts en 1990 et en 2001, mais ne précise pas quelles sont ces dépenses.

La section II.5 affirme qu'un dossier de données a été établi dans chaque ville et que le coût et les recettes du programme prioritaire et du projet tout entier y sont inclus, mais les données elles-mêmes n'y sont pas.

Volume 3, Les stations d'épuration

Le volume 3 examine les 16 stations d'épuration existantes qui ne se trouvent pas dans les grands centres urbains. L'information a été fournie par l'ONAS utilisant des questionnaires et divers documents existants. Chaque station d'épuration est examinée séparément. En général les stations fonctionnent assez bien et satisfont le plus souvent aux normes de rejet.

A la fin de ce rapport, on trouve des chiffres détaillés des coûts d'exploitation, qui sont analysés de diverses manières, selon le débit moyen, le pourcentage de la capacité utilisée, etc.

Note d'introduction au rapport A2

Cette note n'a que huit pages. La section 1 présente les objectifs du secteur de l'assainissement tel qu'il figure dans le cinquième et jusqu'au huitième plan quinquennal (1977-81 à 1992-1996). La section 2 décrit trois critères utilisés pour fixer l'ordre de priorité des villes qui seront dotées d'installations d'assainissement, comme suit:

- L'efficacité de l'investissement comparé aux services sanitaires déjà en place
- La sensibilité de l'environnement, y compris la protection de la santé publique et la base des ressources économiques
- L'importance numérique de la population desservie

Ces trois critères sont alors examinés. Un classement par ordre de priorité aurait été établi pour chaque communauté, mais aucun détail n'est mentionné. On suppose que les détails seront donnés dans le rapport A2, puisqu'il ne s'agit que d'une note d'introduction.

ANNEXE D
NORMES TUNISIENNES D'EVACUATION DES EFFLUENTS

CRITERES D'EVACUATION DES EAUX USEES					
Paramètre	Unité	Point d'évacuation[1]			Utilisation en agriculture[2]
		Océan	Lit de cours d'eau	Egout public	
DOB_5	mg/l	30	30	400	30
Solides en suspension	mg/l	30	30	400	30
Nitrates	mg/l	90	50	90	PE[3]
Azote organique et ammoniacal	mg/l	30	1	100	PE
Phosphore	mg/l	0.1	0.05	10	PE
Bacilles coliformes d'origine fécale	0/ 100 ml	2000	2000	PE	PE
Streptocoques d'origine fécale	0/ 100 ml	1000	1000	PE	PE
Oeufs de Nématodes intestinaux	0/ 1000 ml	PE	PE	PE	1

[1] D'après la Norme tunisienne 106.002, intitulée "Protection de l'environnement: Rejet d'effluents dans le Milieu Hydrique", 1989.

[2] D'après la Norme tunisienne 106.003, intitulée "Protection de l'environnement: Utilisation des Eaux Usées Traitées à des Fins Agricoles - Spécifications Physico-chimiques et Biologiques"), 1989.

[3] PE = pas exigé

ANNEXE E
LA FORMATION A L'ONAS

A. Introduction

Partant du principe qui affirme que le premier capital d'une entreprise est son capital humain, l'Office National de l'Assainissement ne cesse de manifester son désir de réaliser son propre centre de Formation, pour faire de son personnel sa force de frappe. Le centre servira à former et perfectionner le personnel de l'ONAS et sera élargi à la Formation du personnel des communes et même de la région maghrébine et africaine. Ce projet "centre de Formation" a fait l'objet de plusieurs discussions avec des partenaires tunisiens et étrangers et toutes les parties ont conclu que le besoin d'une solution rapide, à la Formation du personnel de l'ONAS, est grand.

B. Mission de l'ONAS

L'ONAS a pour mission d'assurer la gestion, l'exploitation, l'entretien, le renouvellement et la construction de tout ouvrage d'assainissement qu'il s'agisse, de réseaux, de stations de pompage ou de stations d'épuration à l'intérieur des périmètres communaux et dans les zones touristiques ou industrielles. L'Office contrôle également les rejets industriels et la réutilisation des eaux épurées.

C. Besoins en Formation

C1. Dimension Nationale du Centre

C1a. Besoins ONAS

L'Office est un organisme jeune. Il a été créé en Août 1974.

Lors de sa création, l'ONAS comptait 178 personnes. Il en a actuellement 2.065 se répartissant comme suit:

- 75 pour-cent exécution
- 19 pour-cent maîtrise
- 6 pour-cent cadre

Près de 70 pour-cent ont moins de 40 ans. Donc l'ONAS a un personnel jeune qui a besoin de formation continue.

D'après les études déjà faites pour l'élaboration du projet de contrat programme de l'ONAS, une augmentation de 100 agents par an est prévue.

Cependant l'augmentation réelle de l'effectif de l'ONAS reste liée aux projets et à leurs réalisations.

Etant donné l'intérêt que porte l'Etat à la lutte contre la pollution et la protection de l'environnement, l'ONAS se voit de plus en plus sollicité dans la lutte contre la pollution hydrique sur tout le territoire de la République. Ainsi 20 stations d'épuration seront bientôt opérationnelles avec tout ce qu'elles nécessitent comme réseaux et stations de pompage.

Aux nouvelles réalisations s'ajoutent un programme de prise en charge des communes.

C1b. Besoins des communes

Les petites et moyennes communes dont la prise en charge n'est pas programmée à court terme et en vue de leur permettre d'accomplir leur tâche dans les meilleurs conditions techniques, l'ONAS est tenu de les assister notamment par la formation de leur personnel exploitant.

C2. Dimension Régionale

Par ailleurs et parmi les pays maghrébins, l'ONAS dispose d'une expérience riche en matière d'assainissement et souhaite en faire profiter les autres pays maghrébins, africains et arabes.

L'Office envisage d'organiser des cycles de formation à leur intention.

D. La Formation actuelle à l'ONAS

L'Office National de l'Assainissement étant le seul organisme national spécialisé dans l'assainissement en Tunisie, ressent toujours le besoin et le devoir de former et de recycler son personnel, en Tunisie ou à l'étranger, pour répondre à ses obligations. Pour cela, l'ONAS bénéficie de l'aide des Coopérations Allemande (GTZ), Suédoise (BITS), de la CEE, etc.

FORMATION ET RECYCLAGE DU PERSONNEL DE L'ONAS

L'année 1991 s'est caractérisée par une intense activité de formation et de recyclage du personnel de l'ONAS. En effet, de nombreuses actions ont été réalisées et ont touché toutes les catégories et abordé plusieurs aspects.

Les principales actions peuvent être ventilées comme suit:

- 16 actions inter-entreprises pour 18 agents
- 38 actions intra-entreprises pour 329 agents
- 8 stages obligatoires pour 20 étudiants
- des stages d'un an pour la formation de base de 25 agents de maîtrise dans les spécialités de l'assainissement
- Un cours du soir d'anglais
- Un cours du soir en informatique de gestion pour 13 participants

Les actions réalisées en "intra" ont touché les thèmes suivants:

- la comptabilité et la gestion financière
- la gestion du foncier
- la gestion administrative
- la planification
- les analyses de laboratoire et l'environnement
- la maintenance des équipements et du matériel
- la sécurité

Les actions en "inter" ont touché les thèmes suivants:

- la législation du travail
- le transit, l'importation et les aspects financiers et douaniers y afférent
- l'informatique
- la fiscalité
- la formation

L'ensemble des actions réalisées durant 1991 a enregistré 398 participations.

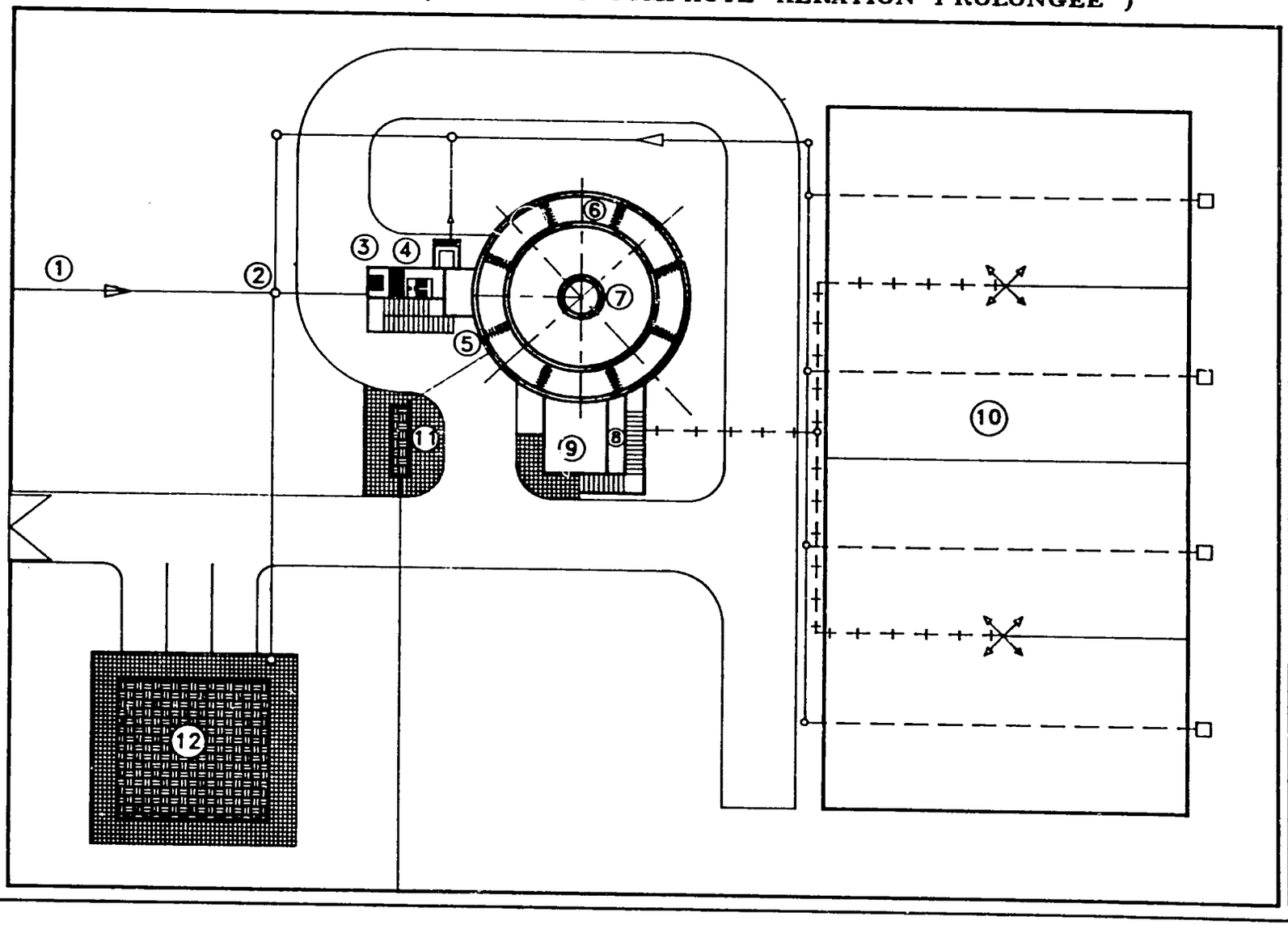
Le plan de formation de 1991 prévoyait 151 actions à réaliser pour 1952 participations d'agents, toutes catégories confondues.

ANNEXE F

STATION D'EPURATION TYPE

POUR LES VILLES DE 5000 A 15000 HABITANTS

(VARIANTE COMPACTE-AERATION PROLONGEE)



LEGENDE

1 Arrivee des eaux brutes
2 Regard de vannage
3 Station de relevement des eaux brutes
4 Degrilleurs
5 Dessableur - Deshuileur
6 Bassin d'activation faible charge
7 Clarifloateur
8 Station de pompage des boues en retour et des boues en exces
9 Local des machines
10 Lits de sechage des boues
11 Debimetre
12 Batiment de service

CARACTERISTIQUE DE LA STATION D'EPURATION

La station d'epuration est concue selon le systeme boue active tres faible charge (aeration prolongee) les eaux usees brutes apres pretraitement,penetrant dans le bassin d'activation ou l'aeration se fait par injection A la sortie du decanteur secondaire,les boues suffisament epaissies sont acheminees dans les lits de sechage.

DONNEES DE DIMENTIONNEMENT

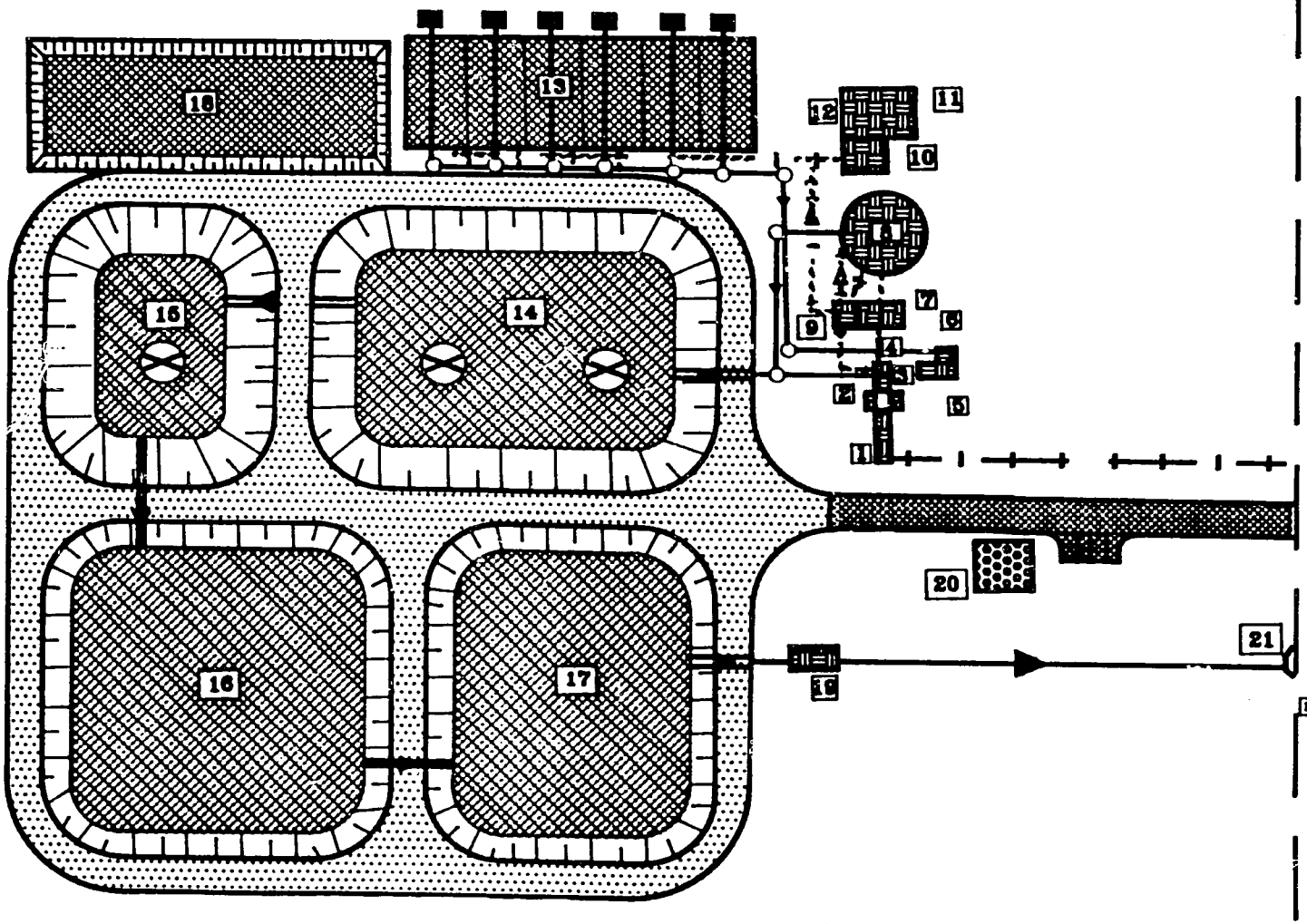
- Population en equivalent-habitants 5000
- Volume moyen journalier 500 m³/j
- Charge biologique en DBO 220kg/j
- Concentration en DBO 450mg/l
- Concentration en azote 70mg/l

AVANTAGES DE LA STATION D'EPURATION

- La superficie de la station d'epuration est tres reduite < 5000 m2
- Le cout de l investissement est assez faible.
- Une exploitation relativement simple
- Le taux d'integration de l'utilisation des produits issaux est le plus eleve
- La qualite de l'eau epuree est conforme aux normes de rejet
- L'eau epuree est susceptible d'etre reutilisee dans l'agriculture .

STATION D'EPURATION TYPE

POUR LE TRAITEMENT DES EAUX RESIDUAIRES



LEGENDE

- 1 DESSABLEUR
- 2 DEGRILLEUR
- 3 PUITS DE CONTACT
- 4 STATION DE POMPAGE DES EAUX D'EGOUTS
- 5 STATION DE POMPAGE DES EAUX DE LAVAGE
- 6 LOCAL DE SURPRESSEURS ET ARMOIRE ELECTRIQUE
- 7 BASSIN D'ACTIVATION HAUTE CHARGE
- 8 DECANTEUR
- 9 STATION DE POMPAGE DES BOUES
- 10 EPAISSISSEUR
- 11 BASSIN DE STABILISATION DE LA BOUE
- 12 STATION DE POMPAGE DES BOUES VERS LITS DE SECHAGE
- 13 LITS DE SECHAGE
- 14 LAGUNE AERIE
- 15 LAGUNE FACULTATIVE
- 16 17 LAGUNES DE MATURATION
- 19 BASSIN DE STOCKAGE ET DE SECHAGE DES BOUES EXTRAITES DES LAGUNES
- 18 DEMIMETRE
- 20 BATIMENT DE SERVICE
- 21 OUVRAGE DE REJET DES EAUX EPURES
- AERATEURS DE SURFACE

ANNEXE G
RESUME D'AUTRES TECHNOLOGIES CONSIDEREES

Au cours des discussions tenues par la mission PRIDE et les cadres de l'ONAS, on a examiné un éventail de technologies d'épuration aussi large que possible, dont certaines ont été mentionnées dans la première version préliminaire de ce rapport. Un grand nombre de ces technologies ne sont pas considérées comme pouvant convenir à la Tunisie. Certaines sont des variantes hautement spécialisées des principales technologies examinées dans ce rapport, d'autres sont expérimentales, et certaines ont des coûts ou des caractères de fonctionnement qui ne conviennent pas à la Tunisie.

Voici quelques commentaires sur certaines de ces technologies qui ont été discutées pendant le séjour de la mission PRIDE en Tunisie, mais qui ne sont pas recommandées dans ce rapport.

A. Les lits de roseaux plantés

Ces systèmes sont utilisés sur une échelle limitée en Angleterre et en Allemagne mais on les considère encore comme expérimentaux. Ils exigent plus de terre et sont plus coûteux que les bassins de stabilisation, et, en Tunisie, ils ne semblent donc offrir aucun avantage par rapport aux bassins.

B. Les systèmes d'écoulement en surface

Ces systèmes sont attractifs de façon intuitive en ce qu'ils semblent être à l'abri des erreurs et utilisent tous les procédés naturels. Mais cette apparence est trompeuse. En Californie, il a été très difficile d'obtenir une répartition égale de l'écoulement. Les systèmes qui sont utilisés pour répartir l'écoulement à la partie haute des terrasses doivent être absolument horizontales sur de longues distances (100 mètres ou plus). Un nivellement extrêmement précis est nécessaire sur de grandes superficies. En pratique, il est difficile d'obtenir une répartition égale de l'écoulement.

De plus, ces systèmes posent de graves problèmes de moustiques. On peut lutter dans une certaine mesure contre la multiplication des moustiques en imposant des périodes de séchage fréquentes entre les applications d'eaux usées, mais les fossés collecteurs aux bas des pentes sont d'habitude plats et sont souvent bouchés par des couches d'algues qui retiennent l'eau et permettent aux moustiques de se multiplier.

C. Le système Biolac

Un système d'aération Biolac fonctionne à Oakdale, en Californie, dans une lagune aérée parallèlement à une lagune aérée équipée d'aérateurs flottants. Le personnel de la station dit que le système Biolac demande à peu près le même niveau d'entretien que les

aérateurs flottants, et surtout parce que des chiffons ont tendance à s'enrouler autour des tubes d'aération.

Le personnel de la station à Oakdale a aussi noté que le niveau de l'épuration dans la lagune desservie par le système Biolac est plus bas que dans la lagune servie par les aérateurs flottants. La réduction du traitement semble indiquer que le système Biolac ne produit pas un mélange suffisant et permet à des éléments solides de se déposer. Cependant, cette différence de traitement n'a pas été étudiée de façon approfondie et pourrait provenir d'autres raisons, telle qu'une division inégale du courant entre les deux lagunes aérées.

D. La désinfection

La méthode conventionnelle de désinfection des eaux usées épurées consiste à injecter du chlore gazeux. Lorsque les effluents des stations d'épuration des eaux d'égouts sont rejetées dans des eaux de surface ou du sol utilisées pour des loisirs, des fermes de crustacés, de l'eau potable et certains usages agricoles, il est souhaitable de désinfecter. Le chlore désinfecte l'effluent et constitue une barrière au transfert d'organismes pathogènes. Il réduit aussi la DOB, diminue l'odeur et aide à empêcher la formation d'hydrogène sulfuré qui est corrosif.

La désinfection utilisant les rayons ultra-violets est très utilisée en Europe, mais peu fréquente aux Etats-Unis. La désinfection ultra-violette ne demande pas de produit chimique mais coûte cher en énergie. Si on veut faire la désinfection en Tunisie, on pourrait considérer l'application de la technologie ultra-violette.

E, La désinfection aux rayons ultra-violets

Si on veut appliquer la désinfection en Tunisie, les systèmes de désinfection aux rayons ultra-violets peuvent constituer un bon choix parce que ces systèmes n'exigent pas de fournir et de manipuler des produits chimiques chlorés, et permettent d'éviter les risques liés à l'utilisation du chlore.

La désinfection ne se fait pas en ce moment en Tunisie, et peut ne pas être nécessaire si les gens n'ont que peu de contact avec les eaux épurées.

ANNEXE H
PROGRAMME D'URGENCE DE L'ONAS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Ce résumé du programme d'urgence de l'ONAS pour le traitement des eaux usées, préparé par les services de l'ONAS, suggère de lancer un programme destiné à construire des stations d'épuration des eaux usées dans les petites villes. Le personnel de l'ONAS a reçu des éloges pour la rapidité et l'efficacité avec lesquelles ce programme a été préparé.

La liste des 199 agglomérations de l'étude SOTINFOR/SERAH a été classée afin de déterminer le nombre de villes dont la population est comprise entre 2.000 et 10.000 habitants. On a trouvé qu'il y avait 119 villes de cette dimension avec une population totale de 581.000 habitants.

Le besoin de stations d'épuration des eaux usées dans ces petites villes a été classé par ordre de priorité selon les quatre critères suivants:

- L'existence d'un réseau d'égouts publics
- Le pourcentage de la population branchée sur le réseau d'égouts publics
- Les conditions sanitaires
- La localisation géographique, et plus spécialement si la ville se trouve près de la zone côtière qui est importante pour le tourisme.

Ces critères ont réduit la liste à 66 petites villes dont 44 méritent d'être prioritaires. Les stations d'épurations de ces 44 villes serviront en 2001, une population d'environ 350.000 habitants et traiteront environ 30.000 mètres cubes d'eau par jour.

Les coûts des stations d'épuration dans ces villes sont basés sur des coûts unitaires de 70 DT/personne pour les bassins de stabilisation et de 100 DT pour les systèmes à boue activée. Ces prix unitaires n'incluent pas le prix de la terre, de l'énergie et de l'eau, les routes d'accès, et les tuyaux d'amenée et d'évacuation en dehors des stations.

L'ONAS estime que le coût total des stations d'épuration des eaux usées dans les 44 villes sera de 45 millions de DT (50 millions de $ EU). Le coût moyen du programme par personne sera de 129 DT soit 143 $ EU par personne desservie.

L'ONAS suggère que 24 villes soient inclues dans une première phase, qui coûtera 25 millions de DT et que les 20 villes restantes soient réservées pour une phase ultérieure. On propose que le Gouvernement de la Tunisie finance 25 pour-cent du coût du programme et que 75 pour-cent soient couverts par des financements étrangers.

PROGRAMME DE CONSTRUCTION DES STATIONS D'EPURATION DANS LES VILLES DE POPULATIONS COMPRISES ENTRE 2.000 ET 10.000 HABITANTS

A. Introduction

Dans le cadre de la protection de l'environnement, de l'amélioration du cadre de vie des citoyens et de la sauvegarde des ressources hydriques, l'ONAS envisage d'étendre son plan d'action relatif à la construction des Stations d'épuration pour les petites et moyennes communes (10.000 habitants) aux agglomérations de populations comprises entre 2.000 et 10.000 habitants.

B. Contenu du programme

B1. Hypothèse

B1a. Tri des agglomérations de populations comprises entre 2.000 et 10.000 habitants

Sur la base de l'étude de factibilité 2001, il a été au tri des agglomérations de populations comprises entre 2.000 et 10.000 habitants.

Le nombre de ces agglomérations est de 119, groupant une population de 581.000 habitants.

B1b. Sélection des agglomérations cibles

Les critères utilisés pour la sélection des agglomérations prioritaires sont les suivants:

- L'existence d'un réseau public d'assainissement
- L'importance du taux de branchement au réseau public d'assainissement
- L'état sanitaire
- La situation géographique

L'application de ces critères a permis de sélectionner 63 agglomérations dont 44 ont été jugées prioritaires.

B1c. Estimation du coût d'investissement

Les estimations des coûts d'investissement par équivalent-habitant (40 g DBO5/j/habitant) et par procédé ont été ajustées à partir des prix pratiqués habituellement dans des travaux similaires en Tunisie.

Ces coûts se présentent comme suit:

- Lagunage facultatif/aéré: 70 DT/Eq.H
- Lagunage aéré/boue activée: 100 DT/Eq.H

Ces coûts ne tiennent pas compte des frais d'acquisition de terrain, des frais d'alimentation en électricité et en eau potable, des frais d'aménagement des voies d'accès, insi que les coûts de réalisation des conduites d'amenées des eaux usées et de restitution des aux épurées.

B2. Description du programme

Le programme proposé consiste à réaliser des stations d'épuration dans 44 agglomérations. Ces stations permettent de traiter environ 30.000 m^3/j et d'éliminer 15.000 kg DBO5/j, soit 350.000 Eq.h/j. Les procédés d'épuration qui vont être utilisés sont essentiellement le lagunage facultatif, le lagunage aéré et la boue activée à faible charge.

L'examen rapide des conditions locales des différentes agglomérations a permis de ventiler le nombre de stations d'épuration par type de procédé comme suit:

- Lagunage facultatif ou aéré: 26 stations (60 pour-cent environ)
- Lagunage aéré ou boue activée: 18 stations (40 pour-cent)

B3. Coût d'investissement du programme

Le coût d'investissement du programme est évalué à 45 millions de DT réparti comme suit:

- Travaux de génie civil	22 MDT
- Equipement	10 MDT
- Frais d'acquisition de terrains, frais d'alimentation en électricité et en eau potable, frais d'aménagement des voies d'accès, ainsi que les frais de la réalisation des conduites d'amenées des eaux usées et de restitution des eaux épurées	10 MDT
- Divers et imprévu	3 MDT
TOTAL:	45 MDT

B4. Planning de réalisation

Il est prévu de réaliser ce programme en deux tranches:

- La tranche prioritaire est programmée au cours du VIIIème plan. Elle intéresse les 24 agglomérations suivantes: Maâmoura, Tazarka, Haouria, Korbous, Bouargoub, Azmour, Hamman Zriba, Metline, El Alia, Sejnane, Ghar El Melh, Aousja, Aïn Drahem, El Ksour, Sers, Nabeur, Le Krib, Makthar, Hergla, Enfidha, Sidi Bou Ali, Bou Ficha, Meknassy et Mareth.

Le coût de cette tranche est estimé à 25 MDT.

- La deuxième tranche est programmée au cours du IXème plan. Elle intéresse les 20 agglomérations suivantes: Bir Mcharga, Amdoun, Sakiet Sidi Youssef, Kalaât Snane, Kalaâ Khasba, Menzel Salem, Bargou, Rouhia, Oueslatia, Haffouz, Hajeb Layoun, Touza, Bou Merdès, Souassy, El Galaâ, Metouia, Ouedhref, Zarrat, Jerba Midoun et Jerba Ajim.

Le coût de cette tranche est estimé à 20 MDT.

Ces coûts s'entendent à prix constant de l'année 1992.

C. Schéma de financement

Pour la réalisation de ce programme, le schéma de financement proposé est le suivant:

- Gouvernement tunisien: 25 pour-cent
- Participation étrangère: 75 pour-cent

ANNEXE I
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

Les articles marquées d'un * sont en anglais

* Arthur, J.P., 1983. *Notes sur la conception et le fonctionnement des bassins de stabilisation des eaux usées dans les climats chauds des pays en voie de développement.* Document technique No.7 et document technique de développement urbain No.6, Banque mondiale, Washington, D.C.

* Kalbermatten, John M., DeAnne S. Julius, et Charles G. Gunnerson, 1980. *Technologie appropriée pour l'approvisionnement en eau et l'assainissement: manuel de terrain pour l'assainissement,* Banque mondiale, Washington, D.C.

* Otis, Richard J. et D. Mara, 1985. *Le planning des systèmes d'égouts de petit calibre.* Note technique No. 14, Groupe de conseil technique PNUD-Banque mondiale, Washington, D.C.

Rapport annuel d'exploitation des stations d'épuration, 1990. Office national de l'assainissement (ONAS), Direction de l'environnement et de la recherche, service de l'épuration. République Tunisienne.

* Rich, L.G., 1963. *Procédés unitaires du génie d'assainissement.* John Wiley & Sons, Clemson College, Clemson, SC.

SOTINFOR/SERAH, Avril 1992. *Etude de factibilité d'assainissement 2001. Rapport A1: Etude du secteur assainissement. Volume 1: Synthèse. Annexe 3: Les monographies des communes du département Sud,* SOTINFOR/SERAH pour l'Office national de l'assainissement, Ministère de l'équipement et de l'habitat, République tunisienne. Tunis.

SOTINFOR/SERAH, Avril 1992. *Etude de factibilité d'assainissement 2001. Rapport A1: Etude du secteur assainissement. Volume 2: Les prévisions et les normes de calcul et d'investissement,* SOTINFOR/SERAH pour l'Office national de l'assainissement, Ministère de l'équipement et de l'habitat, République tunisienne. Tunis.

SOTINFOR/SERAH, Avril 1992. *Etude de factibilité d'assainissement 2001. Rapport A1: Etude du secteur assainissement en Tunisie. Volume 3: Les stations d'épuration,* SOTINFOR/SERAH pour l'Office national de l'assainissement, Ministère de l'équipement et de l'habitat, République tunisienne. Tunis.

SOTINFOR/SERAH, Mars 1992. *Etude de factibilité d'assainissement 2001. Note introductive au rapport A2, classification des agglomérations: les critères de surclassement des projets et communes*, SOTINFOR/SERAH pour l'Office national de l'assainissement, Ministère de l'équipement et de l'habitat, République tunisienne. Tunis.

* USEPA, 1978. *Note polycopiée du séminaire de planification: petites stations de traitement des eaux usées,* Agence pour la protection de l'environnement, Centre de recherche et d'information sur l'environnement, Cincinnati, OH.

* USEPA, 1980. *Manuel de planification: Systèmes de traitement et d'évacuation sur place des eaux usées:* Agence pour la protection de l'environnement, Bureau des opérations du programme des eaux, Washington, D.C.

* USEPA, 1983. *Manuel de planification: Bassins de stabilisation des eaux usées municipaux,* Agence pour la protection de l'environnement, Bureau de la recherche et du développement, EPA-625/1-83-015, Octobre 1983.