

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE FRANCAISE

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE D'OUTRE MER

L'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'ABIDJAN

EVALUATION, RECOMMANDATIONS,
PROPOSITIONS D'ALTERNATIVES

RAPPORT D'EXPERTISE OCTOBRE 1981 - JANVIER 1982

Michel COLCANAP

Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat.
Chargé de Mission au Ministère de l'Environnement.
Direction de la Prévention des Pollutions.
Service de l'Eau.

Sous Direction des Eaux Marines.
14, Bld du Général Leclerc .
92524 NEUILLY SUR SEINE CEDEX.
FRANCE.
758.12.12.

Philippe DUFOUR

Ingénieur Agronome.
Chercheur à l'Office de la Recherche
Scientifique et Technique d'Outre Mer.
Institut National
de la Recherche Agronomique.
Avenue de Corzent.
74203 THONON LES BAINS.
FRANCE.
16(50).71.49.55.

"Les eaux vivantes de la Bible sont en-train de devenir des fleuves de mort; et avec le développement industriel, les forces maléfiqnes, qui les dévastent, sont partout autour de nous ".

* *
*

"La protection des eaux nationales est devenue une tâche où une plus grande rigueur s'avère nécessaire. C'est le problème de la surveillance des côtes avec deux aspects principaux : lutte contre la pollution (...) et lutte contre la fraude (...). Là encore, des moyens nouveaux sont nécessaires aux Etats qui consolident leur indépendance".

* *
*

Félix HOUPHOUET-BOIGNY

Président de la République de Côte d'Ivoire

P R E F A C E

-o-o-o-o-o-o-

Le présent rapport d'expertise arrive à temps et vient combler une grave lacune dans le programme d'assainissement de la ville d'Abidjan. En effet, l'absence d'évaluation de tout ce qui a été fait dans ce domaine capital de la préservation de la qualité du cadre de vie, ne pouvait pas favoriser la prise en compte des intérêts de l'Etat, de la protection de l'environnement quotidien et de l'homme. Or sa santé, qui est son plus grand bien, en dépend intimement. Assainir la ville devient une action essentielle à l'amélioration de la qualité de la vie.

S'agissant précisément de la ville d'Abidjan, le problème de l'assainissement se complique davantage : il s'ajoute, en effet, des intérêts de protection du milieu lagunaire, écosystème fragile par excellence. Or, ce milieu aquatique, et les ressources hydrobiologiques qu'il recelle, sont actuellement en grand danger de pollution irrémédiable ou de destruction, ce qui représente un risque supplémentaire pour la santé, et une perte inappréciable au plan économique.

Ainsi, la réalisation de cet important document de référence, en la matière, autorise désormais, sur la base des évaluations, des recommandations et des propositions crédibles, la poursuite d'un programme rationnel d'assainissement de la ville d'Abidjan.

Mais on aurait dû, d'entrée de jeu, annoncer que ce résultat constitue, une fois de plus, une belle illustration du dynamisme et de la fécondité de la coopération Franco-Ivoirienne. Qu'il nous soit permis, en cet instant, de remercier bien sincèrement le Gouvernement français et son Ministère de l'Environnement pour ce premier jalon posé sur le chemin de la coopération entre nos deux pays dans le domaine de l'Environnement. Et nous ne saurions oublier les experts qui ont assuré l'élaboration de ce rapport, Monsieur COLCANAP et Monsieur DUFOUR, qui méritent bien de la Côte d'Ivoire.

Nous choisissons également ce moment pour souligner le fait que ce rapport est aussi le fruit heureux d'une collaboration entre plusieurs départements ministériels. Et, nous voudrions, ici, remercier les experts des différents Ministères techniques concernés par cette action, pour leur esprit de coopération et la qualité de leur contribution à l'établissement de ce document. Mais la grande leçon à retenir est que ce résultat constitue également une illustration palpable des vertus de la concertation et de la collaboration. En effet, l'action en matière d'environnement intéresse tous les domaines du développement économique, social et culturel ; elle réclame, pour son succès, la mobilisation et la participation de tous.

.../...

Il ne saurait en être autrement quand on sait que cette action revêt une dimension internationale, et que les solutions aux problèmes de l'environnement concernent toute la Communauté mondiale mobilisée autour d'un programme ONUSIEN pour l'Environnement. Aussi, la Côte d'Ivoire doit-elle, dans ce domaine, nécessairement développer des relations et coopérations avec les autres nations aussi bien au plan bilatéral que multilatéral. Principalement, nous fondons beaucoup d'espoir sur la coopération Franco-Ivoirienne dans le domaine de l'environnement, qui augure par ses prémices d'être un modèle en la matière.

Forts de cette conviction, nous voudrions, au nom du Gouvernement de la République de la Côte d'Ivoire renouveler au Gouvernement de la République française et à son Ministère de l'Environnement, l'assurance de notre disponibilité à développer des relations privilégiées de coopération dans le domaine de l'environnement au bénéfice mutuel de nos deux pays.

ANTOINE BROU-TANOH

Ministre de l'Environnement de la République
de Côte d'Ivoire.

TABLE DES MATIERES
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

Préface	3
Introduction	15
1. Les données	19
1.1 Les pressions sur le milieu naturel	21
1.1.1 Réalités et prévisions démographiques de l'agglomération d'Abidjan	21
1.1.1.1 Situation démographique actuelle	21
1.1.1.2 Prévision d'extension démographique à Abidjan	26
1.1.2 Les données économiques	31
1.1.3 Les pressions d'origine industrielle	37
1.1.4 Les pressions particulières	45
1.1.4.1 Les rejets de matières de vidange	45
1.1.4.2 La pêche aux substances toxiques	45
1.1.4.3 L'emprise des installations portuaires	46
1.2 Les milieux récepteurs de l'assainissement d'Abidjan	47
1.2.1 Les cadres géographique, climatique et hydrologique	47
1.2.1.1 Le cadre géographique	47
1.2.1.2 Le cadre climatique	47
1.2.1.3 Le cadre hydrologique	50
1.2.1.3.1. L'océan	50
1.2.1.3.2 La lagune Ebrié	50
1.2.2 Utilisation des milieux récepteurs	57
1.2.2.1 Pêche et aquaculture	57
1.2.2.2 Cadre de vie et tourisme	57
1.2.2.3 Alimentation en eau	59
1.2.2.4 Commerce et transport	59
1.2.2.5 Extraction de sable et de pétrole	59
1.2.2.6 Absorption des effluents	59
1.2.3 Etat actuel des milieux récepteurs	63
1.2.3.1 Qualité biochimique des milieux récepteurs	63
1.2.3.1.1 Rappel sur l'effet des pollutions	63
1.2.3.1.2 Qualité biochimique actuelle des milieux récepteurs - Bilan en oxygène	63
1.2.3.2 Qualité bactériologique des milieux récepteurs	70
1.2.3.3 Conséquences de la pollution actuelle sur la production terminale : pêche et aquaculture	74
1.2.3.3.1 Importance de la région lagunaire d'Abidjan	74
1.2.3.3.2 Point des études actuelles sur l'effet des pollutions en lagune sur la production terminale	75
1.3 Les schémas d'assainissement et de drainage d'Abidjan	77
1.3.1 Historique	77
1.3.2 Cadre économique et perspectives	77
1.3.3 Descriptif technique actuel	82
1.3.4 Les perspectives techniques	86
1.4 Le cadre administratif et réglementaire	89
1.4.1 Le cadre administratif	89
1.4.2 Le cadre réglementaire	93

.../...

2. Evaluation et propositions	95
2.1 Evaluation du Schéma Directeur Originel	99
2.1.1 Données techniques et économiques	99
2.1.1.1 Une forte diminution du prix de revient des ouvrages d'épuration	99
2.1.1.2 Une sécurité d'entretien	99
2.1.1.3 Une fiabilité du rendement épuratoire	100
2.1.1.4 Une réduction des investissements	100
2.1.1.5 La possibilité d'accepter des effluents d'origine industrielle	101
2.1.1.6 La priorité donnée aux ouvrages de transport	102
2.1.1.7 La mauvaise prise en compte de l'accroissement des populations	103
2.1.1.8 La nécessité de coordination entre les responsables de l'assainissement et les autres départements ministériels	105
2.1.2 Impact sur les milieux récepteurs	106
2.2 Evaluation des modifications proposées par le Ministère des Travaux Publics	109
2.2.1 Données techniques et économiques	109
2.2.1.1 Evaluation technique	109
2.2.1.2 Evaluation économique	111
2.2.2 Impact sur le milieu récepteur	112
2.2.2.1 Solution provisoire	112
2.2.2.1.1 Evolution de la charge organique sur les différents secteurs lagunaires	112
2.2.2.1.2 Impact sur la lagune	113
2.2.2.1.3 Surveillance continue des secteurs lagunaires récepteurs de la pollution	116
2.2.2.2 Solution à terme	117
2.3 Problèmes non pris en compte par le schéma d'assainissement et les modifications proposées	121
2.3.1. Assainissement et drainage des zones à " habitat spontané " ou difficilement viabilisables.	121
2.3.1.1. Les problèmes de mise en place d'un réseau classique d'assainissement.	121
2.3.1.1.1. L'assainissement des zones à " habitat spontané " et leur viabilisation en général, sont-ils nécessaires, voire profitables, à la collectivité ?	121
2.3.1.1.2. L'assainissement de ces zones, s'il est décidé en tout ou partie, doit s'intégrer dans un programme complet d'aménagement.	122
2.3.1.1.3. Les essais d'assainissement par réseau à ciel ouvert (Koumassi).	122
2.3.1.2. Les limites de l'assainissement collectif et des systèmes individuels dans des zones à habitat spontané.	123
2.3.2. Priorités de l'assainissement et du drainage des bassins versants des zones de captage de la nappe phréatique pour l'alimentation en eau potable d'Abidjan.	124
2.3.3. Gestion des ouvrages d'assainissement	125

2.3.3.1. Gestion des stations d'épuration, collecteurs de base et postes de relèvement principaux	128
2.3.3.2. Gestion des réseaux de quartier	128
2.4. Propositions techniques	131
2.4.1. Rejet en baie de Biétri	131
2.4.1.1. Evaluation technique	131
2.4.1.2. Impact sur le milieu lagunaire	132
2.4.1.2.1. Le chenal central est	132
2.4.1.2.2. La Baie de Biétri	133
2.4.2. Rejet en mer sans traitement et sans émissaire sous-marin	137
2.4.2.1. Aspect technique	137
2.4.2.1.1. Canalisations de base	137
2.4.2.1.2. Prétraitements nécessaires	137
2.4.2.2. Aspect écologique	142
2.4.2.2.1. Les données - Volume de l'effluent	142
2.4.2.2.2. Evaluation de la longueur de littoral contaminé.	
2.4.2.3. Nécessité d'un émissaire sous-marin de rejet en mer.	146
2.4.3. Le procédé de lagunage naturel et son application au contexte ivoirien.	149
2.4.3.1. Rappel du principe d'épuration	149
2.4.3.2. Lagunage simple en baie de Koumassi	153
2.4.3.2.1. Limites et contraintes générales	153
2.4.3.2.2. Etude de fiabilité pour un seul bassin	155
2.4.3.2.2.1. Fermeture de la baie et pré-traitement.	155
2.4.3.2.2.2. Bilan d'eau	157
2.4.3.2.2.3. Efficacité épuratoire du bassin unique vis à vis des matières organiques	157
2.4.3.2.2.4. Efficacité épuratoire du bassin unique vis à vis des bactéries.	160
2.4.3.2.3. Etude de fiabilité pour plusieurs bassins	161
2.4.3.2.3.1. Les alternatives de cloisonnement	161
2.4.3.2.3.2. Risques d'anaérobiose dans le bassin de tête.	165
2.4.3.2.3.3. Elimination de la DBO par les différents découpages proposés.	168
2.4.3.2.3.4. Epuration bactérienne	169
2.4.3.2.3.5. Perspectives d'aquaculture liées au lagunage naturel en baie de Koumassi.	171
2.4.3.2.4. Avantages et inconvénients d'un lagunage naturel en baie de Koumassi.	174
2.4.3.3. Le lagunage dans les zones périphériques	177
2.4.3.3.1. Aspects techniques et économiques	177
2.4.3.3.2. Aspects écologiques	179
2.4.4. Assainissement des quartiers populaires et des habitats spontanés.	183
2.4.4.1. Les données du plan directeur d'Abidjan	183
2.4.4.2. Les solutions proposées habituellement et leurs défauts.	183
2.4.4.2.1. Coût élevé du système	184

2.4.4.2.2.	Gaspillage d'eau potable	184
2.4.4.2.3.	Impact négatif sur le milieu récepteur	184
2.4.4.2.4.	Rupture du cycle biologique	184
2.4.4.2.5.	Temps nécessaire pour la mise en œuvre des installations	185
2.4.4.2.6.	Exigence technologique	185
2.4.4.3.	Les solutions alternatives familiales	185
2.4.4.3.1.	Les eaux noires et les eaux grises	185
2.4.4.3.2.	Les procédés de traitement individuel des eaux noires	188
2.4.4.3.3.	Les procédés sans eaux noires et le recyclage	190
2.4.4.3.4.	L'usage du seau à la chinoise	195
2.4.4.3.5.	Le traitement des eaux grises	196
2.4.4.4.	Les solutions alternatives	198
2.4.4.4.1.	Position du problème	198
2.4.4.4.2.	Blocs sanitaires à fosse fixe avec épandage souterrain ou connexion aux collecteurs	199
2.4.4.4.2.1.	Descriptif sommaire général	199
2.4.4.4.2.2.	Descriptif technique	200
2.4.4.4.2.2.1.	Les cabinets d'aisance	200
2.4.4.4.2.2.2.	Les fosses septiques et les drains d'épandage	202
2.4.4.4.2.2.3.	Le rejet au collecteur de base	208
2.4.4.4.2.3.	Conclusions	208
2.4.4.4.3.	Les latrines à compost	209
2.4.4.4.3.1.	Principes communs de conception	209
2.4.4.4.3.2.	Différents types de latrines à compost	210
2.4.4.5.	L'éducation et la participation populaire	212
2.4.4.5.1.	L'éducation sanitaire	212
2.4.4.5.2.	La participation populaire a son assainissement	213
2.4.4.5.3.	La prise en compte des moeurs locales	213
2.4.4.5.4.	Aide du Comité Directeur des Nations Unies	214
2.5.	Propositions d'ordre économique et administratif	217
2.5.1.	Propositions d'ordre économique	217
2.5.1.1.	Evolution du prix de l'eau	217
2.5.1.2.	Evolution des investissements de fonction locale	220
2.5.2.	Propositions d'ordre administratif	221
2.5.2.1.	Coordination interministérielle en matière d'environnement en République de Côte d'Ivoire	221
2.5.2.2.	Proposition relative à la mise en place d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan	222
2.6.	Etudes complémentaires	227
2.7.	Remerciements	229
Conclusion.		231
1.	Les données	233
1.1.	Les pressions sur le milieu naturel	233
1.2.	Les milieux récepteurs	234
1.3.	Le schéma d'assainissement et de drainage d'Abidjan	236

1.4. Le cadre administratif et réglementaire	236
2. Evaluation et propositions	237
2.1. Evaluation du Schéma Directeur Originel	238
2.2. Evaluation des modifications proposées	239
2.3. Propositions d'ordre général	240
2.4. Propositions techniques	241
Annexes	247
Annexe 1	249
Annexe 2	251
Annexe 3	253
Annexe 4	255
Annexe 5	265
Annexe 6	267
Annexe 7	269
Annexe 8	273
Annexe 9	279
Annexe 10	283
Annexe 11	289
Annexe 12	295
Bibliographie Thématique Elementaire	297

Tableau N° 1	: Situation démographique du Grand Abidjan	23
Tableau N° 2	: Taux migratoires à Abidjan	26
Tableau N° 3	: Revenu moyen des habitants par quartier	31
Tableau N° 4	: Décomposition du prix de l'eau à Abidjan - 1981	33
Tableau N° 5	: Consommation moyenne mensuelle d'eau potable	34
Tableau N° 6	: Effectif des travailleurs par branche industrielle	37
Tableau N° 7	: Principaux établissements industriels à Abidjan	38
Tableau N° 8	: Situation, emprise et consommation d'eau des zones industrielles d'Abidjan	41
Tableau N° 9	: Apport d'eau douce mensuel net en 1977, pour les régions est, ouest, et pour l'ensemble de la lagune	51
Tableau N° 10	: Modification des bilans de sels nutritifs, d'oxygène et de matière végétale entre le chenal central et une baie urbaine en 1977	63
Tableau N° 11	: DBO moyenne de la lagune et de la mer en 1977 DBO de quelques autres milieux aquatiques tropicaux	64
Tableau N° 12	: Les investissements en assainissement et drainage à Abidjan - Réalisations et prévisions	78
Tableau N° 13	: Evolution des investissements en fonction de l'augmentation des populations et de l'inflation	80
Tableau N° 14	: Départements ministériels intéressés par les problèmes d'assainissement	90
Tableau N° 15	: Coûts d'investissement et de fonctionnement des stations d'épuration prévues à Abidjan	111
Tableau N° 16	: Charge en matière organique supportée par les trois secteurs de rejet, en fonction des hypothèses 1 ou 2	113
Tableau N° 17	: Evolution d'ici 1990 de la DBO5 des eaux lagunaires des 3 principaux secteurs de rejets, suivant l'hypothèse 1 ou 2	114
Tableau N° 18	: Charge en matière organique supportée par les 2 secteurs de rejets en fonction des hypothèses 1 ou 2	118
Tableau N° 19	: Evolution de la charge organique en Baie de Biétri et dans le chenal central est en cas de jonction du collecteur de base central du Pont de Gaulle à la Baie de Biétri	132

Tableau N° 20 :	Elimination de la pollution organique de l'agglomération d'Abidjan, par la Baie de Koumassi	159
Tableau N° 21 :	Elimination de la pollution bactérienne des eaux usées de la ville d'Abidjan par la Baie de Koumassi	162
Tableau N° 22 :	Caractéristiques physiques des quatre bassins de cloisonnement de la Baie de Koumassi	165
Tableau N° 23 :	DBO5 en entrée et en sortie des bassins ba, bb ou bd utilisés en tête du lagunage naturel de la ville d'Abidjan	167
Tableau N° 24 :	Elimination de la charge organique de la Baie de Koumassi utilisée en lagunage naturel	169
Tableau N° 25 :	Contenu des eaux noires par habitant et par jour d'après les références (réf.65 et 66)	186
Tableau N° 26 :	Agents pathogènes des eaux noires et des fécès (non limitatif)	186
Tableau N° 27 :	Composition des eaux grises et volume par habitant et par jour (moyennes dans différents pays selon plusieurs références citées dans la réf. 69)	187
Tableau N° 28 :	Evolution du prix de l'eau	219
Tableau A1 :	Apports d'eaux douces annuels moyens aux différentes régions	256
Tableau A2 :	Volume d'eau douce annuel moyen transitant dans chaque région lagunaire	256
Tableau A3 :	Bilan d'eau au travers du canal de Vridi en 1951 d'après la réf. 5	257
Tableau A4 :	Flux d'eaux résiduels sur un cycle de marée dans différentes zones	258
Tableau A5 :	Apports d'eau douce mensuels nets en 1977 pour les régions Est, Ouest et pour l'ensemble de la lagune	261
Tableau A6 :	Taux de renouvellement par jour des eaux de la Baie de Biétri (d'après réf. 43)	262

.../...

Tableau A7 : Bilan d'eau dans la Baie de Koumassi, utilisée en lagunage simple en 1985 et en 1990, en saison sèche et en saison des pluies, dans le cas d'un d'un réseau de type unitaire ou séparatif	277
Tableau A8 : Charge organique, en tonne de DBO5/mois, entrant dans la Baie de Koumassi	281

* * *

*

FIGURES :

Figure N° 1 : Agglomération d'Abidjan, zones et secteurs-intitulés	24
Figure N° 2 : Agglomération du grand Abidjan, zones et secteurs-intitulés	25
Figure N° 3 : Répartition de la population par secteur à Abidjan	27
Figure N° 4 : Agglomération d'Abidjan, situation localisation des différents types de zone	48
Figure N° 5 : Coupe schématique du littoral au niveau d'Abidjan	49
Figure N° 6 : Variations mensuelles du volume d'eau océanique entrant en lagune Ebrié d'après la réf. 5	54
Figure N° 7 : Captures totales de poissons, et par engin, de la lagune Ebrié	58
Figure N° 8 : Pourcentage de l'oxygène du milieu consommé en 3 jours à 30° C	65
Figure N° 9 : Pourcentages de saturation en oxygène des eaux du fond en saison d'étiage	68
Figure N° 10 : Pourcentages de saturation en oxygène des eaux de surface le soir en saison d'étiage	69
Figure N° 11 : Agglomération d'Abidjan -Qualité du milieu lagunaire - Baignade déconseillée	71
Figure N° 12 : Agglomération d'Abidjan -Qualité du milieu lagunaire - Baignade dangereuse	72
Figure N° 13 : Agglomération d'Abidjan -Qualité du milieu lagunaire -Zones impropres à toute utilisation	73
Figure N° 14 : Agglomération d'Abidjan -Plan d'ensemble du réseau de base E.U.	83
Figure N° 15 : Agglomération d'Abidjan - Schéma Directeur Originel d'Assainissement	84
Figure N° 16 : Agglomération d'Abidjan -Assainissement :Rejet en mer sans traitement biologique de la totalité des effluents	138

Figure N°17	: Agglomération d'Abidjan -Assainissement :Rejet en mer sans traitement des zones centrales (A, B, C et D).	139
Figure N°18	: Le Lagunage naturel, schémas, principe de fonctionnement	150
Figure N°19	: Position de la Baïe de Koumassi au sein du système lagunaire	154
Figure N°20	: Lagunage en Baie de Koumassi : les 8 alternatives de cloisonnement envisagées	156
Figure N°21	: Fosse septique avec récupération de biogaz d'après LEHMAN	189
Figure N°22	: Quelques exemples de latrines à compost	192
Figure N°23	: Unité de compostage pour les déchets ménagers et les fécès . CLIVUS-MULTRUM	193
Figure N°24	: Latrines à barils d'après la référence N°69	194
Figure N°25	: Quelques modèles de fosses à eaux grises familiales réf.69	197
Figure N°26	: Assainissement semi-collectif -bloc sanitaire 300 usagers - Plan de masse des raccordements	201
Figure N°27	: Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance avec rejet des effluents par collecteur-Vue en plan.	204
Figure N°28	: Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance avec collecte des effluents par canalisation Vue de face	205
Figure N°29	: Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance à fosse septique fixe et rejet par épandage Vue de face	206
Figure N°30	: Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance à fosse septique fixe et rejet par épandage Vue en plan	207
	* * *	
Figure A1	: Flux d'eau résiduelle et d'eau douce aux sections Est et Ouest de la lagune urbaine	263
Figure A2	: Comparaison des D.B.O.	266

INTRODUCTION

La République de Côte d'Ivoire, en créant au cours de l'année 1981 un Ministère chargé de l'Environnement, a clairement démontré ses préoccupations en ce qui concerne la préservation de la qualité du cadre de vie des ivoiriens et le capital que représente la nature.

Si on se souvient que la lagune Ebrié, qui borde le littoral ivoirien sur 125 kilomètres, a toujours tenu un rôle important dans l'économie ivoirienne, non seulement au niveau de la pêche mais encore des transports, on ne peut que se féliciter qu'une des missions primordiales, que s'est fixé le Ministre de l'Environnement, soit la protection et la mise en valeur de la lagune Ebrié.

Parallèlement à ce souci hautement justifié, il convient de constater l'essor, particulièrement important, qu'a connu ces dernières années l'économie ivoirienne, essentiellement grâce à l'action soutenue, menée en cette matière par Son Excellence le Président Félix HOUPHOUET-BOIGNY.

Il est intéressant de constater que, dans tous les pays du Monde, l'essor économique implique et entraîne une prise en compte parallèle et proportionnelle des problèmes liés à la préservation de l'Environnement et à la garantie de la qualité de la vie.

C'est ainsi que la République de Côte d'Ivoire et la France ont décidé de mettre en place un système de coopération bilatérale dont le but est de favoriser l'échange des connaissances et de l'expérience acquise par les deux pays en matière de protection de l'Environnement et plus particulièrement de prévention et de lutte contre les pollutions.

C'est dans ce cadre que la mission d'expertise, qui se concrétise par le présent rapport, a été organisée.

L'objectif initial de la mission était d'analyser le Schéma général d'assainissement de la ville d'Abidjan en rapport avec la nature et la fragilité des écosystèmes lagunaires.

.../...

Cette analyse bipolaire a nécessité la présence d'un technicien spécialisé dans l'assainissement des communes littorales, et celle d'un scientifique spécialiste des écosystèmes aquatiques, des déséquilibres induits par des pollutions exogènes, et des systèmes d'assainissement alternatifs.

C'est ainsi que le Ministre de l'Environnement français a désigné Monsieur COLCANAP, Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat, Chargé de Mission à la Sous-Direction des Eaux Marines de la Direction de la Prévention des Pollutions pour aborder le premier thème, et en accord avec l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer, Monsieur DUFOUR, Ingénieur Agronome, Chercheur à l'O.R.S.T.O.M., pour aborder le second. Cette mission s'est déroulée à Abidjan entre le 5 et le 15 Octobre de l'année 1981.

Dans un premier temps, cette mission a permis aux experts de regrouper de nombreuses données démographiques, financières, techniques et écologiques concernant les problèmes de l'assainissement d'Abidjan et de la pollution de la lagune, nécessaires à l'appréciation objective des installations déjà réalisées ou prévues.

Il est certain que l'accueil chaleureux ainsi que l'organisation sérieuse et méthodique de cette mission, de la part des responsables du Ministère de l'Environnement ivoirien, ont favorisé et permis des échanges très fructueux entre les responsables ivoiriens et la mission d'expertise.

Il est important de noter, qu'à la suite des contacts obtenus, et des visites sur le terrain, la méthode d'appréhension des problèmes posés a sensiblement évoluée au cours de la mission.

En effet, il est apparu indispensable de ne pas limiter l'étude aux impacts des pollutions rejetées sur le milieu lagunaire mais de l'étendre, grâce à une vision plus large des problèmes, à l'ensemble de la politique du cadre de vie à Abidjan, en abordant, entre autres, des critères d'urbanisme et d'hygiène publique.

.../...

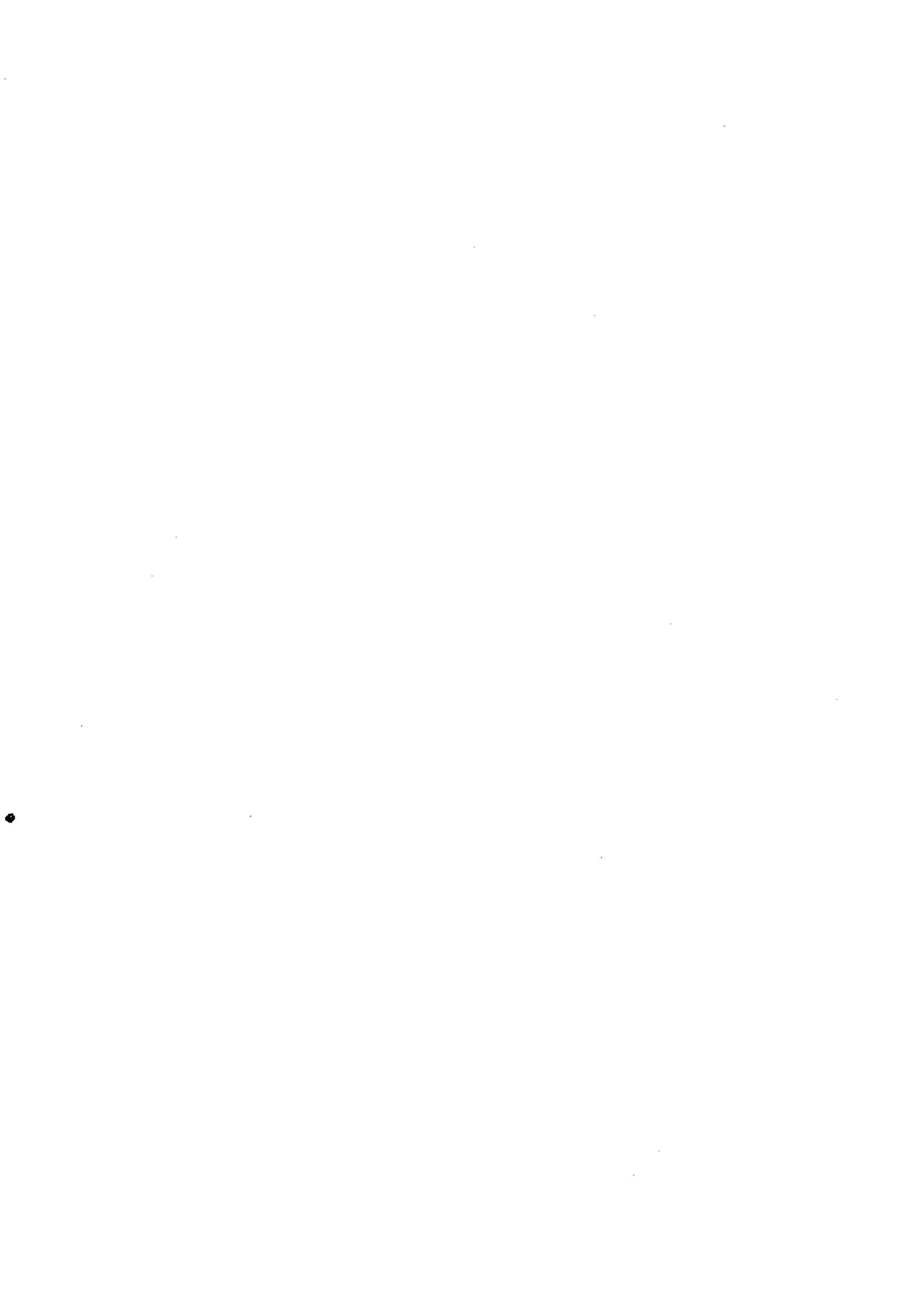
L'assainissement de toutes les communes, quelque soit leur importance et leur localisation, se traduit toujours par un système de collecte des eaux vannes et ménagères accompagné d'un système de traitement de ces effluents, qui a pour double objectif de protéger les milieux récepteurs et de garantir l'hygiène publique.

L'analyse du Schéma Directeur d'assainissement d'Abidjan a donc été étendue le plus largement possible, et ce fait explique que certaines propositions, figurant au sein du présent rapport, sont relatives à l'Aménagement du Territoire, pris au sens large du terme.

La première partie du rapport expose, de façon synthétique, l'ensemble des données qui ont été recueillies au cours de la mission. Il faut noter que, pour la première fois, des données relatives aux pressions d'origine domestique et industrielle sont présentées en corrélation avec des données géographiques et écologiques concernant la lagune Ebrié et ses écosystèmes. C'est grâce à cette approche simultanée, des pressions et des milieux récepteurs, qu'il a été possible d'étudier certaines possibilités alternatives, qui sont exposées au sein de la seconde partie du présent rapport.

Si certaines de ces propositions, en particulier celles concernant le lagunage et les cabinets d'aisance privés ou semi-publics, peuvent paraître sortir de l'objectif initial de la mission, elles constituent cependant une voie d'études et de recherches intéressante qui pourrait permettre de résoudre, au moindre coût, quelques problèmes existants actuellement à Abidjan.

Il est clair que ce rapport n'apporte pas de solution toute faite aux problèmes rencontrés, le but recherché a été d'essayer d'exprimer le plus clairement et précisément possible, les problèmes existants, qu'ils soient d'origine technique, financière ou réglementaire, et de proposer certaines voies de recherche qui pourraient concourir à leur résolution.



LES DONNEES

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

1 - LES DONNEES

1 - 1 Les pressions sur le milieu naturel

1 - 1 - 1 Réalités et prévisions démographiques de l'agglomération d'Abidjan.

L'agglomération d'Abidjan connaît depuis plusieurs années une démographie galopante due à la fois à l'accroissement naturel des populations, caractéristique des pays en voie de développement, et aux migrations provenant des pays voisins de la Côte d'Ivoire.

1 - 1 - 1 - 1 - Situation démographique actuelle

La population du grand Abidjan (voir tableau I) est estimée à 1.625.000 d'habitants en 1980.

La surface totale habitée est de 8.875 ha, ce qui correspond à une densité brute moyenne de 183 hbts/ ha habité pour l'ensemble du grand Abidjan

Il convient de distinguer au sein de l'agglomération, et compte-tenu des programmes d'assainissement en cours ou prévu, plusieurs zones qui apparaîtront au sein du présent rapport (voir figures 1 et 2) sous les intitulés suivants :

	ZONE	SECTEUR	INTITULE NEDECO	INTITULE RAPPORT
A	Centre	Plateau	1	1
		Adjamé	2	2
		Attiécoubé	3	3
		Cocody	4	4
B	Nord	Deux Plateaux Williamsville	5	5
		Abobo Sud	6	6
		Abobo Nord	7	7
C	Petit Bassam	Treichville	9	8
		Zone 4 - Bietri	10	9
		Marcory	11	10
		Koumassi	12	11
D	Port Bouet	Port Bouet		
		Vridi	13	12

.../...

E	Banco	Banco Nord	14	13
		Banco Sud	15	14
		Niangon	16	15
F	Riviera	Riviera	19	16
		Djibi	20	17
G	Zones extrêmes	Anyama	8	18
		Adiopodoumé	17	19
		Entre deux Forêts	18	20
		Bakré Boulay	22	21
		Bingerville	21	22
		Gonzagueville	23	23

L'homogénéité de ces zones est tout d'abord géographique. Elles forment, en ce qui concerne les systèmes d'assainissement, des entités qui peuvent faciliter le raisonnement et permettre une programmation plus rationnelle des investissements.

La zone du Centre (A) et l'île de petit Bassam (C) présentent une densité importante de population (240 hbts/ha habités). Elles regroupent près de 50 % de la population totale du grand Abidjan (784.000 hbts), une concentration des services (Plateau) et des industries (Treichville - Bietri) et un ensemble de zones d'habitat spontané (Marcory - Koumassi).

Elles présentent également sur leur littoral les principaux points noirs de pollution lagunaire (Cocody, Treichville Nord, Port, Bietri, Koumassi Sud etc...).

La zone de Port Bouet (D), de densité très forte (396 hbts/ha habités) doit être considérée à part étant donnée sa position géographique (mer - lagune) et son rôle dans le système d'assainissement prévu (lieu d'implantation de la station d'épuration).

Autour de ces " entités centrales " on individualisera trois zones dites : " périphériques proches ", soit : Nord (B), Banco (E) et Riviera (F).

La densité moyenne de ces zones est plus faible (124 à 167 hbts/ha habités) et leur superficie totale très importante (5.500 à 13.500 ha).

Elles doivent être considérées comme des zones d'urbanisation future, à court terme, au sein desquelles des programmes spécifiques d'assainissement et de façon plus générale d'aménagement du territoire doivent être mis en oeuvre.

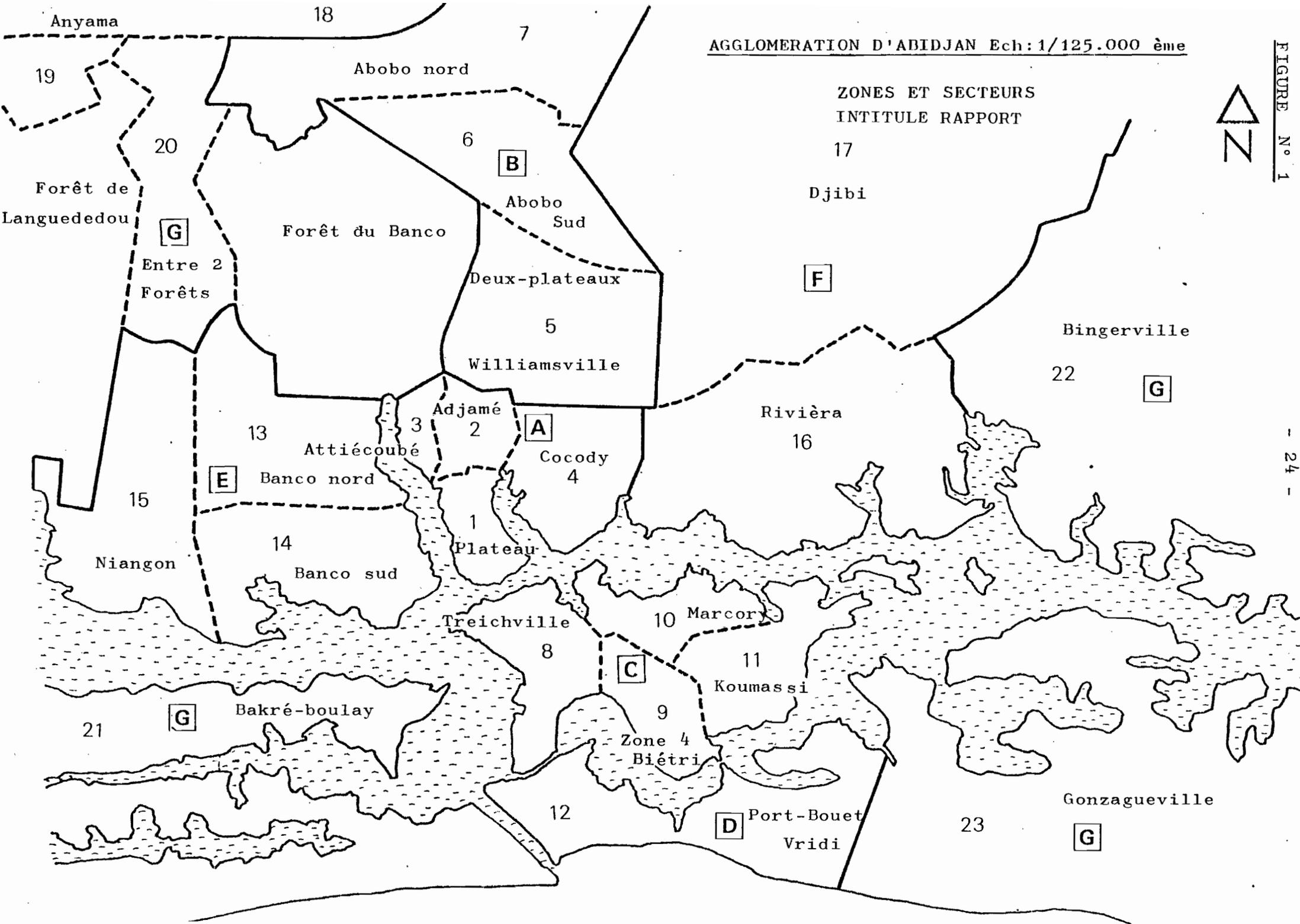
T A B L E A U I

SITUATION DEMOGRAPHIQUE DU GRAND ABIDJAN - 1980 -

Zone	Secteur	Population existante (x1000)	Surface totale (ha)	Surface habitée (ha)	densité brute (hbt/ha de surf. habitée)
A : <u>Centre</u>	Plateau	60	490	200	300
	Adjamé	154	400	350	440
	Attiécoubé	72	260	170	424
	Cocody	42	1.060	615	68
	Total	328	2.210	1.335	246
B : <u>Nord</u>	Deux Plateaux (Will)	62	2.035	565	110
	Abobo Sud	145	1.360	775	187
	Abobo Nord	125	3.905	1.020	123
	Total	332	7.300	2.360	141
C : <u>Petit Bassam</u>	Treichville	110	920	325	338
	Zone4-Bietri	25	560	350	71
	Marcory	116	810	580	200
	Koumassi	205	985	630	325
	Total	456	3.275	1.885	242
D : <u>Port Bouet</u>	Total	95	2.045	240	396
E : <u>Banco</u>	Banco Nord	160	1.600	585	274
	Banco Sud	60	1.685	710	85
	Niangon	35	2.230	230	152
	Total	255	5.515	1.525	167
F : <u>Riviera</u>	Riviera	45	3.220	365	123
	Djibi	30	10.350	240	125
	Total	75	13.570	605	124
Total général		1.541	33.915	7.950	194
G : <u>Zones extrêmes</u>	Anyama	60	15.600	500	120
	Adiopodoumé	27	15.315	155	174
	Entre deux forêts	-	1.630	-	-
	Bakré Boulay	11	11.200	-	-
	Bigerville	41	14.175	270	152
	Gonzagueville	16	11.800	65	246
Total		1.696	103.635	8.940	190

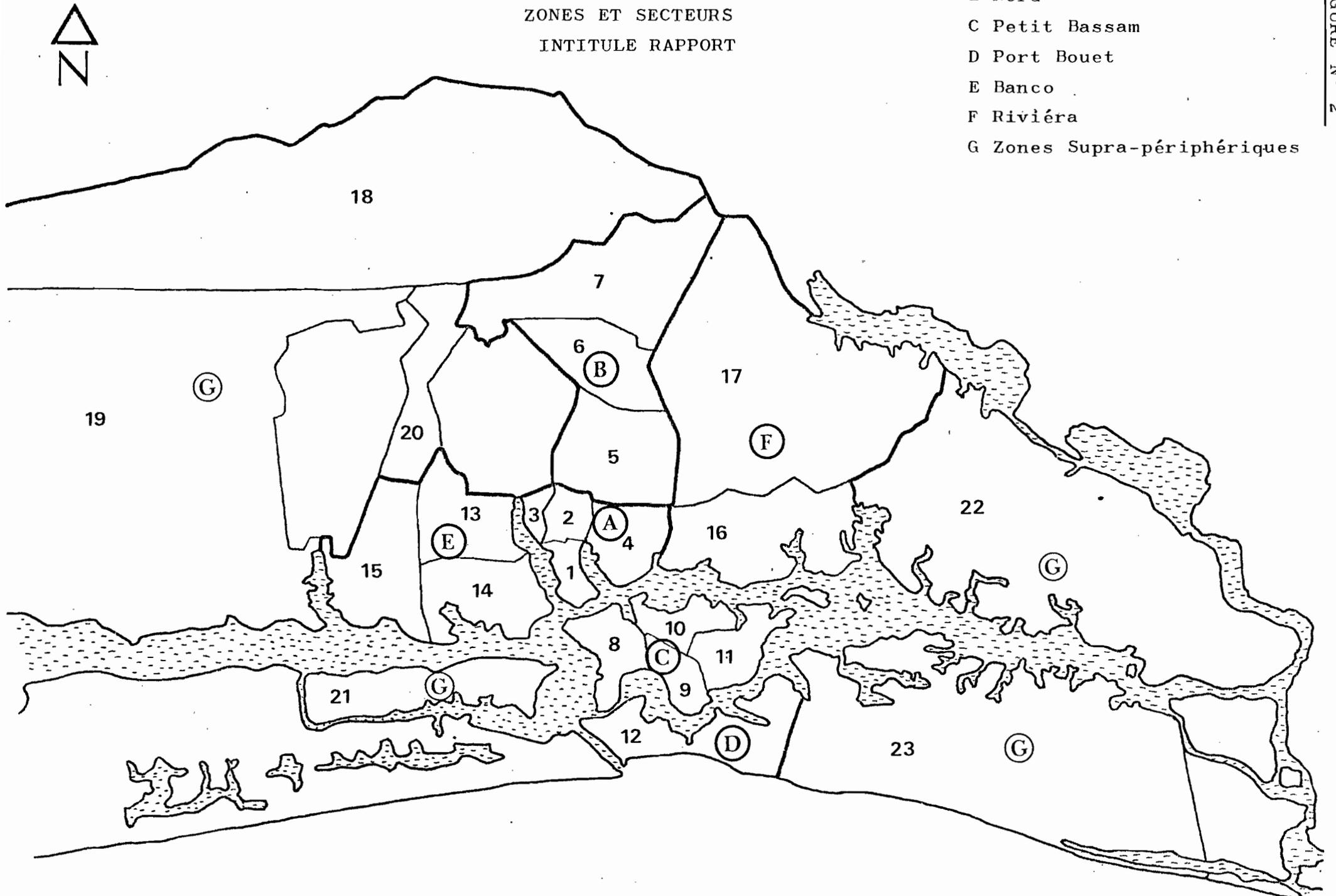


ZONES ET SECTEURS
INTITULE RAPPORT



ZONES ET SECTEURS
INTITULE RAPPORT

- A Centre
- B Nord
- C Petit Bassam
- D Port Bouet
- E Banco
- F Riviéra
- G Zones Supra-périphériques



La population totale de ces trois zones périphériques se monte actuellement à 662.000 habitants, soit 41 % de la population totale du grand Abidjan.

Mis à part ces deux entités géographiques, économiques et démographiques bien définies, il sera retenu un ensemble de quartiers dits " supra-périphériques " regroupant des zones de superficie très importante (69.720 ha au total), de surface habitée faible (990 ha, soit : 1,4 % de la surface totale) et de population relativement peu importante (155.000 hbts).

Ces zones " supra-périphériques " seront prises en compte dans le cadre de l'urbanisation future correspondant à la période allant de la fin du siècle actuel au début du suivant (1995 - 2000).

Les problèmes d'assainissement y sont moins pressant mis à part quelques sites où la concentration en un point d'effluents non traités entraîne une pollution et une dégradation effective du milieu récepteur.

La représentation graphique de ces données est précisée par la figure 3 .

1 - 1 - 1 - 2 Prévisions d'extension démographique à Abidjan.

La caractéristique principale de l'extension démographique en Afrique de l'Ouest est la concentration des migrations vers les zones industrialisées, soit, en ce qui concerne la Côte d'Ivoire, vers Abidjan.

Ce phénomène de migration incontrôlée, accompagné d'un accroissement naturel des populations particulièrement important, entraîne un taux d'accroissement annuel, qui peut être estimé à 10 % pour la dernière décennie.

Les perspectives décennales d'Abidjan (P.D.A.) ont retenu les taux d'accroissement suivants :

TABLEAU II

	<u>1970 - 1980</u>	<u>1981 - 1985</u>	<u>1986 - 1990</u>
naturel	3,9	4,1	4,2
migratoire	6,0	3,9	2,2
total	9,9	8,0	6,4

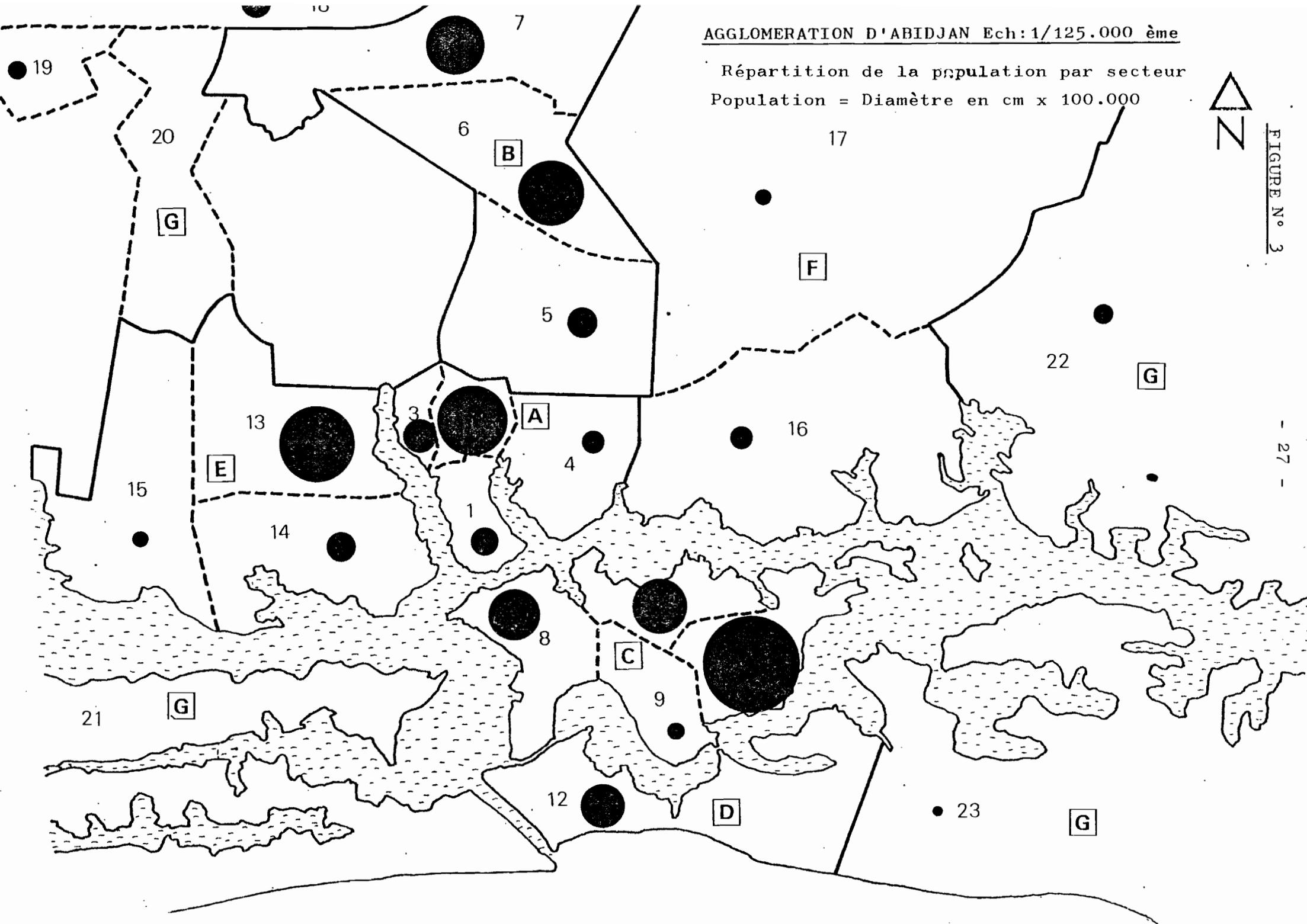
La baisse du taux migratoire est basée sur l'hypothèse d'une répartition de la population urbaine vis à vis de la

.../...

Répartition de la population par secteur
Population = Diamètre en cm x 100.000



FIGURE N° 3



population rurale et sur le fait que le taux d'immigration tendra à diminuer au fur et à mesure de l'accroissement de la densité à Abidjan.

A contrario, il semble important de retenir les faits suivants :

- la Côte d'Ivoire est un pays qui se caractérise par une vocation rurale tendant à diminuer (instabilité des cours internationaux du cacao et du café).

- la Côte d'Ivoire a une économie basée sur les activités liées à l'exportation maritime. Les programmes de liaison inter-africains, par terre ou par fer, ne semblent pas bénéficier de priorités par rapport au transport maritime. La décentralisation industrielle semble donc peu possible.

- l'extension voulue des activités industrielles entraîne, exception faite du cas de San Pedro, une migration importante vers Abidjan de la part des populations rurales ivoiriennes mais surtout des habitants des pays voisins (Benin, Ghana, Niger, Mali, Sénégal, Haute Volta etc...).

- la progression attendue des activités pétrolières off-shore, en Côte d'Ivoire, ne peut, à court et moyen terme, qu'accroître le taux de migration vers Abidjan, de populations inactives à la recherche d'un emploi dans une branche industrielle prospère.

- la Convention internationale, passée entre les différents Etats de l'Afrique de l'Ouest, sur la libre circulation des individus, ne permet pas un contrôle efficace, voire une limitation, de l'immigration vers la Côte d'Ivoire et donc vers sa capitale.

La création d'une deuxième grande ville ivoirienne, qui aurait pour but de soulager démographiquement Abidjan, n'est pas envisagée actuellement par les responsables.

- la volonté, de la part des autorités ivoiriennes, de faire d'Abidjan un pôle politique et économique pour l'ensemble des Etats du Golfe de Guinée ne peut qu'entraîner un accroissement du taux migratoire vers l'agglomération.

- la politique d'amélioration du cadre de vie, et de régression des inégalités sociales en matière d'équipement (logement, assainissement, eau potable, voirie urbaine, électricité etc...) ne peut qu'attirer de nouveaux immigrants vers Abidjan.

- Compte-tenu de ces remarques, et sous réserve de modifications de la politique actuellement menée, il semble qu'une

.../...

baisse du taux d'accroissement démographique, dû à l'immigration, ne puisse être logiquement envisagée au cours de la prochaine décennie.

Le taux actuel d'accroissement démographique dû aux migrations, qui est de 6,0 %, sera donc conservé pour l'établissement des propositions qui apparaîtront au sein du présent rapport.

En ce qui concerne l'accroissement naturel des populations, les taux indiqués au tableau II ci-dessus seront conservés. Le taux d'accroissement total sera donc estimé à 10 % pour la période 1980 - 1990. Il est difficile, compte-tenu des données recueillies, de pousser les prévisions au-delà.

Un accroissement important des populations, va de pair avec une augmentation de la demande en logements. Cela implique la création de nouveaux terrains constructibles viabilisés, faute de quoi de nouvelles zones d'habitat dit " spontané " ne manqueraient pas de se créer.

Si l'augmentation de la densité brute est envisageable dans certaines zones périphériques (Banco, Riviera, Abobo, Niangon, Djibi), et à un moindre degré dans l'île de petit Bassam (Zone 4 - Bietri), elle s'avère difficile à envisager dans la zone du centre et dans les quartiers déjà " surchargés " : Marcory, Koumassi.

L'accroissement démographique impliquera ainsi un accroissement important de l'emprise géographique de la ville d'Abidjan. A cet égard, le Schéma d'assainissement prévu doit s'intégrer dans un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme à vocation bien plus large. L'Urbanisme et l'Aménagement du territoire impliquent une viabilisation des zones, l'assainissement ne représente alors qu'une partie d'un tout, non seulement au niveau des réalisations techniques, mais encore en ce qui concerne la programmation préalable des équipements et des investissements.

Techniquement, il convient de dimensionner correctement, et pour un horizon fixé, les ouvrages amonts de transport et de relèvement des effluents bruts ainsi que les installations de traitement et de rejet situées en aval. Le refus de prendre en compte une démographie évolutive peut engendrer de graves problèmes ainsi qu'une remise en question complète du système d'assainissement initialement prévu. Ce phénomène tiendra, au sein de ce rapport, une place prédominante sinon la plus importante.

.../...

Conclusion du § 1-1-1

- la population d'Abidjan est estimée à 1.625.000 hbts en 1980,

- les zones Centre et Petit Bassam rassemblent plus de 50 % de la population sur 8 % de la superficie totale,

- les zones périphériques regroupent 43 % de la population sur 78 % de la surface totale,

- le taux de croissance démographique peut être estimé à 10 % par an pour la période 1980 - 1990,

- la croissance démographique implique une croissance de l'emprise géographique de la ville,

- les croissances démographique et géographique constituent une donnée fondamentale pour l'assainissement d'Abidjan.

1 - 1 - 2 Les données économiques

Le produit intérieur brut de la République de Côte d'Ivoire a atteint 2.300 milliards de francs CFA en 1981. Le pays a donc réussi à dépasser la barre des 1.000 dollars par habitant et par an, qui fait de la Côte d'Ivoire un des pays les plus économiquement avancés de l'Afrique de l'Ouest.

Les perspectives décennales pour Abidjan estiment la distribution du revenu des ménages africains en 1990.

Au vu de ces estimations, on constate que 80 % des ménages (à l'exception des expatriés) gagnent moins de 100.000 F. CFA (1977) par mois et que 9 % gagnent plus de 200.000 F. CFA par mois.

Le revenu moyen par habitant selon les quartiers d'habitation est le suivant (PDA) :

T A B L E A U N° III

Zone	Revenu par hbt (F - CFA - 1977)
Plateau	65.100
Zone 4 - Bietri	39.620
Cocody - Riviera	37.600
Williamsville - II Plateaux	18.900
Marcory	15.630
Treichville	11.940
Adjamé - Attiéoubé	10.980
Vridi - Port Bouet	10.640
Koumassi	10.200
Abobo	9.560
Banco	9.400
Ensemble	14.900

Le projet de plan quinquenal prévoit l'évolution du produit intérieur brut et de la consommation des ménages :

	1980 - 1985	1985 - 1990	Moyenne 1980 - 1990
P.I.B.	6,0	7,6	6,8
Consommation des ménages	5,8	7,1	6,5

Le fait que le taux d'accroissement de la consommation des ménages (6,5 %) est inférieur au taux d'accroissement de la population (près de 10 %) entrainera une baisse du revenu moyen par habitant. Ce facteur aura une influence non négligeable sur les investissements futurs en matière d'assainissement à Abidjan.

(*) 1 F. CFA = 0,02 F. Français

Au sein du budget de l'Etat, les investissements sont présentés suivant deux fonctions :

- la fonction nationale : relative au fonctionnement du pays et aux investissements à caractère général,

- la fonction locale : relative à des actions précises et localisées géographiquement dont les bénéficiaires sont essentiellement les habitants sédentaires de la zone intéressée.

Seuls les investissements de fonction locale sont à prendre en compte dans le cas de l'assainissement d'Abidjan.

En ce qui concerne l'aménagement du territoire et l'amélioration du cadre de vie, les investissements de fonction locale ont été pour la métropole abidjanaise :

5.000 F. CFA/hbt en 1971
30.000 F. CFA/hbt en 1978
19.000 F. CFA/hbt en 1979
10.000 F. CFA/hbt en 1980.

Le plan et les perspectives décennales pour Abidjan prévoient : 15.000 F. CFA/hbt.an, en moyenne, pour la totalité du pays soit :

Abidjan	28.000 F. CFA/hbt.an
Villes de l'intérieur	15.000 F. CFA/hbt.an
milieu rural	7.000 F. CFA/hbt.an

Cela correspond pour Abidjan à 40 milliards F. CFA/an de fonction locale.

Pour la période allant de 1976 à 1980, 8 % de la somme globale d'investissement de fonction locale ont été consacrés à l'assainissement des eaux usées et au drainage des eaux pluviales, 50 % de la somme globale allant aux dépenses de voirie primaire et de transport en commun et 17 % de cette somme aux réseaux dits primaires (alimentation en eau potable : AEP, électricité, etc...).

Si le pourcentage relatif à l'assainissement et au drainage est conservé (8 %), la totalité des investissements dans ce domaine sera de 2.240 F. CFA/hbt.an pour Abidjan.

Avant 1968, le problème posé par l'assainissement de la ville d'Abidjan ne fut pas évoqué. A cette date, un début de prise de conscience poussa les Ministères de la Santé et des Travaux Publics à présenter une requête à l'Organisation des Nations Unies, dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). A la suite de graves épidémies, le PNUD

.../...

demanda à l'O.M.S. de faire des études sur ce sujet et en 1975 le Schéma Directeur initial de l'assainissement d'Abidjan fut mis au point, et les premières opérations furent lancées.

Le Schéma Directeur fut divisé en trois phases. Actuellement, les deux premières phases ont été co-financées par la B.I.R.D. et par le Fonds National pour l'Assainissement (F.N.A.).

La Banque mondiale (B.I.R.D.), étant le principal bailleur de fonds du système, a droit de regard sur la rentabilité des investissements réalisés et est à l'origine de la remise en question du Schéma Directeur originel.

Le Fonds National pour l'Assainissement (F.N.A.) est alimenté par une redevance sur le bâtiment qui se monte à 10 % de la valeur locative nette des logements.

Il est également alimenté par une taxe parafiscale basée sur la consommation d'eau potable.

Pour Abidjan, le prix de l'eau potable se décompose comme suit (doc. DCH) :

TABLEAU IV

<u>Tranche tarifaire</u>	<u>SODECI</u>	<u>Surtaxe eau</u>	<u>Surtaxe assainis.</u>	<u>Prix de vente</u>
1/ Appareils publics	92	-	-	92
2/ Tranche sociale (0-10 m ³ /mois)	99	29	-	128
3/ Plein tarif (10-1500 m ³ /mois)	100	78	46	224
4/ Tranche industrielle I (1500-41666 m ³ /mois)	99	69	24	192
5/ Tranche industrielle II (> 41.666 m ³ /mois)	99	73	-	172
<u>Prélèvements directs d'eau souterraine</u>				
6/ Nappe profonde d'Abidjan (< 1,2 M.m ³ /an)	1,8	41,2	11	54
7/ Nappe profonde d'Abidjan (> 1,2 M.m ³ /an)	1,8	25,2	11	38
8/ Nappe superficielle d'Abidjan	1,2	14,2	10	26
9/ Tous prélèvements hors Abidjan	1,8	25,2	11	38

.../...

T A B L E A U V

Consommation moyenne mensuelle en eau potable (toutes catégories)

1er trimestre 1981

Centre d'Abidjan

Zone	Secteur	Pop. totale (x1.000)	Nbre Abonnés	%	Cons. mensuelle moyenne (m3)	Moyenne abonné (m3)
Centre	Plateau	60	1.027	2	304.978	297
	Adjamé	154	5.787	4	231.038	40
	Attécoubé	72	1.145	2	56.456	49
	Cocody	42	4.944	12	373.888	76
	Total	<u>328</u>	<u>12.903</u>	<u>4</u>	<u>966.360</u>	<u>75</u>
Nord	Deux Plateaux	62	4.838	8	223.260	46
	Abobo Sud	145	855	1	68.872	81
	Abobo Nord	125	2.409	2	331.966	138
	Total	<u>332</u>	<u>8.102</u>	<u>2</u>	<u>624.098</u>	<u>77</u>
Petit Bassam	Treichville	110	4.762	4	593.961	125
	Zone 4 Bietri	25	2.586	10	321.408	124
	Marcory	116	7.712	7	285.153	37
	Koumassi	205	6.616	3	229.505	35
	Total	<u>456</u>	<u>21.676</u>	<u>5</u>	<u>1.430.027</u>	<u>66</u>
Port Bouet	Port Bouet					
	Vridi	<u>95</u>	<u>6.141</u>	<u>6</u>	<u>455.984</u>	<u>74</u>
Banco	Banco Nord	160	11.418	7	262.912	23
	Banco Sud	60	7.621	13	134.422	18
	Niangon	35	3.186	9	42.135	13
	Total	<u>255</u>	<u>22.225</u>	<u>9</u>	<u>439.468</u>	<u>20</u>
Riviera	Riviera	<u>45</u>	<u>2.659</u>	<u>6</u>	<u>115.301</u>	<u>43</u>
Total général		<u>1.511</u>	<u>73.706</u>	<u>5</u>	<u>4.031.238</u>	<u>55</u>

Il faut constater les faits suivants :

- tranche tarifaire

- seuls les consommateurs domestiques assez importants : + 10 m³ par mois, payent une redevance assainissement qui se monte à 46 F.CFA/m³, soit 20 % du montant total,

- la redevance assainissement n'est pas perçue sur des volumes excédant 41.666 m³/mois.

La redevance sur les volumes inférieurs représente 12,5 % du prix de l'eau,

- En ce qui concerne les prélèvements directs d'eaux souterraines, la taxe a la même valeur : 11 F. CFA/m³, mais sa représentativité au sein du prix de l'eau varie de 20 % à 38 %.

Conclusion du § 1-1-2

- le P.I.B.* par habitant est supérieur à 1000 \$
- 80 % des ménages gagnent moins de 100.000 F. CFA/mois
- les revenus moyens par habitant s'échelonnent de 9400 F. CFA/mois (Banco) à 65.100 F. CFA/mois (Plateau).
- une diminution du revenu moyen par habitant est à prévoir (1 à 4 %),
- les investissements en fonction locale seront de 28.000 F. CFA/hbt.an pour Abidjan dont 2.240 F.CFA/hbt.an pour l'assainissement pour la période 1980-1990.
- le prix moyen de l'eau distribuée varie de 92 à 224 F.CFA/m³, la taxe alimentant le F.N.A. varie de 0 à 46 F.CFA/m³.

* Produit Intérieur Brut.

1 - 1 - 3 Les pressions d'origine industrielle

L'agglomération abidjanaise a connu ces dernières années un essort industriel d'une importance notable.

Le fait que la Côte d'Ivoire ait une économie essentiellement agricole et qu'Abidjan soit le seul port de commerce suffisamment important sur le littoral ivoirien, a permis le développement d'industries de transformations agro-alimentaires et de zones industrielles basées sur l'import-export.

Abidjan regroupe 63 % des entreprises industrielles et emploie 50 % des travailleurs de l'industrie de la Côte d'Ivoire.

En 1980, il y avait 1795 établissements classés dans la zone d'Abidjan. Les principaux apparaissent au tableau VII.

Le tableau n°VI regroupe les données de base concernant les principales entreprises industrielles situées à Abidjan (Organisation des Nations-Unies pour le développement industriel).

Tableau VI

Effectif des travailleurs

Nombre de travailleurs employés dans l'industrie manufacturière ivoirienne, selon la branche d'activité (année 1976)	
Travail des grains et farines	6.210
Industries de conservation et de préparation alimentaires	3.664
Fabrication de boissons et glace alimentaire	2.152
Industries des corps gras alimentaires	2.162
Autres industries alimentaires	1.724
Industries des textiles et de l'habillement	10.968
Industries du cuir et des articles chaussants	796
Industrie du bois	13.572
Raffinage du pétrole et fabrication de dérivés	357
Industries chimiques	3.321
Industries du caoutchouc	666
Sidérurgie et première transformation des métaux	174
Autres industries mécaniques et électriques	3.239
Industries diverses	<u>1.778</u>
TOTAL	50.783
	=====

Compte-tenu d'un taux de croissance moyenne de 10 % par an, les effectifs totaux dans l'industrie manufacturière ivoirienne ont été estimés à 70.000 en 1980, dont 42.000 (60 %) dans la zone côtière.

T A B L E A U N°VII

ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS SITUES DANS LA ZONE D'ABIDJAN

<u>Entreprises</u>	<u>Activité</u>	<u>Production annuelle</u>
Société Ivoirienne de raffinage (SIR)	Raffinerie de pétrole	2 millions de tonnes
Lubtex	Formulation d'huiles de graissage et conditionnement	12.000 m ³
Société multinationale de bitumes (SMB)	Emulsions d'asphalte	193.000 tonnes
SOTEXI	Impression et teinture de tissus	24 millions de mètres
ICODI	Impression de tissus	27 millions de mètres
UNIWAX	Impression de tissus	20 millions de mètres
SOFITEX	Impression et teinture de tissus	4 millions de mètres
BLOHORN	Huile de palme raffinée	50.000 tonnes
	Savons	33.000 tonnes
PALMINDUSTRIE	Huile de palme	
BATA	Fabr. chaussures plastique	1,2 million de paires
	cuir	1,4 million de paires
SOLIBRA	Bière	600.000 hl
	Boissons gazeuses	120.000 hl
BRACODI	Bière	500.000 hl
	Boissons gazeuses	270.000 hl
	Glaces	380.000 tonnes
SOBOCI	Boissons gazeuses (Coca-Cola, Fanta, etc)	68.000 hl
IPAN	Boissons gazeuses (Pepsi-Cola, Seven Up, etc..)	68.000 hl
	Glaces	10.000 tonnes
SICODIS	Embouteillage vin	33 millions de litres
SOVINCI	Embouteillage vin	25 millions de litres
AGR	Embouteillage vin	1 million de litres
	Embouteillage alcool	220.000 litres

.../...

GANAMET	Embouteillage vin	220.000 litres
SACO	Traitement graines de cacao	35.000 tonnes
API	Traitement graines de cacao	18.000 tonnes
PROCAI	Traitement graines de cacao	18.000 tonnes
CHOCODI	Traitement graines de cacao	7.000 tonnes
Grands moulins d'Abidjan (GMA)	Minoterie	80.000 tonnes
CAPRAL	Prod. café torréfié et soluble	3.000 tonnes
PFCI	Conserves de thon	8.000 tonnes
SCODI	Conserves de thon	8.000 tonnes
SIVENG	Prod. acide sulfurique	20.000 tonnes
	Prod. engrais :	
	superphosphate	8.000 tonnes
	ternaire granulé	55.000 tonnes
	sulfate d'ammonium	2.500 tonnes
SHELL-CHIMIE	Formulation insecticides organochlorés et organophosphores	1.500 m3
	Pyréthrine	700 m3
	Herbicides	100 m3
IPL	Formulation de peintures et laques	3.000 tonnes
Tôles Ivoire	Tôles galvanisées	33.000 tonnes
Zintec Ivoire	Zingage à chaud du fer et acier	2.400 tonnes
IMCI	Laminage de ronds à béton	25.000 tonnes

En ce qui concerne les installations en construction ou prévues, on note surtout la découverte récente et l'exploitation prochaine des gisements de pétrole au large de Jacqueville. Le pétrole sera envoyé directement à la raffinerie SIR, dans laquelle des travaux sont en cours pour doubler la capacité de 2 à 4 millions de tonnes/an.

Les principales zones industrielles sont situées principalement à Vridi, Zones 2, 3 et 4 et Yopougon.

En ce qui concerne la protection de l'environnement, les établissements industriels sont divisés en trois catégories soumises à des conditions d'exploitation :

- la première classe comprend les établissements qui doivent être éloignés des habitations,

- la deuxième classe comprend les établissements dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire mais dont l'exploitation est soumise à des mesures pour prévenir les dangers ou les inconvénients visés ci-dessus.

- la troisième classe comprend les établissements dont l'exploitation ne présente d'inconvénients graves, ni pour le voisinage ni pour la santé publique, et qui sont soumis seulement à des prescriptions générales.

En 1980, la première classe comptait 36 établissements, la seconde 151 et la troisième 1608.

La situation des zones industrielles est définie dans le tableau n° VIII, ainsi que leur emprise et leur consommation moyenne d'eau basée sur des consommations spécifiques.

T A B L E A U N° VIII
Zones industrielles Surface et Consommation d'eau
(estimation NEDECO - 1985)

Zone	Secteur	Surface	Consommation spécifique m ³ /ha.j	Volume consommé m ³ /j.
Centre	Plateau	40	20	800
	Adjamé	-	-	-
	Attiécoubé	-	-	-
	Cocody	-	-	-
	Total	<u>40</u>	<u>20</u>	<u>800</u>
Nord	Williamsville			
	II Plateaux	90	15	1.350
	Abobo Sud	30	20	600
	Abobo Nord	100	20	2.000
	Total	<u>220</u>	<u>18</u>	<u>3.950</u>
Petit Bassam	Treichville	480	20	9.600
	Zone 4 Biétri	165	25	4.125
	Marcory	-	-	-
	Koumassi	105	5	525
	Total	<u>750</u>	<u>19</u>	<u>14.245</u>
Port Bouet Vridi				
	Total	<u>395</u>	<u>10</u>	<u>3.950</u>
Banco	Banco Nord	110	50	5.500
	Banco Sud	-	-	-
	Niangon	50	20	1.000
	Total	<u>160</u>	<u>41</u>	<u>6.500</u>
Riviera	Riviera	-	-	-
	Djibi	50	20	1.000
	Total	<u>50</u>	<u>20</u>	<u>1.000</u>
Zones suprapériphériques				
	Entre deux forêts	<u>215</u>	<u>20</u>	<u>4.300</u>
Total		<u>1.830</u>	<u>19</u>	<u>34.745</u>

On remarque que les principales zones industrielles sont concentrées dans les zones C et D (Petit Bassam, Port Bouet-Vridi) et rejettent leurs eaux usées dans la lagune Ebrié et en particulier en baie de Biétri. La zone portuaire fait partie du secteur de Treichville.

Les pressions les plus fortes relatives aux polluants les plus dangereux proviennent :

- de la raffinerie S I R : hydrocarbures
- de l'industrie textile : colorants et fixateurs,
- de la firme BLOHORN : Savon et soude (pH élevé)
- de la Société SIVENG : rejet d'acide sulfurique,
- de la Société SHELL Chimie : rejet de composés organochlorés et organophosphorés particulièrement dangereux pour l'homme et la faune lagunaire,
- traitements de surface : métaux : Zinc, Chrome etc...
- traitement du cuir : arsenic

Les autres industries sont, en général, à classer dans la catégorie agro-alimentaire. Les polluants qu'elles rejettent sont en général du même type de ceux d'origine domestique et peuvent donc être acceptés, sans traitement préalable, dans un réseau de collecte des eaux usées.

En ce qui concerne les industries émettant une pollution à dominante toxique (hydrocarbures, pesticides, acide et soude, métaux), il serait nécessaire avant de les collecter d'effectuer certains traitements de décontamination des effluents.

L'importance du développement des zones industrielles abidjanaise est prévisible, compte tenu du contexte pétrolier, et de l'essor économique entrepris en Côte d'Ivoire.

On estime actuellement, la part des industries et des établissements gros consommateurs d'eau, à 21 % de la pollution organique rejetée dans le milieu naturel.

Compte-tenu de l'accroissement démographique, cette part serait de 17 % en 1985 et de 15 % en 1990.

Tout en augmentant rapidement en quantité, les pressions d'origine industrielle verront leur importance relative décroître par rapport aux pollutions d'origine domestique.

Il convient toutefois de considérer ces chiffres avec prudence étant données les difficultés afférentes à la prévision des évolutions dans ce domaine.

Conclusion du § 1-1-3

- Les pressions industrielles sont importantes à Abidjan (21 % de la pollution organique rejetée).

- Les industries sont concentrées au Sud de la ville et rejettent essentiellement sans traitement, directement dans la lagune.

- Certaines industries émettent des polluants particulièrement dangereux : hydrocarbures, pesticides, métaux, acide et soude...

- Les pressions industrielles vont croître, mais leur importance relative diminuera par rapport aux pollutions domestiques.

1 - 1 - 4 Les pressions particulières

Parallèlement aux problèmes de pollution domestique et industrielle, la lagune Ebrié est soumise à un certain nombre de pressions que l'on peut qualifier de " particulières " :

1 - 1 - 4 - 1 Les rejets de matières de vidange

Le système d'assainissement collectif se développe à Abidjan, mais la plupart des zones non raccordées sur le collecteur de base sont assainies par des systèmes d'assainissement de type individuel (fosses septiques etc...):

Ces fosses doivent être vidangées régulièrement pour pouvoir fonctionner, et les matières de vidange ainsi récupérées sont très souvent rejetées directement dans la lagune voisine sans aucun traitement préalable.

Ces rejets, bien que diffus, ont un impact notable sur la qualité des eaux lagunaires. Ces matières fécales stagnent dans la zone de rejet en consommant la totalité de l'oxygène dissous, amenant ainsi la zone en anaérobiose, ce qui ne permet plus la vie de la faune et de la flore.

De plus, ces matières contiennent un nombre très important de germes bactériens et viraux. La température élevée de la lagune, combinée avec les fortes teneurs en matière en suspension favorise un développement des germes qui peut entraîner de graves maladies (thyphoïdes, hépatites, poliomyélite, méningites, paludisme, etc...) chez les personnes résidant près de ces zones de rejet.

Ces problèmes doivent être pris en compte dans la conception du Schéma d'assainissement d'Abidjan car leur caractère ponctuel et diffus ne doit pas masquer leur importance sanitaire et écologique.

1 - 1 - 4 - 2 La pêche aux substances toxiques

Pour pallier à la diminution des tonnages pêchés en lagune, certains pêcheurs utilisent des substances chimiques qu'ils répandent à la surface de l'eau afin d'intoxiquer les poissons. Ceux-ci remontent à la surface et sont ainsi plus facile à pêcher.

Ce mode de pêche est réglementairement interdit car il présente deux aspects néfastes sur l'environnement.

- le fait de répandre de tels poisons implique une pollution chimique des eaux lagunaires qui présente certains dangers de part la très faible biodégradabilité des substances toxiques employées.

- Ce type de pêche n'est absolument pas sélectif. Les alevins, comme les poissons adultes, sont touchés. Ce système aura pour effet de réduire, à moyen terme, le stock de poissons vivant en lagune.

1 - 1 - 4 - 3 L'emprise des installations portuaires

Le développement des installations portuaires d'Abidjan et de l'industrie pétrolière " off-shore " induit d'inévitables pressions sur l'environnement.

Les dangers présentés par l'exploitation pétrolière sont essentiellement localisés autour des plates-formes de forage et concernent peu l'environnement lagunaire. Cependant, le trafic maritime qui découle de cette exploitation engendre certaines pressions sur la lagune étant donnée la situation géographique du port d'Abidjan.

Bien qu'ayant un lointain rapport avec l'assainissement, ces pressions doivent être considérées dans le Schéma général ne serait ce que pour définir l'assainissement de la zone portuaire actuelle et de prévoir, compte-tenu de l'extension géographique de l'emprise du port, celui de futures zones industrielles situées en bordure de lagune.

Conclusion du § 1-1-4

- Les rejets de matières de vidange des fosses septiques ont un impact important sur la qualité de certaines parties de la lagune, et peuvent induire des risques d'épidémie.

- Certains pêcheurs utilisent des produits toxiques pour améliorer les rendements. Ces produits présentent de graves dangers pour l'environnement et pour l'homme.

- La présence du port de commerce constitue une pression sur le milieu lagunaire. Certains risques de pollution liés au trafic maritime ne sont pas à négliger.

1 - 2 Les milieux récepteurs de l'assainissement d'Abidjan : océan et lagune.

1 - 2 - 1 Les cadres géographique, climatique et hydrologique.

Nous ne retiendrons ici que les principales données nécessaires à la compréhension des contraintes exercées par l'assainissement d'Abidjan sur les milieux océaniques et lagunaires. Des données complémentaires pourront être fournies par différents organismes d'études, en particulier, le Centre de Recherche Océanographique, des publications duquel sont extraites la plupart des données ci-dessous.

1 - 2 - 1 - 1 Le cadre géographique (fig. 4 et 5)

La ville d'Abidjan est construite au sud de la Côte d'Ivoire (latitude 5° 20 N) sur la façade littorale Atlantique. Du Sud au Nord on rencontre successivement :

- l'océan,
- le cordon littoral sableux et perméable,
- la lagune Ebrié et des îles sablo-limoneuses : Petit Bassam, Boulay,
- des bas plateaux (2 à 10 m. d'altitude)
- des hauts plateaux (sablo-argileux faiblement perméables (40 à 50 m)).

1 - 2 - 1 - 2 Le cadre climatique

La région est soumise au régime climatique dit " équatorial de transition ". Les précipitations abondantes (1400 à 2500 mm/an) sont réparties en deux saisons centrées sur juin et octobre. Les averses peuvent être extrêmement violentes : averse décennale de 200 mm par jour et averse annuelle de plus de 100 mm par jour.

La température moyenne mensuelle est peu variable restant comprise entre 24,5 et 27,5 °C.

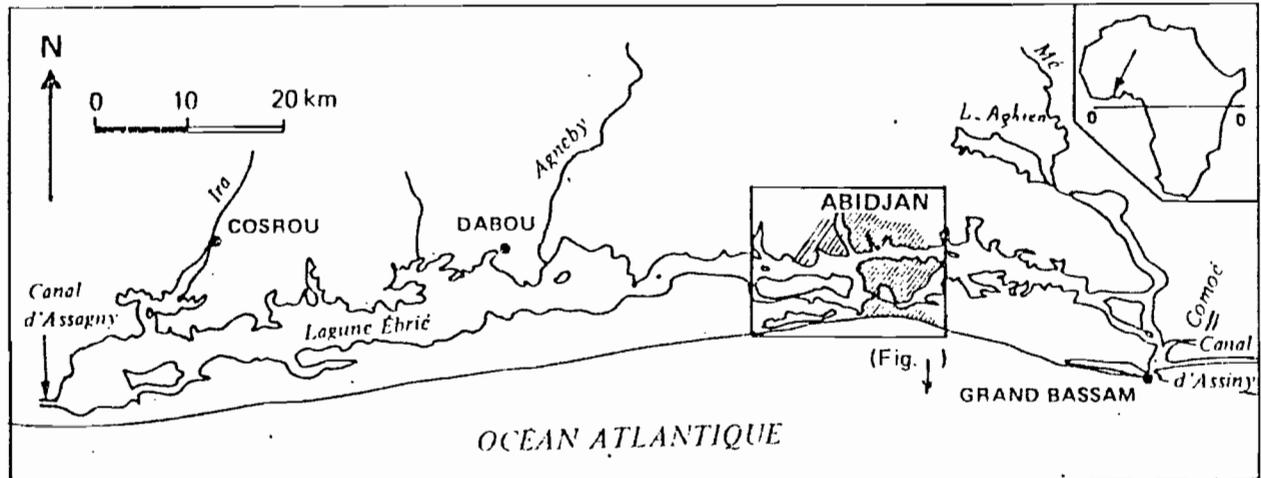
Les vents sont de secteurs Sud-Ouest prédominants, et de vitesse modérée (2 m/s).

L'humidité atmosphérique moyenne est très élevée : 85 %.

L'évaporation est forte (1200 mm/an) et varie entre 67 mm en Août, et 135 mm en mars.

L'énergie solaire incidente de 1500 J/cm². j est modérée pour la latitude et varie entre 1100 (août) et 1900 (mars).

.../...



-  Zones habitées. 1977
-  Zones Industrielles.
-  Zones marécageuses.

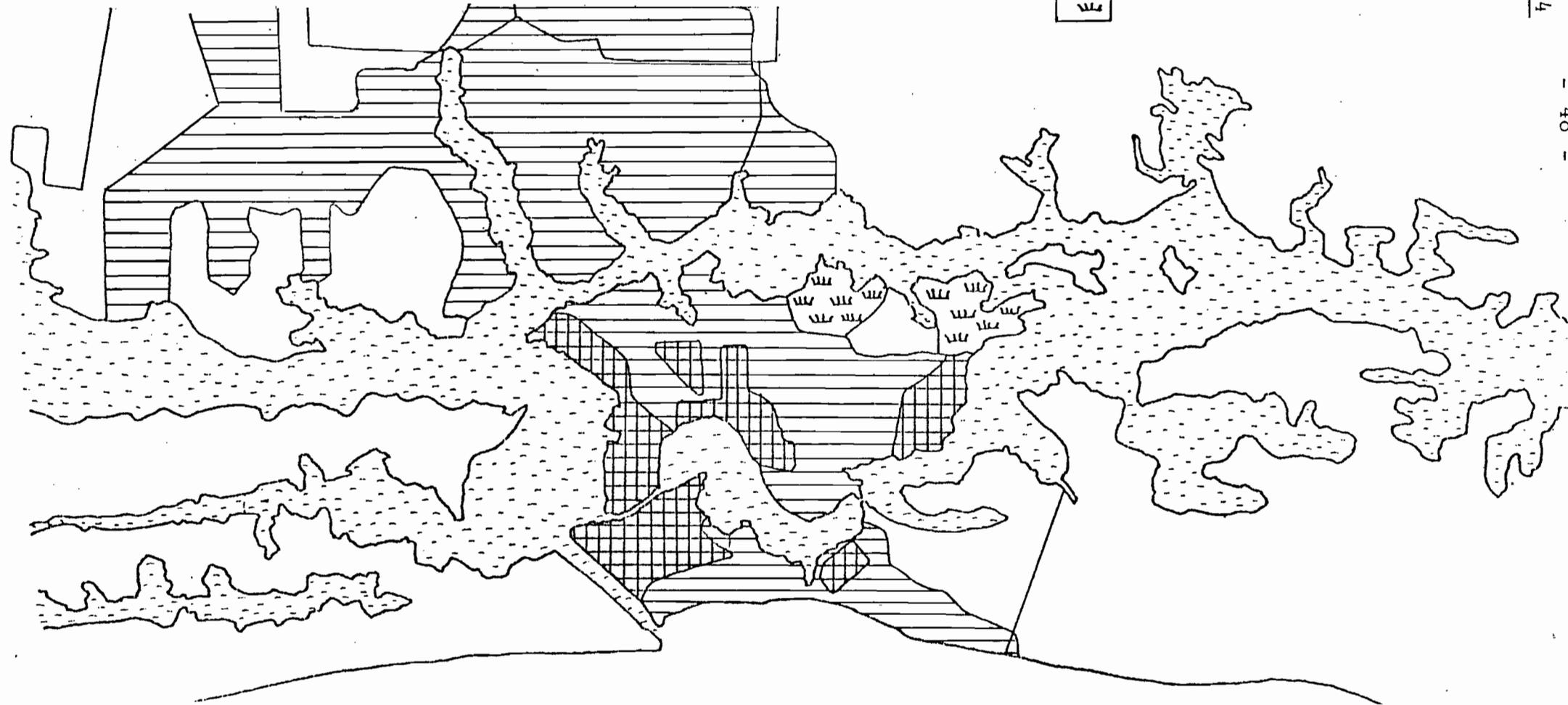


FIGURE N° 4

COUPE SCHEMATIQUE DU LITTORAL AU NIVEAU D'ABIDJAN
(D'après J.P. TASTET 1971)

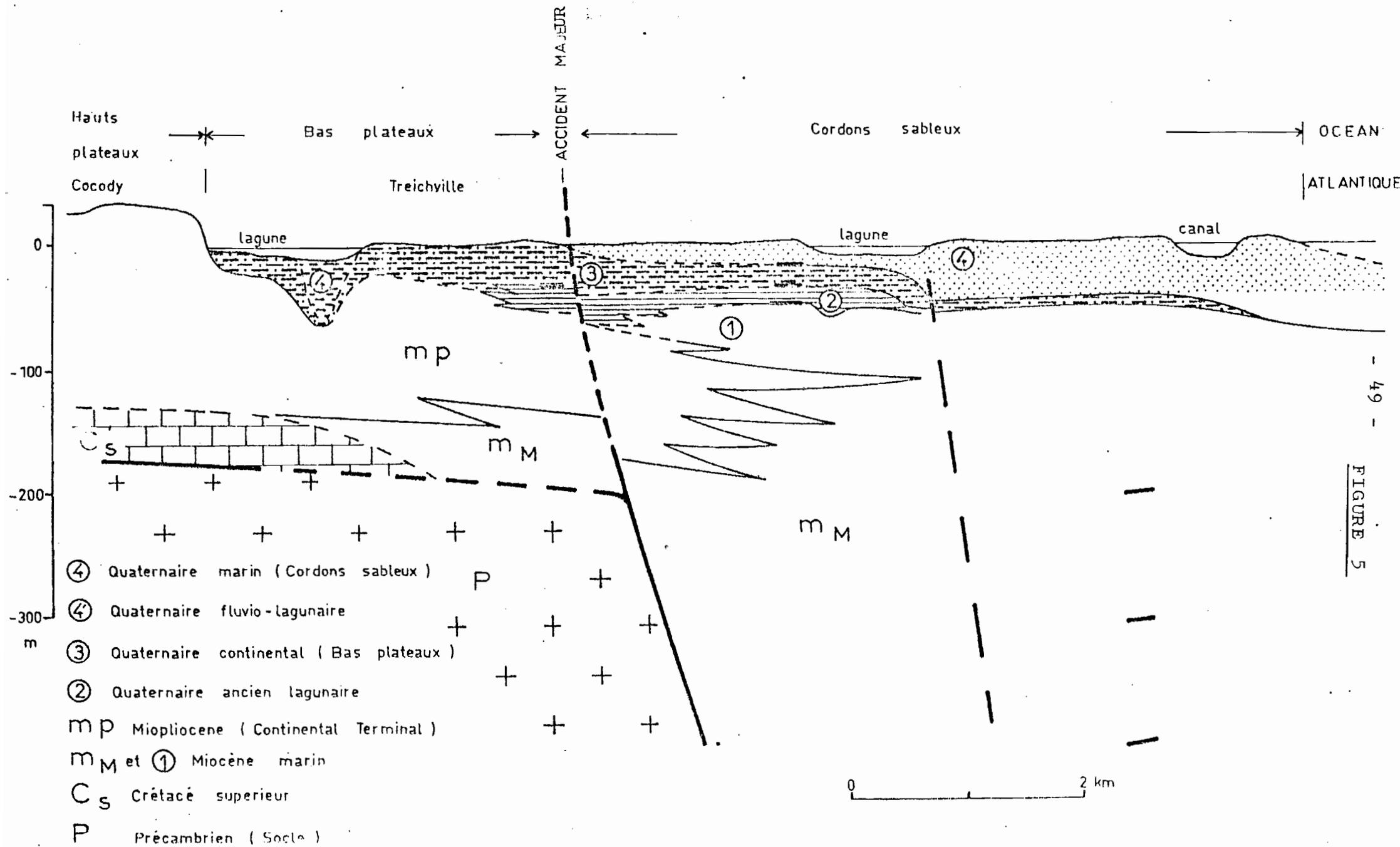


FIGURE 5

1 - 2 - 1 - 3 Le cadre hydrologique

1 - 2 - 1 - 3 - 1 L'océan

La région océanique au Sud d'Abidjan est parcourue par le courant de Guinée, parallèle à la côte, dirigé vers l'Est et d'une vitesse moyenne de 0,5 noeud. Ce courant s'inverse pendant 15 % du temps.

Les eaux superficielles sont chaudes. Leur température est généralement supérieure à 20 ° C.

Le plateau continental, large d'une quinzaine de miles est entaillé face à Abidjan par un profond canyon sous marin : le trou sans fond.

La houle se brise en une vague déferlante violente (la barre), à proximité du littoral.

Le littoral est sableux et on observe une érosion intense des plages à l'Est de chaque épi perpendiculaire à la côte, en particulier dans le secteur de Port Bouet (n° 12, figure 1) à l'Est du canal de Vridi.

1 - 2 - 1 - 3 - 2 La lagune Ebrié

Le système lagunaire Ebrié se compose d'un bassin principal orienté Est-Ouest parallèlement au littoral atlantique sur une longueur de 125 km, autour duquel s'organise de nombreuses baies (fig. 4). Sa superficie de 566 km² en fait le milieu saumâtre le plus étendu d'Afrique de l'Ouest. Sa profondeur moyenne est de 4,8 m. Le bassin lagunaire est renouvelé de façon variable à la fois dans le temps et l'espace par des eaux océaniques, fluviales et météoriques.

La lagune communique avec l'océan, de façon quasi-exclusive par le canal artificiel de Vridi. Celui-ci, large de 370 m. et profond de 15 à 20 m., traverse le cordon lagunaire au Sud d'Abidjan. De ce fait, le bassin lagunaire est soumis à des marées dont l'amplitude s'amortit du canal vers l'amont. Exemple : marée de 90 cm en mer = 52 cm à la pointe Nord-Ouest de l'île de Petit Bassam, et 8 et 10 cm aux extrémités Est et Ouest. Les marées s'accompagnent de courants qui dépassent fréquemment 1 m/s dans la région d'Abidjan. Les courants de flot (marée montante) transportent vers la lagune, au travers du canal de Vridi, un volume d'eau océanique estimé à 38 km³/an. Ce volume varie saisonnièrement selon un rythme inverse de celui des eaux

Apports d'eau douce mensuels nets en 1977 pour les régions Est,
Ouest et pour l'ensemble de la lagune. Unité 10⁶ m³

TABLEAU IX

(1) Origine des valeurs. Données du DRES (comm. pers.) pour le Comoé à M'basso et la Mé à Alepé. Calcul à partir des précipitations mensuelles à Agboville (comm. pers. ASECNA) et d'un coefficient d'écoulement moyen de 4,7 % (ADOU, 1973) pour tous les autres bassins versants. Apports directs sur la lagune d'après les précipitations à Adiopoudoumé (station de bioclimatologie, comm. pers.). Evaporation d'après les moyennes mensuelles établies par VARLET (1978).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1977
<u>Est de Vridi</u>													
Débit du fleuve Comoé	40	18	34	41	51	150	81	199	1713	1441	280	65	4113
Débit des autres rivières	18	24	24	27	92	140	62	14	54	100	69	18	662
Précipitations directes	0	6	6	15	28	55	9	2	14	21	31	3	180
Evaporation	13	15	21	20	15	12	13	12	14	16	17	14	182
Bilan net d'eau douce	45	33	43	63	156	353	139	203	1767	1546	253	72	4773
<u>Ouest de Vridi</u>													
Débit des rivières	16	13	40	49	51	91	10	22	61	59	51	21	484
Précipitations directes	0	16	17	42	82	158	26	7	41	61	61	8	519
Evaporation	38	44	59	58	45	35	36	33	39	46	49	41	523
Bilan net d'eau douce	-22	-15	- 2	33	88	214	0	- 4	63	74	63	-12	480
<u>Total lagune</u>													
Bilan net d'eau douce	23	28	41	96	244	567	139	199	1830	1620	416	60	5253

douces, entre 0,35 km³ en novembre et 10,9 km³ en mars (fig. 6). En outre, ce volume s'amortit rapidement du canal vers l'amont, car chaque courant de jusant (marée descendante) entraîne avec lui la plus grande partie du courant de flot. Aucun bilan de ces échanges d'eau océanique n'a été dressé en dehors du canal de Vridi. Il en résulte qu'on ne connaît pas le volume d'eau océanique traversant Abidjan.

Le régime des eaux douces est mieux connu. Le bassin versant de la lagune couvre 93.600 km² drainé pour l'essentiel par le fleuve Comoé (78.000 km²). Les eaux des rivières et des précipitations directes doivent traverser la région d'Abidjan, avant d'aboutir en mer, au travers du canal de Vridi. Elles provoquent un renouvellement moyen des eaux lagunaires de la région 20 fois par an. Le taux de renouvellement varie géographiquement, de 6 fois par an, à l'Ouest du canal de Vridi (Nord de l'île Boulay) à 30 fois par an à l'Est du canal (entre l'île de Petit Bassam et le Plateau). Il est maximum en Juin et Octobre, périodes de crues, séparant les périodes d'étiages centrées sur Août et Mars. Entre ces périodes, le volume mensuel des eaux douces circulant à Abidjan varie d'un facteur 100 (tab. IX).

Les échanges d'eau, d'origine différente, entraînent une variation saisonnière des caractéristiques hydrochimiques des eaux de la lagune à Abidjan. La salinité varie entre 30 g/l (eau de mer 35) et 0 g/l. La température moyenne des eaux superficielles oscille entre 26 et 31° C. Le pH varie entre 6,5 et 8,2 unités. La charge solide varie aussi saisonnièrement, elle est maximale en période de crue où elle peut atteindre 400 mg/l, elle est alors essentiellement minérale. Dans la région d'Abidjan, la charge solide est très liée aux matières organiques en suspension. La transparence qui est de 3 à 4 mètres en saison d'étiage, peut descendre en dessous de 50 cm en période de crue.

Conclusion du § 1-2-1

Cadre géographique : La ville d'Abidjan est construite sur les rives de la lagune Ebrié, à l'emplacement de son unique communication avec l'océan.

Cadre climatique : Les précipitations sont importantes (2.000 mm/an) et violentes (averse annuelle 100 mm/j). La température mensuelle minimale est de 24° 5 C. Les vents dominants sont de secteur S. W. L'évaporation est de 1.200 mm/an. L'énergie solaire incidente est de 1.500 J/cm². j.

Cadre hydrologique : Les eaux océaniques ont une température supérieure à 20° C. Les courants littoraux portent à l'Est (85 %) plus rarement à l'Ouest (15 %). Le plateau continental est entaillé par un profond canyon sous-marin. Présence d'une barre violente à la côte.

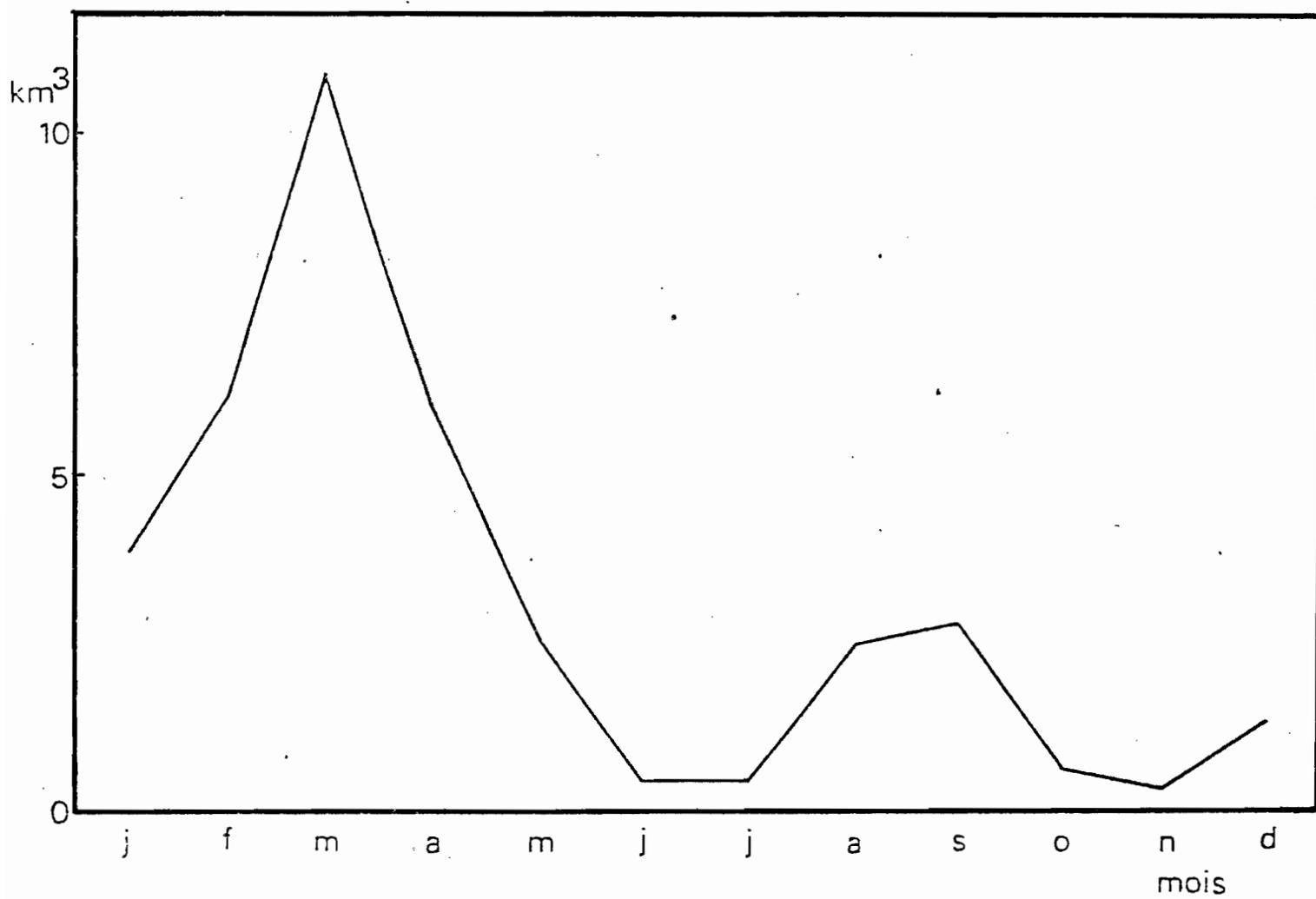
La lagune a une profondeur moyenne de 4,8 m. Ses eaux restent comprises entre 26 et 31° C. Le bassin lagunaire de la région d'Abidjan est le lieu de passage obligatoire des eaux océaniques et continentales. Son taux de renouvellement par les eaux douces est de 20 fois par an, avec des variations mensuelles d'un facteur 100. Le taux de renouvellement par les eaux océaniques est inconnu dans le secteur urbain.

références

- (1) AVENARD et al, 1971 - Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire - Mémoire ORSTOM 50 - 391 p.
- (2) MORLIERE A. et REBERT J.P., 1972 - Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. Doc Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 3 (2) 1 - 30
- (3) TASTET J.P., 1974 - L'environnement physique du système lagunaire Ebrié I et II Univ. Abidjan Série Doc. n° 11, 28 p., 58 fig.
- (4) GALLARDO Y, 1978 - Assymetry and anomalies of circulation and vertical mixing in the branching of a lagoon estuary. Hydrodynamics of estuaries and Fjords, Elsevier sc, Pub comp : 197 - 206
- (5) VARLET (F), 1978 - La régime de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. Traits physiques essentiels. Trav. Doc. ORSTOM, 83 : 162 p., 110 fig.
- (6) PAGES J., L. LEMASSON et P. DUFOUR. 1979 - Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel Arch. Scient. Centre Rech. Océanog. Abidjan. Vol. 5, n° 1 : 1 - 60.
- (7) PAGES J. L. LEMASSON et P. DUFOUR. Primary production in a brackish tropical lagoon. II : effect of light, as studied at some stations by the ^{14}C method. Revue d'hydrobiologie tropicale, 14 (1) : 3 - 15.
- (8) DUFOUR P. et J.R. DURAND. Production végétale des lagunes ivoiriennes. Soumis : Revue d'hydrobiologie tropicale.
- (9) DUFOUR P. Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidences sur l'hydroclimat. Soumis à Hydrobiologia.

VARIATIONS MENSUELLES DU VOLUME

D'EAU OCEANIQUE ENTRANT EN LAGUNE EBRIE d'après la réf. 5



(10) DURAND J.R. et CHANTRAINE J.M. - L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes - Soumis à Rev. Hydrobiol. Trop.

(11) LEMASSON L., J. PAGES et P. DUFOUR. Lagune de Biétri, Bathymétrie, courants et taux de renouvellement des eaux. Doc. Scient. Centre Rech. Oceanogr. Abidjan, sous presse.

(12) DUFOUR P. Le régime nutritif du système lagunaire Ebrié Soumis : Océanographie tropicale.

1 - 2 - 2 - Utilisation des milieux récepteurs

1 - 2 - 2 - 1 Pêche et aquaculture

Le Centre de Recherches Océanographiques (Ministère de la Recherche Scientifique) et la Direction des Pêches Maritimes et Lagunaires (Ministère de la production animale) étudient la pêche et l'aquaculture en mer et en lagune.

La pêche en lagune occupe entre 3 et 4.000 pêcheurs, 40.000 personnes en vivraient. 11.400 tonnes de poissons et crustacés ont été capturés en 1975 (réf. 18) 9.600 et 8.800 en 1976 et 1977 (réf. 21). La production de poissons en 1980 ne serait que de 3.500 tonnes (Ministère production animale). Ces quantités sont modestes comparées aux 80.000 tonnes capturées annuellement en Côte d'Ivoire tant sur les eaux intérieures qu'océaniques. L'importance des pêcheries en lagune Ebrié est cependant accrue par différents facteurs :

- facteur économique : la valeur marchande des poissons et crustacés lagunaires est élevée,

- facteur écologique : les lagunes sont des lieux de reproduction et de croissance pour de nombreuses espèces océaniques. La pêche en lagune influence donc les recrutements en mer,

- facteur stratégique : la Côte d'Ivoire importe 100.000 t. de poissons chaque année. Le maintien, ou l'accroissement des pêcheries, contribue donc à l'autonomie alimentaire du pays.

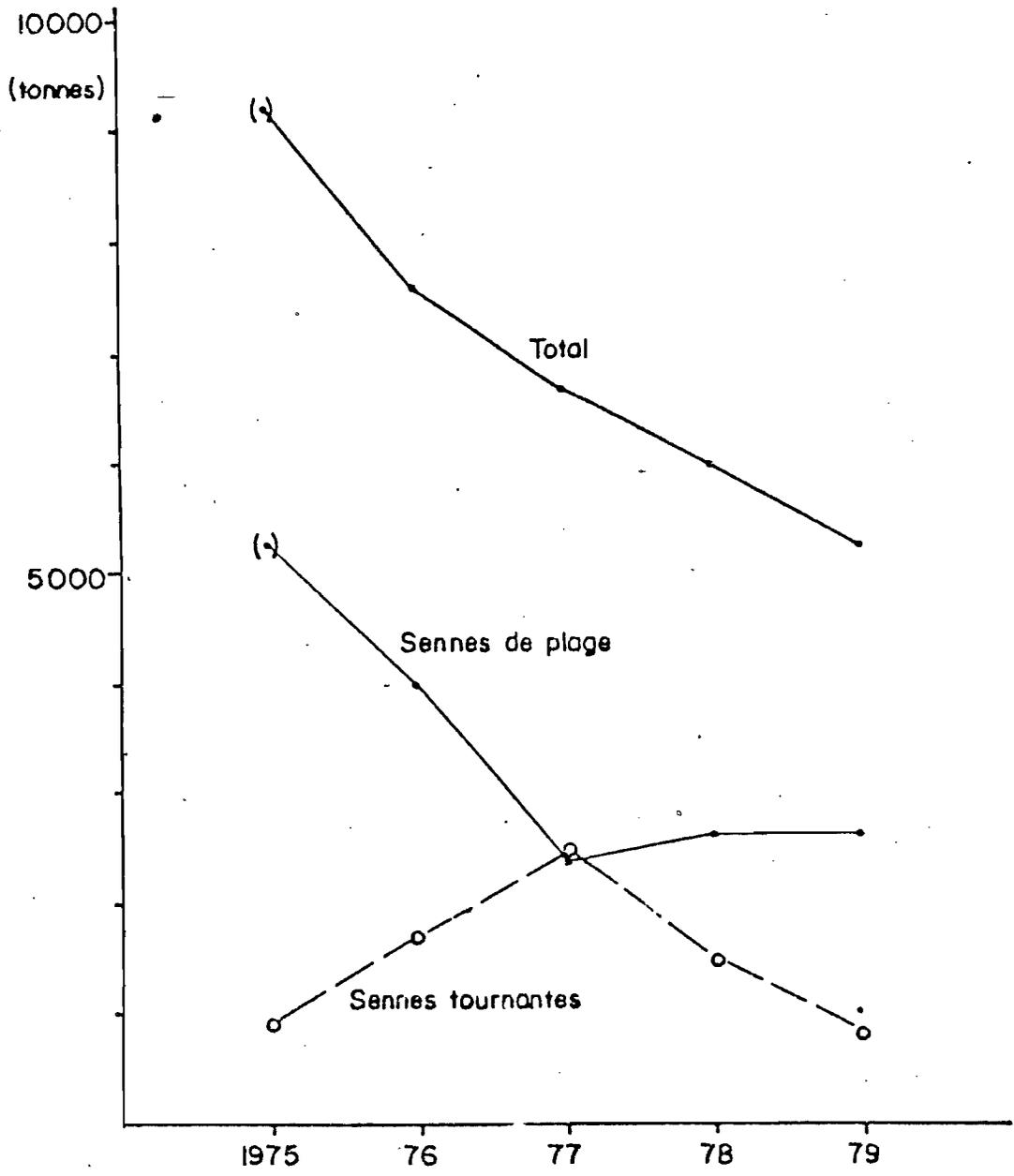
L'aquaculture en lagune en est encore au stade expérimental. La production est faible, mais de gros espoirs et financements y sont investis.

La pêche en mer est répartie sur tout le plateau continental ivoirien. La proportion de ce qui est capturé face à Abidjan est modeste. Il n'y a pas d'aquaculture en mer.

1 - 2 - 2 - 2 Cadre de vie et tourisme

La lagune et l'océan font partie du cadre de vie des Abidjanais. Compte-tenu de son rivage très découpé, une grande longueur de routes et de résidences bordent la lagune. La baignade en lagune urbaine est exceptionnelle eu égard à son état de salubrité douteux. Par contre, les sports nautiques se pratiquent en baie de Cocody, et au Nord de l'île Boulay. En mer, la plage de Vridi est très fréquentée par un public populaire. Plus à l'Est, deux hôtels de standing (192 chambres) sont construits sur le littoral.

Figure 7 : Captures totales de poissons, et par engin, de la lagune Ebrié.



Le site exceptionnel d'Abidjan, lié à la présence de la lagune et de l'océan attire de nombreux étrangers et fait prospérer l'industrie hôtelière (650.000 nuitées en 1975, réf. 16).

1 - 2 - 2 - 3 Alimentation en eau

Compte tenu de l'accroissement rapide de la demande en eau à usages domestiques, industriels et agricoles, il faut envisager dans un proche avenir l'insuffisance de la nappe phréatique du Continental Terminal actuellement exploitée.

Certains secteurs de la lagune peuvent servir à des puisages, à condition qu'ils ne soient pas détériorés. C'est le cas de la lagune Aghien, partie continentale Est du système Ebrié (fig. 4) envisagée pour l'alimentation en eau douce de l'agglomération d'Abidjan.

1 - 2 - 2 - 4 Commerce et transport

Sur les rives lagunaires des secteurs 1, 14, 12 et surtout 8 (fig. 1) est implanté le port, principal centre de commerce extérieur de la Côte d'Ivoire, et débouché maritime de la Haute Volta et du Mali. La lagune Ebrié est également une voie de communication commode pour les hommes et les marchandises. Les canaux qui la relie aux lagunes voisines de Grand Lahou et d'Aby permettent la circulation des navires sur plus de 200 kms. En outre, un important service de transport en commun urbain y a été mis en place. Il doit encore se développer dans le futur proche, et décongestionner les voies terrestres.

1 - 2 - 2 - 5 Extractions de sables et de pétrole

Des extractions de sable sédimentaire sont effectuées localement en lagune à des fins de dragage (bassin du port) ou de remblaiement pour création de nouveaux terrains urbanisables (secteurs 8 et 12). Des extractions sont aussi effectuées sur les plages océaniques du secteur 23, pour les travaux publics et la construction.

Le plateau continental ivoirien est l'objet de prospection pétrolière. Un puits est en exploitation au large de Grand Bassam.

1 - 2 - 2 - 6 Absorption des effluents

Les milieux naturels, la lagune Ebrié essentiellement, ont aussi pour fonction, actuellement, d'absorber les déchets de l'agglomération d'Abidjan.

D'après les données disponibles les plus récentes, 340.000 habitants seraient en 1980 branchés au réseau d'assainissement. Leurs eaux usées sont pour près de 90 % rejetées en lagune sans traitement. 1.300.000 habitants ne seraient pas desservis par le réseau. Il est estimé que 20 % des déchets solides et liquides produits par ces derniers aboutissent finalement en lagune, soit que les fosses d'aisances y soient vidangées, soit que les eaux de drainage les y entraînent. Ils peuvent également y être directement déposés. Les industriels et les gros consommateurs (collectivités, hôtels...) rejettent également leurs eaux usées en lagune. Les installations de traitement sont l'exception, et lorsqu'elles existent, elles fonctionnent généralement très mal.

La seule pollution organique rejetée par les établissements industriels serait équivalente à celle de 44.000 habitants (extrapolation de la réf. 14). La lagune Ebrié devait donc absorber en 1980 une pollution organique équivalente à celle de plus de 1 million d'habitants.

A celle-là, il faut ajouter une pollution chimique plus ou moins toxique (détergents, hydrocarbures, métaux lourds, colorants...) rejetée par l'industrie.

Conclusion du § 1-2-2

La pêche lagunaire occupe 4.000 pêcheurs et fait vivre 40.000 individus. Les tonnages récoltés sont en constante diminution depuis 1975 (11.000 en 1975 et 3.500 en 1980). La production doit être accrue par l'aquaculture.

La lagune est un lieu de reproduction et de croissance pour de nombreuses espèces pêchées en mer.

La lagune est le principal atout esthétique d'Abidjan, la " Venise africaine ".

La lagune Aghien est envisagée pour l'alimentation en eau potable d'Abidjan.

La lagune est une des principales voies de communication au Sud du pays.

La lagune absorbe la totalité des effluents organiques de l'agglomération, équivalents à plus de 1 million d'habitants. Elle est aussi soumise à une pollution chimique de la part des industries.

L'océan est l'objet d'un trafic maritime dense convergent vers le canal de Vridi et en lagune où est

.../...

implanté le port de haute mer d'Abidjan.

Les plages océaniques à l'Est du Canal de Vridi sont fréquentées.

Le plateau continental océanique face à la lagune est l'objet d'une exploitation pétrolière.

Références

- (13) DAGET J., 1974 - L'avenir incertain des grandes lagunes Ouest-africaines. Rev. Palais Découverte - Paris, 3 (23) : 16 - 34.
- (14) NOVO B., 1974 - La pollution des eaux par l'industrie à Abidjan - Secrétariat d'Etat chargé des mines, Abidjan, 15 p.
- (15) ANONYME, 1975 - Les pêches dans l'Atlantique Centre-Est, Bibliographie FAO/COPACE/PACE - Séries 75 - 1.
- (16) ANONYME, 1975 - Assainissement et drainage de la ville d'Abidjan - SETU - Rép. Côte d'Ivoire.
- (17) GALOIS R., 1975 - Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. Thèse de spécialité univ. d'Aix - Marseille : 120 p.
- (18) GERLOTTO F., S. HEM et R. BRIET, 1976 - Statistiques de pêches en lagune Ebrié (année 1975) - CRO/MRS Ser. Stat 1 (2) : 42 p.
- (19) BERRON H., 1977 - Document de travail sur le schéma national annexe I : le milieu lagunaire - Ministère du Plan. Direct. Aménag. Terr. et Act. Reg.
- (21) DURAND J.R. et al 1978 - Statistiques de pêches en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) : 1976 et 1977. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan 9 (2) : 67 - 114.
- (22) GARCIA S., 1978 - Bilan des recherches sur la crevette rose. *Penaeus duorarum notialis* de Côte d'Ivoire et conséquences en matière d'aménagement. Doc. Scient. CRO Abidjan 9 (1) : 1 - 41
- (20) CHAMPAGNAT C., 1978 - Résultats du groupe de travail FAO/COPACE sur l'évaluation des stocks demersaux côtiers du secteur Côte d'Ivoire - Congo. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan 9(2) : 141 - 145.

.../...

(23) GERLOTTO F. et B. STEQUERT, 1978 - La pêche maritime artisanale en Afrique de l'Ouest. Caractéristiques générales. La Pêches maritime mai 78 : 1 - 8.

(24) AMON K.J.B. et S.G. ZABI, 1979 - Conséquences bio-écologiques d'une extraction de sable en baie d'Adiopoudoumé - C.R.O., NDR, n° 39/79.

(25) GERLOTTO F., 1979 - Biologie de l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata* Rwd) en Côte d'Ivoire. III Etude des migrations en lagune Ebrié. Doc. Scient. Centre Rech. Océanog. Abidjan, 10 (2).

(26) VERDEAUX F. et F. GERLOTTO, 1979 - La pêche artisanale en Afrique de l'Ouest. IV Evolution et impact socio-économique à travers l'exemple de la pêche en lagune Ebrié. La Pêche Maritime.

1 - 2 - 3 - Etat actuel des milieux récepteurs

Ce que l'on connaît de l'état actuel des milieux récepteurs : mer et lagune, compte tenu des pollutions auxquelles ils sont soumis est brièvement résumé ici. Des informations complémentaires et nécessaires à une meilleure compréhension du rôle des pollutions sont jointes en annexe ou citées dans la bibliographie.

1 - 2 - 3 - 1 Qualité biochimique des milieux récepteurs

1 - 2 - 3 - 1 - 1 Rappel sur l'effet des pollutions

Les équilibres au sein des milieux aquatiques résultent de relations complexes entre les êtres vivants et leur environnement, biochimique en particulier. Les pollutions constituent une intervention nouvelle, externe à ces milieux qui déplace ou bouleverse ces équilibres.

L'annexe 1 résume brièvement l'effet des pollutions chimiques et organiques sur quelques aspects de la biochimie aquatique.

1 2 - 3 - 1 - 2 Qualité biochimique actuelle des milieux récepteurs - bilan en oxygène

Il résulte du contenu de l'annexe 1 que la qualité biochimique des milieux aquatiques peut être testée au moyen de trois bilans intimement liés : bilan d'oxygène, bilan de sels nutritifs et bilan de matière végétale.

Le tableau suivant représente les médianes (*) d'un des paramètres représentatifs de chacun de ces bilans dans les eaux de surface du chenal central lagunaire, du centre de la baie de Biétri, et de l'extrémité Est de la baie de Biétri en 1977, c'est à dire selon un gradient croissant de pollution.

Tableau X : modification des bilans de sels nutritifs, d'oxygène et de matière végétale entre le chenal central et une baie urbaine en 1977.

Bilan	Paramètre	chenal central (baie d'Abidjan)	Centre baie de Biétri	Est baie de Biétri
Sel nutritif	Phosphore total	1,6	2,8	4,6
Oxygène	DBO 30°C, 3 j.	1,6	3,4	8,5
Matière végétale	Chlorophylle a	9,5	24,4	96,7

.../...

(*) médiane : valeur la plus fréquente

On constate que, selon le bilan adopté, l'extrémité Est de la baie de Biétri était en 1977, 3 à 10 fois plus polluée que le chenal central. Cet exemple traduit bien une situation générale. Les chenaux centraux soumis à des forts courants d'eau douce et de marée saline sont relativement moins atteints que les baies périphériques, où d'une part la circulation des eaux est moindre, et, d'autre part la pression polluante est jusqu'à présent supérieure.

La charge organique, à la fois naturelle et issue des pollutions, peut être évaluée par le test DBO (demande biochimique en oxygène). Le tableau suivant indique la charge moyenne des milieux récepteurs de la pollution d'Abidjan en 1977. et la compare à d'autres milieux naturels ou artificiels en zone climatique tropicale.

Tableau : XI DBO moyenne de la lagune et de la mer en 1977
DBO de quelques autres milieux aquatiques tropicaux.

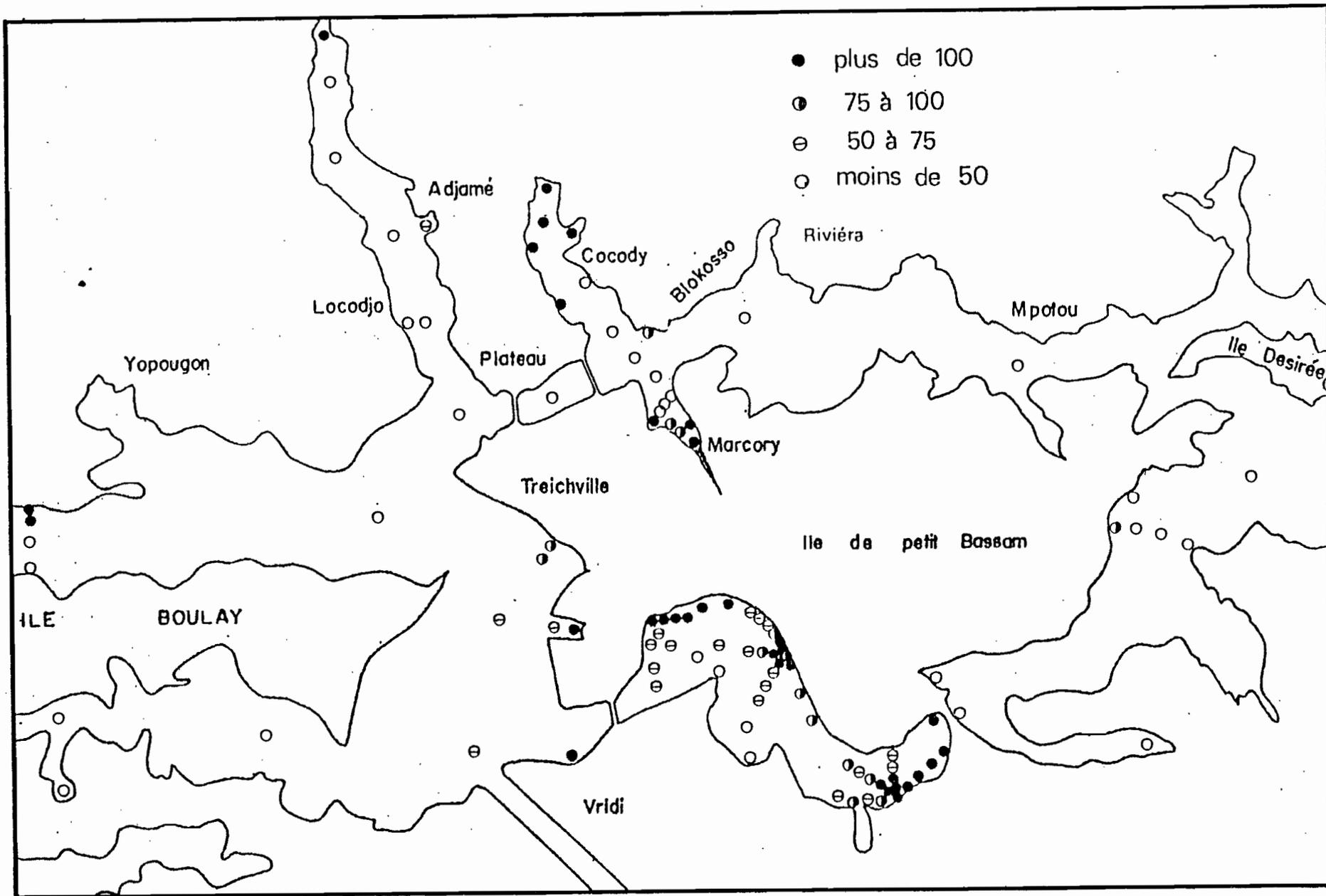
Milieux	DBO (30° C, 3 j.) en mg/l.	
Océan	0,8	
Lagune, bassin central	1,6	
Lagune, baie en région urbaine	3,6	
Lagune, secteur Est Biétri	8,5	
Fleuve Comoé en crue	0,4	
Autres rivières	1,8	
Bassin de lagunage aérobie - sortie	20	
Bassin de lagunage anaérobie - sortie	50	
Effluents domestiques à Abidjan	330 à 750	

En 1981, on peut estimer par extrapolation des mesures effectuées en 1977, que l'agglomération d'Abidjan est responsable de 44 % de la DBO des eaux lagunaires de la région. Cette proportion dépasse 80 % dans certains secteurs, tels la baie de Biétri. C'est dire que l'homme est devenu un facteur déterminant de l'écologie de cette région.

Il n'est donc pas étonnant que, déjà en septembre-octobre 1976, la demande en oxygène de près de 10 % des eaux superficielles ait été supérieure à leur contenu naturel en oxygène (fig 8).

POURCENTAGE DE L'OXYGENE DU MILIEU CONSOMME EN 3 JOURS A 30° C

(eau de surface)



Notons qu'à cette époque de l'année, les eaux sont particulièrement bien renouvelées par le fleuve Comoé en crue (cf. tab. IX).

La situation est plus critique en saison d'étiage. Déjà en 1974, le fond de l'ensemble des baies urbaines était totalement désoxygéné à cette époque de l'année (fig. 9). Une grande partie des eaux de surface était par contre suroxygénée en fin d'après-midi du fait du phénomène d'eutrophisation décrit dans l'annexe 1 (fig.10). Il est inquiétant de constater que plus forte est la sursaturation le soir, plus intense est la sous-saturation le matin consécutivement à la respiration végétale au cours de la nuit. Malgré ces oscillations de forte amplitude, il n'a pas été observé entre 1974 et 1977 de concentrations en oxygène et en surface inférieures à 4 mg/l, ailleurs qu'à l'extrémité continentale des baies, ou qu'au voisinage des gros égouts. Cette valeur de 4 mg/l est admise par les Américains comme la limite inférieure à ne pas dépasser en zone d'estuaire.

Une telle constatation ne suffit pas à rassurer, car depuis 1977 le volume des rejets polluants en lagune s'est accru. Malgré l'absence de mesures régulières, on peut en déduire que :

1/ l'amplitude des oscillations d'oxygène en surface a du s'accroître, les teneurs du matin se rapprochant du zéro,

2/ les secteurs à couche totalement désoxygénée au fond (fig. 9) ont du s'étendre, cette couche s'épaissit et se rapproche de la surface.

On peut supposer que les conditions d'apparition d'une désoxygénation totale (crise dystrophique) sont réunies dans les baies les plus atteintes.

Une situation aussi spectaculaire n'est, dans la situation actuelle, pas envisageable dans les chenaux centraux bien renouvelés par les courants de marée et d'eau douce. Les effets plus insidieux de la pollution n'en sont pas moins préoccupants (cf. 1-2-3-3-2).

références :

(27) DUFOUR P. 1975 - Notre lagune en péril. L'écosystème lagunaire Ebrié bouleversé par les interventions humaines. Fraternité matin (Abidjan) du 11/3 et 12/3.

(28) DUFOUR P. et M. SLEPOUKHA. 1975 - L'oxygène dissous en lagune Ebrié : influence de l'hydroclimat et des pollutions. Doc. Scient. Centre Rech. Océanog. Abidjan 6 (2) : 75 - 118.

(29) MAURER D. 1978 - Phytoplancton et pollution - lagune Ebrié (Abidjan) et secteur de Cortiou (Marseille) - Thèse 3ème cycle Université d'Aix Marseille II. 121 p.

(30) DUFOUR P. et D. MAURER. 1979 - Pollution organique et eutrophisation en milieu tropical saumâtre. Biologie-écologie méditerranéenne, 6 (3-4) : 252.

(31) DUFOUR P., L. LEMASSON et J.L. CREMOUX, 1981. Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. II. Variations géographiques et saisonnières. J. exp. mar. Biol. Ecol., 51 : 269-284.

(32) ARFI R., P. DUFOUR et D. MAURER, 1981. Phytoplancton et pollution : premières études en baie de Biétri (Côte d'Ivoire). Traitement mathématique des données. Oceanologica Acta, 4 (3) : 319 - 330.

(33) PAGES J., P. DUFOUR et L. LEMASSON. Pollution de la zone urbaine de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, sous presse.

(34) DUFOUR P. Pouvoir auto-épurateur d'une lagune tropicale (Ebrié, Côte d'Ivoire) vis-à-vis des matières organiques : influence de la température, de la salinité et de la circulation des eaux. Soumis à Oceanologica Acta.

(35) DUFOUR P. L'environnement nutritif du système lagunaire Ebrié (Côte d'Ivoire). Soumis à Océanographie tropicale.

POURCENTAGES DE SATURATION EN OXYGENE DES EAUX DU FOND EN SAISON D'ETIAGE (mars 1974).

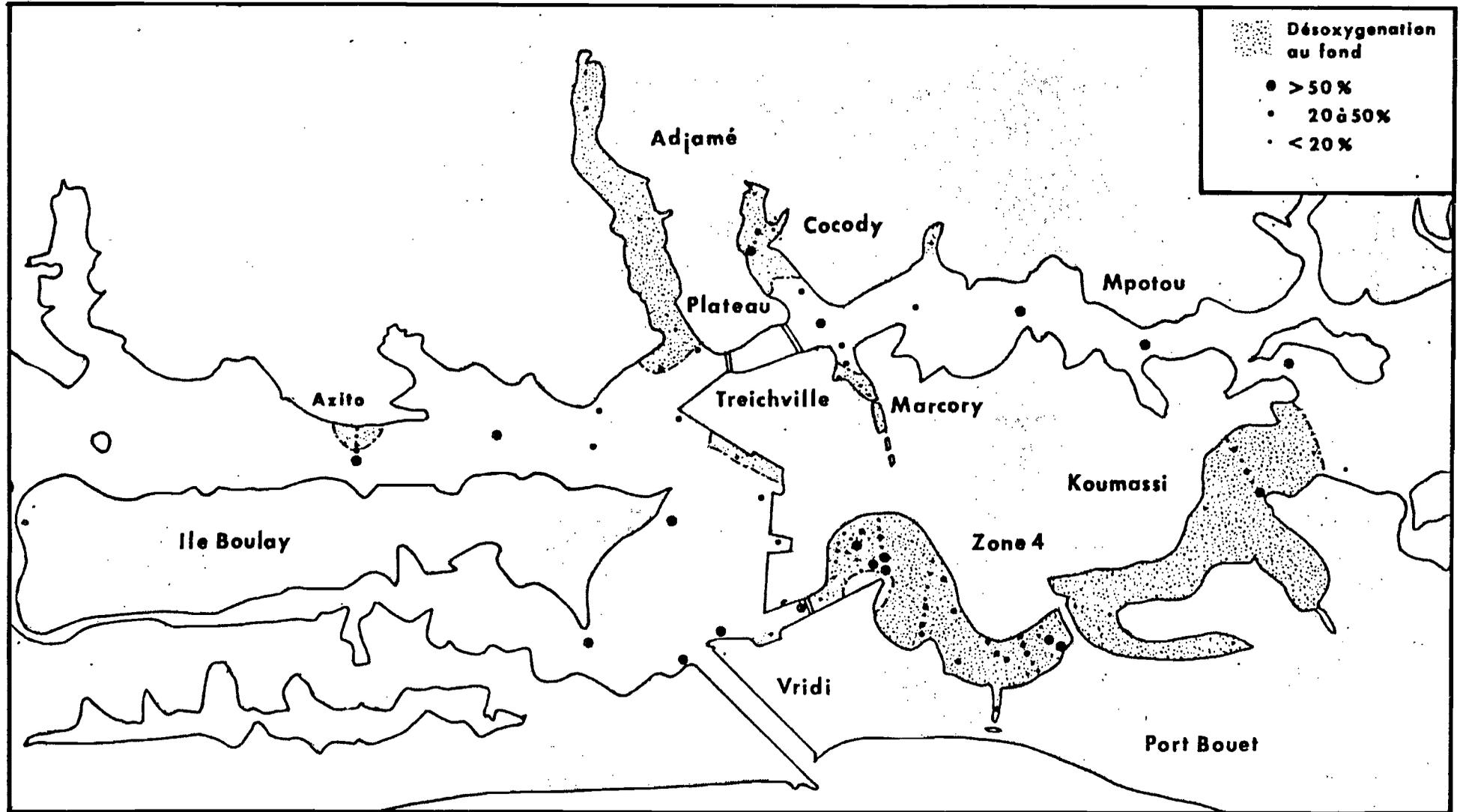


FIGURE 9

POURCENTAGES DE SATURATION EN OXYGENE DES EAUX DE SURFACE LE SOIR EN SAISON D'ETIAGE (mars 1974).

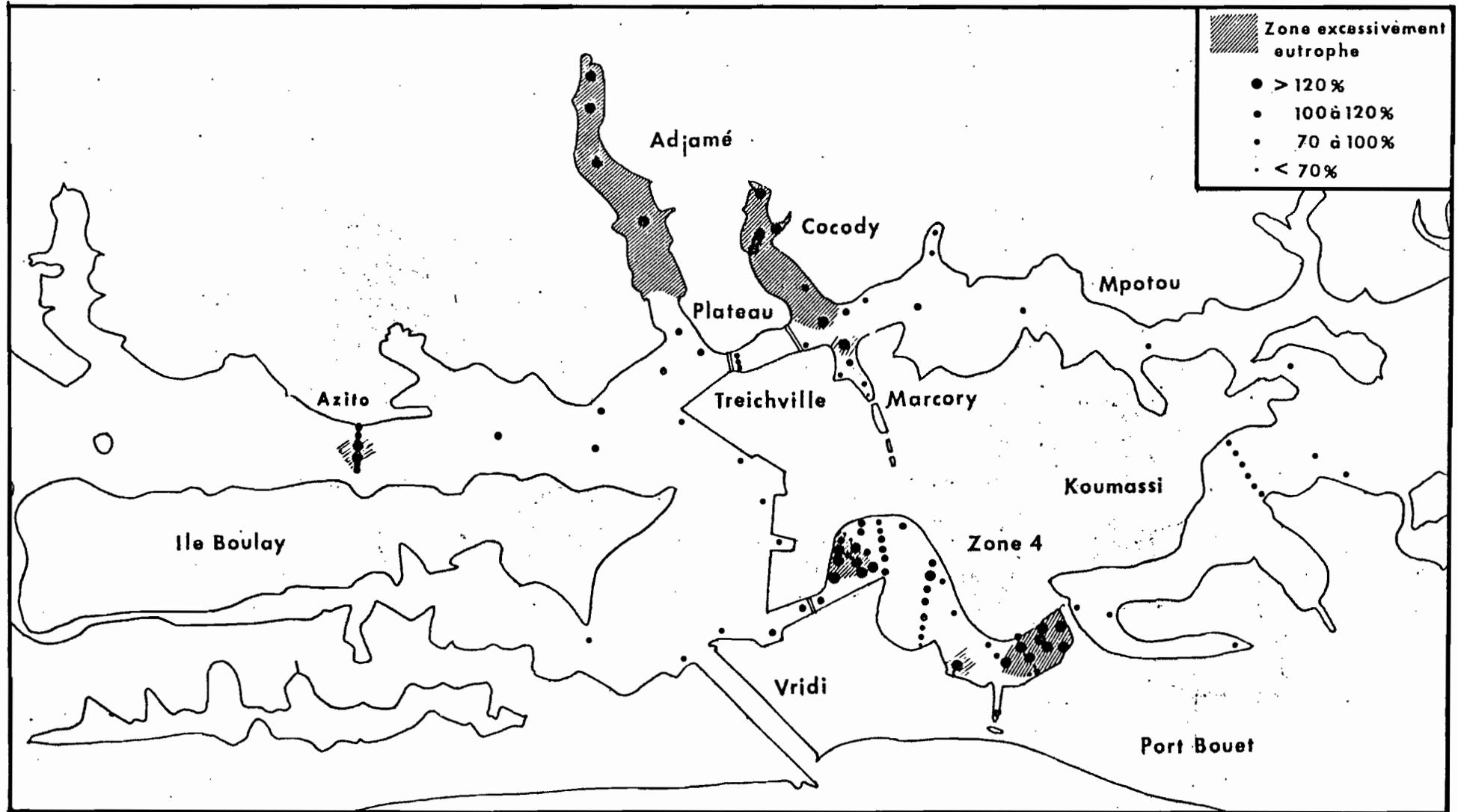


FIGURE 10

1 - 2 - 3 - 2 Qualité bactériologique des milieux récepteurs.

Au-delà d'un seuil de pollution, les milieux récepteurs peuvent présenter un danger pour la santé publique, par contact (baignade), par ingestion de poissons, crustacés ou coquillages contaminés, ou par transport de germes pathogènes par les insectes et les oiseaux.

L'état sanitaire des eaux peut être apprécié par dénombrements de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux. Les moyennes des comptages effectués lors de 13 sorties en lagune et 12 sorties en mer entre 1974 et 1977 (réf. 38) ont servi à dresser les cartes 11, 12, 13. Dans les secteurs hachurés de la figure 11, on doit considérer, d'après les standards du conseil des communautés européennes que la baignade est déconseillée. Il s'agit de toute la lagune urbaine. Y sont également inclus les plages des secteurs 23 et 12 à partir du Port Bouet. Là, l'abondance de germes d'origine fécale a très probablement pour origine, la présence d'excréments, détritiques ménagers et autres sur les plages. La barre, malgré l'agitation généralement violente qu'elle produit, semble agir comme une barrière à sens unique entre la haute mer et l'étroite bande d'eau littorale. Dans les secteurs hachurés de la figure 12 la baignade est carrément dangereuse. La totalité des baies de Cocody et de Marcory, la plus grande partie des baies de Biétri et du Banco, pratiquement tout le littoral urbanisé de la lagune, ainsi que les plages de Port Bouet et Gonzagueville font partie de cette catégorie. Les coliformes fécaux dépassent même des concentrations phénoménales pour un milieu naturel de 50.000 coliformes fécaux/100 ml, au fond des baies de Cocody, Marcory et Biétri.

Les secteurs hachurés sur la fig. 13, sont d'après les standards américains impropres à toute utilisation y compris la pêche. Etant donné que les poissons et crustacés ayant séjournés dans ces secteurs peuvent, de par leur mobilité, être capturés ailleurs, on est en droit de se demander, si les produits de la pêche sur l'ensemble de la région ne sont pas dangereux pour les consommateurs. Les débarquements de poissons dans la zone urbaine devraient faire l'objet d'études sanitaires et contrôles bactériologiques.

références :

(36) ANONYME, 1972 - Etudes préliminaires à l'établissement des projets d'alimentation en eau et d'assainissement d'Abidjan. Rapport n° 5 - PNUD/OMS/Rép. de Côte d'Ivoire, Ministère des Travaux Publics.

AGGLOMERATION D'ABIDJAN

Qualité du milieu lagunaire.



Ech. 1/125.000 ème



Baignade déconseillée.
Plus de 500 Coli-totaux / 100 ml. et
Plus de 100 Coli-fécaux / 100 ml.

● Point de mesures

----- Limite de secteur étudié



Secteur non prospecté

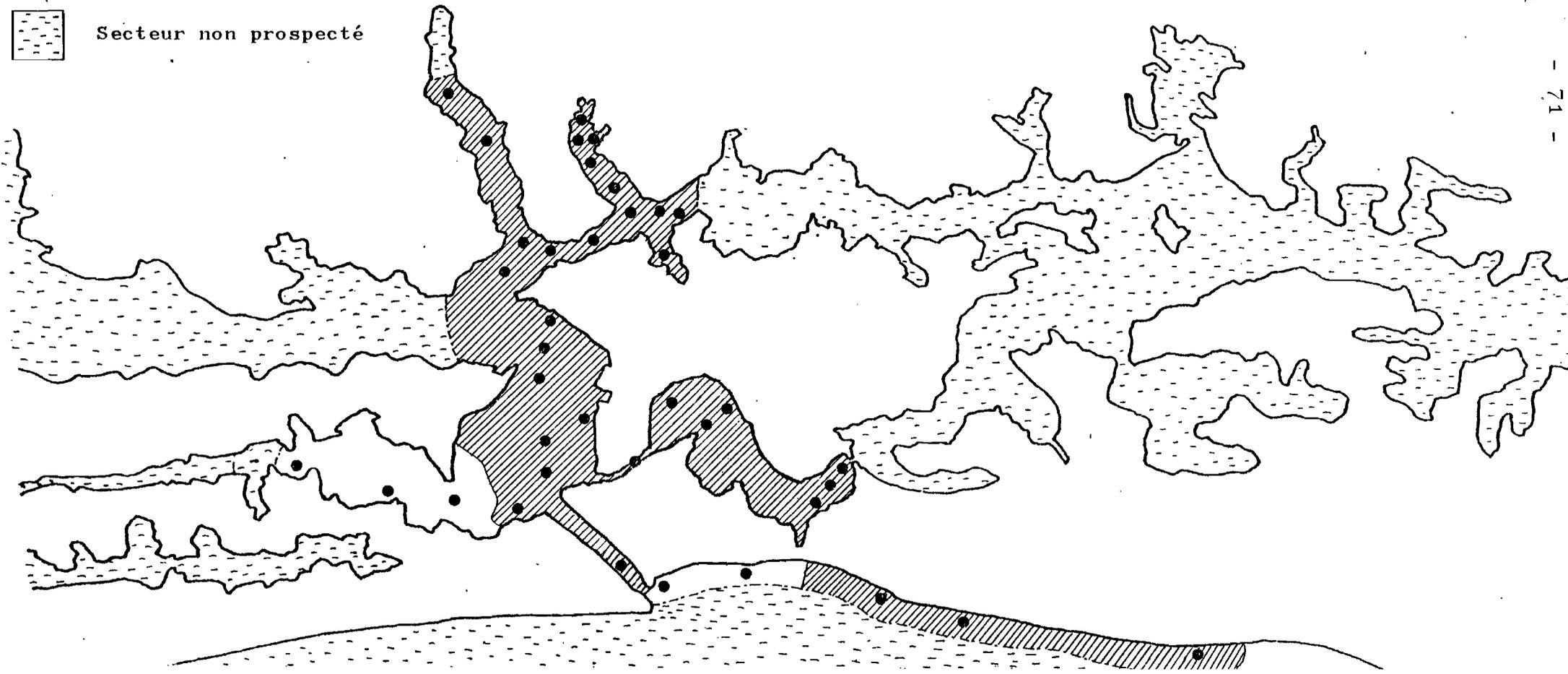


FIGURE 11

AGGLOMERATION D'ABIDJAN

Qualité du milieu lagunaire.



Ech. 1/125.000 èm

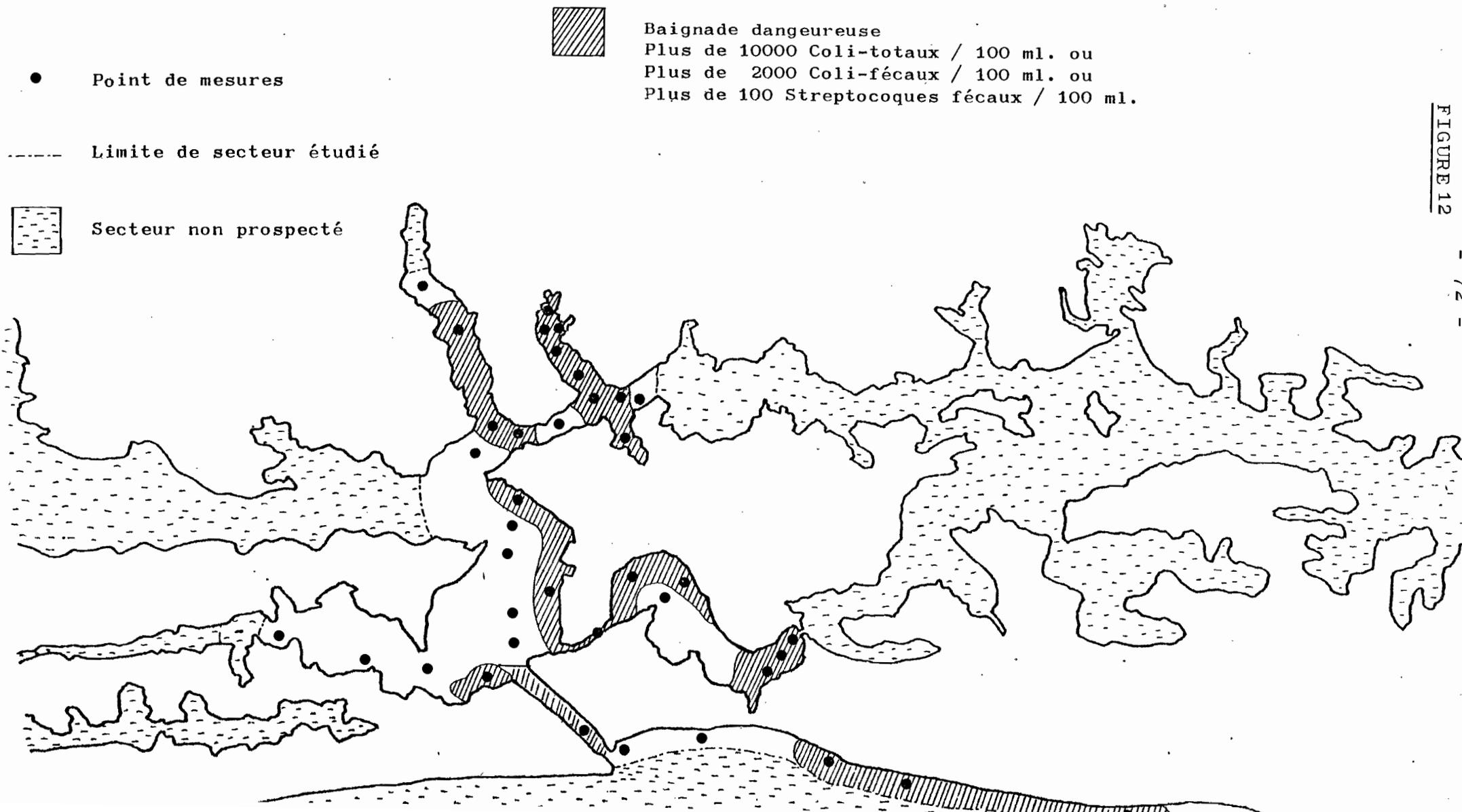


FIGURE 12

AGGLOMERATION D'ABIDJAN

Qualité du milieu lagunaire.



Ech. 1/125.000 ème

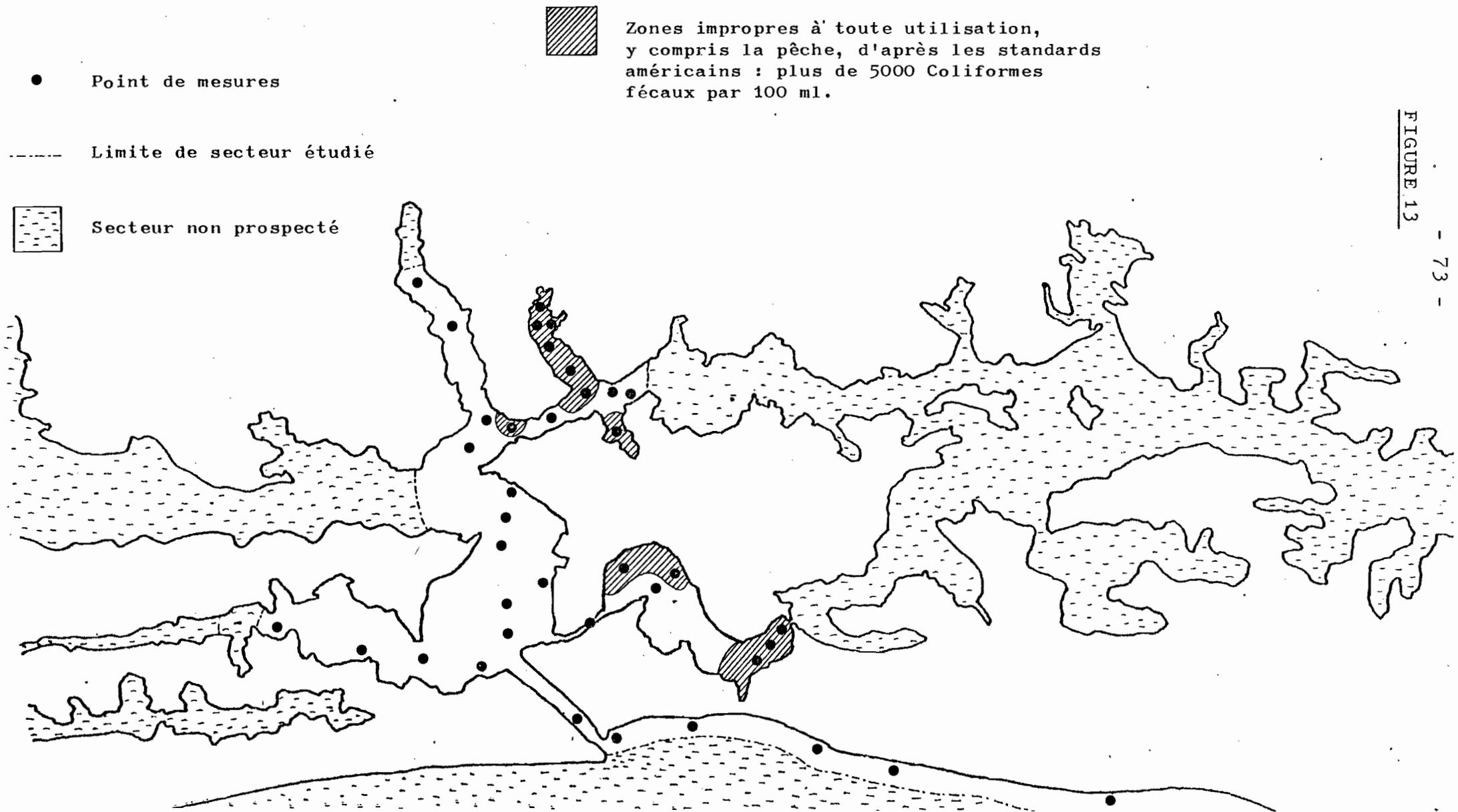


FIGURE 13

(37) PAGES J., 1975.- Etude de la pollution bactérienne en lagune Ebrié. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan 6 (1) : 97 - 101.

(38) PAGES J. et J. CITEAU, 1978 - La pollution bactérienne de la lagune et de la mer autour d'Abidjan. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan 9 (1) : 43 - 50

1 - 2 - 3 - 3 Conséquence de la pollution actuelle sur la production terminale : pêche et aquaculture

1 - 2 - 3 - 3 - 1 Importance de la région lagunaire d'Abidjan (d'après réf.39).

Les conséquences de la pollution sur les poissons et crustacés peuvent, très schématiquement, être cataloguées en :

- atteintes aux stocks (augmentation de la mortalité, diminution du potentiel reproducteur, fuite).

- modification dans la nature et la structure des peuplements (certaines espèces se développant au détriment d'autres : déplacement des équilibres).

- détérioration de la qualité gustative et nutritive de la chair du poisson pouvant aller jusqu'à la toxicité.

Depuis le percement du canal de Vridi, la région d'Abidjan joue un rôle clef dans le fonctionnement de l'écosystème lagunaire et même marin.

- dans cette zone de nombreuses baies servent de " nurseries " (aux crevettes et machoïrons par exemple).

- d'une manière plus générale, cette région lagunaire, dans son ensemble, est propice au frai et à la reproduction de nombreuses espèces non seulement lagunaires mais aussi littorales (ethmaloses, carpes, gerres, mulets, etc...).

- cette région est le passage obligé de nombreuses espèces qui présentent une phase marine et une phase lagunaire. Notons que la migration s'effectue dans certains cas aux stades larvaire ou juvénile, particulièrement vulnérables parce que sensibles aux pollutions (besoins en oxygène...).

- l'aquaculture lagunaire devenue prioritaire voit son développement s'accélérer. Les sites favorables sont nombreux et certains sont très proches d'Abidjan (des stations fonctionnent déjà : Jacquville, Bingerville, Dabou). Ces sites peuvent être hypothéqués dans une certaine mesure par les risques d'accroissement de la pollution d'origine urbaine.

.../...

De l'exposé rapide de ces quelques points, il ressort que la dégradation grave du milieu lagunaire d'Abidjan aurait non seulement des répercussions sur la production terminale de l'ensemble de la lagune, mais aussi dans une mesure actuellement impossible à préciser, de la zone marine littorale.

1 - 2 - 3 - 3 - 2 Points des études actuelles sur l'effet des pollutions en lagune sur la production terminale.

Il est indispensable de garder en mémoire quelques évidences parfois ignorées :

- toute évaluation quantitative ou qualitative des modifications subies (ou pouvant être subies) par un écosystème sous la pression de pollutions, quelles qu'elles soient, nécessite impérativement une connaissance approfondie des conditions " normales " de fonctionnement de cet écosystème avant ou en dehors de ces pollutions.

- l'étude des conditions normales de fonctionnement d'un écosystème est une oeuvre de longue haleine. L'unité de temps en est généralement l'année (cycle annuel). Il faut ensuite tenir compte d'une variabilité interannuelle naturelle du milieu lagunaire qui est considérable (réfs. 9, 10).

Des interprétations valables des données ne peuvent donc être déduites que de l'analyse des moyennes ou des tendances sur plusieurs années. En ce qui concerne les statistiques de pêches, les premières enquêtes fiables remontent à 1975.

La plupart des autres études sur la bio-écologie, la synécologie et la dynamique des peuplements lagunaires ont démarré plus récemment encore.

Par ailleurs, l'aspect relatif à l'impact des pollutions n'a pas jusqu'à présent été considéré comme axe de recherche au CRO (cf. en annexe 2, le point des études). Le fait que d'autres facteurs, tels que les travaux publics (digues, canaux, dragages...); le climat, la pêche sélective et plus ou moins surexploitante, puissent agir aussi sur les stocks et la structure des peuplements de poissons et crustacés complique singulièrement l'analyse de l'effet des pollutions.

Il en résulte qu'aucune conclusion certaine concernant l'impact des pollutions sur la production terminale n'a pu encore raisonnablement être publiée. On ne peut ici que formuler des craintes quant à la détérioration de la région lagunaire d'Abidjan, eu égard à sa position stratégique signalée au § 1 - 2 - 3 - 3 - 1.

Un document récent (réf. 40) signale qu'en lagune Ebrié, la pêche est en constante diminution depuis 1976 (figure 7). Cette situation s'explique en grande partie par la raréfaction des ethmaloses. La détérioration des conditions de milieu (pollution, extraction de sable) est pressentie comme l'une des causes de cette diminution. En effet, l'ethmalose, espèce océanique, passe la première partie de sa vie en lagune, où elle accomplit sa reproduction, principalement dans la zone d'estuaire d'Abidjan.

références

(39) ALBARET J.J., 1980 - Recherches sur la production terminale pouvant entrer dans le cadre d'études liées aux conséquences de l'aggravation du niveau de pollution dans la région lagunaire Abidjanaise. CRO Abidjan, doc 2203 du 10/11/80, 5 p.

(40) Anonyme, 1981, la Recherche Scientifique au Service du développement. Protection et Productivité des lagunes - CRO Abidjan 53 p.

Conclusion du § 1-2-3

La qualité biochimique des eaux de la région lagunaire d'Abidjan est préoccupante, surtout dans les baies de Cocody, Marcory, Biétri et du Banco. Tandis qu'en moyenne 44 % de la DBO des eaux de la région est due aux seuls effluents urbains, cette proportion dépasse 80 % en baie de Biétri. Le fond des baies est en grande partie désoxygéné, leurs eaux superficielles montrent des signes d'eutrophie excessive. L'évolution actuelle fait craindre l'apparition d'une crise dystrophique dans les baies. Les chenaux centraux, soumis aux courants de marée et d'eau douce, sont pour l'instant à l'abri d'une telle évolution.

La qualité bactériologique des eaux rend la baignade dangereuse à l'intérieur des baies urbaines et en dehors, le long du littoral construit, ainsi que sur les plages océaniques des secteurs de Port Bouet et Gonzagueville. La salubrité des poissons pêchés dans la lagune urbaine devrait être contrôlée.

Les conséquences des pollutions actuelles sur la pêche en lagune sont encore difficilement discernables des autres facteurs de modification : travaux publics, conditions climatiques, surexploitation. Il est cependant impératif de retenir que la région lagunaire d'Abidjan a une importance stratégique sans commune mesure avec sa surface, en tant que zone de reproduction et de croissance d'espèces océaniques, et comme passage obligé entre l'océan et les secteurs lagunaires les plus continentaux. Le passage s'effectue par les chenaux centraux.

Il faut aussi noter que la pêche en lagune Ebrié est en constante diminution depuis 1975.

1 - 3 Le Schéma d'assainissement et de drainage d'Abidjan

1 - 3 - 1 Historique

Le Schéma d'assainissement du grand Abidjan a vu le jour en 1974 (Voir paragraphe 1 - 1 - 2). Les objectifs généraux consistent à raccorder la totalité des zones habitées à un réseau collectif de transport des eaux usées et, dans un premier temps, à atteindre en 1985 un taux de raccordement de 75 % de la population, au lieu de 30 % en 1975 (P D A).

Le schéma prévoit également d'assurer la protection de la lagune et des milieux récepteurs en général.

En ce qui concerne le drainage, l'objectif est de supprimer les inondations dans les différents quartiers qui en souffrent actuellement.

Quatre importants programmes de travaux ont été lancés depuis 1976.

Le tableau n°XII précise les données financières correspondant aux différents programmes engagés et donne les prévisions pour les cinq années à venir. Il est extrait des perspectives décennales pour Abidjan (P D A).

Les deux programmes les plus importants au niveau financier (programme F N A / B I R D 1ère et 2ème phase) sont actuellement en cours de réalisation et sur le point d'être terminés à la fin de l'année 1981.

Il est apparu que l'échéancier du projet initial était irréalisable. La politique actuelle est donc stoppée et les responsables sont amenés à la rectifier afin de définir de nouvelles priorités en abandonnant des réalisations prévues par le Schéma Directeur Original.

1 - 3 - 2 Cadre économique et perspectives

Une première caractéristique fondamentale d'un schéma d'assainissement de type collectif, comme celui prévu pour Abidjan, est de nécessiter des investissements très lourds pour mettre en place les réseaux de collecte des eaux usées, leur traitement, et le drainage des eaux pluviales.

Une seconde est qu'il n'existe en matière d'assainissement aucun problème technique insurmontable mais uniquement des problèmes administratifs et surtout financiers.

Le coût total des opérations financées jusqu'en 1980 se monte à 19.740 millions de F. CFA 1980. Soit une moyenne de près de 4 milliards de F. CFA 1980 par an. Cela correspond à 2.328 F. CFA par habitant et par an pour la période considérée.

.../...

T A B L E A U N° XII

LES INVESTISSEMENTS EN ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE A

ABIDJAN - REALISATIONS ET PREVISIONS

(en millions de F. CFA 1980) 1976-1978 1979-1980 1981-1985 Total

- Programme immédiat (projet FNA/BIRD 1ère phase) Réseau de base eaux usées au Plateau et à Adjamé, collecteurs primaires eaux usées au Banco, réseaux eaux usées de quartier (Plateau, Adjamé, Treichville),	3.820			3.820
- Programme P D U Collecteur du réseau de base entre Abobo et Adjamé, collecteurs pour les quartiers de Koumassi Nord-Est, Abobo,...	1.960			1.960
- Programme F N A / B I R D 2ème phase Réseau de base eaux usées dans l' Ile de Petit Bassam, réseaux de quartier (Treichville, Marcory, Williamsville, Blokosso et Abobo), réseaux primaires à Abobo et au Banco (1)		9.680	6.220	15.800
- Projets F N A 3ème phase : Collecteur de base à l'aval de Biétri, émissaire, station de pré-traitement et raccordement pont de Gaulle, Collecteur de base Koumassi-Biétri Réseaux EU dans quartiers anciens (Attiécoubé, Koumassi,...) Réseaux EP dans quartiers anciens (Adjamé, Attiécoubé, Treichville, Koumassi, Vridi, Port Bouet, Williamsville, Zone 4), Réseaux EP primaires dans quatiers neufs (Abobo, Banco)			8.800 2.000 5.200 8.700 5.000	29.700
- Programme exceptionnel drainage (canal de base Marcory-Koumassi et réseaux primaires Koumassi-Marcory)	430	2.070	3.000	5.430

- Autres projets :				
Aménagements du GOURO		460	1.000	1.460
Réseau EU RIVIERA		680	1.500	2.180
Réseau EP RIVIERA			2.930	2.930
Protection lagune Yopougon			2.760	2.760
Assainissement drainage Bingerville		680	3.370	4.050
Assainissement drainage Grand Bassam			1.760	1.760
Assainissement drainage Anyama			1.780	1.780
Ordures ménagères (fermetures d'Akovedo et ouverture de 2 nouveaux sites)	40	20	1.830	1.890
Opérations complémentaires (2)			2.000	2.000
TOTAL	6.250	13.490	57.850	77.520
Moyenne annuelle	2.083	6.745	11.570	7.792

- (1) y compris actualisation du plan directeur et étude de la pollution
- (2) par exemple : réseaux primaires pour les extensions des secteurs de Djibi et Anonkoua-Kouté...

Les prévisions apparaissant au sein des P D A indiquent des investissements prévus de 11.570 millions de F. CFA par an pour la période 1981 - 1985.

En supposant une répartition constante des réalisations au cours des cinq années on obtient le tableau suivant qui exprime par habitant, et compte tenu ou non de l'inflation, les investissements en matière d'assainissement (tableau XIII)

T A B L E A U N° XIII

Valeurs	Années	1981	1982	1983	1984	1985
POPULATION (million hbt)		1.696	1.866	2.052	2.257	2.483
INVESTISSEMENTS (million F. CFA) (francs constant)		11.570	11.570	11.570	11.570	11.570
INVESTISSEMENTS F. CFA constant/hbt		6.822	6.200	5.625	5.126	4.660
INVESTISSEMENTS REELS (million F. CFA) F. courant (12 % inflation/an)		11.570	10.330	9.223	8.235	7.353
INVESTISSEMENTS REELS F. CFA courant/hbt rapportés à l'année de base 1981.		6.822	5.536	4.495	3.649	2.961

L'étude de ce tableau permet d'aborder par une vision dynamique, qui apparaît de nouveau comme fondamentale, les problèmes ivoiriens en matière d'assainissement.

En tenant compte de l'augmentation des populations et d'un taux annuel d'inflation de 12 %, on note que les investissements par habitant et par an sont divisés, en cinq ans et en valeur relative, par un coefficient de 2,3.

Il faut également noter la valeur très élevée des investissements rapportés à l'habitant pour 1981 : 6.822 F. CFA 1980. Ce chiffre doit être rapproché de la moyenne relative aux années 1976 - 1980 qui est de 2.328 F. CFA 1980 / hbt.a et des prévisions concernant les investissements de fonction locale pour Abidjan qui font apparaître un chiffre de 2.240 F. CFA 1980/hbt.an en ce qui concerne les opérations d'assainissement et de drainage.

Comme il l'est précisé au sein des P.D.A., le Fonds National pour l'Assainissement ne pourra financer, compte-tenu de l'augmentation des dépenses relatives à la gestion et au remboursement des emprunts, l'ensemble des opérations prévues au cours de la période 1981 - 1985.

Le recours à d'autres sources de financement non programmées actuellement ne peut qu'entraîner un retard dans la réalisation des ouvrages de transport et de traitement des eaux usées.

.../...

On constate que les investissements prévus : 11.570 milliards F.CFA/an représentent 24 % de la somme consacrée aux fonctions locales : 28.000 F. CFA/hbt soit : 47,5 milliards de F.CFA.

Si on souhaite conserver au sein des investissements de fonction locale, la part actuelle de 8 %, en ce qui concerne l'assainissement, il sera nécessaire de trouver des bailleurs de fonds pour les 16 % manquant, soit : 7,77 milliards F. CFA/an sur cinq années.

A priori, il ne semble pas réaliste de fonder la mise en place du schéma d'assainissement d'Abidjan sur de telles bases économiques, sauf si les responsables ont obtenu ou sont certains d'obtenir des accords de financements de la part de créanciers solides.

Il faut également noter que la programmation des investissements prend en compte la réalisation de la station d'épuration de Port Bouet et celle de l'émissaire de rejet en mer.

Sans préjuger des conclusions du présent rapport, la mise en place des importantes opérations de collecte des eaux usées impliquera à court ou à moyen terme, la réalisation de ces ouvrages dont l'estimation paraît nettement sous-évaluée.

Il est donc indispensable de prévoir, de façon précise, la programmation financière de ces investissements compte tenu de leur coût élevé qui nécessitera obligatoirement l'étalement des délégations de crédits sur plusieurs années.

Une première estimation financière, sur la base de coûts relevés en France en 1981, permet d'aboutir aux chiffres suivants :

- station d'épuration de Port Bouet (décantation simple avec prétraitements) 1,5 million d'équivalents habitants à 5.000 F.CFA / éq. hbt, soit : 7.500 millions F. CFA
- émissaire de rejet en mer (longueur 1.200 m l) soit : 2.000 millions F.CFA (estimation favorable)
- station d'épuration du Banco (procédé performant : niveau IV à VI dans la législation française), 0,5 million éq. hbt à 7.500 F. CFA/éq.hbt, soit 3.750 millions F. CFA,
- station d'épuration de la Riviera (procédé idem Banco) 0,3 million éq. hbt à 7.500 F. CFA/éq.hbt, soit 2.250 millions F. CFA.

.../...

Total stations : 13.500 millions F. CFA (1981)
 émissaire : 2.000 " "
Total général : 15.500 " "

Cette somme revient à attribuer pendant plus d'un an et uniquement sur ces quatre opérations la totalité des crédits prévus pour l'assainissement d'Abidjan (11.570 F. CFA/an) pendant la période 1981 - 1985. Cette programmation est prévue pour cette période, mais compte-tenu des problèmes financiers, ces réalisations seront certainement repoussées à la période allant de 1985 à 1990, voire ultérieurement.

La réalisation de ces opérations de traitement et de rejet en mer sera également soumise à la recherche de crédits d'origine extérieure.

En effet, le budget de l'Etat et en particulier les investissements de fonction locale seraient, compte tenu des modalités actuelles de répartition, bloqués pendant plus de quatre ans sur ces quatre réalisations.

Il est à noter également que les P.D.A. prévoient le raccordement, sur le réseau collectif, des deux tiers de la population d'Abidjan en 1990 : soit 2,9 millions de personnes sur 4,4 compte tenu d'un facteur de croissance démographique de 10 %. Il est donc admis officiellement que le schéma d'assainissement, une fois révisé, ne pourra permettre d'assurer la salubrité de tous les quartiers de la ville d'Abidjan. Le facteur limitant, origine de cette affirmation, est bien évidemment d'ordre financier mais peut être modulé par des propositions techniques adaptées.

1 - 3 - 3 Descriptif technique actuel

La figure 14 indique succinctement les réalisations de base effectuées au cours de la période 1974 - 1981.

Le schéma directeur originel de l'assainissement d'Abidjan prévoyait la réalisation de trois collecteurs de base amenant la totalité des effluents de la ville à une station d'épuration située à Port Bouet (cf. figure 15).

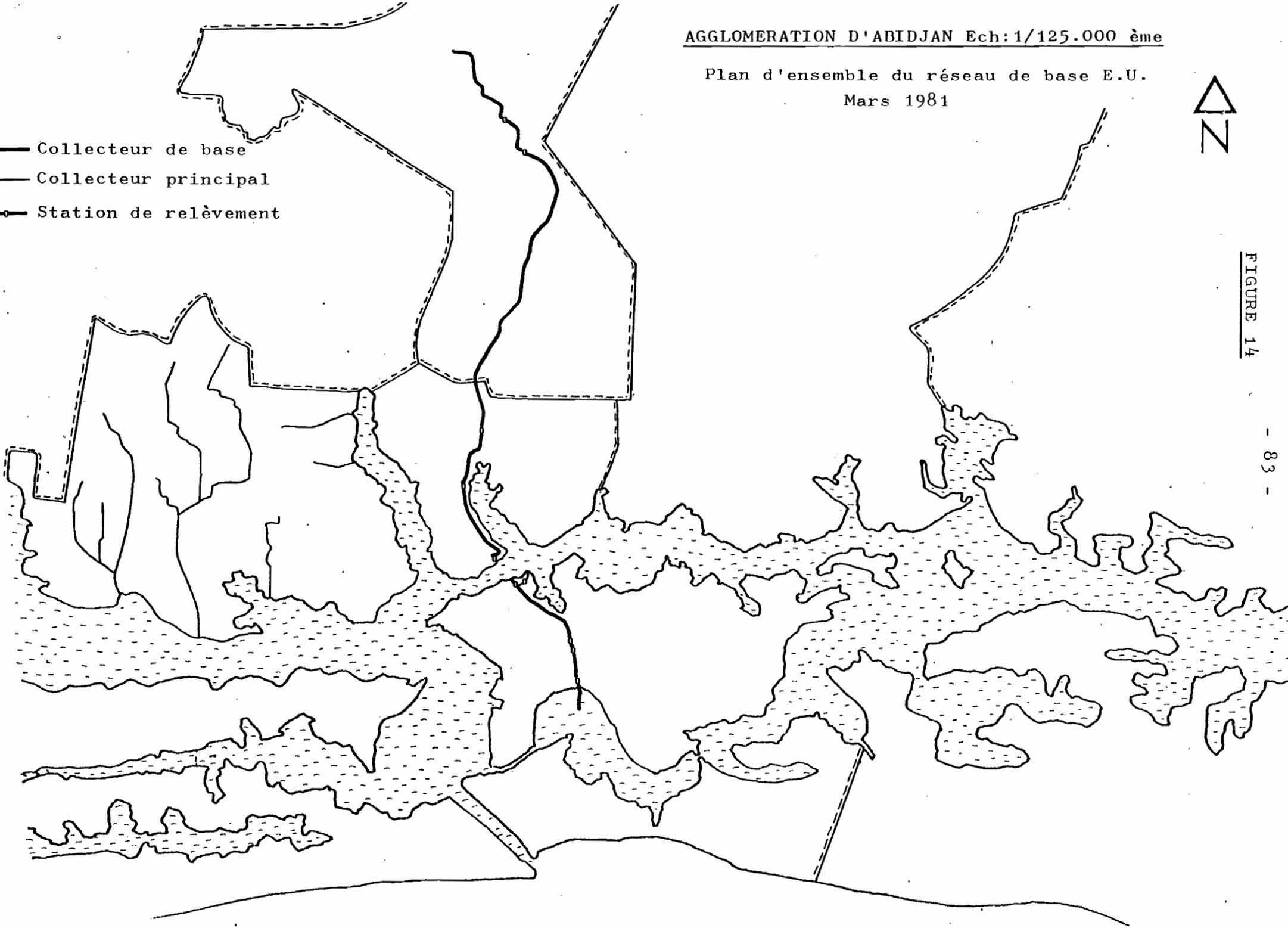
La ville d'Abidjan était séparée en trois unités :

- I - Banco + Treichville ouest + Vridi Ouest,
- II - Nord + Centre + Treichville centre + Zone 4 Biétri,
- III - Riviéra + Marcory + Koumassi.

Les eaux usées provenant de l'unité n° 1 sont collectées par un réseau de base qui suit d'Ouest en Est le littoral sud de la zone du Banco. Les collecteurs principaux sont orientés Nord-Sud exceptés dans l'Est de la zone (Ouest-Est).



- Collecteur de base
- Collecteur principal
- Station de relèvement





- Collecteurs installés en 1981
- - - Collecteurs projetés
- Station de relèvement
- ★ Station d'épuration

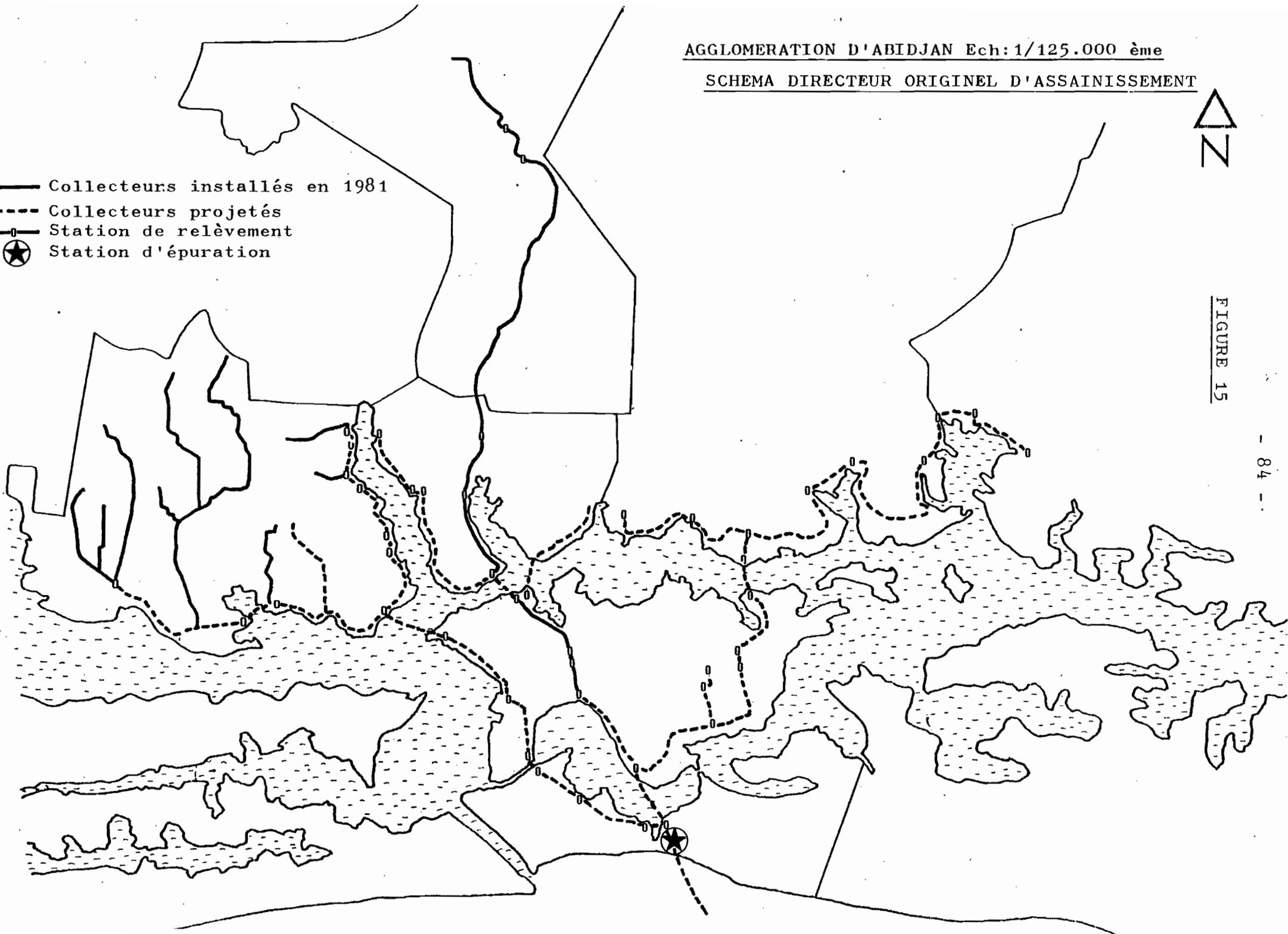


FIGURE 15

Le collecteur de base traversera la lagune puis l'île de Petit Bassam au niveau du port de commerce et rejoindra la future station d'épuration de Port Bouet en longeant le sud de la lagune de Biétri.

Actuellement, seuls les collecteurs principaux sont réalisés, les eaux usées se rejettent en totalité en lagune.

L'assainissement de l'unité n° 2 est, de loin, le plus avancé. Le collecteur de base relie actuellement Abobo Nord au Pont De Gaulle au sud du Plateau. La traversée de Treichville centre est également réalisée. Seuls la traversée de la lagune sous le pont de Gaulle et le collecteur reliant le Nord de la Baie de Biétri à la future station de Port Bouet restent à réaliser.

Aucune réalisation de base n'a été entreprise dans la zone III. Les rejets sont diffus mais le raccordement des quartiers (Marcory - Koumassi) a été entamé avec plus ou moins de succès comme dans le cas de la collecte par fossés à ciel ouvert à Koumassi.

Un certain nombre de postes de refoulement sont en service le long du collecteur de base : Abobo - Plateau, étant donné que l'écoulement gravitaire n'est pas possible partout.

En ce qui concerne le raccordement des habitants aux réseaux de collecte des eaux usées, on estime que globalement 30 % des habitants sont actuellement raccordés. Le collecteur Abobo - Plateau collecte un flux approximatif de 100.000 éq. hbts qui se rejette sous le pont De Gaulle par l'intermédiaire d'un diffuseur.

Les quartiers ayant bénéficié de tranches de mise en place de réseaux de collecte sont :

- Plateau, Adjamé, Treichville, Koumassi Nord Est, Abobo, Marcory, Williamsville, Blokosso,

- A un moindre degré : Riviéra, Bingeville.

Des problèmes se posent dans les zones dites d'habitat spontané où les habitants n'ont pas les moyens de se raccorder aux réseaux existants ce qui explique dans certaines zones, la faible rentabilité des installations.

En ce qui concerne les établissements industriels, il faut noter que la plupart d'entre eux rejettent actuellement leurs effluents directement en lagune, étant donné qu'ils ne sont pas desservis par un réseau de collecte. Une minorité d'entre eux a mis en place, grâce aux pressions provenant de la Direction de l'Environnement industriel, des systèmes de réduction des pollutions rejetées. Ces systèmes fonctionnent en général peu ou mal, si bien que l'état des zones touchées par ces rejets est actuellement très préoccupant (lagune de Biétri...).

Un certain nombre de stations d'épuration (de 30 à 40) en majorité privées, existent à Abidjan. Leur capacité varie de 3.000 à 5.000 ég.hbts, cependant leur fonctionnement est très discutable et leur rendement sur la pollution rejetée proche de zéro.

Le projet de la station d'épuration de Port Bouet comprend des prétraitements classiques (dessablage, deshuilage, dégrillage) accompagnés en aval d'un système de décantation primaire non floculée.

Le rejet en mer est prévu par l'intermédiaire d'un émissaire long de 1.200 m. Des études ont prouvé que cette longueur était suffisante pour garantir, sur les plages voisines, une concentration en germes test de contamination fécale de 500 *Eschérichia Coli* par 100 ml d'eau. Le débit transportable est de 2,5 m³/s. cf. paragraphe 2-1-2.

1 - 3 - 4 Les perspectives techniques

Le schéma directeur de base pour l'assainissement d'Abidjan a dû subir ces dernières années d'importantes modifications en ce qui concerne sa conception technique.

La principale erreur fut d'adopter un raisonnement basé sur des conditions statiques ou peu variables de démographie et d'emprise au sol de l'agglomération. Les P.D.A. en exposent les conséquences :

- certaines zones extrêmes (Djibi, Anankoua-Koute) n'ont pas été prises en compte dans le schéma de base. Leur urbanisation sera pourtant effective à court terme compte tenu de l'extension géographique découlant de l'extension démographique.

- les prévisions de population ont été erronées dans certains cas. L'île de Petit Bassam a vu sa population largement sous évaluée alors que la Riviéra a bénéficié de projections excessives.

- la réalisation des réseaux de quartier, en fonction d'une population à venir, conduit à anticiper par rapport aux besoins réels.

- la pollution des rives du Banco et de la Riviéra est actuellement méconnue.

- L'incertitude du financement sur dix ans des tranches prévues implique une remise en question du système.

Compte tenu de ces incertitudes, le schéma directeur de base doit être revu et réactualisé en fonction de données nouvelles.

Le Ministère des Travaux Publics a ainsi décidé de remettre en question ce schéma et a confié l'étude de réactualisation à un bureau d'études spécialisé.

Il est évidemment trop tôt pour préjuger des solutions alternatives proposées, cependant les responsables administratifs du projet ont formulé les possibilités suivantes :

- arrêt de la réalisation du collecteur de base Abobo-Port Bouet,

- rejet sous le pont de Gaulle, par l'intermédiaire d'un diffuseur immergé, des effluents amenés par le collecteur de base Abobo-Plateau,

- rejet par émissaire, en baie de Biétri, des effluents collectés par le collecteur de base dans l'île de Petit Bassam.

- abandon de la solution qui consistait à regrouper, sur la station d'épuration de Port Bouet, la totalité des effluents de l'agglomération,

- traitement autonome des eaux usées du Banco et de la Riviera,

- contrôle de la qualité de la lagune au niveau du rejet sous le pont de Gaulle. Dès qu'une dégradation significative apparaît, lancement de la troisième tranche du collecteur de base et de la station d'épuration de Port-Bouet.

Cette remise en question du schéma directeur est basée sur des recommandations de la B.I.R.D. qui souhaitait voir donner une priorité à l'assainissement des quartiers par rapport aux collecteurs de base.

Conclusion du § 1-3

Depuis 1974, le schéma d'assainissement d'Abidjan a permis la mise en oeuvre de nombreuses opérations de collecte des effluents.

Deux programmes ont été lancés par le Gouvernement en collaboration avec la Banque Mondiale (B.I.R.D.). Le montant global de ces programmes s'élève à près de 20 milliards de francs C.F.A.

Le programme initial prévoyait, en 1985, le raccordement de 75 % de la population. Cet objectif est apparu comme peu réaliste compte tenu des financements prévus, il a donc été remis en cause.

.../...

Pour la période allant de 1981 à 1985, les investissements prévus se montent annuellement à 11,5 milliards de francs C.F.A. Cet objectif nécessitera la recherche de fonds extérieurs : B.I.R.D., et ne permettra, dans le meilleur des cas, le raccordement que de 60 % de la population concernée.

Actuellement, un collecteur de base relie la zone nord d'Abobo au sud du Plateau et se rejette dans la lagune sous le pont De Gaulle. Un second collecteur de base traverse l'ouest de l'île de Petit Bassam et se rejette au nord de la Baie de Biétri. La zone du Banco possède quelques collecteurs de diamètre plus restreint. On estime qu'en 1981, 30 % des habitants sont raccordés aux réseaux. Les établissements industriels rejettent leurs effluents directement en lagune, essentiellement sans traitement.

Une station d'épuration, accompagnée d'un émissaire de rejet en mer de 1200 m de long, est prévue à Port Bouet.

Des modifications du Schéma Directeur Originel sont prévues et portent principalement sur une nouvelle priorité donnée à l'assainissement des quartiers, sur l'arrêt des collecteurs de base et sur un système d'assainissement " autonome " pour les zones du Banco et de la Rivière.

1 - 4 Le cadre administratif et réglementaire

1 - 4 - 1 Le cadre administratif

Les problèmes de pollution des eaux et en particulier d'assainissement intéressent, dans tous les pays où une prise de conscience a eu lieu, de nombreux Ministères et Organismes publics, parapublics ou privés.

La République de Côte d'Ivoire ne fait pas exception à cette règle et on peut constater l'existence de nombreux problèmes dus à l'éclatement des responsabilités en matière de protection de l'environnement et d'assainissement. (cf tab XIV)

Ces problèmes ont récemment été amplifiés par la mise en place de responsabilités communales, encore peu précises, mais qui doivent être clairement définies à court terme.

Le Ministère des Travaux Publics assume la responsabilité de l'établissement des projets d'assainissement et de leur réalisation effective.

Au sein de ce Ministère, la Direction Centrale de l'Assainissement (D.C.A.) assume ces tâches par l'intermédiaire de la Société pour l'Equipement des Terrains Urbains (S.E.T.U.) qui a vocation pour viabiliser des lots destinés à l'habitation et pour les revendre.

Au sein de la S.E.T.U., la Direction du Drainage et de l'Assainissement (D.D.A.) assure les études, les travaux et l'exploitation des réseaux d'assainissement et des postes de relèvement mis en place.

La D.C.A. a compétence en matière de coordination administrative étant donné son caractère centralisateur. Elle assure la maîtrise d'oeuvre des ouvrages d'assainissement mais par contre, la maîtrise d'ouvrage ne lui est que déléguée par les communes qui n'ont actuellement pas les moyens en personnel et en crédit pour gérer les réseaux existants.

La Direction Centrale de l'Hydraulique (D.C.H.) assume, au sein du Ministère des Travaux Publics, les responsabilités relatives à l'adduction en eau potable.

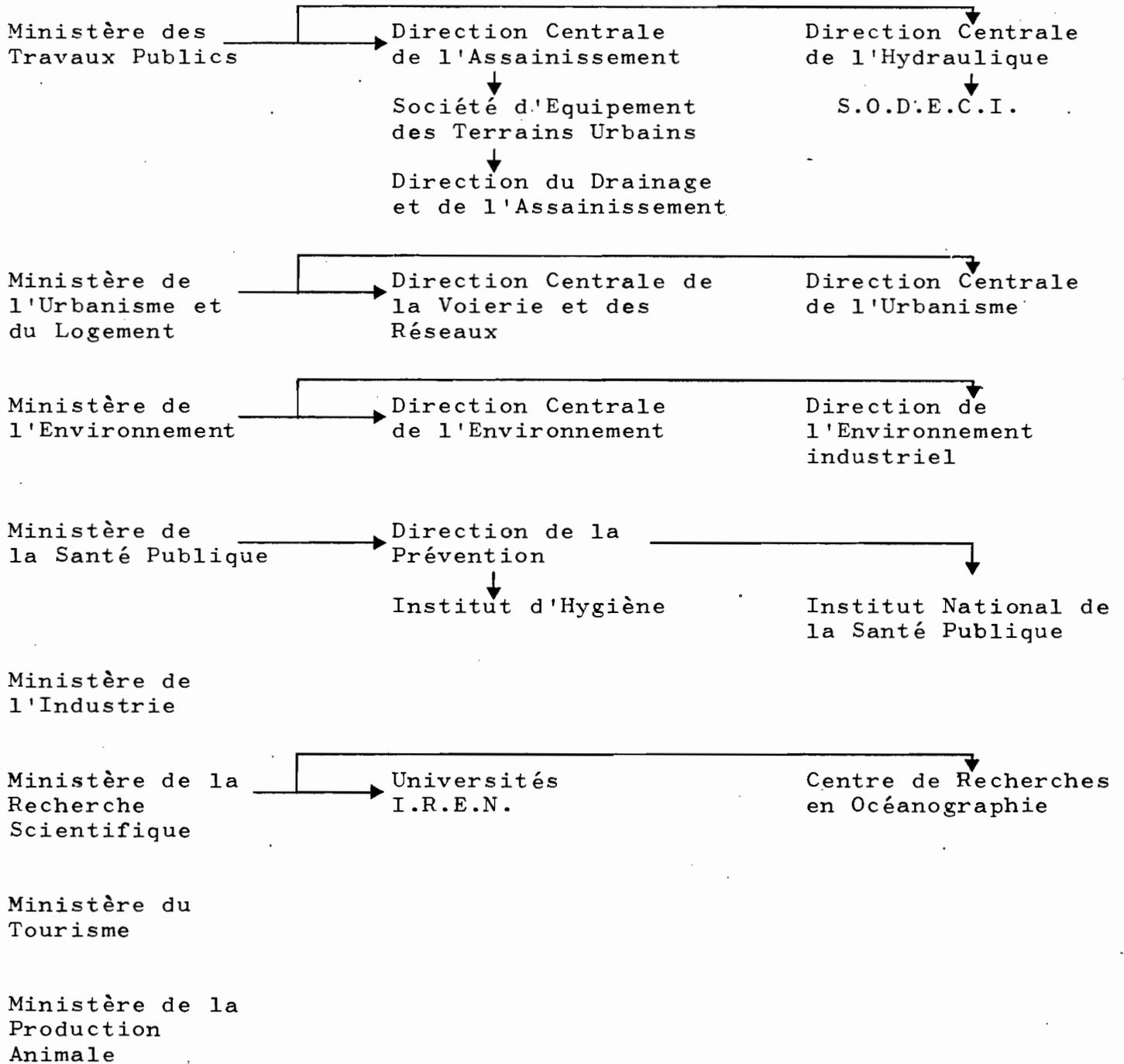
La S.O.D.E.C.I. a la responsabilité, déléguée par convention avec la D.C.H., de mettre en oeuvre les tranches de réseau.

Cette société a mis au point des programmes d'adduction d'eau qui lui sont propres et qui ne sont pas coordonnés avec ceux concernant l'assainissement.

La D.C.H. est intéressée par l'assainissement et plus généralement par la lutte contre les pollutions dans l'optique de protection des captages d'eau et de la nappe phréatique d'Abidjan.

TABLEAU N°XIV

Départements Ministériels intéressés
par les problèmes d'assainissement



Le Ministère de l'Urbanisme et du Logement est compétent en matière d'aménagement du territoire.

Au sein de ce Ministère, la Direction Centrale des Voieries et Réseaux (D.C.V.R.), nouvellement créée, a compétence en matière de programmation et de gestion de plans d'aménagement concernant les réseaux divers : routiers, électriques, assainissement etc... Sa compétence est plutôt d'ordre administratif et financier, le Ministère des Travaux Publics assurant la partie technique.

Les attributions de cette nouvelle Direction Centrale ne sont pas encore très bien définies et il convient d'attendre des précisions supplémentaires.

Le Ministère de l'Environnement, créé au début de l'année 1981, a compétence pour toutes les actions qui concernent la protection de l'environnement pris au sens large du terme. Il s'agit non seulement de protéger le milieu naturel mais encore d'améliorer le cadre de vie des Ivoiriens.

Au sein de ce Ministère, la Direction Centrale de l'Environnement a une compétence d'ordre général sur l'ensemble des problèmes d'ordre technique mais également d'ordre réglementaire et administratif.

La Direction de l'Environnement Industriel est chargée de la prévention et de la réduction des pollutions d'origine industrielle. Elle a également pour mission d'établir des textes réglementaires dans cette matière.

Jusqu'à présent, cette Direction a principalement dirigé ses activités vers le contrôle des flux polluants industriels.

Le Ministère de la Santé, et plus particulièrement la Direction de la Prévention a compétence en matière de préservation de l'hygiène publique. Ce Ministère est amené à intervenir en matière d'assainissement, par l'intermédiaire de deux Instituts dont il assure la tutelle : l'Institut d'Hygiène et l'Institut National de la Santé Publique.

L'Institut d'Hygiène a une action dirigée vers les zones urbaines en matière de salubrité des cités. Il participe à l'instauration de taxes aux ménages qui accumulent leurs eaux usées et collabore avec les Maires sur les problèmes de collecte des ordures ménagères.

L'I.N.S.P. a une vocation tournée vers l'éducation des populations rurales en matière d'hygiène.

Cet institut forme des infirmiers spécialisés en assainissement. Cette formation n'a pas eu, au cours de ces dernières années, la place qu'elle mérite, la priorité était donnée aux soins. Cependant, le Ministère de la Santé souhaite développer la place tenue par les actions de prévention.

Le Ministère de l'Industrie s'occupe de promouvoir l'extension industrielle du pays. Il devrait cependant pouvoir jouer un rôle en matière de prévention et de lutte contre les pollutions d'origine industrielle.

Le Ministère de la Recherche Scientifique assure la tutelle des divers Centres de Recherches. Certains sont situés au sein d'établissements universitaires et d'autres, comme le Centre de Recherches en Océanographie, sont autonomes.

Les actions menées par ce Ministère en matière d'environnement sont dirigées vers la valorisation des déchets et vers la connaissance écologique des milieux récepteurs, en particulier lagunaires.

Le Ministère du Tourisme a pour mission de promouvoir et de gérer le tourisme en Côte d'Ivoire, en particulier autour de la lagune Ebrié et le long du littoral marin.

Il est évident qu'une dégradation du cadre de vie et de la qualité des eaux marines et lagunaires aurait un impact néfaste sur l'extension touristique à Abidjan. C'est dans cette optique que le Ministère du Tourisme s'intéresse aux problèmes d'assainissement.

Le Ministère de la production animale est intéressé par les problèmes que pose actuellement la pêche en lagune et en mer, mais aussi par les rejets en provenance d'installations industrielles de type agro-alimentaire : porcheries, abattoirs, aviculture.

Il doit donc contribuer à préserver l'état des milieux récepteurs où vit la faune marine et lagunaire, mais aussi agir à la source en favorisant l'installation de procédés moins polluants ou dépolluants dans les usines de transformation de matières d'origine animale.

Les responsabilités des dix municipalités et de la Mairie centrale d'Abidjan en matière de conception, de mise en oeuvre et de gestion de l'assainissement ne sont pas encore clairement définies. Il est certain que les Maires sont préoccupés par les problèmes d'hygiène et souhaitent, vis à vis des populations, avoir la possibilité de participer activement à leur résolution.

1 - 4 - 2 Le cadre réglementaire

Etant donnée la courte durée de la mission d'expertise, il n'a pas été possible de rassembler la totalité des textes réglementaires existant en matière d'assainissement, d'hygiène et de façon plus générale de protection de la nature et du cadre de vie.

Il est à noter qu'il existe des règlements sanitaires concernant l'occupation des sols, les habitations et la voirie. La construction d'une habitation à caractère individuel ou collectif est subordonnée à l'obtention d'un permis de construire au sein duquel apparaissent des prescriptions sur l'assainissement.

Il existe également un arrêté interministériel qui fixe les règles d'hygiène que doivent respecter les promoteurs immobiliers en matière de branchement et de rejet dans les réseaux de collecte des effluents.

Les normes de rejet sont différentes qu'il s'agisse d'un rejet dans un réseau ou dans le milieu naturel.

Le Ministère de l'Environnement a la possibilité de taxer certains établissements industriels particulièrement polluants en fonction du flux rejeté.

Des textes concernant les flux de pollution admissibles à la sortie des industries ont été proposés par la Direction de l'Environnement Industriel mais n'ont pas été approuvés par la Présidence de la République.

Il convient également de signaler qu'une Loi Cadre sur la protection de l'Environnement est à l'étude.

Conclusion du § 1-4

Comme dans la plupart des pays du Monde, les responsabilités de la protection de l'environnement et de l'assainissement sont réparties au sein de nombreux départements ministériels et organismes publics ou parapublics.

La mise en place de nouvelles responsabilités communales doit apporter des éclaircissements sur les divers degrés d'intervention dans ces domaines.

C'est le Ministère des Travaux Publics qui a la responsabilité de mettre en oeuvre les ouvrages d'assainissement par l'intermédiaire de la SETU placée au sein de la Direction Centrale de l'Assainissement (D.C.A.).

.../...

C'est la Direction Centrale de l'Hydraulique (D.C.H.) qui est responsable de l'adduction en eau potable. Elle concède les travaux à la SODECI.

Le Ministère de l'Urbanisme et du Logement est compétent en matière d'Aménagement du Territoire au niveau plus général de la planification et de la programmation.

Le Ministère de l'Environnement a pour attribution de gérer les milieux naturels et compétence pour toutes les actions visant à la protection de l'Environnement.

Au sein de ce Ministère, ce sont la Direction Centrale de l'Environnement et la Direction de l'Environnement Industriel qui sont compétentes en matière d'assainissement et de protection de la lagune.

Les Ministères de la Santé, de l'Industrie, de la Recherche Scientifique, du Tourisme et de la Production Animale sont également partie prenante dans les opérations de protection de l'environnement.

Le cadre réglementaire a été peu étudié au cours de la mission d'expertise, il l'est par ailleurs dans le cadre de la coopération franco-ivoirienne.

On trouvera au sein de l'annexe n°10 les éléments principaux de la législation française en matière de protection de l'environnement littoral.

II EVALUATION, PROPOSITIONS

Le second chapitre du présent rapport a pour double objectif d'évaluer, sur des critères techniques, économiques et écologiques, le schéma directeur originel d'assainissement d'Abidjan ainsi que les modifications que les responsables prévoient d'y apporter, et de faire de nouvelles propositions.

Avant d'aborder les diverses propositions que l'on peut être amené à faire afin d'aider à la résolution des différents et disparates problèmes posés, une réflexion sur les problèmes non, ou peu, pris en compte par le schéma directeur originel est menée.

Des propositions techniques, administratives et économiques sont ensuite exposées en tenant toujours compte des trois critères sus-cités.

Il ne doit pas être considéré comme illogique que les réflexions menées sur des critères écologiques n'aillent pas dans le même sens que celles menées sur des critères techniques et économiques. En effet, la sauvegarde des milieux récepteurs doit être modulée suivant des critères d'acceptabilité et de non-reversibilité et ne pas être considérée comme immuable.

Le sacrifice de certaines zones doit être envisagé, s'il permet d'en sauvegarder d'autres, géographiquement, économiquement ou écologiquement plus importantes.

Les différentes hypothèses, économiques et écologiques ne seront pas considérées, au sein de ce chapitre, comme figées, mais certaines propositions portent sur des modifications de ces hypothèses, qu'il s'agisse du prix de l'eau ou de la contamination de plages océaniques actuellement vierges de toute pollution d'origine urbaine, mis à part quelques unes d'entre elles.

Le meilleur compromis est, dans tous les cas, difficile à trouver. Le présent rapport, et son chapitre 2, ne prétendent pas y parvenir systématiquement.

Une importante réflexion devra être menée ultérieurement sur les bases des propositions qui suivent.

Il est cependant notable que ces propositions ne sont jamais basées sur une transposition directe au contexte ivoirien de réalisations européennes. L'adaptation a toujours été recherchée, même si les données techniques manquent par le fait même que les études disponibles en cette matière sont peu nombreuses ou en cours de réalisation actuellement.

2 - 1 Evaluation du Schéma Directeur Originel

2 - 1 - 1 Données techniques et économiques

Le Schéma Directeur de base pour l'assainissement d'Abidjan prévoyait (cf. chapitre 1-3) la centralisation en un point : Port Bouet, de la totalité des effluents de la ville.

Mises à part les conditions financières afférentes à sa réalisation, l'idée de base du schéma proposé est logique et présente de nombreux avantages.

Le premier, consiste à éviter tout rejet en lagune d'eaux usées traitées ou non. Il est évident que, compte-tenu de la sensibilité écologique du milieu lagunaire, tout rejet en lagune peut impliquer des modifications, plus ou moins importantes, des écosystèmes présents (voir 2 - 1 - 2).

Le fait de ne retenir qu'une seule station d'épuration de type décantation primaire, présente également de nombreux avantages :

2 - 1 - 1 - 1 Une forte diminution du prix de revient des ouvrages d'épuration rapporté à l'équivalent-habitant traité :

En effet, la construction d'une station d'épuration nécessite certains investissements qui dépendent peu, et en tout cas de manière non proportionnelle, (voir tableau annexe n° 6) de la capacité de traitement installée. Il s'agit non seulement du gros oeuvre (terrassement, béton etc...) mais encore des installations électriques et mécaniques de relevage des eaux.

Les responsables du projet ont ainsi tout intérêt à prévoir peu d'ouvrages d'épuration de forte capacité de traitement, plutôt que de décider la construction de nombreuses stations de capacité moyenne ou faible (10.000 à 100.000 éq.hbt).

2 - 1 - 1 - 2 Une sécurité d'entretien :

Une station d'épuration, dont la capacité est supérieure à 50.000 éq. hbt, nécessite la présence, en continu, d'un ou de plusieurs employés responsables de l'entretien et du fonctionnement.

Il est important de retenir qu'en matière d'épuration, le plus difficile n'est pas de construire une station, mais d'assurer son fonctionnement de manière correcte et continue. Bien

.../...

souvent, la mise en place d'une station sert quelque peu d'alibi vis à vis des utilisateurs du milieu récepteur et sa maintenance est, à tort, négligée par les autorités responsables.

Le fait de choisir un système de traitement unique (station de Port Bouet) permet de garantir une meilleure efficacité dans la maintenance de la station.

2 - 1 - 1 - 3 Une fiabilité du rendement d'épuration

Le rejet en mer, après traitement, par l'intermédiaire d'un émissaire sous marin, de la totalité des effluents de la ville a pour avantage de ne nécessiter, pour garantir le bon état du milieu récepteur, qu'un traitement de type primaire d'épuration.

Ce type de traitement présente de nombreux avantages aussi bien au niveau du montant des investissements, que de la fiabilité du rendement d'épuration.

En effet, il ne nécessite, exception faite du dégrillage et du relèvement, aucune partie mécanique à mouvement rapide. L'épuration se base sur le principe de la décantation simple qui n'a besoin d'aucun apport électrique mis à part pour le raclage du fond du, ou des, décanteurs.

Les risques de panne sont donc minimisés et des apports massifs d'éléments toxiques ne remettent pas en cause le rendement comme c'est le cas pour des procédés à dominante biologique.

2 - 1 - 1 - 4 Une réduction des investissements :

En tenant compte des observations faites au § 212, il apparaît qu'un procédé d'épuration de type décantation primaire suffit dans le cas d'un rejet en mer.

Dans la suite du texte, le procédé dit de décantation primaire, comprend également des pré-traitements du type d'un dégrillage, deshuilage et dessablage.

.../...

La mise en place de procédés de type biologique, rendue nécessaire par la sensibilité du milieu récepteur (étang-lagune) implique des investissements nettement supérieurs à ceux prévus dans le cas d'une décantation simple.

En matière d'investissement, on admet, pour une décantation simple par rapport à un procédé biologique, une diminution du prix, rapporté à l'équivalent habitant traité, de 100 à 300 %.

En ce qui concerne les frais de fonctionnement, la différence est encore plus caractéristique : elle peut atteindre 500 % dans certains cas extrêmes de procédés biologiques d'épuration très performants.

Le choix d'un rejet en mer permet donc, grâce aux procédés d'épuration qu'il implique, de sérieuses économies tant en investissement qu'en fonctionnement.

2 - 1 - 1 - 5 La possibilité d'accepter des effluents d'origine industrielle.

Comme il l'a été précisé ci-dessus, le principe de l'épuration par décantation simple est basé sur la loi de l'attraction universelle et uniquement sur elle.

Les procédés biologiques divers : boues activées, lits bactériens, disques biologiques, lagunage simple ou aéré, nécessitent la formation et l'entretien d'un floc bactérien qui se nourrit de la pollution organique, dissoute ou en suspension, pour se développer et épurer ainsi l'effluent chargé.

Certains effluents d'origine industrielle contiennent des éléments très toxiques pour les bactéries.

Si ces effluents sont acceptés, sans traitement préalable, dans les réseaux de collecte, ils risquent d'intoxiquer les bactéries présentes dans le bassin d'aération biologique. Cette mortalité massive des bactéries implique l'arrêt brutal de l'épuration, et a pour conséquence l'annulation du rendement épuratoire.

Par contre, dans le cas d'un système de décantation simple, les toxiques dissous ou en suspension n'ont aucune incidence sur le rendement.

Seules, les graisses doivent impérativement être stoppées en amont du, ou des, décanteurs par un deshuileur-dégraisseur adéquat, pour éviter la formation d'un film gras à la surface des ouvrages de décantation qui pourrait induire un phénomène d'anaérobiose dans les bassins.

Il sera donc possible d'admettre dans la station de Port Bouet la majeure partie des rejets provenant de la zone industrielle d'Abidjan. Les aspects écologiques du rejet en mer sont légèrement plus restrictifs (non admission de toxiques remanents), comme il sera vu au § 2 - 1 - 2.

* * *

Cependant, ce projet présente aussi certains inconvénients dont l'importance a pu être sous-estimée, à l'origine, par les concepteurs.

2 - 1 - 1 - 6 La priorité donnée aux ouvrages de transport

Après étude des opérations d'assainissement mises en place ou lancées avant 1981, il apparaît clairement que la priorité de réalisation des collecteurs principaux a été une des bases retenue à l'origine du plan par rapport à la mise en oeuvre d'ouvrages de collecte dans les quartiers.

Il est évident que les collecteurs de base, coutant très cher en investissement mais également en fonctionnement, cette priorité a eu pour effet la concentration quasi totale des crédits sur ces opérations.

De plus, la topographie régulière de la ville d'Abidjan a impliqué la mise en place de nombreuses stations de relèvement des eaux usées dans les points bas du collecteur de base, ces stations étant évidemment dimensionnées pour le débit maximum.

Etant donné que le collecteur Abobo-Plateau-Port Boueta du être également dimensionné en fonction d'un flux polluant correspondant aux populations raccordables, il ne véhicule encore, à l'heure actuelle, qu'un flux de 100.000 éq.hbts représentant à peu près 5 % de son flux nominal potentiel.

La rentabilité des financements investis est donc nettement minimisée par cette priorité donnée aux collecteurs de base.

En effet, la rentabilité d'un système collectif d'assainissement se calcule selon deux critères :

- le taux de raccordement des populations aux réseaux de collecte des effluents,

- la qualité des milieux récepteurs en fonction des usages qui en sont faits et des flux polluants qu'il doit accepter.

.../...

Dans le cas qui nous occupe, le taux de raccordement des habitants aux réseaux est très faible (20 à 30 %) en raison du manque de développement des réseaux secondaires de collecte des effluents.

La qualité du milieu lagunaire, inquiétante depuis quelques années, ne s'est pas améliorée, au contraire. Certains rejets auparavant disséminés sur tout le littoral ont simplement été supprimés au profit de rejets plus importants et plus localisés. Les problèmes ont simplement été déplacés géographiquement, et il n'est pas évident que ce soit la meilleure solution (cf. § 2-2-2).

On constate donc que la politique menée, en matière d'assainissement, ne présente pas la rentabilité qui avait été espérée et programmée par les responsables du Schéma Directeur Originel.

2 - 1 - 1 - 7 La mauvaise prise en compte de l'accroissement des populations.

Pour mettre au point un schéma directeur en matière d'assainissement, il est fondamental de définir le plus précisément possible les populations raccordables aux réseaux de collecte ainsi que les flux d'origine industrielle destinés à être transportés et traités par la, ou les, stations d'épuration.

L'accroissement des populations est un facteur déterminant dans le dimensionnement des réseaux de collecte, des postes de refoulement, des stations d'épuration ainsi que des ouvrages de rejets en mer.

Le diamètre des canalisations ainsi que leur pente, la capacité de stockage des postes de relèvement, la puissance des pompes, le volume et la surface des décanteurs, la longueur et le diamètre de l'émissaire en mer sont fonction du flux polluant transporté et donc de la population raccordée aux réseaux.

Cette population raccordée est elle-même fonction de l'étendue des réseaux, du taux de raccordement des populations, du nombre de raccordable et donc de la population totale de l'agglomération.

.../...

En ce qui concerne le Schéma Directeur Originel de l'assainissement d'Abidjan, il est important de distinguer trois entités géographiques fondamentales.

La première entité à considérer comprend les zones suivantes :

Centre : Adjamé, Cocody, Plateau,

Nord : Abobo Nord, Abobo Sud, Deux plateaux-Williamsville,

Petit Bassam : Treichville, Marcory, Koumassi, Zone 4 Biétri,

Port Bouet - Vridi.

C'est dans cet ensemble que se situent les populations les plus nombreuses d'Abidjan ainsi que les principales zones industrielles de la ville.

Mis à part le cas d'Abobo Sud et Nord, on peut compter sur une relative stabilité des populations dans ces zones, qui a pu faciliter le dimensionnement des ouvrages de transport des effluents.

Il est certain que, compte tenu de l'accroissement important (10 % par an) des populations abidjanaises, le potentiel des canalisations mises en place sera, à moyen ou long terme, insuffisant pour assurer le transport des effluents de ces zones en cas de raccordement de tout Abidjan sur le collecteur central.

La solution qui consiste à dire qu'il suffira, une fois la saturation atteinte, de doubler les ouvrages de base en installant une canalisation supplémentaire du même type paraît, a priori, irréaliste et n'est peut être pas nécessaire.

Il suffit de se rendre compte que le réseau actuellement en place a nécessité plus de cinq années de travaux et près de 20 milliards de francs C.F.A. d'investissements, pour réaliser qu'il est difficilement concevable de doubler ces ouvrages à cause du fait que le dimensionnement initial n'a pas suffisamment intégré l'évolution des populations.

En l'occurrence, il faut tenter de définir, comme il le sera exposé plus loin, des plans d'assainissement de quartier, en tentant d'intégrer au sein de ces prévisions les ouvrages mis en place jusqu'alors, ainsi que diverses modifications du Schéma originel.

.../...

2 - 1 - 1 - 8. La nécessité de coordination entre les responsables de l'assainissement et les autres départements intéressés.

Comme il l'a été exposé plus haut, l'assainissement ne forme pas un tout mais doit impérativement s'intégrer dans un schéma plus large d'aménagement du territoire, qui englobe d'autres actions visant à améliorer le cadre de vie des populations bénéficiaires.

Il est, par exemple, peu recommandé :

- de viabiliser des zones sans poser les installations d'assainissement et d'alimentation en eau potable en profitant de la présence des entreprises spécialisées et des terrassements effectués.

- de poser des canalisations de collecte des eaux usées dans des zones où les populations n'ont manifestement pas les moyens de se munir en toilettes de type moderne et de se brancher au réseau.

- de mettre en place des canalisations à ciel ouvert afin de collecter les eaux usées dans des zones où le ramassage des ordures ménagères n'est pas effectif, ou à fréquence très variable.

- de considérer que les zones dites " d'habitat spontané " ne doivent pas être assainies, d'une façon ou d'une autre, sous prétexte qu'elles ne sont pas " stables " dans l'espace et dans le temps, et que leur équipement entraînera une revente des concessions viabilisées à des personnes à revenu moins modeste. Ce qui aurait pour effet de reporter les problèmes dans une zone plus périphérique, et donc plus difficile à assainir de façon collective.

Tous ces problèmes peuvent être réglés par l'intermédiaire d'une coordination effective entre les Ministères et Organismes responsables, qu'il convient de développer pour mener à bien l'assainissement d'Abdijan (cf. §252).

2 - 1 - 2 Impact sur les milieux récepteurs

L'ensemble des eaux usées de la ville est rejeté en mer à plus de 1.000 m. du littoral.

Il s'agit là d'une solution satisfaisante pour les milieux récepteurs.

1 - L'état de la lagune s'améliore au fur et à mesure des branchements sur le collecteur central.

2 - En mer, les études de courants, de diffusion et de mortalité bactérienne, exécutées par le C.R.O. et exploitées par la SOGREAH et la SETU montrent, que si la nappe d'eaux usées est le plus souvent poussée vers les plages des secteurs 12 et 23 (Port Bouet, ancien wharf, Jandolfi et Gonzagueville) la dilution et la mortalité bactérienne sont telles que la salubrité de ces plages reste satisfaisante.

3 - Les eaux subissent un traitement primaire avant le rejet en mer. Le dégrillage évite aux matières particulaires flottantes, qui ne bénéficient pas de la dilution comme les substances dissoutes, d'aboutir aux plages quelques heures après leur rejet au large. Le deshuilage élimine les graisses et hydrocarbures dont le pouvoir couvrant est important. La décantation élimine une fraction appréciable de la matière organique et évite la destruction des fonds sous marins à proximité du rejet; 90 % de la matière décantable doit être éliminée.

4 - Les rejets de la ville provoquent une désoxygénation, puis une eutrophisation minime et localisée dans la nappe de dilution (cf. annexe 3).

5 - Seuls doivent être évités les rejets de polluants non biodégradables (métaux lourds par exemple), qui au lieu de se diluer dans le milieu dissous, se concentrent dans la matière vivante d'où ils peuvent remonter jusqu'au consommateur final : l'homme.

Conclusions du § 2-1

Le Schéma Directeur Originel de l'assainissement d'Abidjan, s'il ne fournit pas toutes les garanties économiques requises, présente de nombreux avantages techniques.

- Il permet d'éviter le rejet en lagune d'effluents traités ou non,

- Il centralise tous les effluents en un seul point et minimise ainsi les ouvrages d'épuration nécessaires,

- Le procédé d'épuration primaire, par simple décantation, est suffisant, dans le cas d'un rejet en mer, et présente de nombreux avantages :

- Il coûte moins cher, rapporté à l'équivalent-habitant traité,

- Il présente une simplicité et une sécurité d'entretien,

- Il présente une fiabilité certaine du rendement d'épuration obtenu,

- il a la possibilité d'accepter des effluents d'origine industrielle non toxiques pour le milieu marin.

- La collecte des effluents d'Abidjan et leur rejet à 1.200 m. du rivage après traitement primaire constitue une solution écologiquement satisfaisante. Seuls doivent être évités les rejets toxiques non biodégradables.

Il présente cependant certains inconvénients :

- la priorité donnée aux ouvrages de transport ne permet pas le raccordement des habitations,

- le temps nécessaire à ces raccordements implique, de fait, une très faible rentabilité des investissements et des ouvrages qui fonctionnent à 5 % de leur charge optimale,

- la lagune se dégrade car les raccordements au collecteur de base, ne peuvent être effectués,

- l'évolution rapide des populations n'a pas suffisamment été intégrée dans la définition de programmes de travaux,

- le principe de réalisation retenu n'a pas suffisamment insisté sur la nécessité d'une collaboration interministérielle étroite.

En fait, si techniquement le système apparaît comme étant le meilleur, économiquement, les inconvénients qu'il présente sont trop lourds pour qu'il puisse être accepté comme tel. Des modifications doivent impérativement être effectuées.

2 - 2 Evaluation des modifications du Schéma directeur Originel proposées par le Ministère des Travaux Publics.

2 - 2 - 1 Données techniques et économiques

La remise en question du Schéma directeur originel de l'assainissement de la ville d'Abidjan paraît découler logiquement des constatations faites, par les responsables techniques et financiers du projet, au sujet de la rentabilité des ouvrages mis en oeuvre, par rapport à leur coût d'investissement (cf. 2-1-1).

Les orientations principales des modifications du Schéma directeur ont été exposées au chapitre 1-3-4.

En fait, le changement fondamental de la politique suivie jusqu'alors en matière d'assainissement consiste en l'abandon du développement des collecteurs de base avec le report des priorités sur l'assainissement des quartiers, c'est à dire le raccordement effectif des habitations sur le réseau existant et la création de deux entités périphériques (Banco et Riviéra) autonomes au niveau de l'assainissement (cf. § 1-3-4). Rappelons ainsi, que dans un premier temps, les concepteurs de cette modification prévoient que les effluents de l'entité centrale (Abobo, Adjamé, Plateau, île de Petit Bassam) aboutiront en lagune, soit au niveau du Pont de Gaulle, soit en Baie de Biétri.

2 - 2 - 1 - 1 Evaluation technique

Il est très difficile de dissocier l'évaluation technique de l'évaluation économique des modifications proposées. En effet, c'est, en grande partie, à partir de considérations d'ordre financier, que le Schéma originel d'assainissement dut être modifié.

Le report des priorités vers les collecteurs d'amenée au réseau de base présente trois intérêts principaux :

- l'hygiène des quartiers non desservis actuellement,
- la rentabilisation des ouvrages existants,
- la diminution du linéaire des collecteurs de base et des passages sous lagune .

Mis à part pour les quelques quartiers (Plateau, Treichville) où les réseaux de collecte ont été mis en place, des systèmes d'assainissement, de technologie et rendement très disparates, (fosses septiques, latrines publiques, mini-stations) se sont développés de manière peu structurée et de toute façon incomplète. Il en résulte non seulement une pollution des milieux récepteurs lagunaires ou phréatiques, mais encore la création, non contrôlée, de zones urbaines insalubres où se développent des maladies très dangereuses.

Il était donc fondamental de permettre, dans de telles zones où résident les classes moyennes de la population, le raccordement aux réseaux de base.

De plus, le dimensionnement des ouvrages de base, qu'il s'agisse du transport ou du relèvement des effluents, a été effectué sur les bases d'un raccordement presque total des populations dont la desserte est techniquement possible. Il en résulte actuellement une sous-charge effective de ces ouvrages qui risque d'impliquer, à cause du faible flux d'eau transporté:

- une septicité accrue des effluents, due à leur important temps de séjour dans les tuyaux, entraînant de mauvaises odeurs et une corrosion des ouvrages,

- une corrosion accélérée des installations électriques de refoulement qui fonctionnent à moins de 10 % de leur charge optimum et se détériorent, à l'état statique, en présence d'un effluent réducteur.

Le dernier avantage, de la modification du Schéma Directeur Originel, telle que proposée par le Ministère des Travaux Publics, réside dans le fait que trois des cinq passages sous la lagune prévus n'ont plus de raison d'être puisqu'il est prévu d'assainir, de façon autonome, les zones du Banco et de la Riviera.

Il n'est plus nécessaire ainsi de transporter les effluents provenant de ces zones vers le site de Port Bouet. L'abandon de ces ouvrages, techniquement indispensables dans le cadre du Schéma Directeur Originel, permettra le report de crédits sur l'assainissement des quartiers.

Mis à part, l'impact de modifications étudiées sur la qualité de la lagune (cf. § 2-2-2), un certain nombre d'inconvénients majeurs, doivent être pris en compte pour permettre un jugement objectif.

La majeure partie des inconvénients, d'ordre technique, à prévoir provient de la mise en place de deux stations d'épuration pour assainir les zones du Banco et de la Riviera.

En effet, la sensibilité de la lagune implique pour garantir ses équilibres écologiques, une technologie d'épuration poussée et fiable.

Une simple décantation primaire, précédée de prétraitements de base (cf. 2-4-2-1-2) ne suffit plus.

La lagune, contrairement à la mer, ne peut admettre un flux polluant, riche en matières organiques sans risquer de graves dangers (cf. 2-2-2).

Les procédés d'épuration à mettre en oeuvre sont de type biologique car il est nécessaire de réduire la DBO_5 (1) et la DCO (2) de l'effluent entrant dans la station, afin d'éviter une désoxygénation du milieu récepteur.

Ces procédés présentent un coût d'investissement relativement élevé par rapport aux procédés basés sur une décantation primaire (cf. 1-3-2).

(1) Demande biologique en oxygène après 5 jours.

(2) Demande chimique en oxygène

2 - 2 - 1 - 2 Evaluation économique

On estime à 7.500 F. CFA/ég.hbt (3) le coût d'investissement d'une station de type biologique, une décantation primaire coûte en moyenne 5.000 F. CFA/ég. hbt (3). En fonctionnement, les procédés biologiques coûtent en moyenne 10 % du coût total d'investissement, une décantation primaire n'en coûtant que 5 %.

Le tableau n° XV, évalue les dépenses, relatives aux stations d'épuration uniquement, dans les deux cas de figure.

Système n° I : Schéma Directeur Originel (1 station à Port Bouet),

Système n° II : Schéma modifié (3 stations)

TABLEAU n° XV (Unité Milliard de F. CFA.)

Choix technique	Investissement				Dépenses Annuelles		
	Port Bouet I 2,3 Meqh II 1,5 Meqh	Banco 0,5Meqh	Rivière 0,3Meqh	Total	Fonctionnement des stations	Remboursement d'emprunt (taux 10 % sur 20 ans)	Total
Système I	11,5	0	0	11,5	0,575	1,350	1,925
Système II	7,5	3,75	2,25	13,5	0,975	1,586	2,561

Les constatations financières relatives aux stations d'épuration sont donc largement en faveur du système I c'est à dire du Schéma Directeur originel.

Le système II coûte plus cher de 17 % en investissement et de 83 % en fonctionnement.

Le coût total sur 20 ans du système I, remboursement des intérêts compris, est de 38,5 Milliards F/CFA.81, le système II revient à 51,22 Milliards F/CFA.81, soit 33 % plus cher. L'économie qui peut être réalisée en choisissant le système I, permettrait approximativement le raccordement de 250.000 habitants supplémentaires aux collecteurs de base existants.

A contrario, il faut noter que le système II revient moins cher en ce qui concerne les réseaux de collecte, notamment au niveau du nombre de passage sous la lagune devant être réalisés. L'estimation de ces économies est difficile à effectuer, elle devra cependant être réalisée avant le choix définitif du système à mettre en oeuvre.

On notera que des systèmes performants d'épuration par lagunage naturel peuvent être mis en place pour assainir les zones latérales. Ces systèmes seront développés au chapitre 2 - 4 - 3.

2 - 2 - 2 Impact sur le milieu récepteur

Les modifications proposées impliquent, pendant une période indéterminée, le rejet dans la lagune Ebrié de tous les effluents provenant des zones actuellement raccordées et des quartiers qui le seront ultérieurement. Le présent chapitre étudie, sur la base de ces critères, l'évolution de l'état de la lagune pendant la phase où la priorité est donnée à l'assainissement des quartiers sans transfert des points de rejets existant actuellement.

2 - 2 - 2 - 1 Solution provisoire

Tous les effluents sont provisoirement rejetés en lagune. Les effluents des zones A et B aboutissent dans le chenal central est, au niveau du pont De Gaulle. Les effluents des zones F et G (Bingerville) aboutissent également dans le chenal central est, mais plus en amont. Les effluents des zones E et G (Entre 2 forêts, Adiopoudoumé) aboutissent dans le chenal central ouest, entre le continent et l'île Boulay. Les effluents des zones C et D aboutissent en baie de Biétri.

Dans l'hypothèse 1, nous supposons que tous les effluents sont soumis à un traitement primaire sommaire qui amène la DBO5 rejetée par un habitant en un jour à 35 g.

Dans l'hypothèse 2, nous supposons qu'avant 1985, les rejets des zones périphériques proches est et ouest (zones E, F et G) sont soumis à un traitement primaire et secondaire performant réduisant de 85 % la charge organique. La DBO5 rejetée par un habitant en un jour n'est plus que de 8 g. Les rejets sous le pont de Gaulle et en baie de Biétri continuent à n'être soumis qu'à un traitement primaire.

2 - 2 - 2 - 1 - 1 Evolution de la charge organique sur les différents secteurs lagunaires.

Les Perspectives Décennales pour Abidjan indiquent les populations de bassins versants des trois secteurs de rejets, chenal central ouest, chenal central est et baie de Biétri, en 1980, 1985 et 1990.

Il notifie également les populations raccordées aux égouts. Nous admettrons, que 20 % des déchets des populations non raccordées (soit 11 mg de DBO5 par habitant et par jour) aboutissent finalement en lagune du fait du ruissellement, des rejets de vidanges de fosses et des dépôts directs. Les P.D.A. indiquent également la charge organique rejetée à l'égoût par les industriels et les collectivités locales.

Nous évaluons au tableauXVIIla charge organique, en DBO5, auquel seront soumis les 3 secteurs de rejet dans les hypothèses 1 et 2.

TableauXVI- Charge en matière organique supportée par les 3 secteurs de rejets, en fonction des hypothèses 1 ou 2 Unités : t DB05/j.

Secteurs	Hypothèse	1980	1985	1990
Chenal central est (entre le continent et l'île de Petit Bassam)	1	16	29	51
	2	16	25	37
Chenal central ouest (entre le continent et l'île Boulay)	1	8	24	35
	2	8	7	12
Baie de Biétri (1)	1 et 2	17	22	26

(1) Une fraction inconnue de la charge comptabilisée ici est en réalité rejetée directement dans le bassin du port ou dans le canal de Vridi. Cette fraction est vraisemblablement faible, et de toute façon négligeable compte tenu des approximations par ailleurs utilisées.

Dans l'hypothèse 1, la charge organique rejetée dans le chenal central triple entre 1980 et 1990.

Elle augmente encore plus vite dans le chenal central ouest, où elle fait plus que quadrupler. La charge organique s'accroît relativement peu en baie de Biétri, du fait de la saturation démographique déjà quasi-atteinte par l'île de Petit Bassam.

En ce qui concerne l'hypothèse 2, l'amélioration par rapport à l'hypothèse 1 n'est pas très sensible dans le chenal central est (diminution d'un facteur 1,4 seulement en 1990). Ceci, parce que les eaux du collecteur de base central (Plateau à Abobo) sont toujours rejetées en lagune sans traitement secondaire. Par contre, toutes les eaux aboutissant au chenal central ouest sont soumises à traitement secondaire et le résultat est spectaculaire. En 10 ans, malgré l'augmentation de population de plus de 800.000 habitants sur son bassin versant, les eaux du chenal central ouest ne subissent qu'une augmentation de charge organique d'un facteur 1,5.

2 - 2 - 2 - 1 - 2 Impact sur la lagune

L'état des baies du Banco, de Cocody, de Marcory et de Koumassi s'améliore au fur et à mesure des branchements sur les collecteurs de base. Par contre, la lagune, aux points d'aboutissement de ces collecteurs, subit une détérioration que nous essayons de prévoir ici en utilisant la charge organique.

Les charges organiques évaluées au tableau XVI sont diluées dans des flux d'eaux naturelles de volume différent selon le secteur et l'époque. La DBO5 de ces eaux naturelles varie selon leur origine, leur proportion et l'époque de l'année (réf. 34). Elle est en moyenne de 0,8 mg/l. Les flux d'eau naturels, aux environs des 3 principaux points de rejets, sont évalués, de façon très approximative, pour différentes époques des années 1975-1976, à l'annexe 4.

Pour apprécier l'impact de la pollution sur la lagune, nous avons retenu les flux d'eau quotidiens les plus faibles observés en 1975 et 1976. Compte tenu de ces flux et des charges organiques du tableau XVI nous avons calculé au tableau XVII les concentrations en DBO5 aux différents points de rejets. Il s'agit de DBO5 prévisibles en situation défavorable (flux d'eau diluant faible). Mais ce ne sont pas des DBO irréalistes. Elles pourront être dépassées. Les observations de 1977 et 1978 illustrent ce risque (cf. annexe 5).

Tableau XVII- Evolution d'ici 1990 de la DBO5 des eaux lagunaires des 3 principaux secteurs de rejets, suivant l'hypothèse 1 ou 2 (cf. § 2-2-2-)

point de rejet		lagune ouest			lagune est			Baie Biétri		
flux diluant en 10 ⁶ m ³ /j (conditions défavorables)		11,4			4,2			2,2		
DBO5 du flux diluant mg/l		0,8			0,8			0,8		
année		1980	1985	1990	1980	1985	1990	1980	1985	1990
charge organique polluante en t DBO5/j d'après le tab. I	Hyp. 1	8,0	24	35	16	29	51	17	22	26
	Hyp. 2	8,0	7,4	12	16	25	37	17	22	26
DBO5 résultante dans les secteurs de rejets en mg/l	Hyp. 1	1,5	2,9	3,9	4,6	7,7	12,9	8,5	10,8	12,0
	Hyp. 2	1,5	1,4	1,9	4,6	6,8	9,6	8,5	10,8	12,0

Dans le chenal central ouest, c'est à dire entre le continent et l'île Boulay, la charge organique polluante était encore modérée en 1980. Notons, quand même, qu'elle provoquait, en situation défavorable (circulation d'eau faible) un doublement de la DBO des eaux naturelles.

Du fait de la très rapide augmentation prévue de population dans les zones NW de l'agglomération, la charge organique polluante, on l'a vu, s'accroît très rapidement

sur le chenal central ouest. Elle entraîne, si elle n'est soumise qu'à un traitement primaire (hypothèse 1), le doublement de la DBO5 des eaux dès 1985, tandis qu'elle atteindra 3,9 mg/l en 1990. Le secteur en question sera alors dans une situation à peu près similaire à celui du chenal central est, entre les deux ponts, actuellement. Ce qui est regrettable, compte-tenu du fait que ce secteur commande l'accès des poissons et crustacés à tout l'ouest de la lagune (cf. § 1 - 2 - 3 - 3 - 1) dont la superficie est de 400 km² (sur 566).

Dans le cas où les eaux usées sont soumises à un traitement secondaire (hypothèse 2), la situation du chenal central ouest est nettement meilleure. La DBO5 des eaux n'y sera plus en 1990 que 1,25 fois celle de 1980. Le secteur peut être considéré comme maintenu dans son état actuel.

Dans le chenal central est, entre le continent et l'île de Petit Bassam, la pression polluante était déjà très élevée en 1980. Si les rejets se poursuivent au rythme prévu, sans d'autre traitement que primaire, la D.B.O. y atteint, dès 1985, un niveau proche de celui de la baie de Biétri actuellement. L'état de la baie de Biétri, aujourd'hui, donne donc une idée de ce que sera le chenal central est, dès 1985. Il n'est pas toujours agréable de se promener en baie de Biétri. Certes, on y pêche encore. Mais quelle est la qualité gustative et sanitaire de ces captures ? En outre, les chercheurs du CRO ont mis en évidence dans cette baie, un phénomène de nanisme des poissons pour le moins inquiétant. Enfin, rappelons que les concentrations en coliformes fécaux, de la moitié de cette baie, étaient, il y a déjà 5 ans, supérieures à 5.000 / 100 ml, ce qui d'après les standards américains aurait dû la rendre impropre à toute utilisation, y compris la pêche (cf. fig. 13). En 1990, la situation sera bien entendu encore pire dans le chenal est. La DBO, en période défavorable, y atteindra 12,9 mg/l. Le secteur lagunaire sera alors dans l'état actuel des extrémités continentales des baies de Cococoy et de Marcory.

Si les eaux, en provenance des zones périphériques est, F et G, sont soumises à un traitement secondaire (hypothèse 2), la situation du chenal central est n'est pas très sensiblement améliorée. Seul un traitement secondaire poussé des effluents en provenance des zones centrales A et B pourrait protéger le milieu. Ce qui est exclu, compte-tenu du caractère provisoire de la solution proposée.

Dans la baie de Biétri, la DBO est déjà très élevée en 1980. Notons cependant qu'elle n'augmente que d'un facteur 1,5 d'ici 1990.

.../...

Remarque importante :

Les évaluations précédentes de DBO du milieu supposent que la charge polluante est répartie de façon homogène au moyen de plusieurs diffuseurs disposés le long d'une section nord-sud des chenaux centraux et de la baie de Biétri.

2 - 2 - 2 - 1 - 3 Surveillance continue des secteurs lagunaires récepteurs de la pollution.

Les concepteurs des modifications du plan directeur d'assainissement, ici étudiées, prévoient une surveillance continue de l'état de la lagune dans les secteurs de rejet.

Cette surveillance de l'état de dégradation du milieu lagunaire doit indiquer aux décideurs le moment où il faut mettre en oeuvre les mesures de protection idoïne (stations d'épuration, émissaire en mer).

La surveillance continue d'un milieu en évolution rapide comme la lagune Ebrié urbaine est indispensable. Elle est d'ailleurs prévue sur l'ensemble du réseau lagunaire par la mise en route à partir de 1983 du Réseau National d'Observation de la qualité des eaux marines et lagunaires (R.N.O.), mais ce type de surveillance ne peut être utile aux responsables de la sauvegarde du milieu naturel que si plusieurs concepts écologiques sont pris en compte.

1°/ L'évolution du milieu lagunaire est soumise à deux types de facteurs externes. Les facteurs humains d'une part, qui évoluent de façon prévisible. Leur effet sur le milieu peut être prévu à moyen terme (quelques années). Les facteurs naturels, d'autre part, climatiques en particulier, sont incontrôlables et imprévisibles. L'état du milieu lagunaire de leur fait, ne peut être prévu, même à court terme. Les facteurs naturels évoluent d'une année à l'autre en "dent de scie", et introduisent un facteur aléatoire dans les prévisions des techniciens futurologues.

2°/ Un écosystème, comme la lagune, évolue par étapes. A l'intérieur d'une étape, l'écosystème ne change pas de nature. Il subit une évolution lente et continue, liée quantitativement aux facteurs extérieurs dont il dépend. Mais si ces facteurs externes (ceux liés à l'activité humaine par exemple) évoluent de trop, passé un certain stade, ils provoquent une modification brutale de l'écosystème qui passe d'une étape à une autre. Les phénomènes qui s'y déroulent changent radicalement de nature, les équilibres sont bouleversés.

Par exemple, le stock d'une espèce de poissons peut diminuer lentement sous l'effet d'une pêche trop intense.

.../...

Sans que l'effort de pêche ne se modifie, il arrive une année où le stock de poissons restant n'est plus compétitif vis à vis des autres espèces. Il disparaît alors brutalement. C'est le cas des sardinelles sur le plateau continental ivoirien, celui de l'omble chevalier dans le lac Léman.

Autre exemple plus proche de nos préoccupations : le passage d'un milieu aquatique, de l'état eutrophe à l'état dystrophe, décrit à l'annexe 1, se fait brutalement passée une certaine concentration de substances organiques et de leurs produits de dégradation.

Il résulte de ces deux caractéristiques écologiques :

a) que la prévision des responsables de l'assainissement doit prendre en compte le caractère oscillatoire et incontrôlé des facteurs extérieurs au milieu (climatiques entre autre).

b) que les mesures de sauvegarde de la lagune doivent être prises avant qu'une évolution brutale ne se produise (crise dystrophique, destruction des stocks de poissons, barrière aux migrations de poissons et crustacés...).

2 - 2 - 2 - 2 Solution à terme

A terme, le collecteur central aboutit en mer. Seules restent évacués en lagune par égout les effluents des zones F et G (est) et E et G (ouest), ainsi que la pollution diffuse par les populations non raccordées.

Dans l'hypothèse 1 : ces effluents subissent un traitement primaire sommaire qui amène la DBO5 rejetée par un habitant en un jour à 35 g.

Dans l'hypothèse 2 : ces effluents sont soumis à un traitement biologique qui amène la DBO5 rejetée par un habitant en un jour à 8 g.

.../...

Tableau XVIII

Charge en matière organique supportée par les 2 secteurs de rejets en fonction des hypothèses 1 ou 2. (conditions hydrologiques défavorables)
Unités t. DBO5/j.

Secteur	Hypothèse	1980	1985	1990
Chenal central est (sud Riviéra)	1	16	15	30
	2	16	11	15
Chenal central ouest (sud Yopougon)	1	8	24	35
	2	8	7	12
Biétri	1 et 2	17	4,5	5

Dans le chenal central ouest, la situation est identique à celle du § 2-2-2-1. La conclusion est donc la même. Une station de traitement biologique (hypothèse 2) permet de maintenir le chenal central ouest dans un état peu différent de son état actuel jusqu'en 1990 mais pas au delà.

Dans le chenal central est, la situation de 1980 est maintenue en 1985, si aucun traitement biologique n'est imposé aux effluents collectés par égouts dans les zones F et G (Bingerville) : cas de l'hypothèse 1. La charge organique double ensuite d'ici 1990. Ce qui rend impératif d'ici 1990 la réalisation d'une station de traitement biologique (hypothèse 2). Dans ce cas, la situation de 1980 est rétablie en 1990. Au delà elle se détériore.

On remarque ici, que l'effort financier consenti pour la construction et le fonctionnement des deux stations d'épuration biologique de la Riviéra et de Yopougon ne fait que différer d'une dizaine d'années les problèmes de pollution dans les chenaux centraux. Au delà de 1990, il faut envisager soit un traitement plus poussé, soit une évacuation ailleurs d'une partie des effluents des zones latérales.

En baie de Biétri, la pollution qui subsiste n'est plus que celle des populations de l'île de Petit Bassam et de Port Bouet-Vridi, non raccordées au réseau d'assainissement.

La situation de cette baie s'améliore de façon spectaculaire et durable. La DBO5 de ses eaux, en condition défavorable s'abaisse en dessous de 3 mg/l.

.../...

Conclusion du § 2 - 2

Les modifications proposées présentent certains avantages techniques : rentabilité des collecteurs existants, assainissement des quartiers, diminution du nombre de passage sous la lagune.

Elles présentent cependant des inconvénients quant aux stations d'épuration prévues, car elles nécessitent une augmentation approximative de 17 % des investissements et de 83 % du coût de fonctionnement

Ces calculs sont effectués sur la base des coûts relevés en France et concernent des stations d'épuration de type biologique à boues activées. La mise en place de stations de type lagunage naturel sera étudiée au § 2-4-3.

Une étude économique succincte concernant les économies afférentes à la diminution du nombre des passages sous la lagune reste à faire.

Le Schéma Directeur Originel paraît plus fiable et plus économique que celui résultant des modifications proposées.

Les modifications proposées entraînent, pendant une période indéterminée, où la priorité est donnée à l'assainissement des quartiers, la poursuite du rejet en lagune de l'ensemble des effluents collectés à Abidjan, sans traitement secondaire. La poursuite de cet état de fait ne peut pas être raisonnablement envisageable si on considère l'évolution de la qualité de la lagune.

Elle conduirait, dès 1985, à rendre le chenal central est, entre le continent et l'île de Petit Bassam, dans un état équivalent à celui de la baie de Biétri aujourd'hui. L'état du chenal central ouest, entre le continent et l'île Boulay évoluerait plus lentement. Il atteindrait celui observé aujourd'hui entre les deux ponts en 1990.

Le traitement secondaire des effluents provenant des zones périphériques ouest (Banco, Niangon..) conduit à une qualité satisfaisante des eaux du chenal central ouest en 1990.

Le traitement secondaire des effluents des zones périphériques est (Riviera, Djibi, Bingerville), n'est pas suffisant pour maintenir le chenal central est à un niveau de salubrité acceptable.. Il faut pour cela que les effluents en provenance de la zone centrale (Cocody, Plateau, Adjamé, Abobo) soient, soit soumis à un traitement secondaire, soit transportés ailleurs.

Le rejet des effluents collectés par les égouts des zones centrales (Abobo, Adjamé, Plateau, île de Petit Bassam, Port Bouet, Vridi) en mer, en plus du traitement secondaire des zones périphériques est et ouest, permet d'améliorer très sensiblement la situation en baie de Biétri, et de maintenir les chenaux centraux est et ouest dans leur état de 1980 jusqu'en 1990. Au delà, la situation de ces chenaux centraux se détériore. Cette solution onéreuse ne permet donc que de repousser d'une dizaine d'année les problèmes d'assainissement des chenaux lagunaires est et ouest. Par contre, la situation en baie de Biétri est durablement améliorée.

Les responsables de la sauvegarde du milieu lagunaire, doivent prendre en compte les caractéristiques propres de l'évolution de tout écosystème : d'une part, variations discontinues et imprévisibles liées aux oscillations climatiques, d'autre part, évolution brutale passé un certain seuil.

En fait, les modifications du Schéma Directeur d'Assainissement, proposées par le Ministère des Travaux Publics doivent être considérées avec beaucoup de précautions étant donné :

- le danger écologique que présente la première phase provisoire,
- le coût de l'inefficacité à terme, des réalisations nouvelles proposées.

2 - 3 Problèmes non pris en compte par le Schéma d'assainissement et les modifications proposées.

2 - 3 - 1 Assainissement et drainage des zones à "habitat spontané" ou difficilement viabilisables.

L'essor économique qu'a connu Abidjan ces dernières années s'est accompagné (cf. 1-1-1) d'un accroissement démographique important, puisque le taux correspondant peut être évalué à 10 % par an pour la période 1980 - 1990.

Les migrations vers Abidjan, d'ivoiriens d'origine rurale ou d'étrangers, ont entraîné la création, non planifiée, de zones dites à habitat spontané ou ces personnes, et leur famille, ont été contraints de s'installer dans des conditions plus que précaires.

Ce fait est facilement explicable compte tenu des très faibles revenus de ces personnes et du manque de structures d'accueil à caractère social et à loyer modéré.

En ce qui concerne le drainage et l'assainissement, ces zones posent de nombreux problèmes dont la résolution doit être planifiée à court terme.

L'objet de ce rapport est de suggérer des solutions alternatives à la mise en place d'un réseau classique de collecte des eaux usées.

2 - 3 - 1 - 1 Les problèmes de mise en place d'un réseau classique d'assainissement.

Ces problèmes ont plusieurs origines :

2 - 3 - 1 - 1 - 1 L'assainissement des zones à "habitat-spontané" et leur viabilisation en général, sont-ils nécessaires, voire profitables, à la collectivité ?

La décision d'équiper de telles zones doit tenir compte de facteurs psychologiques et sociologiques qui peuvent remettre en cause tout projet d'équipement, aussi bien conçu qu'il soit.

Les habitants de telles zones ont toujours de très faibles revenus, des situations professionnelles souvent instables, frauduleuses ou inexistantes, des familles nombreuses; et il est important de le noter, une "certaine habitude" de la vie dans des conditions d'hygiène défavorables.

La viabilisation de ces zones pourrait avoir un effet indirect néfaste qui peut, a priori, échapper aux techniciens projeteurs.

Certaines personnes, habitant dans ces zones et constatant la viabilisation et donc la valorisation de leur concession, pourraient être tentées de la revendre, à des acheteurs potentiels appartenant à une classe sociale plus élevée.

Compte tenu du revenu moyen des familles habitant actuellement ces zones, cette opération simple présenterait un bénéfice financier particulièrement intéressant, voire inespéré.

En replaçant ces problèmes ponctuels dans une vision plus globale de l'assainissement d'Abidjan, on constate que la viabilisation de telles zones insalubres aurait pour effet le report des problèmes vers d'autres zones périphériques, non ou peu urbanisées, où les " vendeurs " seraient contraints de s'implanter après le succès de l'opération immobilière.

2 - 3 - 1 - 1 - 2 L'assainissement de ces zones, s'il est décidé en tout ou partie, doit s'intégrer dans un programme complet d'aménagement qui doit comprendre :

- la voirie urbaine,
- l'alimentation en eau potable,
- l'électrification,
- le ramassage des ordures ménagères,
- l'assainissement,
- le drainage.

La décision d'aménager ces zones doit donc être prise en commun par les différents partenaires administratifs, techniques et financiers responsables des opérations citées ci-dessus (2-5-2).

2 - 3 - 1 - 1 - 3 Les essais d'assainissement par réseau à ciel ouvert (Koumassi).

Certains quartiers du secteur de Koumassi, dans l'île de Petit Bassam, ont fait l'objet d'une expérience d'assainissement par l'intermédiaire d'un réseau de collecte à ciel ouvert

Les principales artères du quartier ont été équipées d'un caniveau, large de 80 cm et profond de 50 cm, qui était sensé collecter les eaux ménagères et vannes en provenance des habitations riveraines.

La topographie de ce quartier est très irrégulière et présente une succession de pentes négatives et positives, de faibles valeurs, avec une hauteur moyenne de 2 mètres par rapport à la lagune.

Il ne s'agit pas de zones à habitat spontané mais de zones plus ou moins structurées, où des voies de communication existent, et où les maisons sont construites en dur.

Les rues ne sont pas intégralement revêtues d'asphalte, ce qui entraîne durant la saison sèche une dispersion importante de poussières suite au passage de véhicules, et en saison humide le drainage de matières en suspension : sable et limon. Ces causes ont pour effet, dans les deux cas, le colmatage intégral des fossés de réception des eaux usées.

De plus, le ramassage des ordures ménagères, étant mal organisé et très épisodique, entraîne le colmatage des fossés par des déchets de volume important : matelas, pneumatiques etc...

En fait, ces réseaux ne fonctionnent pas normalement et ont pour effet de produire une accumulation des eaux usées et des matières fécales devant les habitations.

Il n'est pas rare de voir des enfants, toujours attirés par l'eau, patauger dans ces mares glauques où se produit une fermentation des germes entériques pathogènes et il n'est pas étonnant d'apprendre de sources compétentes, que 90 % des enfants vivant dans ces zones seraient atteints de paludisme et autres maladies d'origine hydrique.

La mise en place de tels réseaux a été décidée sur des bases économiques qui ont d'ailleurs été sérieusement remises en cause ultérieurement par un rapport du B.C.E.T. s'intitulant : comparaison entre les réseaux de drainage enterrés et à ciel ouvert - 02/3/81.

Une telle opération, aux conséquences économiques mais surtout sanitaires désastreuses, aura eu le mérite de mettre au rebus ce type d'assainissement dans des zones présentant des caractéristiques semblables à celles de ce quartier de Koumassi.

2 - 3 - 1 - 2 Les limites de l'assainissement collectif et des systèmes individuels dans des zones à habitat spontané

L'assainissement collectif coûtant très cher, si on ramène les investissements à l'équivalent habitant desservi, il est logique de penser que, mis à part une décision des plus hauts responsables, la viabilisation complète de ces zones ne peut être envisagée à court et même à moyen terme.

Sans excès de sentiment humanitaire, il est également inconcevable de laisser ces zones dans l'état d'insalubrité qui existe actuellement.

.../...

Compte tenu des possibilités financières et de la densité moyenne des habitants, la mise en place de systèmes individuels d'assainissement, du type : wc à chasse d'eau - fosse septique autonome avec rejet par drainage sous terrain, ne semble pas envisageable.

Il serait possible de résoudre certains problèmes d'hygiène posés dans ce type de zone, en étudiant la possibilité d'installer des bâtiments collectifs, aménagés et entretenus, faisant office de latrines publiques, ou encore des latrines familiales basés sur d'autres principes que ceux de la chasse d'eau (cf. ch.2-2-4).

2 - 3 - 2 Priorités de l'assainissement et du drainage des bassins versants des zones de captage de la nappe phréatique pour l'alimentation en eau potable d'Abdijan.

La salubrité des eaux destinées à la consommation humaine est basée sur cinq principes :

.../...

- prévention, lutte et contrôle des pollutions de la nappe phréatique où s'effectuent les captages,
- traitement des eaux captées en vue de les rendre conformes aux normes de salubrité,
 - contrôle de la qualité des eaux distribuées,
 - salubrité des réseaux de distribution,
 - salubrité des méthodes de transport et de consommation de l'eau après soutirage.

L'assainissement intervient dans cette chaîne au niveau du premier principe. Il s'agit de protéger les captages en évitant que les polluants ne puissent traverser les couches superficielles du sol et atteindre ainsi la nappe phréatique.

La protection des captages ne doit pas bénéficier de techniques particulières d'assainissement individuel, semi-collectif ou collectif mais nécessite la définition de priorités au sein de Plans d'Aménagement de Quartier, non seulement pour la mise en place de réseaux de collecte des effluents mais encore pour le choix de sites d'implantation d'industries ou de groupes d'habitations.

Le but de ce rapport n'est pas de définir ou de faciliter la définition de ces priorités, mais de rappeler aux Pouvoirs Publics leur existence et leur importance.

2 - 3 - 3 Gestion des ouvrages d'assainissement

La planification de la lutte contre les pollutions ne doit pas se borner à envisager uniquement le coût de l'investissement. Une fois les ouvrages, réseaux et stations, en place, il faut les faire fonctionner avec le maximum d'efficacité. Or, ce fonctionnement coûte relativement cher pour les réseaux et souvent très cher pour les stations d'épuration.

Les communes, par manque d'information, ne se rendent pas souvent compte des dépenses annuelles d'exploitation qui ont pour effet de provoquer la diminution des investissements prévus pour la mise en place de nouvelles tranches.

Il convient dans le cas d'Abdijan de considérer les dépenses d'exploitation des réseaux, en effectuant la distinction entre les réseaux pluviaux et collecteurs d'eaux usées, et de la ou des stations d'épuration projetées.

.../...

Les taux moyens relevés en France proviennent d'enquêtes peu précises et sont donc à considérer avec prudence.

L'exploitation des réseaux de transport d'eaux usées représente de 1 à 2 %, par an, du coût d'investissement de ces ouvrages.

L'exploitation des réseaux pluviaux serait très légèrement supérieure en raison du curage des déchets volumineux recueillis dans les tamis.

Le coût d'exploitation d'une station d'épuration de type biologique avec deshydratation mécanique des boues représente 10 % en moyenne et par an du coût d'investissement de cette même station.

Pour ce qui concerne les stations d'épuration de type décantation simple sans floculation, le coût de fonctionnement peut être ramené à 5 % par an du coût d'investissement de la station.

Pour les réseaux, ces coûts comprennent :

- le curage des tronçons à faible pente,
- la maintenance des postes de refoulement,
- le nettoyage des tamis d'entrée,
- les réparations afférentes aux petits accidents pouvant survenir à la suite d'un affaissement des terrains.

Ils ne comprennent pas le changement intégral de certains tronçons. On estime, dans des conditions de pose bien surveillée et sous climat tempéré, à 40 années la durée moyenne de vie d'un réseau d'assainissement d'eaux usées domestiques qui ne présentent pas de corrosion particulière.

En ce qui concerne les stations d'épuration, les coûts d'exploitation comprennent :

a) les coûts d'exploitation courante :

- la main d'oeuvre et la surveillance de la station,
- l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de l'équipement électro-mécanique (turbines, pompes, etc...)
- les matériaux d'entretien courant,
- les réactifs éventuels (floculants)
- l'entretien courant de l'équipement électro-mécanique pouvant inclure, suivant les termes du contrat, la fourniture de pièces de rechange.

.../...

Ne sont pas comprises les prestations suivantes :

- le contrôle de la bonne marche de la station pendant la période de mise en service qui doit faire l'objet avec le fournisseur d'un contrat spécifique de service après-vente.

- le coût du transport et du traitement éventuel des boues sèches qui est fonction de l'emplacement de la station par rapport à la décharge.

- le coût d'un contrat de traitement des boues dans une autre installation.

- les travaux de génie civil et d'équipement visant à améliorer le fonctionnement de la station en cours d'utilisation.

b) le renouvellement du matériel électromécanique :

Pour une station classique, la durée de vie du génie civil est estimée entre 20 et 30 ans, celle de l'équipement de 5 à 10 ans.

Le renouvellement de l'équipement électromécanique devient nécessaire au moment où les réparations courantes des divers éléments ne sont plus économiquement rentables.

Le coût du renouvellement d'un tel équipement varie entre 3 et 4 % du montant total de l'investissement de la station complète.

c) les charges financières afférentes aux remboursements des emprunts contractés pour la construction de la station.

Comme on peut le constater, les coûts afférents à l'entretien et à l'exploitation d'un système d'assainissement peuvent, dans le cas d'une ville importante, comme Abidjan, représenter une charge très lourde pour la collectivité.

Dans le cas d'Abidjan, il a été précisé que jusqu'en 1981, et sans doute pour quelques années encore, c'est la Société d'Équipement des Terrains Urbains (S.E.T.U.) qui a la responsabilité de l'exploitation des réseaux et des postes de relèvement actuellement en service (ch. 1 - 4 - 1).

Les crédits consacrés à l'exploitation proviennent du F.N.A. (Ch. 1 - 1 - 2) et sont affectés à l'ensemble des réseaux étant donné que les communes ne disposent pas d'un budget propre en matière de fonctionnement.

Il serait envisageable d'étudier un transfert de responsabilité des charges d'entretien des réseaux secondaires vers les collectivités locales, en l'occurrence les mairies d'Abidjan, en instituant une coordination des actions par la mairie centrale.

.../...

En effet, il est fondamental, pour la gestion correcte d'un système d'assainissement, que les utilisateurs prennent pleinement conscience de l'intérêt qu'ils ont dans la garantie d'un fonctionnement correct et sans faille d'un tel système.

Il est certain que la gestion des organes centraux : collecteurs de base, stations de relèvement et stations d'épuration, ne peut être effectuée que par un organisme unique et techniquement compétent, ayant une vision générale du fonctionnement du système.

En l'occurrence, les propositions suivantes peuvent être faites en matière de gestion du système d'assainissement d'Abidjan.

2 - 3 - 3 - 1 Gestion des stations d'épuration, collecteurs de base et postes de relèvement principaux :

- gestion effectuée par un Service Technique Centralisateur, voire déléguée, par convention, à un prestataire de service compétent.

- institution d'un comité de gestion placé au sein du Comité Directeur du Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme d'Abidjan.

L'organisme gestionnaire aurait, entre autre, pour devoir de présenter chaque année un rapport d'activité contenant un compte d'exploitation, accompagné d'un projet de budget pour l'année suivante, qui sera soumis au Comité de gestion pour approbation.

Cette procédure administrative et financière devrait rester légère mais permettre aux Ministères intéressés ainsi qu'aux Collectivités locales d'avoir une vision d'ensemble sur la gestion du système d'assainissement de la ville.

- le budget relatif au fonctionnement du système devrait être individualisé de celui concernant l'investissement, même si c'est le même organisme qui les gère et les met en oeuvre.

2 - 3 - 3 - 2 Gestion des réseaux de quartier

La gestion des réseaux de quartier doit s'intégrer dans les Schémas d'aménagement de quartier, et reposer en majeure partie sur les Collectivités Locales.

Il semble que les problèmes ponctuels posés par l'assainissement des quartiers doivent être résolus en conseillant et dialoguant avec les populations et que les élus soient le mieux placés pour le faire.

.../...

Evidemment, cette politique suppose que les Collectivités Locales se dotent, ou soient dotées, de moyens suffisants pour son application. Il est également nécessaire qu'elles disposent d'un budget de fonctionnement adapté et d'un personnel technique compétent.

Il convient, en fait, d'attendre la mise en place des réformes concernant le rôle et les responsabilités des Collectivités Locales en matière d'Aménagement, d'Urbanisme et d'Assainissement.

En conclusion, les problèmes liés à la gestion des équipements, tendront, au fur et à mesure, à se substituer aux problèmes liés aux investissements et leur importance, à court terme, nécessite déjà de la part de tous : pouvoirs publics, collectivités locales et habitants, une prise de conscience et une préparation à ces réalités.

Conclusion du § 2-3

Les problèmes relatifs à l'assainissement et au drainage des quartiers populaires ou dits "à habitat spontané", n'ont pas été suffisamment pris en compte au sein du Schéma Directeur Originel et des modifications proposées.

L'augmentation prévisible du nombre d'habitants concerné et de l'emprise de ces zones doit impliquer la mise en place de plans de quartiers, destinés à les viabiliser de façon concertée et optimisée.

Les problèmes d'hygiène et d'assainissement y sont spécifiques et ne doivent pas être abordés dans le cadre d'un système collectif généralisé et obligatoire, mais bénéficier de solutions appropriées. Des expériences négatives l'ont démontré.

Les problèmes liés à la salubrité des zones de captage d'eaux destinées à la consommation humaine, doivent également faire l'objet de programmes spécifiques, comportant des zones de protection renforcée.

Le gestion des ouvrages d'assainissement, mis en place ou à venir, doit faire l'objet d'une réflexion importante et approfondie. Il s'agit d'un critère fondamental de la sauvegarde de l'hygiène publique et de la qualité des milieux récepteurs.

2 - 4 Propositions techniques

Le Schéma directeur d'assainissement d'Abidjan ainsi que les modifications proposées par les responsables locaux afin de rentabiliser les ouvrages mis en place, ne présentent pas, toutes les garanties quant à la qualité des milieux récepteurs des effluents traités, ou non, par une ou plusieurs stations d'épuration.

Il convient donc de proposer un certain nombre d'alternatives techniques possibles quant au lieu de rejet, à la méthode de traitement des effluents et à l'assainissement de certains quartiers qui présentent des spécificités aussi bien sociologiques que géographiques.

Les propositions qui constituent le corps du présent chapitre ne doivent pas être considérées de façon isolée.

Il s'agit d'une présentation, la plus objective possible, d'opérations qui peuvent être, si elles sont retenues, mises en place simultanément ou suivant un déroulement logique dans le temps.

Il est bien évident que certaines conditions financières ont influé sur les propositions qui suivent, et qu'à ce titre, des priorités seront à retenir par les autorités locales car ce rapport ne tient volontairement pas compte de critères provenant de choix politiques.

2 - 4 - 1 Rejet en Baie de Biétri

2 - 4 - 1 - 1 Evaluation technique

A priori, le rejet en baie de Biétri de tout ou partie des effluents provenant de la zone d'Abidjan peut paraître écologiquement dangereux (cf. 2-4-2-2).

Techniquement, ce mode de rejet, qui ne peut être envisagé que temporairement, ne nécessite pas la mise en oeuvre de nombreuses installations.

En effet, la traversée de la lagune sous le pont de Gaulle suffit pour raccorder toutes les zones centrales desservies à la Baie de Biétri où se rejettent actuellement les effluents provenant de Treichville et de l'ouest de l'île de Petit Bassam (cf. figure 15).

Ce lieu de rejet aurait l'avantage de différer, pendant un laps de temps à déterminer, l'assainissement des habitations et surtout des industries riveraines de cette lagune. Le report de ces crédits vers l'assainissement des quartiers pourrait ainsi être effectué.

.../...

Un autre avantage provient du fait qu'aucune modification du Schéma Directeur originel ou modifié n'est alors nécessaire. Il s'agit uniquement d'un report des rejets non traités du pont De Gaulle au nord de la baie de Biétri. Cette proposition est donc techniquement valable.

2 - 4 - 1 - 2 Impact sur le milieu lagunaire

Nous supposons toujours que les effluents sont au minimum soumis à un traitement primaire simple : dégrillage, deshuilage et décantation sommaire. La totalité des effluents collectés par égout dans les zones A, B et C aboutit en baie de Biétri d'ici 1985.

2 - 4 - 1 - 2 - 1 Le chenal central est

Le chenal central est, entre le continent et l'île de Petit Bassam, continue à collecter les égouts des zones F et G (Bingerville), ainsi que la pollution diffuse des populations non raccordées des zones A, B et C (en partie). La charge organique collectée par le chenal central - reste, en 1985, à son niveau de 1980 (avant la réalisation de la section du collecteur de base central, entre le pont de Gaulle et Biétri). Cette charge organique double ensuite d'ici 1990. La maintenir à son niveau de 1980, nécessite un traitement secondaire des eaux d'égouts des zones F et G (Bingerville) : cf tab. XIX.

Tab. XIX Evolution de la charge organique en baie de Biétri et dans le chenal central est en cas de jonction du collecteur de base central du pont de Gaulle à la baie de Biétri.

Année	1980		1985		1990	
	Biétri	lag. Est	Biétri	lag. Est	Biétri	lag. Est
charge organique polluante en t DB05/j.	17,0	16	35,5	15,5	48,1	29,7 15,3 (2)
flux diluant en conditions défavorables en 10 ⁶ m ³ /j.	2,2	4,2	2,2	4,2	2,2	4,2
DB05 résultante mg/l (1)	8,5	4,6	16,9	4,5	22,7	7,9 4,4 (2)

(1) y compris la DB05 des eaux naturelles

(2) si traitement secondaire des eaux d'égouts des zones F et G (Bingerville)

2 - 4 - 1 - 2 - 2 La Baie de Biétri

En 1985, la DB05 des eaux de la Baie est 1,6 fois plus importante que dans le cas de la solution du chapitre 2-2 (rejet dans la Baie des effluents de l'île de Petit Bassam seuls). Si le collecteur en mer n'est pas construit d'ici là, la DB05 sera en 1990 à un niveau 2,6 fois plus élevé qu'en 1980 (tab. XIX).

Dans cette hypothèse, la baie de Biétri déjà bien dégradée (Réf. 12, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 38 ; fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13 et tab. XIX), sera sacrifiée pour sauver la lagune à l'est d'Abidjan.

Il est bien difficile de prévoir l'évolution de la baie. Si la matière organique est répartie de façon homogène sur toute la surface de la baie, la DB05, en condition de faible circulation des eaux, atteindra 17 mg/l en 1985 et 23 mg/l en 1990. Des DBO supérieures à 20 mg/l ont été observées 10 % du temps en 1977 à l'extrémité ouest de la baie. La DBO maximale y fut effectivement de 32 mg/l. Nous n'y avons pas noté alors de sous saturation en oxygène importante des eaux en surface, pas de mortalités massives de poissons, ni d'odeurs insupportables. Mais la couche du fond était désoxygénée en permanence et les concentrations en bactéries fécales rendaient les eaux impropres à toute utilisation (cf. fig. 13).

Dans l'hypothèse considérée, l'ensemble de la baie de Biétri serait transformée en bassin (ou lagune) d'épuration mixte, c'est à dire à couche anaérobie au fond, aérobie la plupart du temps en surface.

Les bassins de lagunage mixte spécialement conçus peuvent admettre 400kg de DB05/j. et par hectare, soit, si la charge y est répartie de façon homogène, 220 tonnes de DB05/j. sur les 5,5 km² de la baie de Biétri. La plus grande installation de lagunage mixte au monde, en Nouvelle Zélande, admet les effluents de 1,5 million d'équivalents habitants sur 5,3 km², c'est à dire sensiblement plus que la baie de Biétri même en 1990, si la solution examinée ici est adoptée.

Qu'on ne s'y trompé cependant pas, de telles valeurs ne peuvent être atteintes en baie de Biétri, milieu naturel qui présente deux caractéristiques incompatibles avec un lagunage mixte performant :

1°/ Les bassins de lagunage mixtes ne dépassent pas en général 2,5 m. La profondeur de la baie de Biétri est nettement supérieure, elle dépasse 8 m. en plusieurs points.

La couche anaérobie permanente sera donc sensiblement plus épaisse que dans un bassin artificiel spécialement conçu pour le lagunage mixte. Cette couche stockera une quantité

importante de produits réducteurs, qui en cas de mélanges verticaux prévisibles (effet du vent, inter-saison crues - étiage) empoisonneront toute la colonne d'eau. D'après une formule empirique de Marais et Shaw (réf. 41), la charge organique admissible décroît avec la profondeur du bassin. Un bassin de 4 m. ne peut admettre que 65 % de la charge d'un bassin de 1 m sans risque d'anaérobiose

2°/ Les bassins de lagunage mixtes sont alimentés par des eaux non salées, pauvres en soufre. Au contraire, la baie de Biétri est alimentée naturellement par des eaux saumâtres, riches en soufre sous forme de sulfates. Ceux-ci seront réduits en hydrogène sulfuré dans la couche du fond anaérobie. Le produit soluble et hautement toxique risque de diffuser en surface à certaines époques de l'année.

Il s'en suivra la destruction de tous les organismes aérobies, y compris des végétaux source essentielle d'oxygénation. Outre la mortalité spectaculaire des poissons, il y aura dégagement d'hydrogène sulfuré (odeur d'oeuf pourri). Ces gaz seront alors poussés vers des quartiers habités par les vents dominants du S.W. De tels phénomènes se produisent régulièrement dans certaines lagunes saumâtres péri-méditerranéennes (réf. 42, 43). Ils sont réversibles.

Il résulte de ces deux caractéristiques que la baie de Biétri ne peut supporter des charges organiques aussi importantes que les installations de lagunage mixte fonctionnant dans le monde. Elle peut probablement sans passer en anaérobiose totale et permanente admettre des charges organiques supplémentaires. La limite admissible de ces charges ne peut guère être déterminée que par l'expérience ou par une étude hydrochimique et hydrobiologique spécifique et approfondie. Il faudra, en outre, si cette solution provisoire est adoptée, suivre la qualité bactériologique du milieu, et, probablement, y interdire toute activité nautique.

Références

- 41 - RINGUELET R., J. FRANCOU, M. GERVAIS et J. COUSSERANS, 1973
L'épuration des eaux usées sur les zones littorales méditerranéennes. Le lagunage. Techn. Sci. Munic. 5,(73) : 197-210.
- 42 - STIRN J. 1971. Ecological consequences of marine pollution. Rev. Intern. Oceanogr. Med. 24 : 13-46.
- 43 - AMANIEU M., B. BALEUX, GUERLORGETO et P. MICHEL, 1975
Etude biologique et hydrologique d'une crise dystrophique (malaigue) dans l'étang du Prevost à Palavas (Hérault)
Vie et milieu (série B), 25, 175-204.

Conclusions du § 2-4-1

Le rejet à court terme de la totalité des effluents des zones A, B et C en baie de Biétri (5,5 km²) permet de sauvegarder la lagune Ebrié Est (140 km²) sans problème technique et financier.

Par rapport à sa situation de 1980, la charge organique en baie de Biétri est multipliée par 1,6 d'ici 1985 et 2,6 d'ici 1990. La baie est transformée en bassin d'épuration mixte avec inconvénients que cela comporte pour ses usagers et riverains. La baignade, mais aussi probablement les activités nautiques et la pêche devront y être interdites. Compte tenu des particularités de cette baie, une étude spécifique et un suivi de la qualité des eaux peuvent seuls fixer la limite de ces rejets.

2 - 4 - 2 Rejet en mer sans traitement et sans émissaire sous-
marin.

2 - 4 - 2 - 1 Aspect technique

2 - 4 - 2 - 1 - 1 - Canalisations de base

Compte-tenu des réalisations opérées, et des prévisions confirmées en ce qui concerne les réseaux de collecte des effluents, le rejet en mer sans traitement préalable ne peut être effectué qu'au sud de l'emplacement prévu pour la station d'épuration de Port Bouet.

L'hypothèse de base de cette proposition est donc le raccordement du collecteur principal se déversant actuellement sous le pont de Gaulle sur le collecteur traversant l'île de Petit Bassam et la continuation de ce dernier jusqu'à l'extrême sud de l'île avec ensuite la traversée de la lagune de Biétri et du cordon littoral.

Cela revient à mettre en place approximativement :

- 6.000 mètres linéaires de collecteur de base
(Ø 1200 ou ovoïde)

dont 5.000 m.l. sur terre

et 1.000 m.l. sous la lagune.

Il faut noter, que dans tous les cas, cette portion de collecteur doit être réalisée quelle que soit la méthode de traitement et le système de rejet retenus.

Les longueurs indiquées ne sont relatives qu'au rejet en mer des zones centrales A, B, C et D. Sur la figure n° 16 apparaît le plan général des collecteurs de base à mettre en oeuvre dans le cas où toute la ville est raccordée sur le rejet de Port Bouet, la figure n° 17 est relative au raccordement des zones centrales uniquement.

Techniquement, les opérations à réaliser dans les deux cas ne présentent pas de difficultés majeures, mis à part les traversées de lagune qui nécessitent des technologies particulières dues au travail sous l'eau et à la nécessité de mettre en place des canalisations travaillant sous pression.

Il faut préciser qu'en Europe, de nombreuses entreprises spécialisées existent, et que les technologies nécessaires ont été mises au point et testées depuis de nombreuses années.

2 - 4 - 2 - 1 - 2 Prétraitements nécessaires

Il est difficilement concevable pour des raisons d'hygiène publique, de protection de l'environnement marin, mais aussi d'esthétique, de proposer un rejet en mer sans prévoir un certain nombre de pré-traitements en aval du collecteur.

AGGLOMERATION D'ABIDJAN Ech:1/125.000 ème

ASSAINISSEMENT : REJET EN MER SANS TRAITEMENT
BIOLOGIQUE DE LA TOTALITE DES EFFLUENTS

(= Schéma Directeur Originel ou
système I du § 2-2-1-2)



- Collecteurs nécessaires
- - - Collecteurs projetés
- Station de relèvement

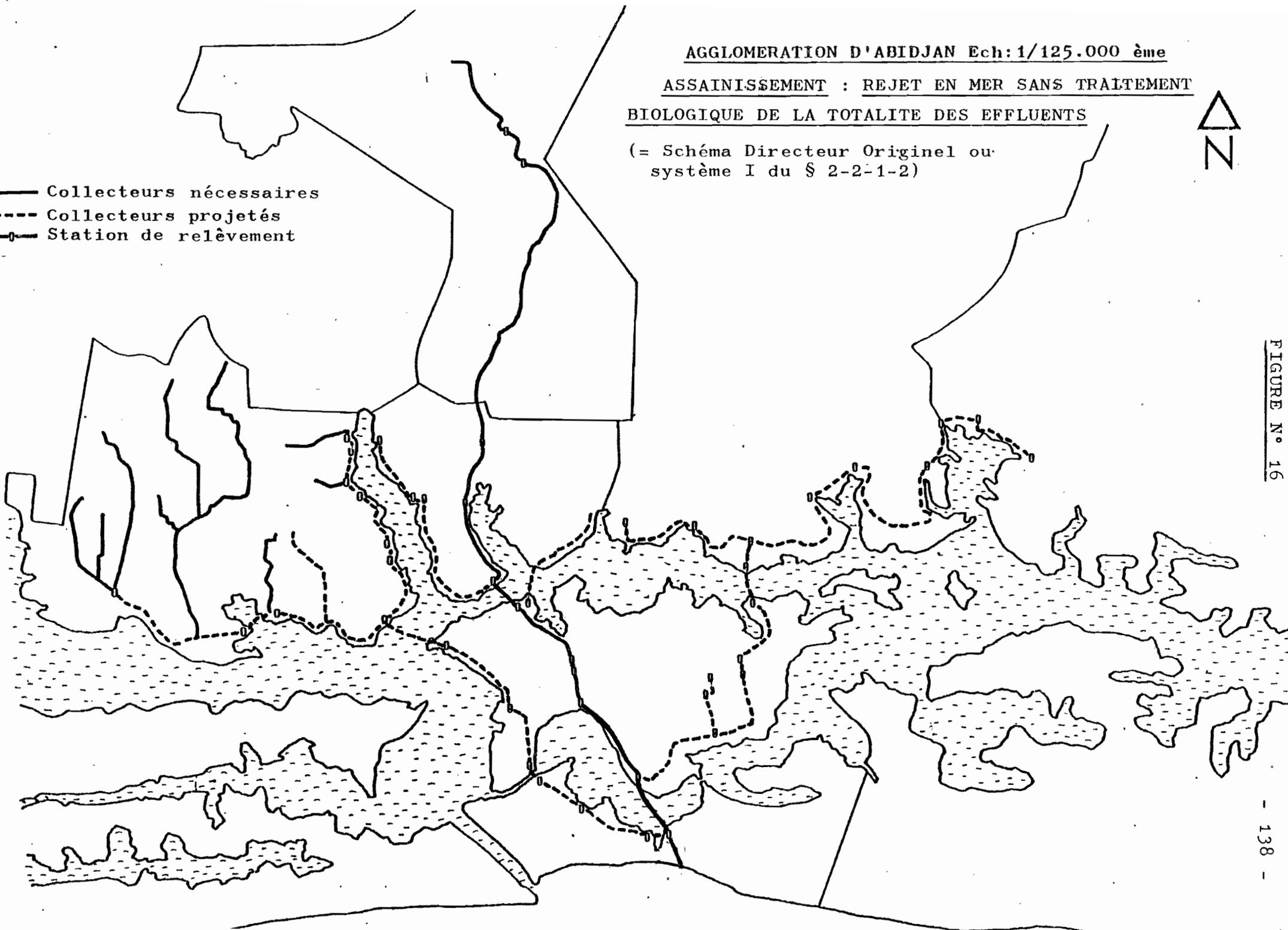


FIGURE N° 16

AGGLOMERATION D'ABIDJAN Ech:1/125.000 ème

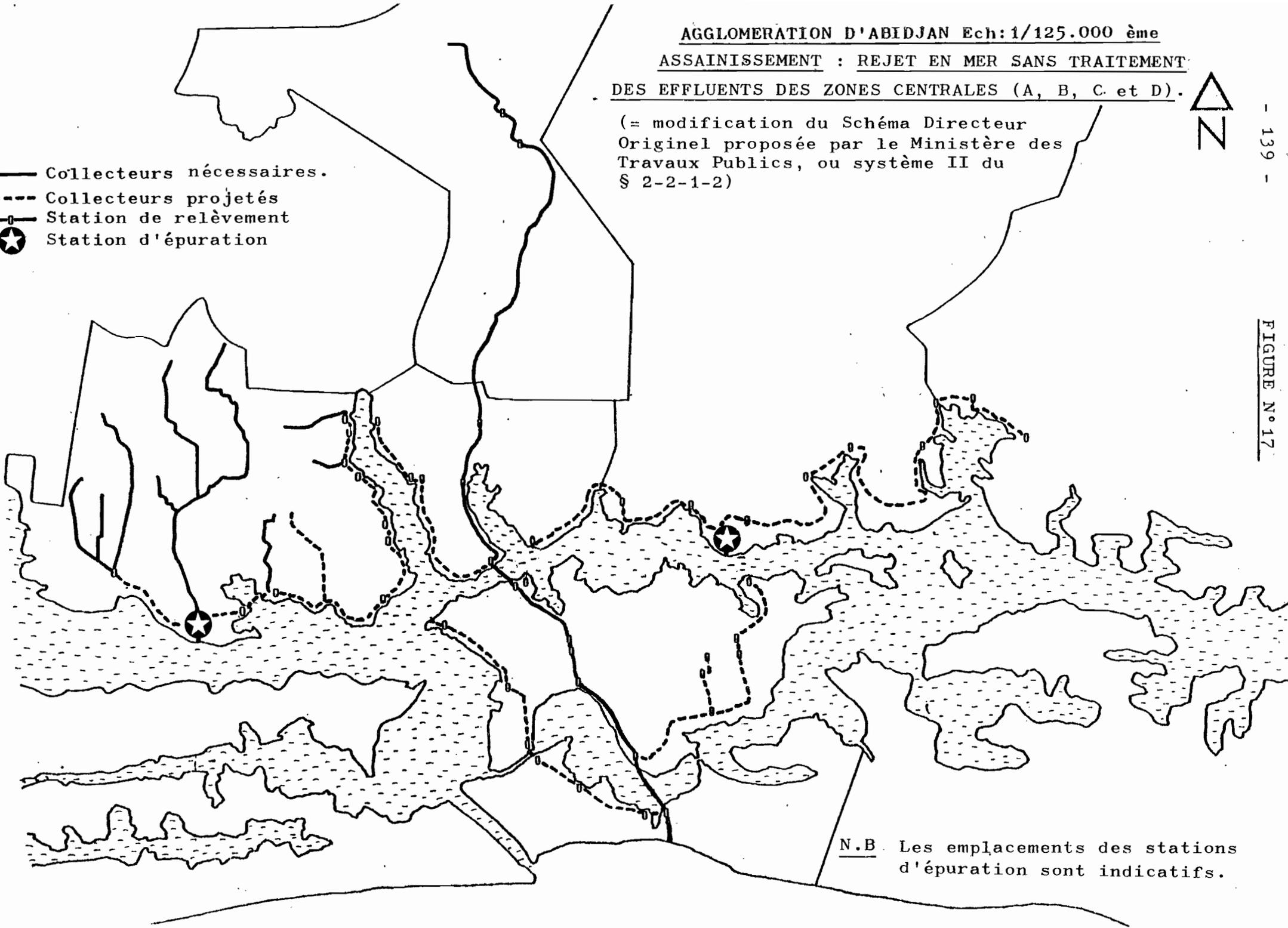
ASSAINISSEMENT : REJET EN MER SANS TRAITEMENT

DES EFFLUENTS DES ZONES CENTRALES (A, B, C et D).

(= modification du Schéma Directeur
Originel proposée par le Ministère des
Travaux Publics, ou système II du
§ 2-2-1-2)



- Collecteurs nécessaires.
- - - Collecteurs projetés
- ⊕ Station de relèvement
- ★ Station d'épuration



N.B. Les emplacements des stations
d'épuration sont indicatifs.

Les pré-traitements envisageables sont tous d'ordre mécanique et ne nécessitent aucune adjonction de produits chimiques ce qui en facilite la maintenance et en diminue le coût. Ils seraient d'ailleurs conservés dans l'optique de la construction d'une station d'épuration sur le site de Port Bouet.

Il s'agirait de prévoir obligatoirement :

- un dégrillage avec nettoyage automatique des grilles constitué par :
- un pré-dégrillage avec espacement de 50 mm
- un dégrillage moyen " de 20 mm

Ce dégrillage doit être automatique en raison de l'importance des flux transportés, les dispositifs de reprise et d'évacuation des déchets doivent être dimensionnés en fonction du tonnage de ceux-ci, en particulier, la capacité de stockage du réceptacle mobile de collecte doit être d'au moins 24 heures.

Le volume de matières dégrillées est de l'ordre de 5 à 10 dm³ par usager raccordé et par an.

Ces matières peuvent être envoyées en décharge, enterrées ou incinérées (température supérieure à 800° C. pour éviter le dégagement d'odeurs).

- un deshuilage - dégraissage.

Le deshuilage a pour but de séparer les huiles libres afin d'éviter qu'elles soient entraînées en mer. On favorise la flottation naturelle dans le canal d'amenée, une cloison siphonide fait barrage et une reprise en surface par déversoir fixe ou mobile (tube écumeur pivotant) permet l'évacuation des huiles.

En ce qui concerne le dégraissage, l'ouvrage comporte une zone d'aération où l'air est insufflé à la partie inférieure et une zone tranquilisée destinée à la sédimentation des graisses en surface.

Les boues décantables glissent sur une paroi inclinée et sont ramenées dans la zone d'aération. Le temps de séjour dans l'ouvrage est de l'ordre de 10 à 15 minutes avec un minimum de cinq minutes. L'évacuation des graisses peut être réalisée soit par déversement, soit mieux, par raclage mécanique de la surface. On retient ainsi 80 % des graisses figées.

Le dessablage, et le débouage ne sont pas à imposer tant que la station d'épuration n'est pas installée. En effet,

.../...

le sable et les boues sédimenteront au fond de la mer et leur impact sera ainsi nettement minimisé.

Par contre, il est fortement recommandé de mettre en place une installation de dilacération avant rejet en mer par émissaire ou non.

Ce traitement a pour but de " désintégrer " les matières solides charriées par l'eau, ce qui a pour effet d'éviter les " flottants " et de faciliter l'assimilation de la matière organique par les eaux marines. Si une dilacération est mise en place, le dégrillage moyen ne devient plus nécessaire. Il faut cependant noter que ce procédé est souvent difficile à maintenir en raison du danger de bouchage des tuyauteries et pompes provoqué par l'agglomération en masses de fibres textiles ou végétales associées à des graisses, mais qui peut être minimisé par un bon fonctionnement du dégraisseur.

Une dilacération garantira un minimum de linéaire de plages contaminées en raison du fait que les bactéries trouveront moins de supports solides pour proliférer ou se nourrir en mer. Ce principe est donc proposé en sachant :

- que sa maintenance est difficile,
- que son coût n'est pas négligeable (énergie pour les pompes dilacératrices),
- que son impact sera favorable pour le milieu marin, pour l'hygiène publique mais aussi pour l'esthétique de la plage concernée par le rejet.

Qu'il doit comprendre :

- un dégrillage grossier,
- un deshuilage dégraissage,
- une dilacération.

.../...

2 - 4 - 2 - 2 Aspect écologique

Les mêmes remarques que dans le cas du rejet en mer après traitement sont valables ici.

1/ L'état de la lagune s'améliore au fur et à mesure des branchements sur le collecteur central,

2/ Les rejets provoquent une désoxygénation, puis une eutrophisation minime et localisée dans la nappe de dilution.

3/ Les rejets de polluants toxiques et non biodégradables (métaux lourds par exemple) doivent être évités.

4/ Un dégrillage, deshuilage et une dilacération sont nécessaires.

Par contre, la pollution bactérienne des plages à proximité du rejet ne peut être évitée sans traitement secondaire ou bactéricide particulier. Cette pollution entrainera l'interdiction d'un certain linéaire du littoral à la baignade et à la pêche. Il nous revient la tâche extrêmement délicate d'évaluer ce linéaire sur la base des données fragmentaires dont nous disposons.

2 - 4 - 2 - 2 - 1 Les données

Volume de l'effluent

Selon que tout Abidjan ou seulement les zones centrales A, B, C et D seront raccordées sur le collecteur de base, celui-ci transportera, la totalité des raccordements effectuée, les volumes suivants en m³/s :

	zones centrales	tout Abidjan
1985	1,1	1,5
1990	1,2	2,3
Charge bactérienne de l'effluent brut	moyenne littérature	Tema (Ghana) réf.45
Coli. fécaux	10 ⁶ à 10 ⁸ / 100 ml	10 ⁷ / 100 ml.
Coli. totaux	10 ⁷ à 10 ⁹ / 100 ml	6.10 ⁷ / 100 ml.
bact. totales		1.4.10 ⁸ / 100 ml
Normes réglementaires eaux de baignade		
	conseillée	impérative
Coli. totaux	500/100 ml	10 ⁴ / 100 ml
Coli. fécaux	100/100 ml	2.10 ³ / 100 ml

.../...

- Courants sur le littoral ivoirien (fond de 30 m.) (réf 44)

moyenne 0,25 m/s parallèle à la côte
portant à l'ouest 15 % du temps maximum 0,6 m/s
portant à l'est 85 % du temps maximum 0,8 m/s

- Mortalité des bactéries telluriques en mer (T 90) (réf.45)

à Abidjan 60 et 125 mn à Tema (Ghana) 80 mn.

2 - 4 - 2 - 2 - 2 Evaluation de la longueur de littoral contaminé.

La décroissance du nombre de bactéries avec la distance à l'émissaire est le fait de la dilution de l'effluent (processus physique) et de la mortalité des bactéries fécales en mer (processus biologique). Rappelons ici que la mer est un milieu hostile à ce type de bactéries par son faible taux de matière organique, par sa salinité, par sa température basse par rapport à celle du corps humain et par l'action du rayonnement solaire.

De nombreuses théories semi empiriques ont été établies pour évaluer la diminution des bactéries par les processus physiques. Elles ne sont adaptables, au cas ici étudié, qu'au prix d'hypothèses difficilement contrôlables. C'est pourquoi nous préférons faire référence à des données expérimentales collectées sur des cas concrets, faisant état de la décroissance des concentrations bactériennes sous l'action conjuguée des processus physiques et biologiques.

Pour la concentration en coliformes fécaux des eaux d'égoût, nous adopterons par prudence la limite supérieure de $10^8/100$ ml. Les normes exigent une concentration inférieure à $2 \cdot 10^3 / 100$ ml. Il en résulte un abattement recommandé, entre l'égoût et les points de baignade, que nous fixerons prudemment à 10^5 .

Plusieurs expériences de décroissance des concentrations bactériennes ont été menées au large d'Abidjan en régime transitoire de rejet ($5m^3$ d'eau d'égoût lâchés en 1 fois). L'abattement de 10^5 n'était pas obtenu au bout de 2 heures, durée possible des suivis. L'extrapolation des courbes de décroissance au delà

.../...

(44) LEMASSON L. et J.P. REBERT, 1973 - Les courants marins dans le golfe ivoirien. Cah. O.R.S.T.O.M., Ser. Océanogr., 11 (1) : 67-96.

(45) réf. 41
et ANNAN C.K et A.M. WRIGHT, 1976 - Urban waste disposal in Ghana. Paper prepared for the Regional Expert Committee on Wastes Disposal, Brazzaville, 25 - 29 Oct. 1976.

de l'expérimentation nous indique que l'abattement optimum aurait pu être atteint au bout de 3 heures et 5 heures 30 (réf. 46. et 47). Pour des expériences du même type, l'abattement de 10^5 fut obtenu au bout de 3 heures en mer Méditerranée (réf.48) et de 4 heures 30 en mer Baltique (réf.49).

La vitesse de décroissance est plus faible évidemment en cas de régime permanent (cas concret de l'égoût). Dans cette situation, elle diminue tandis que le débit de l'égoût augmente. Selon AUBERT (réf. 48), dans les conditions méditerranéennes, et lorsque l'effluent est lâché à 10 mètres de profondeur, l'abattement de 10^5 est obtenu au bout de 4 heures 30 lorsque le débit est de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et de 6 heures 30 lorsqu'il est de $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Notons que le rejet à 10 mètres de la surface entraîne une dilution immédiate dans le cône de remontée des eaux usées d'un facteur 10. Si l'effluent d'Abidjan est rejeté à la côte en surface, il ne bénéficiera pas de ce facteur de dilution et selon les abaques fournis par AUBERT (ibid.), le taux d'abattement de 10^5 ne sera obtenu qu'au bout de 5 heures 30 pour un débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et de 8 heures pour un débit de $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Notons que dans le cas d'Abidjan, les conditions seront sensiblement différentes. Le rejet ayant lieu à la côte, la diffusion sera contrariée dans 2 dimensions : vers le nord par le littoral et vers le bas par le sédiment. On peut aussi se demander si la barre ne constituera pas un obstacle à la diffusion vers le large, où au contraire si l'agitation créée et les courants circulaires à la côte ne la favoriseront pas. Faute de données adaptées à ce cas particulier, nous raisonnerons afin de fixer des ordres de grandeur sur les modèles de M. AUBERT établis pour les rejets au large.

Le courant moyen sur les fonds de 30 m. (c'est à dire à quelques centaines de mètres de la côte) est de 25 cm/s , parallèle au littoral vers l'est et plus rarement vers l'ouest. Le courant peut atteindre, voire dépasser 1 m/s . Il est bien entendu plus faible à la côte, mais nous ne disposons pas de mesures à cet endroit.

.../...

- 46 ANONYME, 1977 - Convention C.R O - S E T U - Campagnes de mesures en mer - Rapport n° 3 - Centre Rech. Océanog. Abidjan N.D.R.
- 47 ANONYME, 1978 - Convention C R O - S E T U - Campagnes de mesures en mer - Rapport n° 4 - Centre Rech. Océanog. Abidjan - N.D.R.
- 48 AUBERT M. et J. AUBERT, 1973 - Pollutions marines et aménagement des rivages. Rev. Int. Océanogr. Méd. Sep. 1973 : 309 p.
- 49 BONDE C.J. 1967 - Study on the dispersion and disappearance phenomena of enteric bacteria in the marine environment. Rev. Int. Oceanogr. Med. 9 : 17-44

Dans le cas d'un débit de l'égoût de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, un courant de 25 cm/s risquera de provoquer une contamination bactérienne interdisant la baignade jusqu'à 5 kms du point d'émission. Dans le cas d'un débit de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ (égoûts d'Abidjan entièrement rejetés ainsi en 1990), cette distance risquerait d'être portée à 7 kilomètres .

Des études, faites ailleurs, confirment ces ordres de grandeur.

Une étude a prévu la contamination bactérienne en baie de Gorée (Sénégal) pour un émissaire débitant $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et posé sur 20 m . de fond. Pour une mortalité bactérienne en mer semblable à celle observée à Abidjan, le taux d'abattement de 10^5 est obtenu après un déplacement moyen de 2 kms dans le sens du courant (réf. 50). Par contre à Cotonou (Bénin) dans des conditions courantométriques très proches de celles d'Abidjan, l'abattement de 10^5 ne semble pas atteint après 6 kms de parcours d'une nappe polluée ayant pour origine un émissaire débitant $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ et posé sur le fond à 1.500 m . de la côte (réf. 50). A Marseille, le rejet de Cortiou évacue les eaux de $1,6$ million d'équivalents habitants directement à la côte. Les normes impératives de baignade sont atteintes après une dérive de 4 à 5 kms dans l'axe du courant. Cependant des lentilles d'eau polluées se diluent moins bien et on y retrouve plus de $500.000 \text{ coli. fécaux}/100 \text{ ml}$ à 9 kms du point de rejet (réf. 51). Le dernier exemple illustre la difficulté de modélisation de la contamination bactérienne consécutive à des rejets en mer.

Nous ne pouvons donc prévoir le linéaire de plages polluées si cette solution est adoptée. Il est quasiment certain que 2 à 3 kms de plages de part et d'autre du rejet devront être interdits à la baignade. En outre, la qualité bactériologique des eaux devra être impérativement suivie entre le canal de Vridi à l'ouest et Gonzagueville à l'Est. Un tel suivi devra être prévu dans le cadre du Réseau National d'Observation de la qualité des Eaux marines et lagunaires actuellement en cours d'étude.

.../...

- 50 HELMER R., 1978 - Review of the liquid waste disposal situation along the gulf of Guinea and adjacent areas. N D R. O M S Genève.
- 51 ARFI R., 1978.- Plancton et pollution : effets d'un rejet urbain (grand émissaire de Marseille. Thèse 3è cycle - Université Aix Marseille, 119 p.

2 - 4 - 2 - 3 Nécessité d'un émissaire sous-marin
de rejet en mer

Le fait de contaminer un linéaire de plage relativement important (cf. § 2-4-2-2) , en rejetant en mer des effluents n'ayant subi, avant rejet, que des prétraitements, doit être considéré comme provisoire.

Une des solutions qui peut permettre de résoudre ce problème consiste en la mise en place, après les installations de prétraitement, d'un émissaire sous-marin. Il conduira les eaux usées prétraitées à plus d'un kilomètre du rivage et évitera ainsi la contamination des plages grâce à une dilution plus importante des eaux usées et un temps de retour des bactéries suffisamment long pour qu'elles meurent en grande partie avant de se retrouver sur le rivage.

Avant d'aborder les propositions concernant la nécessité de mettre en place un émissaire avant rejet en mer, il convient de rappeler dans quels cas un tel ouvrage doit être prévu.

Il doit être impossible de rejeter les effluents, sans danger pour l'homme et son environnement, ailleurs qu'en mer. C'est le cas d'Abidjan où, le rejet en lagune de gros volumes d'eaux usées est à éliminer en raison des critères d'écologie lagunaire et d'hygiène publique.

La protection de zones sensibles comme la baignade est impérative étant donné que le point de rejet ne peut être déplacé. C'est encore le cas d'Abidjan où les plages marines couvrent l'intégralité du cordon lagunaire.

Des méthodes de désinfection chimique ou physique ne peuvent être employées. C'est toujours le cas, étant donné l'importance du flux transporté, il est illusoire de mettre en place une désinfection de type classique en raison des temps de contact entre le produit désinfectant et l'effluent qui doit être traité, ce qui implique inévitablement la mise en place d'une station d'épuration.

Il apparaît ainsi que la mise en place d'un émissaire de rejet en mer (avant de construire la station d'épuration) est une solution intéressante à deux points de vue :

- Cela permettra de limiter le linéaire de plages polluées avant la mise en service de la station,

- cela permettra, une fois la station en service, et si le dimensionnement de l'émissaire est correctement fait, de garantir une eau de baignade salubre sur la totalité des plages abidjanaises et de réouvrir à la baignade les plages fermées à la suite de la contamination due au rejet en mer sans traitement et sans émissaire.

.../...

Conclusions du § 2 - 4 - 2

En l'occurrence, les propositions suivantes peuvent être faites et appliquées chronologiquement :

- 1/ Passage du collecteur de base sous le pont De Gaulle,
- 2/ Amenée du collecteur de base à Port Bouet
- 3/ Mise en place de pré-traitement et rejet direct provisoire en mer sans émissaire sous-marin.
 - dégrillage grossier,
 - deshuilage, dégraissage,
 - dilacération (souhaitable mais pas nécessaire).

- un contrôle sanitaire fréquent et complet des zones touchées est établi,

- l'interdiction à la baignade des zones contaminées avec arrêté interministériel et mise en place de panneaux.

- une surveillance stricte par les autorités compétentes au droit du rejet.

Ensuite, sous réserve des possibilités financières requises:

- 4/ Mise en place d'un émissaire en mer,
- 5/ Mise en place de la station d'épuration.

Les phases 1 et 2 peuvent être entamées rapidement.

La phase 3 est indispensable avant rejet en mer.

Le rejet du collecteur principal d'Abidjan à la côte impliquera une pollution d'un important linéaire de plage incompatible avec les activités balnéaires. Une surveillance bactériologique régulière du littoral devra être faite entre le canal de Vridi et Gonzagueville.

La mise en place d'un émissaire sous marin de rejet permettra ultérieurement de limiter le linéaire de plages polluées.

2 - 4 - 3 Le procédé de lagunage naturel et son application au contexte ivoirien.

Face aux procédés classiques d'épuration (Annexe 7) le lagunage simple s'est développé depuis plusieurs années en raison des divers facteurs de simplicité d'entretien et d'économie qui ont dirigés les concepteurs de l'épuration vers cette technologie.

L'épuration par lagunage est un procédé extensif efficace, utilisé pour traiter les eaux résiduaires de toutes provenances

Ses avantages sont bien connus : simplicité et économie de fonctionnement, efficacité de désinfection et de réduction des pollutions dissoutes, adaptabilité aux variations de charge. Ses défauts le sont également : coût d'investissement, emprise au sol, performances dépendant du climat, et plutôt faibles en ce qui concerne les matières en suspension.

Ces caractéristiques particulières sont causes de sa diffusion dans de nombreuses régions du Monde, où le terrain est disponible à moindre coût, où l'énergie est chère, où l'assistance technique fait défaut, ce qui est le cas en Côte d'Ivoire.

En général, l'épuration a lieu dans des bassins spécialement creusés. Nous envisageons un lagunage de ce type pour les quartiers périphériques Est et Ouest de la Riviéra et du Bancó.

Il existe aussi de nombreux exemples au monde où le lagunage s'effectue dans des bassins naturels (réf.58). Dans cette catégorie, nous envisageons un lagunage en Baie de Koumassi.

Force est de constater que la zone d'Abidjan, et surtout les zones périphériques du type du Banco et de la Riviéra, répondent presque à l'ensemble de ces critères. Il semble donc très intéressant que le type d'épuration puisse être développé en République de Côte d'Ivoire et plus particulièrement à Abidjan.

2 - 4 - 3 - 1 Rappel du principe d'épuration (réf.52)

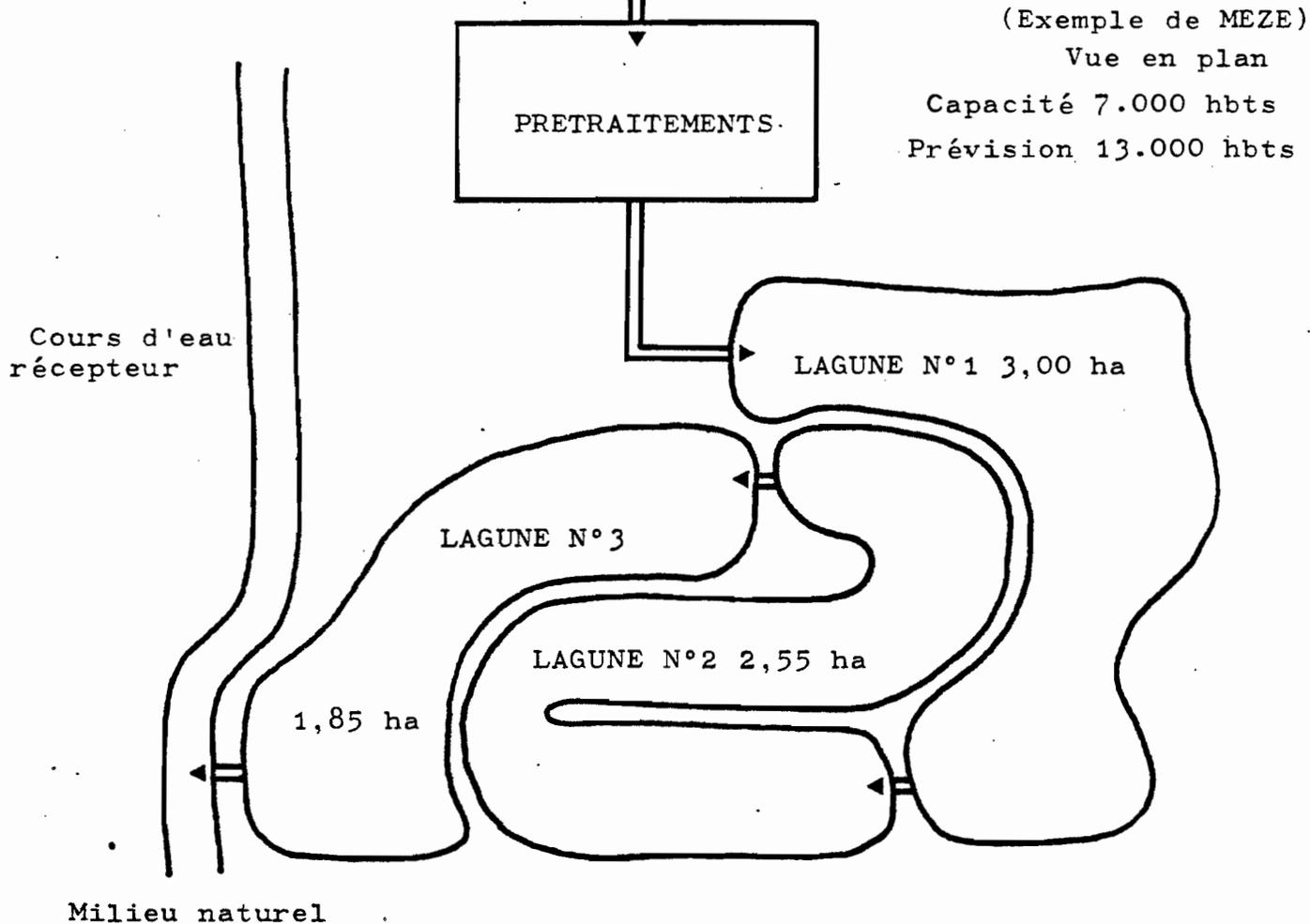
La figure n° 18 donne, des cycles biologiques dans une lagune, une image simplifiée. Dans ces installations, la base de la dégradation des polluants organiques est l'activité des micro-organismes autotrophes (algues) et des micro-organismes hétérotrophes (bactéries).

Schématiquement, il s'agit d'une association de type mutualisme où les bactéries consomment les matières organiques par voie aérobie en utilisant l'oxygène produit par les algues, en produisant du CO₂ et de la biomasse bactérienne. Le CO₂ produit est utilisé comme source de carbone pour la photosynthèse par les algues, avec production d'oxygène. Une partie des matières organiques peut être reprise par dégradation anaérobie par des bactéries hétérotrophes dans les couches liquides inférieures ou dans les sédiments, avec production éventuelle d'acides organiques, de méthane, d'ammoniaque et recyclage des nutriments.

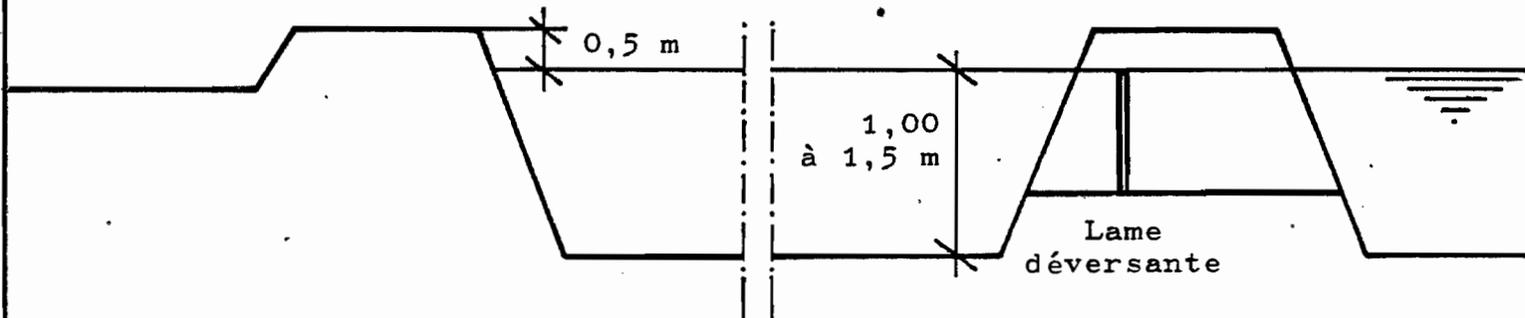
.../...

Surface totale : 12 ha 00.

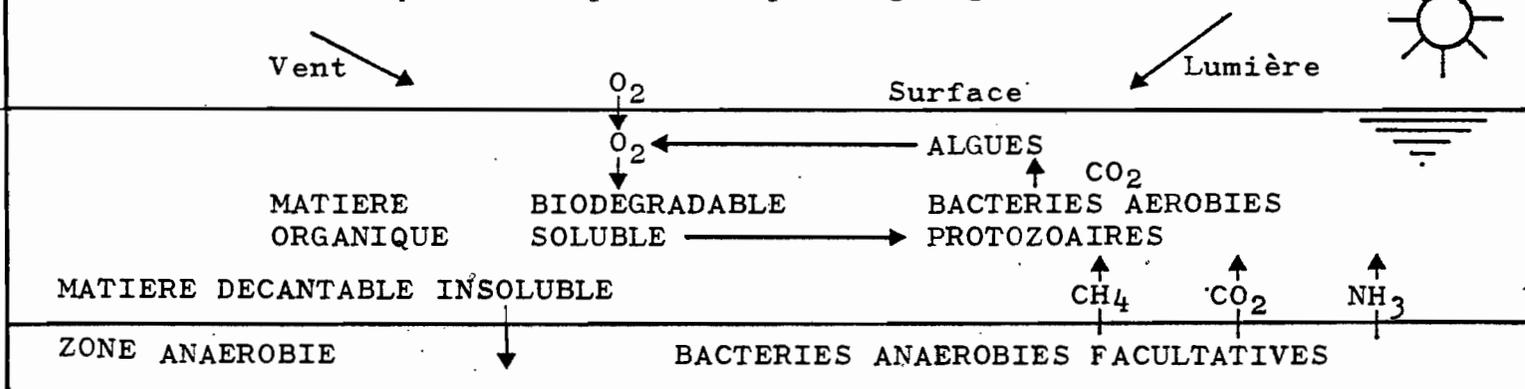
Lagunage : 7 ha 40



Coupe type

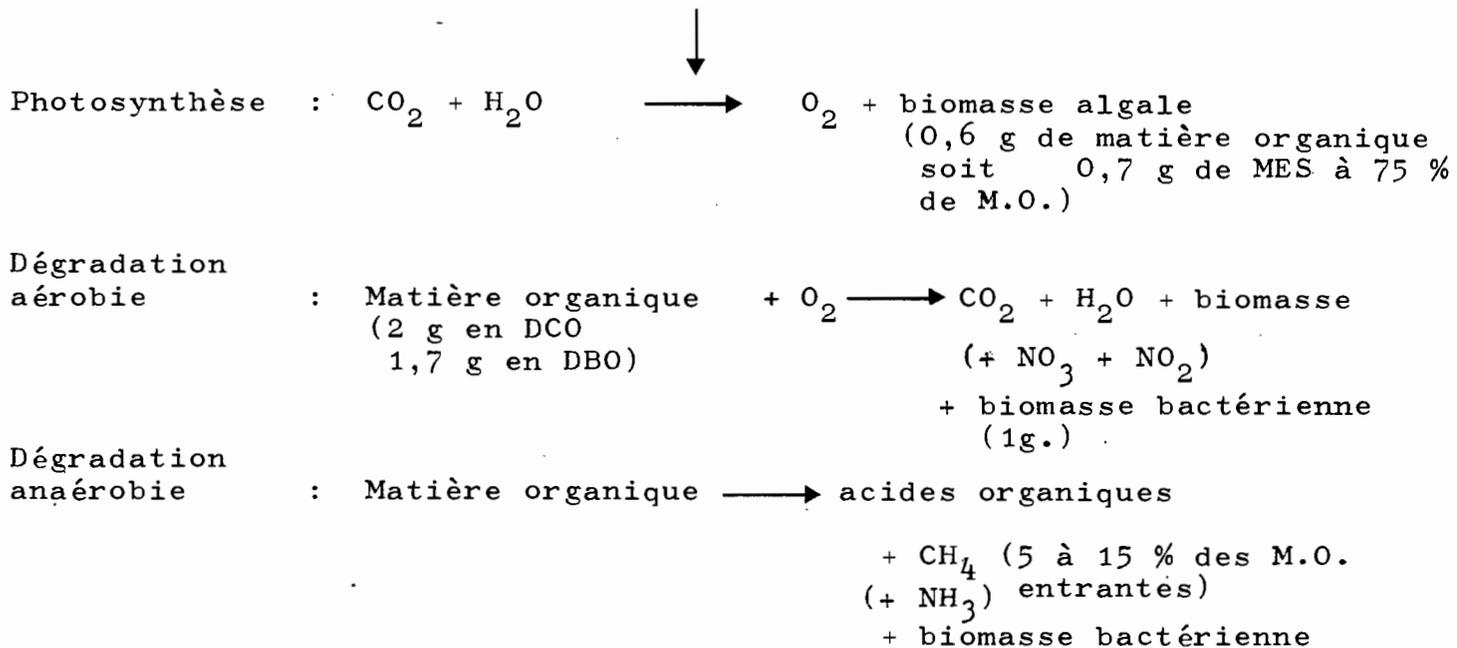


Processus biochimique de l'épuration par lagunage naturel



Le schéma correspondant peut être complété d'après une étude bibliographique de GLOYNA (1979) et d'après BOKIL et AGRAWAL (1977).

Energie lumineuse



Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matière vivante par les chaînes alimentaires aquatiques.

Les substances nutritives sont apportées par les effluents sous forme de sels minéraux dissous, de matière organique à l'état dissous, colloïdal ou particulaire.

Les végétaux sont les producteurs du système qu'ils alimentent en énergie sous la forme de matière consommable constituée de leur propre biomasse. Ils synthétisent la matière organique grâce à la fonction chlorophyllienne, à partir du gaz carbonique et des sels dissous. Cette activité absorbe du gaz carbonique et fournit la majeure partie de l'oxygène nécessaire aux bactéries minéralisantes du milieu dans le lagunage naturel.

.../...

Cette production primaire est mise à la disposition des consommateurs, dont le régime nutritionnel comprend par ailleurs diverses particules organiques.

Les déchets organiques (organismes morts, matière organique exogène,..) sont dégradés, assimilés et métabolisés par les saprophages et les "décomposeurs" (bactéries, champignons).

Le cycle ainsi esquissé n'est pas fermé, ni limité aux seuls maillons évoqués, du fait de l'existence :

- d'un apport continu de matières nutritives par l'effluent et d'un rejet de l'eau traitée,
- de prédateurs divers, notamment de la masse bactérienne, tels que les protozoaires (flagellés, ciliés),
- d'un contrôle artificiel de l'édifice biologique (faucardage de la végétation, enlèvement des boues et éventuellement de poissons et mollusques,...) et naturel (évaporation, infiltration,...).

La productivité et la stabilité de l'édifice biologique et donc sa capacité de transformation, sont d'autant plus élevées qu'il est diversifié et abondant.

Le lagunage aéré naturellement (nous dirons : lagunage naturel) est un procédé de traitement des eaux résiduaires mettant en oeuvre les cycles biologiques précédemment décrits dans un milieu où se trouve maintenue une tranche d'eau permanente.

Il s'apparente fondamentalement aux procédés biologiques conventionnels, mais en diffère cependant pour les raisons suivantes

- il intègre des mécanismes naturels plus complets que dans les procédés classiques,
- aucune recirculation de l'effluent ne s'avère nécessaire pour enrichir la flore bactérienne,
- l'oxygénation du milieu résulte des échanges air-eau et surtout de l'activité photosynthétique des végétaux. Celle-ci doit être suffisante et n'implique aucun recours à un dispositif d'aération mécanique,
- il est davantage soumis aux conditions climatiques du milieu environnant.

Cependant, pour l'essentiel, l'élimination de la charge polluante organique est le fait de bactéries aérobies comme dans les procédés classiques.

Il intervient aussi des bactéries anaérobies dans les bassins de lagunage anaérobies ou facultatifs (aérobies et anaérobies successivement ou simultanément dans des tranches d'eaux différentes

2 - 4 - 3 - 2 Lagunage simple en baie de Koumassi

Le rejet de tout ou partie des effluents d'Abidjan en baie de Biétri a été envisagé au § 2 - 4 - 1. Nous avons constaté que cette solution techniquement aisée, financièrement économique avait des limites écologiques.

Nous examinons ici la possibilité de traitement de l'ensemble des effluents de l'agglomération dans la baie de Koumassi dont les caractéristiques sont fort différentes de celle de Biétri.

La baie de Koumassi s'étend sur 7,3 km² au sud-est d'Abidjan, entre le quartier de Koumassi (secteur 11), celui de Port Bouet (secteur 12 et 23) et l'aéroport (fig.19). Ses rivages sont inhabités au sud. Au Nord-Est, ils sont occupés par de petites industries. Au sud-est, les habitations les plus proches sont à 250 m. des rivages.

La baie débouche en lagune Ebrié dans le chenal central est, au nord-est de l'île de Petit Bassam.

2 - 4 - 3 - 2 - 1 Limites et contraintes générales

Le lagunage naturel requiert des surfaces importantes qui diminuent lorsque la température augmente. En baie de Koumassi, la température moyenne du mois le plus froid ne descend pas en dessous de 26° C (réf. 5 et 6). A cette température, une lagune de 1 à 1,5 mètre de profondeur peut admettre quotidiennement, sans passer en anaérobiose, 0,2 tonne de DBO₅ par hectare (réf.53). Ce qui pour les 730 hectares de la baie de Koumassi et un équivalent habitant de 35 g. de DBO₅/jour, permettrait d'épurer les effluents d'une ville de plus de 4 millions d'habitants.

Deux facteurs ne permettent pas d'atteindre ces performances en baie de Koumassi : la profondeur plus élevée que recommandée, et la présence de sulfates en grande quantité.

Il existe, à l'entrée de la baie, une fosse de plus de 20 mètres de profondeur, inutilisable en lagunage naturel. Le reste de la baie s'étend sur 6,1 km² et a une profondeur moyenne de 1,5 m. avec un maximum de 4,5 mètres (d'après les données topographiques de la réf. 3).

La baie de Koumassi est alimentée, la plus grande partie de l'année, par des eaux saumâtres riches en sulfate. Dans le type de lagunage simple proposé (lagune facultative) existera en permanence, aux plus grandes profondeurs, une couche d'eau anaérobie. En anaérobiose, les sulfates sont réduits en

sulfures, toxiques pour les organismes aérobies strictes. Etant très solubles, ces sulfures risquent de contaminer toute la colonne d'eau en cas d'agitation (due au vent par exemple), de retournement des couches d'eau (au passage de la saison des crues à la saison d'étiage par exemple), ou plus simplement par diffusion verticale. L'activité oxygénante des microphytes (le phytoplancton est aérobie stricte), risque alors d'être perturbée et, à l'extrême, annulée. Dans ce cas, l'ensemble du bassin passera en anaérobiose, avec dégagement d'odeurs désagréables pour les riverains, et, en cas de vent du sud, pour l'ensemble des habitants des quartiers est de la ville.

Ces circonstances imposent d'interdire la pénétration d'eau saumâtre par la construction d'une digue à l'entrée de la baie. Cette digue est par ailleurs indispensable, pour éviter que les mouvements alternatifs de marée, ou les courants du fleuve Comoé, ne dispersent les eaux chargées en matière organique, avant leur épuration suffisante, dans le reste de la lagune Ebrié.

2 - 4 - 3 - 2 - 2 Etude de fiabilité pour un seul bassin

2 - 4 - 3 - 2 - 2 - 1 Fermeture de la baie et pré-traitement.

Les considérations exposées ci-dessus imposent de n'utiliser, à fin de traitement des eaux usées de la ville, que les 6 km² sud de la baie, et de les isoler, du reste de la lagune, par une digue.

Cette digue sera construite avec les matériaux issus du sédiment de la baie au nord, ou des berges, s'ils conviennent. Son emplacement, approximativement mentionné sur la figure 20, sera à préciser par les services des travaux publics. Elle aura approximativement 1.300 m. de long et sera établie sur des fonds de 2,75.m. en moyenne. Elle devra être munie d'une vanne ou écluse n'autorisant le passage en temps ordinaire que dans le sens baie-lagune. Ce dispositif permettra de ne laisser entrer dans la baie que des eaux douces (en période de crue du fleuve Comoé). Il permettra aussi de contrôler, si nécessaire, le débit des eaux sortant de la baie, et donc le temps de résidence des eaux en traitement.

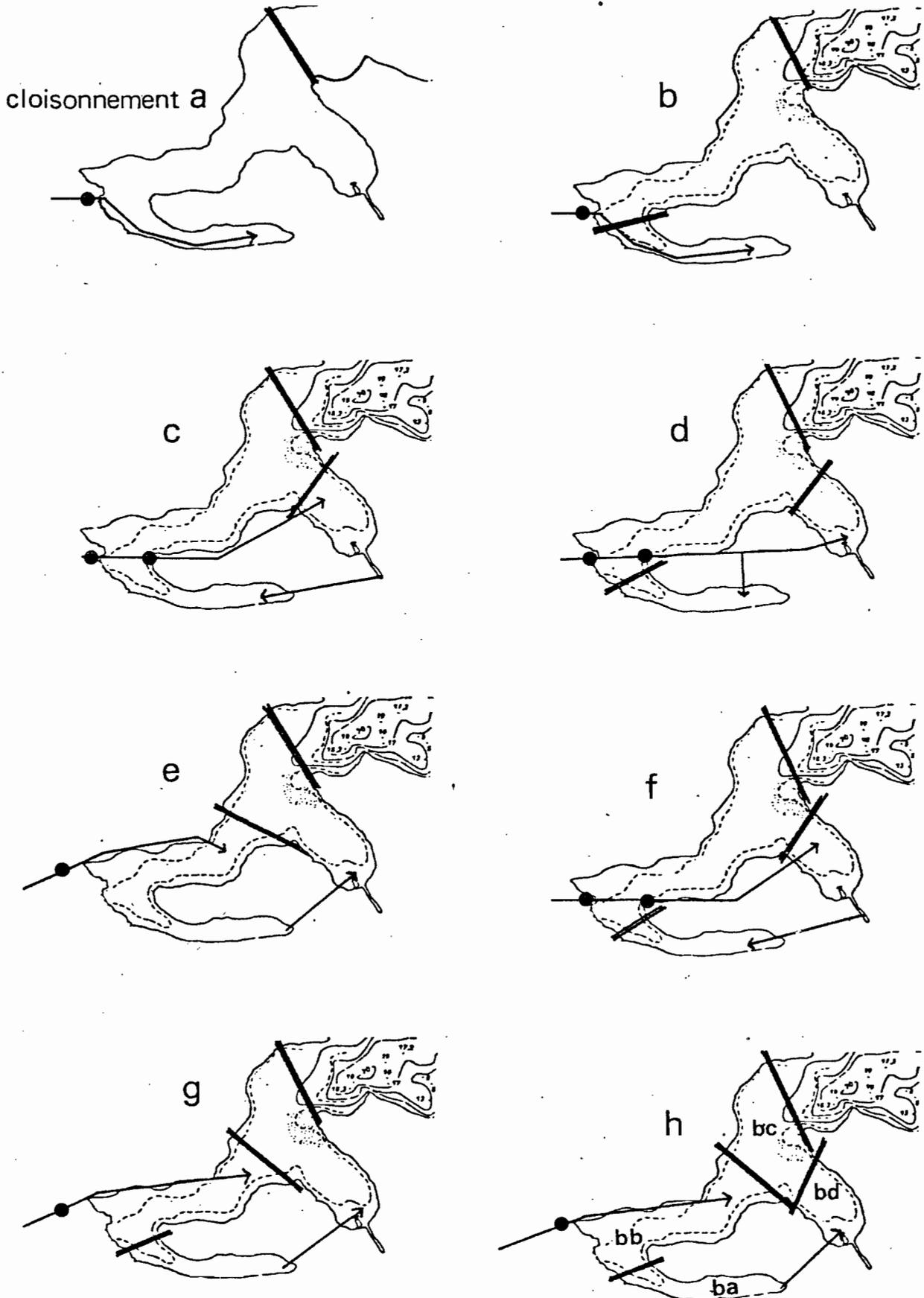
L'ouverture entre la baie de Koumassi et la baie de Biétri devra être condamnée.

Les eaux usées admises dans la baie seront pré-traitées (dégrillage, dégraissage, dessablage).

.../...

Lagunage en baie de Koumassi : les 8 alternatives de cloisonnement envisagées.

- Digue
- Collecteur des eaux usées de l'agglomération
- Station de relèvement des eaux usées



La fiabilité de l'application du procédé de lagunage simple à la totalité des effluents de la ville doit être testée au moyen de trois bilans : bilan d'eau, bilan de matière organique, bilan bactérien.

Nous examinons d'abord le cas où la baie de Koumassi n'est pas cloisonnée (1 seul bassin).

Tous ces bilans ont été évalués pour les horizons 1985 et 1990, en période de sécheresse maximale (janvier) et de pluies maximales (juin). Nous avons aussi examiné le cas où le réseau d'égout d'Abidjan est entièrement séparatif ou entièrement unitaire. La réalité est, bien entendu, intermédiaire entre ces deux extrêmes.

2 - 4 - 3 - 2 - 2 - 2 Bilan d'eau

Du fait du système de vanne, prévu au travers de la digue au nord de la baie, la baie n'est alimentée que par les précipitations directes sur son plan d'eau, par les ruissellements sur son bassin versant, par les volumes évacués par les égouts de la ville et par les apports au travers du sédiment. Tous ces apports doivent être supérieurs aux exportations par évaporation et par infiltration.

L'évaluation du bilan d'eau est détaillée en annexe. On constate que dans toutes les situations, il est nettement positif. La baie de Koumassi peut donc fonctionner en bassin autonome sans risque d'assèchement, ou même de concentration, à aucune période de l'année.

2 - 4 - 3 - 2 - 2 - 3 Efficacité épuratoire du bassin unique vis à vis des matières organiques.

MARAIS (réf. 54) a proposé pour le calcul des bassins d'épuration :

- où la matière organique des eaux brutes est transformée par des bactéries facultatives,
- où les eaux sont complètement mélangées,
- où la dégradation s'opère selon une réaction du 1er ordre,

la relation suivante :

$$\text{DBO}_{\text{sortie}} = \text{DBO}_{\text{entrée}} / (1 + k t) \quad (1)$$

t est le temps de séjour de l'effluent en jours.

.../...

k est une constante de vitesse de dégradation biochimique liée à la température T par la relation également établie par MARAIS :

$$k = \frac{1,20}{1,085^{35 - T}} \quad (2)$$

En saison des pluies, en juin, la température moyenne mensuelle des eaux de la baie de Koumassi est minimale. Elle ne descend cependant pas en dessous de 26° C (réfs 1 et 7). A cette température, d'après la relation (2), k = 0,58. En saison sèche, en janvier, la température moyenne mensuelle des eaux reste supérieure à 28° C. Le coefficient k est alors supérieur à 0,68. Ces coefficients doivent être revus pour tenir compte des conditions spécifiquement ivoiriennes (réf. 55). Il est plus prudent et réaliste d'adopter les coefficients suivants :

$$k \text{ à } 26^\circ \text{ C} = 0,40$$

$$k \text{ à } 28^\circ \text{ C} = 0,47$$

La DBO5 moyenne de l'ensemble des eaux usées entrant dans la baie (effluents domestiques, industriels et eaux de drainage des surfaces urbanisées, soit v2 + v3 + v5 de l'annexe 8) est calculée à l'annexe 9, et reportée tableau XX, col. 7. Les temps de séjour dans la baie, évalués en annexe 8, sont reportés sur le même tableau, col. 6. Les données permettent, à l'aide de la relation 1, d'évaluer la DBO des eaux épurées. Les eaux sont diluées par les précipitations directes sur le plan d'eau (v1 en annexe 8), par les eaux drainées sur le bassin versant de la baie de Koumassi (v4), à DBO négligeable. Elles sont concentrées par l'évaporation (v6), à DBO négligeable. Il en résulte une DBO5 des eaux sortant de la Baie portée colonne 8 du tableau XX.

On constate que, dans tous les cas, cette DBO5 satisfait aux exigences des eaux effluentes d'une station biologique conventionnelle (DBO5 < 30 mg/l).

Les eaux effluentes sont évacuées dans le chenal central est, dont le flux d'eaux naturelles a été évalué à l'annexe 4. En saison humide (juin), le flux diluant peut être estimé supérieur à 300.10⁶ m³/mois.

Elimination de la pollution organique de l'agglomération d'Abidjan, par la baie de Koumassi, aménagée en bassin de lagunage naturel unique, dans 6 situations différentes : horizon 1985 et 1990, système d'égoût totalement unitaire ou totalement séparatif, saison des pluies et saison sèche.

Année	Système de réseau	Saison	Bilan total d'eau 10^6 m ³ /mois	Volume d'eau usée 10^6 m ³ /mois	temps moyen de séjour en jours	DBO5 des Eaux entrantes mg/l	DBO5 des eaux sortantes mg/l	DBO5 dans le chenal central mg/l
1985	Séparatif	sèche	3.25	3.87	86	447	13	1.4
		pluie	9.66	5.95	28	344	15	2.2
	Unitaire	sèche	4.62	5.24	61	361	14	1.6
		pluie	62.72	58.11	4.3	35	12	3.6
1990	Séparatif	sèche	5.26	5.88	53	472	20	2.0
		pluie	11.67	7.06	23	394	23	2.6
	Unitaire	sèche	7.39	8.01	38	371	21	2.4
		pluie	94.08	89.47	2.9	35	15	6.2

La DBO des eaux naturelles est d'alors environ 1,8 mg/l (réf. 9 et annexe 5). En saison sèche, le flux d'eau diluant peut être considéré supérieur à $100 \cdot 10^6$ m³/mois et sa DBO₅ est d'environ 1 mg/l (réf. 9 et annexe 5).

La DBO résultante du mélange des eaux naturelles et des eaux de sortie de la baie de Koumassi est calculée, compte tenu des données ci-dessus, et portée dans les huit situations étudiées en colonne 9 du tab. XX.

Sauf en 1990, dans le cas d'un réseau unitaire, en saison des pluies, la DBO₅ des eaux circulant dans le chenal central est satisfaisante. Elle est, au plus, le double de celle des eaux naturelles et représente une amélioration sensible par rapport à l'actuelle situation (cf. § 2 - 2 - 2 - 3).

2 - 4 - 3 - 2 - 2 - 4 Efficacité épuratoire du bassin unique vis à vis des bactéries

Les eaux d'égout brutes contiennent de 10^6 à 10^8 coliformes fécaux/ 100 ml. On considère qu'un milieu naturel devient impropre à toute utilisation lorsque le nombre de germes dépasse 5000/100 ml (cf. § 1-2-3-2). On voit qu'un dispositif de traitement des eaux usées classique, éliminant 99 % des germes conduit à un rejet contenant encore beaucoup plus de germes qu'il n'est souhaitable.

L'expérience montre que le lagunage naturel conduit à de bien meilleures performances dans ce domaine.

La méthode de calcul de la concentration bactérienne, N, des eaux sortant du bassin est basée sur la formule de MARAIS. (réf. 56).

$$N = \frac{N_0}{1 + k t} \quad (3)$$

dans laquelle N_0 est la concentration en coliformes fécaux dans les eaux entrantes, t est le temps de séjour moyen des eaux et k est un coefficient qui varie avec la température T (en° C) selon la relation :

$$k = 2,6 \cdot (1,19^{T - 20}) \quad (4)$$

Soit dans le cas de la baie de Koumassi

$k \geq 7,38$ dans les eaux à plus de 26° C de saison des pluies

$k \geq 10,46$ dans les eaux à plus de 28° C de saison sèche

En Languedoc, pour les lagunes du sud de la France, le B.C.E.O.M. utilise une formule différente (réf. 57).

.../...

$$N = N_0 e^{-k \cdot T^{0,5}}$$

avec $k = e^{0,0254 T - 0,948}$

soit, $k \gg 2,12$ en saison des pluies

$k \gg 2,20$ en saison sèche

Pour N_0 , nous adopterons la valeur maximum de $10^8/100\text{ml}$ par temps sec. En raison des pluies; les coliformes sont dilués dans les eaux de pluie, dans une proportion que nous supposerons équivalente à celle de la DBO (tableau N° XXI, colonne 4).

Les résultats des calculs de la charge bactérienne des eaux sortant du bassin, effectués selon les formules (3) et (5), sont en accord dans le cas du réseau unitaire, en saison des pluies : l'épuration est insuffisante. Pour la même situation, nous avons déjà constaté la même inefficacité dans l'élimination de la charge organique. Le lagunage naturel n'est donc pas le procédé approprié pour épurer les eaux usées issues d'un système de réseau unitaire, dans un pays où les précipitations sont aussi intenses qu'en Côte d'Ivoire.

Dans toutes les autres situations, les résultats obtenus par les deux formules sont en contradiction. L'épuration est satisfaisante selon le B.C.E.O.M., insuffisante selon MARAIS. Cette contradiction illustre le degré de confiance, tout relatif, qu'il convient d'accorder à ce type de formules semi empiriques, lorsqu'elles sont appliquées dans un contexte différent de celui pour lequel elles ont été établies. Si un procédé de lagunage naturel est envisagé à une si grande échelle qu'à Abidjan, il est nécessaire d'établir les lois de destruction bactérienne dans le milieu lagunaire ivoirien. Une telle étude pourrait être demandée au C.R.O., qui a déjà étudié le même problème en mer (cf § 2-1-2)

2 - 4 - 3 - 2 - 3 Etude de fiabilité pour plusieurs bassins

2 - 4 - 3 - 2 - 3 - 1 Les alternatives de cloisonnement

L'efficacité dans l'élimination de la charge bactérienne est considérablement améliorée si la même surface est découpée en plusieurs bassins en série. Le même effet bénéfique est aussi observé sur l'abattement de la charge organique. En effet, une loi générale, dûment vérifiée, exprime que le jeu de la concurrence vitale privilégie la flore bactérienne la mieux adaptée aux conditions du milieu, au détriment des autres. Par suite,

.../...

Elimination de la pollution bactérienne des eaux usées de la ville d'Abidjan par la baie de Koumassi aménagée en bassin de lagunage naturel unique. N° et N = nombre de coliformes fécaux/100 ml avant et après passage dans la baie.

Horizon	Type de Réseau	Saison	N°/100 ml	N/100 ml relation 3	N/100 ml relation 5	Temps de séjour en jour
1985	Séparatif	sèche	10^8	$1.1 \cdot 10^5$	0	86
		pluie	10^8	$3.7 \cdot 10^5$	10^3	28
	Unitaire	sèche	10^8	$1.6 \cdot 10^5$	0	61
		pluie	10^7	$2.4 \cdot 10^5$	$1.2 \cdot 10^5$	4.3
1990	Séparatif	sèche	10^8	$1.8 \cdot 10^5$	10	53
		pluie	$0.8 \cdot 10^8$	$4.9 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^3$	23
	Unitaire	sèche	10^8	$2.5 \cdot 10^5$	130	38
		pluie	$0.9 \cdot 10^7$	$4.2 \cdot 10^5$	$2.5 \cdot 10^5$	2.9

Tableau N°XXI

chaque bassin se trouvera colonisé par une flore bactérienne spécifique des principaux stades de la transformation de la matière organique.

Le cloisonnement est, en outre, intéressant, car il supprime les cheminements préférenciels des eaux, qui induisant des court-circuits, réduisent l'efficacité épuratoire. Les risques de court-circuit sont particulièrement à craindre dans la baie de Koumassi, compte tenu de sa configuration découpée.

Différentes alternatives de cloisonnement sont portées sur la figure N°20 .

Dans tous les cas, le raccordement au réseau général d'assainissement se fait à partir du collecteur central, déjà prévu par les P.D.A., à Biétri, au niveau de son passage sous la baie (point A sur la figure N° 19). Les différentes alternatives de cloisonnement nécessitent la prolongation de ce collecteur d'un certain linéaire signalé dans chaque cas ci-dessous. Les fractions nouvelles de collecteur passeront soit sur le fond des baies de Biétri et de Koumassi, soit sur des terrains non urbanisés. Leur pose sera donc facilitée et peu onéreuse. Le parcours précis est bien entendu à déterminer en fonction des contraintes géologiques et urbanistiques que nous ignorons. Le nombre de stations de relèvement nouvelles, a priori nécessaire, ainsi que le linéaire de digue à construire en baie de Koumassi sont également indiqués.

Solution a 1 bassin

4.300 mètres de collecteur nouveau
1 station de relèvement
1.300 mètres de digue

C'est la solution du bassin unique dont les performances et inconvénients ont été examinés au § 2-4-3-2-2.

Solution b 2 bassins en série

4.300 mètres de collecteur nouveau
1 station de relèvement
2.000 mètres de digue

Inconvénient : il y a un risque sérieux de court-circuit dans l'anse Nord-Est.

Solution c 2 bassins en série

8.100 mètres de collecteur nouveau
2 stations de relèvement
2.100 mètres de digue

Par rapport à la solution précédente, le risque de court-circuit est supprimé, et le premier bassin, qui risque

.../...

le plus de passer en anaérobiose, avec le dégagement que cela procure, est éloigné de l'agglomération et des voies de communication. Du fait de la grande taille du second bassin, il risque de s'y créer des court-circuits. Une étude hydraulique est nécessaire.

Solution d 2 bassins en parallèle, le troisième en série

6.500 mètres de collecteur nouveau
2 stations de relèvement
2.800 mètres de digue

Lorsque les deux bassins primaires sont utilisés consécutivement, le risque d'anaérobiose est annulé. L'un des deux bassins peut aussi être arrêté pour y effectuer des travaux. La circulation peut être mieux contrôlée dans le bassin secondaire que dans la solution précédente.

Solution e 2 bassins en série

6.100 mètres de collecteur nouveau
1 station de relèvement
2.600 mètres de digue

Des études hydrauliques doivent être entreprises pour étudier le cheminement des eaux, du point de rejet, vers l'extrémité de l'anse sud. Du fait de sa proximité des zones construites, une anaérobiose autour du point de rejet risque de créer quelques nuisances qui pourront être résolues aux époques où elles se produisent par aération artificielle.

Solution f 3 bassins en série

8.100 mètres de collecteur nouveau
2 stations de relèvement
2.800 mètres de digue

Comme dans le cas de la solution c, l'absence de cheminement préférenciel des eaux usées doit être vérifiée.

Solution g 3 bassins en série

6.100 mètres de collecteur nouveau
1 station de relevage
3.300 mètres de digue

Problèmes possibles d'anaérobiose autour du point de rejet.

.../...

Solution h 4 bassins en série

6.100 mètres de collecteur nouveau
1 station de relevage
4.100 mètres de digue

C'est la solution la plus efficace au niveau épuratoire. Un problème d'anaérobiose près d'une zone urbanisée reste possible.

Dans ces différentes alternatives, la baie de Koumassi est découpée en 4 secteurs ba, bb, bc, et bd indiqués sur la figure N° 20, solution h. Les caractéristiques de ces secteurs sont portées au tableau N° XXII.

Tableau N° XXII : Caractéristiques physiques des quatre bassins de cloisonnement de la baie de Koumassi.

Secteur	Surface km ²	Profondeur maximale m	Profondeur moyenne m	Volume 10 ⁶ m ³
ba	1	2.4	1.2	1.2
bb	2.4	4.5	1.65	4.0
bc	1.4	4.5	1.8	2.5
bd	1.3	2.9	1.1	1.4

2 - 4 - 3 - 2 - 3 - 2. Risques d'anaérobiose dans le bassin de tête

Le premier bassin d'un lagunage, en comprenant plusieurs en série, est généralement anaérobie. Une anaérobiose régulière dans le bassin bb (solutions e, g et h), serait particulièrement gênante (odeurs) du fait de sa proximité des zones urbanisées. Elle serait moins gênante dans les deux autres bassins utilisés en tête selon les alternatives : ba ou bd (solutions a, b, c, d, f).

Pour éviter l'anaérobiose, la charge organique de sortie du bassin doit être telle que :

$$DBO5_{\text{sortie}} \text{ (mg/l)} \ll \frac{600}{2h + 8} \quad (\text{Réf. 57}) \quad (6)$$

avec h = profondeur moyenne du bassin en mètres.

Les experts de la Banque Mondiale (B.I.R.D.)
(Réf.56) proposent une autre relation :

$$\text{DBO5}_{\text{entrée}} \text{ (kg/ha.j)} \leq 20 T - 120 \quad (7)$$

Avec T = température moyenne du mois.

Selon la relation (6), et compte tenu des profondeurs moyennes portées au tableau N° XXII , les DBO de sortie limitantes sont :

Bassin ba : 58 mg/l

Bassin bb : 53 mg/l

Bassin bd : 59 mg/l

Les DBO5 de sortie des bassins ba, bb et bd utilisés en bassin de tête, calculées selon la relation (1) sont portées au tableau N° XXIII . On constate que :

- L'anaérobiose sera fréquente si les bassins ba ou bd sont utilisés en tête.

- L'anaérobiose ne se produira pas si le bassin bb est utilisé en tête.

Selon la relation (7), la DBO5 des eaux entrantes doit rester inférieure à 400 mg/l en saison des pluies, et à 440 mg/l en saison sèche.

Les DBO5 d'entrée dans les bassins ba, bb et bd utilisés en tête d'installation sont portées au tableau N° XXIII , en kg/ha.j.

On constate que :

- L'anaérobiose sera permanente si les bassins ba ou bd sont utilisés en tête.

- L'anaérobiose ne se produira qu'en 1990, en saison des pluies, et en cas de réseau d'égoût unitaire si le bassin bb est utilisé en tête.

Les conclusions sont assez proches de celles déduites de la relation (6).

Le choix du bassin bb en tête d'installation semble donc favorable. La solution d , qui utilise simultanément les bassins ba et bd en tête, peut aussi être choisie.

.../...

DBO5 en entrée et en sortie des bassins ba, bb ou bd utilisés en tête du lagunage naturel de la ville d'Abidjan (colonne 9 : facteur de dilution ou de concentration de la DBO5, selon le bilan des eaux calculé pour l'ensemble de la baie, comme explicité au § 2-4-3-2-2-3)

Horizon	type de réseau	saison	temps de séjour en jour				DBO entrée mg/l	Facteur de dilut. ou concen	DBO sortie mg/l			DBO entrée kg/ha.j		
			ba	bb	bc	bd			ba	bb	bd	ba	bb	bd
1985	Séparatif	sèche	11.3	37.8	23.6	13.2	447	1.19	84	29	74	577	240	444
		pluie	3.7	12.3	7.7	4.3	344	0.52	72	30	66	579	241	445
	Unitaire	sèche	8.0	26.8	16.8	9.4	361	1.13	86	31	75	630	263	485
		pluie	0.6	1.9	1.2	0.7	35	0.93	26	19	25	685	286	527
1990	Séparatif	sèche	7.0	23.3	14.6	8.2	472	1.12	123	44	109	925	385	711
		pluie	3.0	10.1	6.3	3.5	394	0.60	107	47	98	928	387	714
	Unitaire	sèche	5.0	16.7	10.4	5.8	371	1.08	120	45	108	989	412	761
		pluie	0.4	1.3	0.8	0.4	35	0.96	29	22	29	1056	440	812

Tableau N° XXIII

Remarque : Notons que l'application des relations (6) ou (7) suppose un mélange rapide des eaux usées dans l'ensemble du bassin de tête. Le bassin bb, étant de grande surface, il pourra être nécessaire de faciliter ce mélange au moyen de plusieurs diffuseurs judicieusement répartis sur le fond. Malgré cela, l'anaérobiose qui pourrait advenir à certaines époques, pourra être résolue par la mise en service d'une aération artificielle. Notons aussi, qu'un bassin de décantation, installé en amont de l'installation, sera susceptible de réduire la charge organique entrante de 30 %. Notons enfin, que les solutions d'assainissement autonomes de certains quartiers, proposées au § 2-4-4 et 2-4-3-2, ainsi que les procédés d'assainissement sans eau vanne, proposés au § 2-4-4, permettraient d'alléger la charge admise en baie de Koumassi.

2 - 4 - 3 - 2 - 3 - 3 Elimination de la DBO par les différents découpages proposés.

Nous avons pu constater au tableau N° XX , que dans la pire des situations, la DBO5 des eaux sortant de la baie de Koumassi, aménagée en bassin unique de lagunage, était de 23 mg/l.

Pour cette même situation (1990, réseau séparatif et saison des pluies), nous évaluons les performances épuratoires des différents découpages envisagés au § 2-4-3-2-3-1 . On se servira toujours pour cela de la relation (1), en utilisant pour la premier bassin la DBO d'entrée portée au tableau N° XX colonne 7. Pour les bassins suivants, la DBO d'entrée sera la DBO de sortie du bassin précédent. On appliquera à chaque DBO de sortie, le facteur de dilution ou de concentration, supposé le même pour chaque bassin, et porté en colonne 9 du tableau N° XXIII. Nous avons admis que tous les bassins fonctionnent de façon facultative (ce qui autorise l'application de la relation (1)). En réalité, dans les découpages b, c et e, les bassins de tête ba ou bd fonctionnent de façon anaérobie la plupart du temps (cf. § 2-4-3-2-3-2). Les performances des bassins anaérobies sont mal connues (Réf. 56). D'après la référence 53 , la charge organique éliminée y serait, sous climat tropical, supérieure à celle éliminée par des bassins facultatifs.

Les performances épuratoires augmentent rapidement avec le nombre de bassin. Elles sont, pour tous les découpages, excellentes. L'eau issue de la baie peut être évacuée dans la lagune sans qu'elle ne pose à aucun moment, et bien au delà de l'horizon 1990, des problèmes de pollution organique.

.../...

Tableau N° XXIV

Elimination de la charge organique de la baie de Koumassi utilisée en lagunage naturel, à plusieurs bassins. Cas de la situation la plus défavorable pour un bassin unique : 1990, réseau séparatif, saison des pluies et DBO entrante de 394 mg/l.

Découpage	DBO5 en mg/l			
	Sortie bassin N° 1	Sortie bassin N° 2	Sortie bassin N° 3	Sortie bassin N° 4
a	ba+bb+bc+bd= 23	-	-	-
b	ba= 107	bb+bc+bd= 7,7	-	-
c	bd= 98	ba+bb+bc= 6,71	-	-
d	ba+bd/2= 66	bb+bc= 5,2	-	-
e	ba+bb= 38	bc+bd= 4,6	-	-
f	bd= 98	ba= 27	bb+bc= 2,1	-
g	bb= 47	ba= 13	bc+bd= 1,6	-
h	bb= 47	ba= 21	bd= 5,4	bc= 0,9

2 - 4 - 3 - 2 - 3 - 4 Epuration bactérienne

La relation de MARAIS, adaptée par la Banque Mondiale (Réf. 56), permet de calculer le nombre de bactérie, à la sortie de plusieurs bassins en série :

$$N_{\text{sortie}} = \frac{N_{\text{entrée}}}{(1 + kt_1) (1 + kt_2) \dots (1 + kt_n)^n} \quad (6)$$

n est le nombre de bassin en série

k > 7,38 à 26 °C en saison des pluies

k > 10,46 à 28 °C en saison sèche cf § 2-4-3-2-2-4

t₁, t₂, t_n sont les temps de séjour moyen dans les bassins de rang 1, 2, n.

Dans une publication antérieure, RINGUELET (réf. 57) indique la relation de MARAIS suivante :

$$N_{\text{sortie}} = \frac{N_{\text{entrée}}}{(1 + kt_1) (1 + kt_2) (1 + kt_n)} \quad (7)$$

On note l'absence d'exposant au dénominateur. En outre, selon cet auteur, pour MARAIS k est une constante indépendante de la température, et qui est de 2 pour les coliformes fécaux.

Les résultats sont, on s'en doute, sensiblement différents selon que l'on applique la relation (6) ou la relation (7).

Nous avons choisi, pour les calculs, la situation ayant conduit à la plus mauvaise épuration bactérienne dans le cas du bassin unique (situation 6, en 1990, saison des pluies, réseau séparatif : $4,9 \cdot 10^7$ coliformes fécaux / 100 ml en sortie.).

L'application de la relation (6), dans tous les cas où deux bassins, ou plus, sont utilisés en série, conduit à une élimination totale des bactéries fécales. Par exemple, pour le moins performant des cloisonnements (solution c), on obtient, en sortie du second bassin :

$$N_{\text{sortie}} = \frac{0,8 \cdot 10^8}{(1 + 10,46 \times 3) (1 + 10,46 \times 19,9)^2}$$

$$N_{\text{sortie}} = 2 \text{ Coli-fécaux/100 ml}$$

L'utilisation de la relation (7) conduit à une épuration insuffisante pour tous les cloisonnements à 2 bassins en série ($N_{\text{sortie}} > 10^5$ bactéries / 10 ml). Pour les cloisonnements à 3 bassins, les performances sont les suivantes :

$$\text{Cloisonnement f } N_{\text{sortie}} = 42.000 \text{ Coli-fécaux/100 ml}$$

$$\text{Cloisonnement g } N_{\text{sortie}} = 26.000 \text{ Coli-fécaux/100 ml}$$

Compte tenu de la dilution par les eaux naturelles : ($> 300 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{mois}$), les concentrations dans le chenal central resteront inférieures à 2.000 Coli-fécaux/100 ml; valeur satisfaisante, puisqu'elle permet d'autoriser la baignade.

.../...

Pour le cloisonnement à 4 bassins, l'épuration est encore meilleure.

$$\text{Solution h : } N_{\text{sortie}} = \frac{0,8 \cdot 10^8}{(1+2 \times 10,1)(1+2 \times 3)(1+2 \times 3,5)(1+2 \times 6,3)}$$

$$N_{\text{sortie}} = 5.000 \text{ Coli-fécaux/100 ml}$$

Malgré leur contradiction, dans le cas de 2 bassins, les deux relations (6) et (7) permettent de prévoir une qualité bactériologique satisfaisante dans le chenal central dans le cas d'un cloisonnement de la baie de Koumassi en 3 ou 4 bassins.

Cette conclusion semble concorder avec l'expérience pratique des lagunes d'épuration du sud de la France (Réf 58). En période estivale, il sort moins de 100 Coli-fécaux/100 ml de l'installation N°1 de Maugio (3 bassins en série), 11.000 Coli-fécaux de l'installation N°2 de Maugio (2 bassins en série), et 600 Coli-fécaux/100 ml de l'installation des Saintes Maries de la Mer (3 bassins en série).

2 - 4 - 3 - 2 - 3 - 5 Perspectives d'aquaculture liées au lagunage naturel en baie de Koumassi

Après transformation, les eaux usées ont une valeur fertilisante importante, entraînant la production d'une biomasse végétale, qu'il est possible de récupérer, en la faisant consommer par des poissons herbivores du type carpes ou tilapia.

GUERIN (Ref 59) a passé en revue les pratiques de ce procédé dans le monde. La presque totalité de la production aquacole chinoise, de 700.000 à 2 millions de tonnes selon les sources, fait largement appel aux déchets organiques, animaux, végétaux ou humains (Réf 60).

Dans des pays comme la Chine, Taïwan, la Thaïlande, l'Inse, Israël, la Pologne, la R.F.A. et les U.S.A. on élève avec succès, des poissons grâce à des eaux usées ayant subi une épuration. Les productions vont de 500 kg par hectare et par an (Munich, R.F.A.) à 4 - 8 tonnes/ha . an (Israël, U.S.A) et peuvent même s'élever jusqu'à 10 - 20 tonnes/ha . an (Calcutta Inde).

.../...

Les charges organiques appliquées à l'hectare peuvent être très importantes (jusqu'à 100 mg/l à Calcutta). C'est dire que l'aquaculture pourrait se pratiquer dès le deuxième bassin du lagunage en série proposé aux paragraphes précédents.

En France, le CEMAGREF a obtenu des productions de 2,6 t/ha en 6 mois à partir de carpes chinoises, carpes communes et tilapias élevés exclusivement sur les effluents du lagunage naturel du Grau du Roi.

L'utilisation des eaux usées pour la production de poisson à des fins alimentaires peut poser des problèmes sanitaires.

Il peut y avoir selon la réf. 56 :

- transmission passive de pathogènes fécaux par les poissons pollués,
- transmission de certains parasites (certains helminthes dont le cycle vital inclut le poisson comme hôte.
- bioaccumulation de micro-polluants tels que les métaux lourds et les pesticides non biodégradables.

Quelques précautions permettent de réduire les risques à un niveau raisonnable et même de les éliminer totalement :

- l'aquaculture n'aura lieu qu'après épuration suffisante, c'est à dire, dans le cas de Koumassi, dans les 3ème et 4ème bassins.

- le poisson résidera quelques semaines en eau propre avant sa récolte. On peut, par exemple, concevoir juste en aval du bassin de Koumassi, une aire formée par des filets, dans laquelle les poissons, élevés en amont, feraient un stage de sécurité avant récolte.

- la végétation riveraine sera éliminée.

- les poissons seront éviscérés, surgelés ou cuits avant consommation,

- les rejets industriels ou agricoles contenant des micropolluants seront interdits.

Pour ce qui est de l'acceptation par le consommateur EDWARDS (réf. 73) souligne qu'en Chine, si les poissons élevés en eaux usées semblent bien acceptés, il en serait autrement en Thaïlande ou en Malaisie.

.../...

Selon différents auteurs (dans la réf.61), les arrières goûts indésirables ne seraient pas plus prononcés pour les poissons élevés à partir d'eaux usées que ceux produits dans des piscicultures classiques ou pêchés dans les eaux naturelles.

Si le risque sanitaire est exclu par les précautions rappelées ci-dessus, le problème d'acceptation du poisson ainsi élevé est donc un problème psychologique qui peut être résolu par une campagne d'information bien faite.

Un élevage de Tilapa sur les 130 hectares du bassin bd (bassin quaternaire), du découpage h (cf. fig20) permettrait, selon les performances obtenues au Grau du Roi (France), de produire 680 tonnes de Tilapa. A 700 F. CFA du kilo, cela ferait un chiffre d'affaires de près de 500 millions de F. CFA. Les bénéfices retirés d'une telle production seraient susceptibles de couvrir la plus grande partie, sinon la totalité, des frais de fonctionnement du système de lagunage.

Ces frais sont en effet modestes, ne représentant pas plus du quart des frais de fonctionnement d'une station biologique classique (réf.57).

2 - 4 - 3 - 2 - 4 Avantages et inconvénients d'un
lagunage naturel en baie de Koumassi

Il convient au préalable de lever les objections habituellement formulées, à l'encontre du lagunage naturel par les profanes, : " ça sent mauvais " et " ce sont des nids à moustiques ".

Les odeurs :

D'après Ringuelet (réf.57.), et les réalisations dans le monde, une lagune, même conçue pour un traitement total, comme ce serait le cas à Koumassi, ne sent pas plus mauvais qu'une station d'épuration traditionnelle. Les odeurs n'apparaissent que si le bassin de tête est mal dimensionné, et que, partant, il fonctionne en anaérobiose.

Les mouches et les moustiques :

Le mythe des " insectes " est aussi mal fondé. Toujours d'après la réf. 57 , des moustiques n'apparaissent que si la végétation adventice envahit les berges et les digues. Il faut donc veiller à un bon faucardage.

Une démoustication par un insecticide, biodégradé au cours du temps de séjour des eaux usées dans la lagune, est d'ailleurs possible si des craintes subsistent. Un appareil déverse, au goutte à goutte, un produit de ce type dans le collecteur d'amenée des eaux à certaines lagunes d'épuration françaises.

Les boues :

D'après diverses références , le curage devrait avoir lieu tous les 5 à 10 ans dans le bassin de tête, tous les 15 à 20 ans dans les autres. Il ne nous paraît pas nécessaire avant longtemps en baie de Koumassi, où l'accumulation des boues permettra de combler les fonds trop importants.

Les investissements :

L'achat du terrain et le creusement des bassins constituent les principales rubriques d'investissement d'un lagunage classique. Malgré ces charges, le lagunage naturel est, dans le cas général, moins onéreux que les procédés classiques d'épuration par station biologique. Dans le cas d'Abidjan, le terrain est gratuit et le bassin déjà creusé.

L'investissement sera donc, à coup sûr, très nettement inférieur aux systèmes proposés de station d'épuration à Port Bouet et d'émissaire en mer. Pour fixer les idées, signalons que le lagunage à Mèze (sud de la France) a coûté moins de 600 F. CFA (1981) le m². (réf.57).

Adaptabilité et progressivité des installations proposées.

Un des avantages, essentiel, du lagunage proposé est la possibilité de l'aménager, progressivement dans le temps, pour répondre à la charge polluante croissante, et de soumettre les aménagements déjà réalisés à l'épreuve des faits.

Le dernier point nous paraît essentiel. En effet, le lagunage proposé serait le plus grand du monde. Il se réaliserait dans un bassin naturel, anciennement saumâtre qui ne peut être comparé à aucun autre bassin en fonctionnement. La réalisation d'une première étape, permettra de prévoir avec une bonne fiabilité les performances de l'installation finale.

Dans cette première étape, expérimentale, la baie peut être utilisée en bassin de traitement des eaux usées du quartier de Koumassi. L'investissement nécessaire est faible : construction de la digue isolant le bassin bb du bassin bc , collecteur de jonction du bassin ba et du bassin bd , centralisation des effluents du quartier de Koumassi et rejet au nord du bassin bb (cf. fig. 20)

Si cette étape révèle l'insuffisance du procédé pour traiter l'ensemble des effluents de l'agglomération (ce que les § précédents infirment), la réalisation s'arrêtera là.

Le cloisonnement déjà effectué permettra de traiter les eaux usées de Koumassi et ultérieurement des quartiers Nord-Est (Rivière, Djibi et Bingerville). Le reste des eaux usées de la ville sera amené à Port Bouet, puis évacué par émissaire sous marin, comme prévu dans le schéma directeur originel.

Si cette étape révèle au contraire que le procédé de lagunage naturel est susceptible de traiter l'ensemble des effluents de l'agglomération, il sera procédé aux réalisations suivantes échelonnées dans le temps.

2ème étape

Les effluents du grand collecteur seront amenés en baie de Koumassi selon le schéma e de la fig. 20 . La digue nord devra alors être construite.

.../...

3ème étape

Au fur et à mesure que les branchements se réaliseront sur le grand collecteur, les étapes g et h (fig. 20) seront réalisées. En cas de nécessité, la circulation dans les bassins ba, bb et bc pourra être améliorée par des digues supplémentaires disposées en chicanes. L'aquaculture dans les bassins bd et éventuellement bc pourra être tentée.

4ème étape

En cas de surcharge, une station de décantation sera construite en amont de la baie, sur les terrains de la zone industrielle.

5ème étape

Si, à long terme, les charges polluantes produites par l'agglomération en extension s'avèreraient excessive, le lagunage en baie de Koumassi sera relayé, pour les traitements de nouveaux quartiers, par la station de Port Bouet et l'émissaire sous marin déjà prévu.

53 BOUTIN P. 1976 - Traitement des eaux résiduaires par bassins de stabilisation (lagunage simple. Rapport ronéo. ENSP. Rennes, 17 p.

54 MARAIS. R. and SHAW V.A., 1961 - a rational theory for the desing of sewage stabilization ponds in central and south africa - CIV. ENGR. S. AFR., 3.

55 BCET Projets types de lagunage pour 1000 - 3000 et 5000 équivalents-habitants BCET, Abidjan juillet 1980.

56 BIRD 1980 - 1982 Appropriate technology for water supply and sanitation 12 volumes World bank Washington and Paris.

57 RINGUELET R. 1977 - Le lagunage naturel - Rapport ronéo Ministère de l'Environnement Paris : 60 p.

58 CEMAGREF, 1981 - Etude du fonctionnement d'installations de lagunage naturel - Etude n° 51. DQEPP Paris 451 p.

59 GUERIN F., 1982 - perspectives d'aquaculture associée au traitement des eaux usées domestiques en France rapport ronéo CEMAGREF Montpellier, 31 p.

60 FAO, 1981 - Developpement de l'aquaculture continentale en Chine - Document technique sur les pêches, n° 215, SIR/T, 215 (FR), 152 p.

61 ALLEN. G.H. and HEPHER B. 1979 - Recycling of wastes through aquaculture and constraints to wider application. in : advances in aquaculture. Pillay and Dill ed., Fishing News books united : 492 - 498.

2 - 4 - 3 - 3 Le lagunage dans les zones périphériques

2 - 4 - 3 - 3 - 1 Aspects techniques et économiques

Le rapport du Bureau Central d'Etudes Techniques, effectué pour le compte du Ministère des Travaux Publics ivoirien (réf. n° 55) étudie le dimensionnement d'installation d'épuration, de moyenne capacité, par lagunage naturel.

Il s'agit de lagunages pour trois bassins. La profondeur du premier bassin est de 1,40 m., celle du second et du troisième de 1,00 m. La surface nécessaire pour obtenir une épuration valable des effluents est de 1 m²/ég. hbt dans le premier bassin et de 0,6 m² dans les suivants. Soit une surface totale de 2,2 m²/ég. hbt.

En France, sous des conditions climatiques différentes il est vrai, le dimensionnement retenu est de 10 m²/ég. hbt.

Les expérimentations, qui constitueront l'application de cette étude, permettront de constater si la surface, et donc le temps de séjour correspondant, est suffisante pour obtenir une épuration correcte des eaux usées autant au niveau biologique que bactériologique.

Si les résultats sont favorables, il est envisageable d'équiper, à terme, certaines zones relativement importantes par de tels systèmes d'épuration.

En effet, le lagunage est un procédé fiable ne nécessitant pas une maintenance difficile, et dont les coûts de fonctionnement sont faibles. La difficulté d'implanter des lagunages dans certaines régions littorales françaises (Provence - Côte d'Azur) provient du fait que, compte-tenu des surfaces nécessaires : 10 ha pour 10.000 hbts par exemple, le coût des terrains devient prohibitif et entraîne ainsi le choix de procédés d'épuration dits " intensifs ".

Dans le cas des zones latérales d'Abidjan (Banco et Riviéra), il est certainement possible de trouver des sites où peuvent être implantés des installations d'épuration par lagunage naturel, étant donné les surfaces disponibles et la réduction de l'aire nécessaire par équivalent-habitant, soit, sous climat chaud : 2,2 m².

Une étude précise de la compatibilité du système avec l'état actuel de l'assainissement dans ces zones doit être entreprise en vue :

.../...

(55) Projets-types de lagunage pour 1000 - 3000 et 5000 équivalents-habitants - B.C.E.T. Abidjan juillet 1980.

- de définir les flux de pollution actuellement collectés par les réseaux existants,

- de rechercher des sites favorables à l'implantation de stations d'épuration par lagunage naturel,

- de procéder à des expérimentations pour définir, compte-tenu des conditions climatiques, le rendement d'un tel système.

La référence n° 62 indique que pour mettre en oeuvre une station d'épuration par lagunage, il est nécessaire :

- d'entreprendre des études préalables, avant que soit arrêté définitivement le choix du terrain sur lequel se situera la lagunage. Ces études doivent comprendre : une étude topographique, la reconnaissance des terrains (géologie, géotechnie, hydrogéologie) et, le cas échéant, des essais de laboratoire portant sur l'analyse granulométrique, la teneur en eau naturelle et en matières organiques, les limites d'Atterberg et la mesure du coefficient de perméabilité des terrains.

- de réaliser des terrassements, nécessaires à la mise en place des bassins, qui peuvent être confiés à des entreprises non spécialisées.

- de réaliser des ouvrages de génie civil entourant les bassins (digues), assurant l'étanchéité du système et les raccordements entre les différents bassins prévus.

Il est dans tous les cas nécessaire de prévoir une protection contre le battillage. En effet, le vent crée des vagues qui viennent battre les digues et sont susceptibles d'entraîner la dégradation rapide.

- de mettre en place des ouvrages annexes tels qu'un déversoir d'orage si le réseau est unitaire, un poste de relèvement pour alimenter l'installation, des pré-traitements (dégrillage, dégraissage) et un appareil de mesure de débit.

Les coûts correspondants sont évidemment fonction de la capacité de traitement de l'installation et respectent, ce qui n'est pas le cas des procédés biologiques à boues activées, le critère de proportionnalité avec la capacité installée.

.../...

(62) Lagunage naturel et lagunage aéré - procédés d'épuration des petites collectivités - Etude inter-agences, Ministère de l'Environnement et de l'Agriculture - juin 1979.

2 - 4 - 3 - 3 - 2 Aspects écologiques

La mise en place de systèmes d'épuration par lagunage pour assainir les zones latérales aura un effet écologique semblable, en grande partie, à celui étudié au § 2 - 2 - 2, qui concerne l'évolution écologique des modifications du Schéma Directeur Originel proposées par le Ministère des Travaux Publics.

En effet, les rendements obtenus par les procédés de lagunage naturel sont très voisins, sinon semblables à ceux obtenus par des procédés biologiques de type " boues activées ".

L'évolution des charges organiques (§ 2 - 2 - 2 - 2), l'impact sur la lagune (§ 2 - 2 - 2 - 3) et la surveillance continue des secteurs lagunaires récepteurs de la pollution (2 - 2 - 2 - 4) sont semblables dans le cas de lagunages.

La seule différence, et elle est à l'avantage du lagunage, est le rendement obtenu par les lagunes en ce qui concerne l'épuration de type bactériologique.

Les procédés biologiques intensifs entraînent un abattement de 1 à 2 unités Log (soit une épuration de 90 à 99 %) du taux des bactéries d'origine fécale.

Une installation de lagunage naturel, où le temps de séjour est suffisamment long, entraîne (en France) un abattement d'au moins 4 unités Log (épuration de 99,99 %) des mêmes bactéries.

Il pourra ainsi être envisagé de rendre salubre à la baignade et aux loisirs nautiques l'ensemble du littoral des zones latérales si des installations de lagunage naturel traitent l'ensemble des effluents provenant de ces zones, ou si ces derniers sont transportés et traités ailleurs : (Biétri, Koumassi ou Port Bouet).

Conclusion du § 2 - 4 - 3

Le procédé d'épuration par lagunage naturel est un procédé extensif efficace utilisé pour traiter des eaux usées de toute provenance.

Ses avantages relèvent de sa simplicité de mise en oeuvre et de fonctionnement, de sa possibilité d'accepter des charges variables de pollution et des faibles coûts de fonctionnement qu'il entraîne. Son efficacité est d'autant plus forte que la température est élevée.

Sa capacité d'épuration est fonction directe de la surface et du volume total des lagunes placées en série, le coût des terrains le rend souvent difficile à mettre en oeuvre.

A Abidjan, il est possible de mettre en place ce type d'installation pour épurer soit la totalité des effluents de l'agglomération, soit ceux de certains quartiers uniquement.

La baie de Koumassi s'étend sur 6 km², à l'écart des secteurs urbanisés de l'agglomération. Ses caractéristiques topographiques et hydrologiques devraient permettre son aménagement en bassin de lagunage naturel susceptible, selon les modèles disponibles actuellement, de traiter l'ensemble des effluents d'Abidjan bien au delà de l'horizon 1990.

Une telle réalisation, n'ayant, de par sa taille, pas d'équivalent au monde, doit et peut être testée " in situ " au cours d'une première étape de réalisation. Un programme en 5 étapes successives est esquissé. La première étape permettrait, moyennant un investissement modéré, de traiter les effluents des quartiers de Koumassi, de la Riviéra et de Djibi. Si le procédé s'avère alors susceptible de traiter l'ensemble des effluents de l'agglomération, la 2ème étape consistera à relier l'actuel grand collecteur à la baie de Koumassi aménagée en deux bassins au moyen de digues. Les étapes suivantes prévoient le cloisonnement de la baie en quatre bassins. La qualité des eaux dans le dernier bassin devrait lui permettre de supporter une aquaculture dont les bénéfices permettraient de couvrir l'essentiel des frais d'entretien du système. La qualité des effluents de sortie devrait permettre une amélioration nette de la qualité des eaux lagunaires par rapport à la situation actuelle. Pour un horizon éloigné, la station de Port Bouet et l'émissaire en mer pourront être mis en oeuvre pour alléger la baie de Koumassi en cas de surcharge.

En résumé, la solution proposée ici, opposée à celle du plan directeur d'Abidjan, offre l'avantage d'être évolutive, et de s'adapter à la variabilité de la pression polluante et à la situation financière.

Il est également envisageable d'implanter des installations de lagunage dans les zones latérales. Il pourra s'agir de stations de capacité moyenne (5 à 10 000 éq.hbts) ou importante (300 à 500.000 éq.hbts). Il sera nécessaire de creuser des bassins et de les adapter par des ouvrages de génie civil.

L'impact écologique sur la lagune sera semblable, en grande partie, à celui des modifications proposées par le Ministère des Travaux Publics sauf en ce qui concerne la bactériologie, où il sera bien meilleur.

2 - 4 - 4 Assainissement des quartiers populaires et des habitats spontanés

2 - 4 - 4 - 1 Les données du plan directeur d'Abidjan

Les Perspectives Décennales d'Abidjan (P.D.A.) estiment qu'en 1980, 80 % de la population d'Abidjan n'est pas raccordée aux égouts, soit 1,3 million d'habitants parmi lesquels très peu bénéficient d'un assainissement de type individuel.

Selon les prévisions les plus optimistes, et en cas de priorité donnée aux raccordements par rapport aux traitements des eaux usées, 40 % de la population ne serait encore pas desservie par les réseaux d'égouts en 1990 ; ce qui représente 1,7 millions d'habitants, regroupés dans des quartiers pauvres faiblement équipés ou dits à habitat spontané.

Donc, malgré les efforts financiers consentis d'ici là, qui s'accompagneront malgré tout d'une détérioration certaine des milieux récepteurs des eaux usées, la population, non correctement assainie, va augmenter d'ici 1990.

La majorité de cette population défavorisée continuera comme par le passé à souffrir de maladies d'origines hydriques.

Il semble ainsi très difficile d'atteindre les objectifs de la décennie internationale de l'eau des Nations Unies, dont l'optique était que, d'ici 1990, l'eau courante parvienne à tous les pauvres du Tiers monde et que les eaux usées en résultant soient évacuées dans de bonnes conditions d'hygiène.

Il faut noter que ce type de problème se pose pour la plupart des grandes agglomérations des pays en voie de développement. La référence N° 63 indique qu'à Karachi (Pakistan), ville dont la population est passée de 40.000 hbts avant 1940 à plus de 4.000.000 hbts actuellement, un effort soutenu pour l'assainissement des quartiers insalubres par cabinets d'aisance individuels ou semi-collectifs a permis d'améliorer très nettement les conditions de vie.

2 - 4 - 4 - 2 Les solutions proposées habituellement et leurs défauts

Face à cette situation critique, la plupart des ingénieurs proposent une solution qui a triomphé depuis le milieu du 19ème siècle dans les pays développés : le cocktail eau-fèces, son transport par égout et son traitement centralisé par station d'épuration avant rejet dans le milieu naturel soit : rivière, lagune, lac ou mer.

Cette solution présente l'avantage indéniable d'être propre confortable, inodore, saine et peu astreignante pour l'utilisateur. Elle présente par contre un certain nombre d'inconvénients qui rendent sa généralisation difficile dans les quartiers les plus défavorisés (voir chap. 2 - 3 - 1).

.../...

2 - 4 - 4 - 2 - 1 Coût élevé du système

Le système " toilette à chasse d'eau - égout - station d'épuration " coûte de 40.000 à 200.000 F CFA par habitant, selon le niveau de traitement et les difficultés techniques de la réalisation. Les valeurs doivent être rapprochées d'un certain nombre de réalités signalées au chapitre 1 et rappelées ici. Le revenu moyen de l'Abidjanais est de 14.900 F. CFA (1977) par mois. Les revenus des résidents des quartiers d'Adjamé, d'Attiécoubé, de Vridi, Port Bouet, Koumassi, Abobo et du Banco sont sensiblement inférieurs à cette moyenne. Les investissements de fonction locale pour l'assainissement seront de 2.240 F. CFA par habitant et par an pour la période 1980 - 1990. Le système de traitement collectif en question ne peut donc être appliqué à tous, et suivant les mêmes critères, dans un proche avenir.

2 - 4 - 4 - 2 - 2 Gaspillage d'eau potable

Le système de toilette à chasse d'eau consomme de 20 à 80 litres d'eau potable par habitant et par jour pour évacuer une quantité dérisoire de fécès (200 g) et d'urines (1l.). La généralisation de ce système conduirait donc, pour son seul fonctionnement, à une consommation d'eau de 200.000 m³/j en 1990 soit deux fois la consommation domestique totale actuelle (tous usages confondus). Ce gaspillage est difficilement acceptable compte tenu des ressources en eau potable limitées de la ville qui se manifestent déjà aujourd'hui, par la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement et par le coût unitaire du mètre cube produit.

2 - 4 - 4 - 2 - 3 Impact négatif sur le milieu récepteur

Un tel système produit des eaux usées (dites eaux vannes ou eaux noires) en grande quantité. La purification complète de ces eaux est techniquement possible, mais comme elle est très onéreuse elle est, dans la pratique, toujours incomplète, notamment avec une solution de traitement primaire. La grande dilution des déchets complique leur traitement. Ces derniers sont d'ailleurs souvent inhibés par la présence d'effluents industriels toxiques ou inadaptés. En outre, ces traitements sont, toujours dans la pratique, qualitativement incomplets. Certains éléments subsistent qui, rejetés dans le milieu naturel, le déséquilibrent.

2 - 4 - 4 - 2 - 4 Rupture du cycle biologique

Les cycles de la matière dans la nature sont fermés. Le cycle dont faisaient partie ces déchets dans les civilisations traditionnelles l'étaient aussi : sol → produit agricole → alimentation de l'homme → excréments → sol. Le parcours de la matière, imposé par le système en question est le suivant : sol → produit agricole → alimentation de l'homme → excréments → égout → milieu naturel

aquatique. Le cycle est artificiellement brisé. Les sols s'appauvrissent et, en contre partie, les milieux aquatiques s'enrichissent excessivement et sont pollués et déséquilibrés.

2 - 4 - 4 - 2 - 5 Temps nécessaire pour la mise en oeuvre des installations

L'installation d'un réseau complet d'égout pour une ville comme Abidjan nécessite de nombreuses années pendant lesquelles les problèmes d'assainissement demeurent ou s'amplifient. Ce fait est dû au coût du système qui nécessite la mise en oeuvre de nombreuses tranches annuelles de travaux.

2 - 4 - 4 - 2 - 6 Exigence technologique

Un système de ce type nécessite des études sophistiquées. Il faut faire appel à des techniciens souvent étrangers, qui n'ont pas toujours une conscience très claire des réalités locales. La mise en oeuvre nécessite un équipement lourd qui doit être généralement importé de l'étranger. L'entretien et le fonctionnement du système demande un personnel de haute technicité rare actuellement, dans les pays en voie de développement.

Face à l'inadaptation des solutions traditionnelles, les organisations internationales : l'O.M.S. et la Banque mondiale ont récemment recommandé de rechercher des solutions plus appropriées (Réf. 64) qui seules peuvent permettre de résoudre rapidement les problèmes sanitaires du Tiers Monde. Ces solutions doivent être de coût accessible et nécessiter une faible technologie. Nous rajouterons qu'elles doivent être acceptées par les populations.

Notons ici que la solution " toilette à chasse d'eau égout - milieu naturel aquatique " est aussi dénoncée dans les pays industrialisés par quelques experts indépendants et certains groupes de pression, en raison notamment de son caractère fondamentalement anti-écologique et centralisé.

2 - 4 - 4 - 3 Les solutions alternatives familiales

Des procédés alternatifs traditionnels ou nouveaux, éprouvés ou encore expérimentaux existent et sont présentés ici. La plupart ne sont concevables qu'en habitat urbain dispersé. Ce qui est le cas, à Abidjan, des habitats spontanés et des quartiers urbains pauvres où se posent les problèmes sanitaires les plus cruciaux.

Il convient d'abord de distinguer deux types d'effluents :

2 - 4 - 4 - 3 - 1 Les eaux noires et les eaux grises

Les eaux noires ou eaux vannes sont issues des toilettes à eau. Leur volume oscille entre 20 litres et 80 litres (aux U.S.A.) par habitant et par jour. Elles transportent les fécès et les urines (tab. XXV).

Tableau XXV - Contenu des eaux noires par habitant et par jour d'après les références (réf. 65 et 66).

	Fèces	Urines
Poids frais	135 à 270 g.	1 à 1,3 l.
Poids sec	35 à 70 g.	50 à 70 g
% nature organique	92	85
Composition C	50	14
de la matière N	6	17
organique P	4	4
en % K	3	4
Ca	4	5

Pour une production de 25 litres par habitant et par jour les eaux noires ont une demande chimique en oxygène (DCO) de 1.000 à 1.300 mg/litre (réf. 67), et une DBO₅ de 600 mg/l (réf. 68).

Les fécès et eaux noires peuvent transporter certains agents pathogènes (tab. XXVI).

Tableau XXVI - Agents pathogènes des eaux noires et des fécès (non limitatif).

AGENT PATHOGENE	MALADIE
<u>Bactéries</u>	
Vibrio Cholerae	Cholera
Escherichia Coli	Gastroentérite du nourrisson
Salmonella Typhi	Typhoïde
Shigella Dysenteriae	Dysenterie Bacillaire
<u>Protozoaires</u>	
Entamoeba Histolytica	Dysenterie Amibienne
<u>Helminthes</u>	
Shistosoma Haematobium	Parasitose du sang
S. Japonicum, S. Mansoni	Bilharziose
Fasciolopsis Buski	Diarrhée
<u>Virus</u>	
Virus Hépatique A et B	Hépatite virale A et B

Notons qu'un dixième de gramme de fécès seulement peut contenir 10^8 Escherichia Coli, dose infectante suffisante pour provoquer une gastro-entérite chez l'enfant.

Les considérations relatives à l'hygiène publique imposent donc que les eaux noires ou les excréments humains soient séparés de l'homme, et de ce qu'il consomme ou touche (y compris les animaux domestiques) par une barrière sanitaire efficace.

Les eaux grises ou eaux de ménage sont beaucoup moins dangereuses pour l'homme. Elles ne contiennent généralement pas de germes pathogènes. Elles sont issues des différentes activités de ménage (cf. tab XXVII).

Tableau XXVII - Composition des eaux grises et volume par habitant et par jour (moyennes dans différents pays selon plusieurs références citées dans la réf. 69).

ORIGINE	Volume (l.)	DCO mg/l.	DBO mg/l.
Préparation culinaire	4 à 10 l	500 à 1.500	
Vaisselle à la main	4 l		
à la machine	20 l	1.000	
Lavabo	5 à 8 l	400	250
Toilette corporelle			
douche	5 à 10 l	300	200
bain	50 à 100 l	80	
Lessive à la main	5 à 10 l		
à la machine	10 à 30 l	1.000	400

Ces valeurs varient énormément selon le mode de vie. A Cocody et au Plateau, on consomme plus de 150 l./habitant/jour comme aux Etats-Unis. Dans les quartiers pauvres d'Abidjan, on consomme moins de 30 l/habitant et par jour. Les eaux y sont par contre plus concentrées en déchets.

Les eaux grises sont incontestablement beaucoup moins chargées en germes pathogènes que les eaux noires (1000 fois moins d'après la réf. 68). Elles sont moins concentrées en matières organiques et seraient d'après la réf. 70 plus faciles à épurer. D'ailleurs, la réglementation fait une forte distinction entre les eaux noires et les eaux grises. L'élimination ou le traitement des eaux noires est susceptible donc de résoudre la plus grande partie des problèmes sanitaires et de pollution des milieux récepteurs.

2 - 4 - 4 - 3 - 2 Les procédés de traitement individuel des eaux noires

La fosse septique individuelle est un procédé d'épuration efficace lorsqu'elle est bien conçue, bien installée et entretenue, ce qui est loin d'être le cas général (Réf. 69). Elle est grosse consommatrice d'eau et nécessite un traitement complémentaire, semblable à celui appliqué aux eaux grises. Il faut la vidanger tous les 2 à 3 ans. Son coût élevé de 50.000 à 100.000 F CFA (d'après réf. 68), auquel il faut ajouter le transport, le terrassement et la pose, la réserve aux ménages aisés. L'investissement moyen total dépasserait 500.000 F CFA. Le terrassement par l'utilisateur peut sensiblement abaisser ce coût.

La microstation d'épuration à boues activées est la plus efficace au niveau du traitement des eaux usées. Elle impose un investissement familial encore plus élevé que la fosse septique et son entretien annuel nécessite l'intervention d'un personnel spécialisé.

Eu égard à leur coût, ces 2 procédés ne sont donc pas adaptés à l'assainissement des quartiers pauvres d'Abidjan. Ils sont par contre à conseiller pour les habitations aisées, lorsque leur densité est faible ou qu'elles sont éloignées du réseau d'égout. MILLET (cité dans la réf. 69) note que ces procédés individuels reviennent en moyenne meilleur marché qu'un réseau d'égout et de traitement collectif lorsque les parcelles d'habitation dépassent 1.200 m².

La fermentation méthanique, largement utilisée en Asie n'est pas encore rentrée dans les moeurs ailleurs, même en milieu rural, où elle apparaît pourtant bien adaptée. En ville, l'investissement assez lourd de départ et la nécessaire maintenance la réservent aux petites collectivités.

Notons cependant qu'elle fonctionne bien au niveau d'un ménage (LEHMAN, comm. pers) et que l'astuce peut permettre de lever le handicap financier (1) et fig. (21)

Ce procédé ne donne toute sa mesure épuratoire que sur les eaux très fortement chargées en matières organiques. A l'échelle domestique, il faut donc l'utiliser couplée à des toilettes à faible flux d'eau. On peut, et c'est même recommandé, y adjoindre les ordures ménagères fermentescibles, ce qui accroît

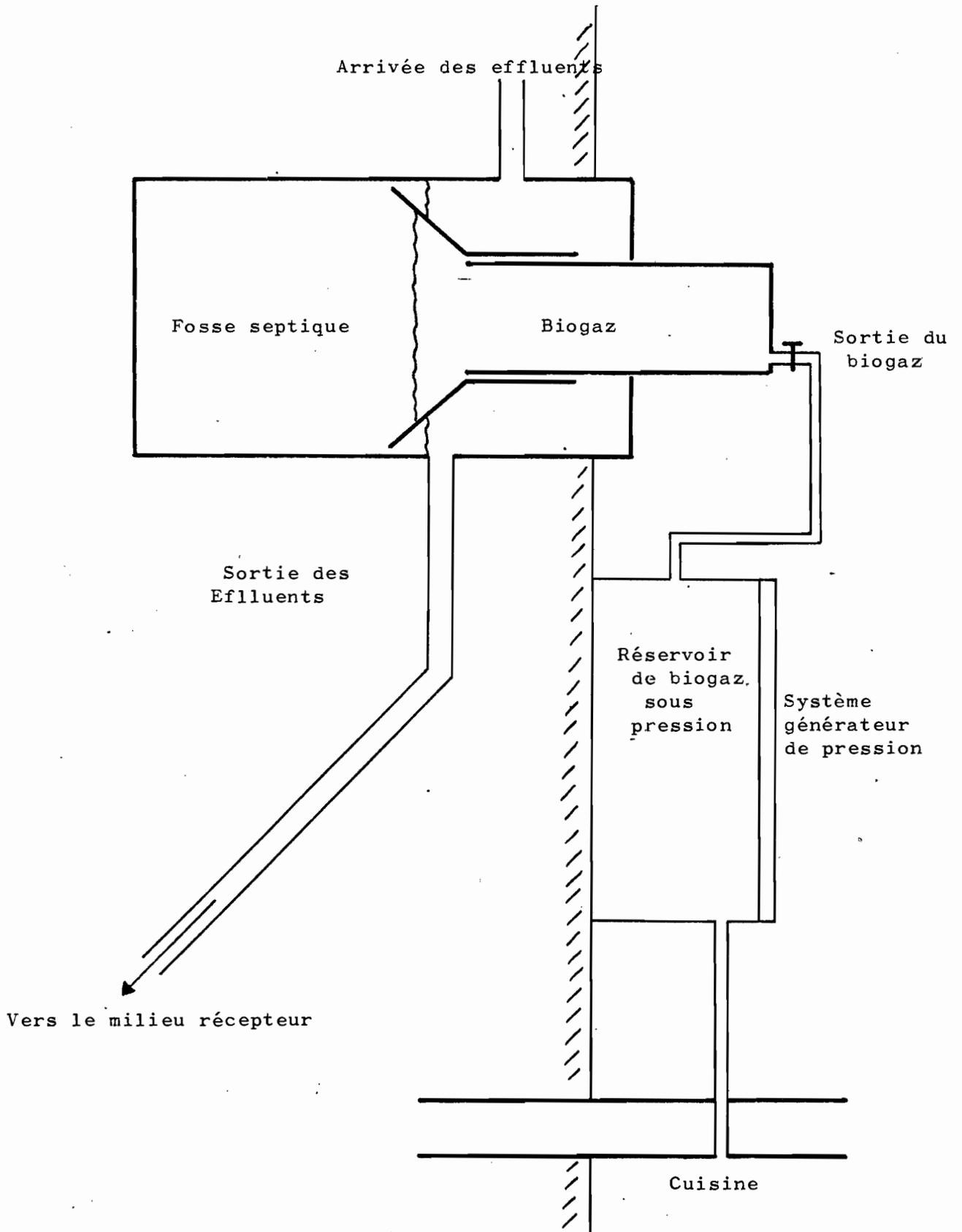
.../...

- (1) Le digesteur " Taiwan " est constitué d'une outre gonflable que l'on remplit de tous les déchets disponibles, y compris de sacs biodégradables pleins d'excréments humains. A partir d'un certain niveau, on ferme l'outre et la laisse enfler, sans trop s'en occuper, jusqu'à utilisation du gaz et vidange des sous produits sur terrain agricole.

Figure N°21

Fosse septique avec récupération de biogaz

d'après LEHMAN
(comm.pers.)



le rapport C/N, et améliore le rendement (réf. 71). Il existe des modèles à fonctionnement discontinu dont certains sont très simples, et d'autres à fonctionnement continu. L'eau et l'écume surnageante, sans risque pathogène, peuvent rejoindre les eaux grises. Les boues doivent périodiquement être éliminées et rejoindre les décharges ou mieux, servir d'engrais agricoles, après compostage aérobie.

Un autre intérêt évident du système est la récupération de gaz combustibles qui peuvent être utilisés pour la cuisson des aliments. Selon certains, cet intérêt est illusoire et ne justifie pas le surcroît d'investissement au niveau d'un ménage. Les eaux noires d'un individu suffiraient à peine à faire bouillir un litre d'eau chaque jour (LEHMAN, comm. pers.), ce qui n'est déjà pas si mal. Avec les excréments d'un porc, de 10 poulets, de 4 personnes auxquels sont ajoutés les déchets de cuisine et les litières animales, on obtient 500 litres de biogaz chaque jour, soit 2500 kcal, ce qui couvre largement les besoins de cuisson des aliments d'une famille chinoise et presque ceux d'une famille américaine (réf. 69).

Le procédé est donc adapté au milieu rural, semi-rural, voire suburbain, et en milieu urbain, aux petites collectivités. Son adaptation aux réalités locales nécessite certaines compétences qui, par bonheur, existent en Côte d'Ivoire, en la personne du Docteur Laurent GBAOUE, actuellement responsable d'une unité de recherche à l'Institut de Recherches sur les Energies Nouvelles (I.R.E.N.) de l'Université d'Abidjan.

La fosse d'aisance ou fosse à eau : son fonctionnement est compatible avec l'usage modéré de l'eau. Elle doit être très étanche (comme les autres procédés d'ailleurs), pour éviter la contamination de la nappe phréatique. Le contenu doit en être pompé par des entreprises de vidange spécialisées, qui peuvent écouler le produit, après traitement complémentaire, comme engrais d'excellente qualité. La bouche de vidange doit être accessible de la rue. Le procédé a à peu près disparu en Europe, il est encore très répandu au Japon. Son coût est celui de la fosse et du terrassement et se rapproche finalement de celui de la fosse septique. Là aussi, le terrassement par l'utilisateur peut abaisser les charges. La fosse d'aisance peut être peu pratique et nauséabonde cependant, un équipement bien conçu : siphon, aération haute, matériel de vidange étanche, élimine ces inconvénients.

2 - 4 - 4 - 3 - 3 Les procédés sans eaux noires et le recyclage

Puisque les eaux noires posent de délicats problèmes d'évacuation, de transport et d'épuration, une solution élégante consiste à n'en pas produire. L'eau ne sert plus

.../...

au transport des excréments et des urines. Ceux ci subissent une fermentation aérobie dite " à sec ".

La toilette à sec (aérobie ou à compost) n'est pas une vue de l'esprit. Elle est répandue dans des milieux à haut niveau de vie : Suède, Québec, Californie, dans les maisons individuelles rurales et suburbaines et même en toilettes collectives de certains lieux publics. C'est à dire que certaines d'entre elles sont techniquement au point et d'ailleurs légalisées par les services sanitaires de ces pays.

Le principe de fonctionnement est la fermentation aérobie. Il nécessite une aération correcte et une faible teneur en eau (donc pas de chasse d'eau). Le rapport C/N des rejets humains, inférieur à 10, doit être relevé idéalement aux environs de 30 en poids. Ceci peut être réalisé par l'adjonction de composés riches en carbone disponibles partout : déchets de cuisine, papier, paille, terre, sciure, feuilles mortes... Si l'installation est correcte, la température monte à plus de 50 à 60 °C, ce qui est suffisant pour éliminer la plupart des germes pathogènes d'origine entérique. Au bout d'un an en climat froid, de moins de 6 mois en climat tropical, pratiquement toutes les matières organiques sont digérées, soit minéralisées, soit transformées en humus. Il n'y aurait, d'après les promoteurs, plus aucun risque pathogène. Le produit est sec, il a perdu 80 % de son volume et a l'aspect du terreau. Il peut être manipulé sans peine et sans risque, et servir d'engrais agricoles. Signalons cependant, que les services sanitaires recommandent, avant cet usage, un compostage complémentaire de sureté, qui peut avoir lieu à l'air libre.

Il existe différents types de latrines à compost.(réf.72)
Les modèles bien conçus sont :

- Inodores,
- Inaccessibles aux enfants et aux insectes,
- Etanches vis à vis du sol,
- Aisément vidangeables,
- Correctement aérés.

Certains modèles sont sophistiqués et onéreux, d'autres sont simples, bon marché et peuvent être construits à partir de matériaux répandus (voir figures 22,23 et 24).

Les avantages du système sont multiples :

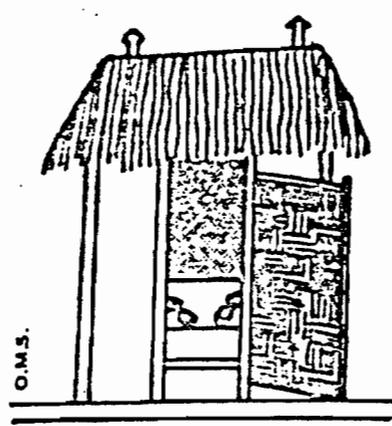
- Pour l'utilisateur, il y a, bien sur, suppression des problèmes sanitaires liés aux fécès et urines, ce qui est le propre des latrines bien conçues.

- Le branchement au réseau public d'eau n'est plus nécessaire, il est donc utilisable par une partie des

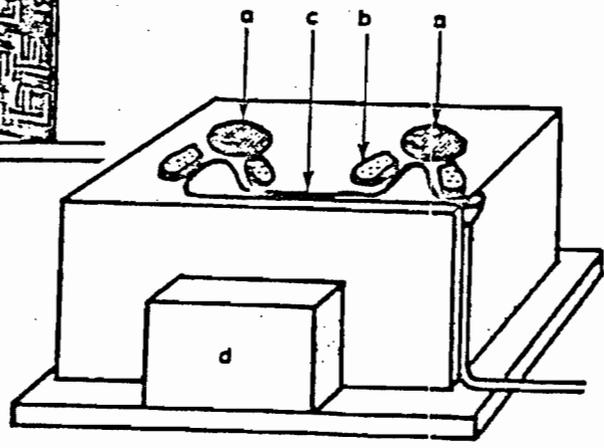
.../...

Figure N° 22

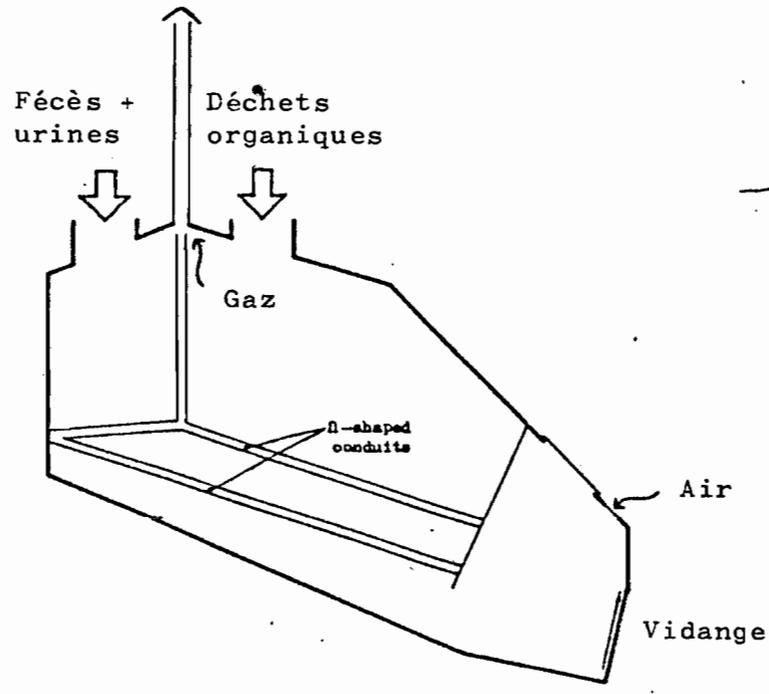
QUELQUES EXEMPLES DE LATRINES A COMPOST Ref. N°72



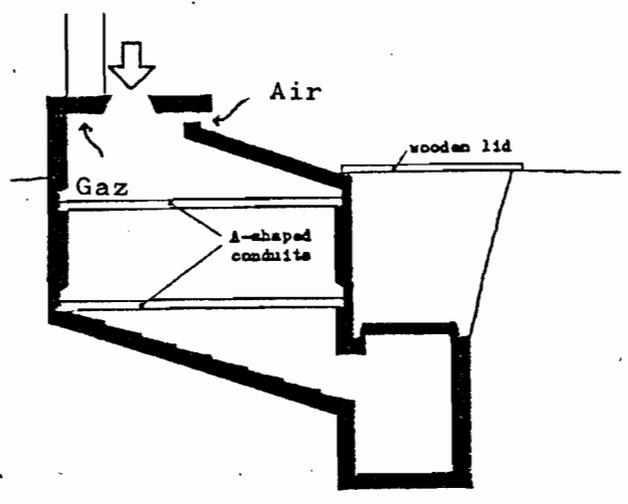
Les latrines vietnamiennes permettent d'éviter le mélange de l'urine aux fécès. (a) trou, (b) repose-pieds, (c) tranchée d'évacuation pour l'urine, (d) marche-pieds.



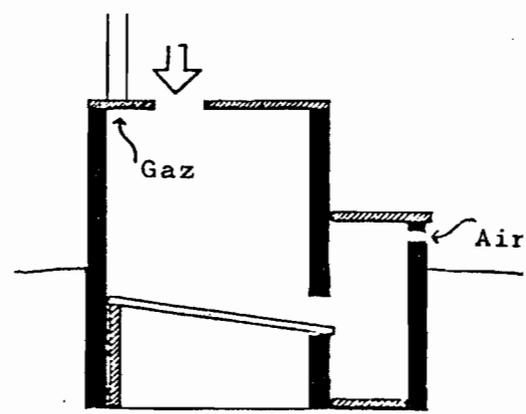
modèle Vietnamien



Modèle CLIVIUS



Modèle CADU A



Modèle CADU B

Figure N° 23

Unité de compostage pour les déchets ménagers et les fécès. CLIVUS - MULTRUM

Couvercle de la cheminée

Isolation

Cheminée de ventilation

Toilettes du premier étage

Chute des déchets biodégradables en provenance des cuisines

Siège

Canalisation vers les toilettes du premier étage

Système de solives

Section haute

Couvercle

Air chaud

Aération

Herbes Feuilles etc..

Section basse

Lit de bois ou d'autres matières (métal, graviers etc..)

Barrière de compost

295

65

22

100

108

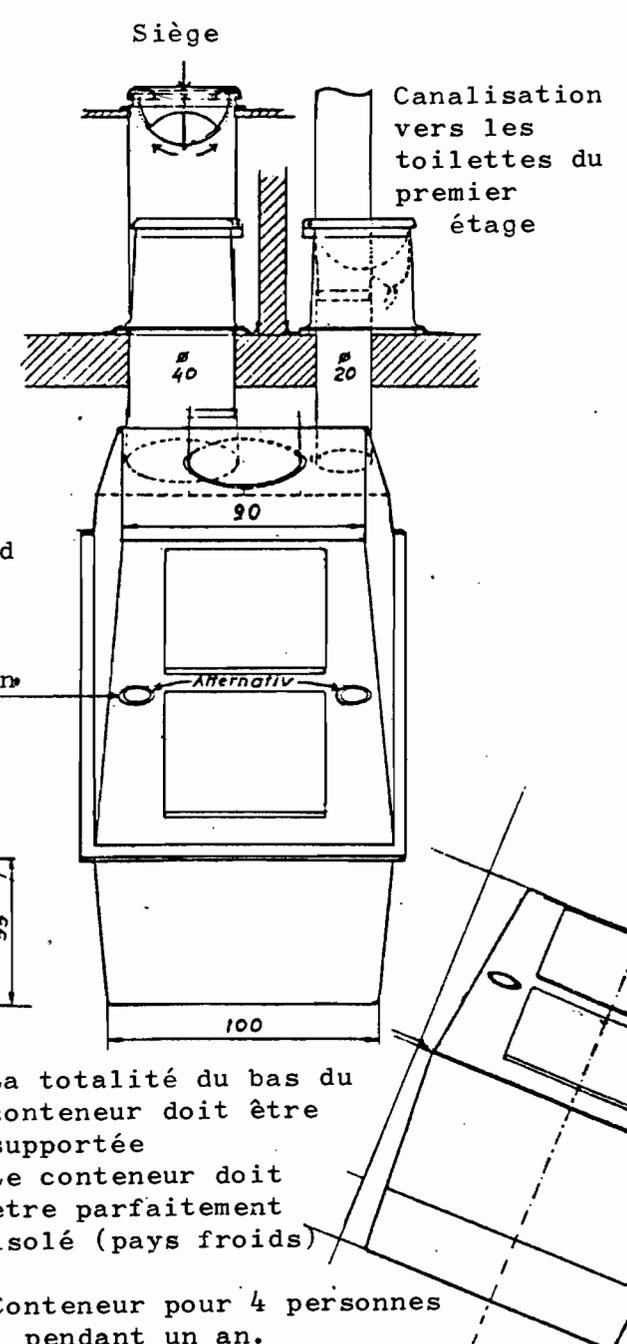
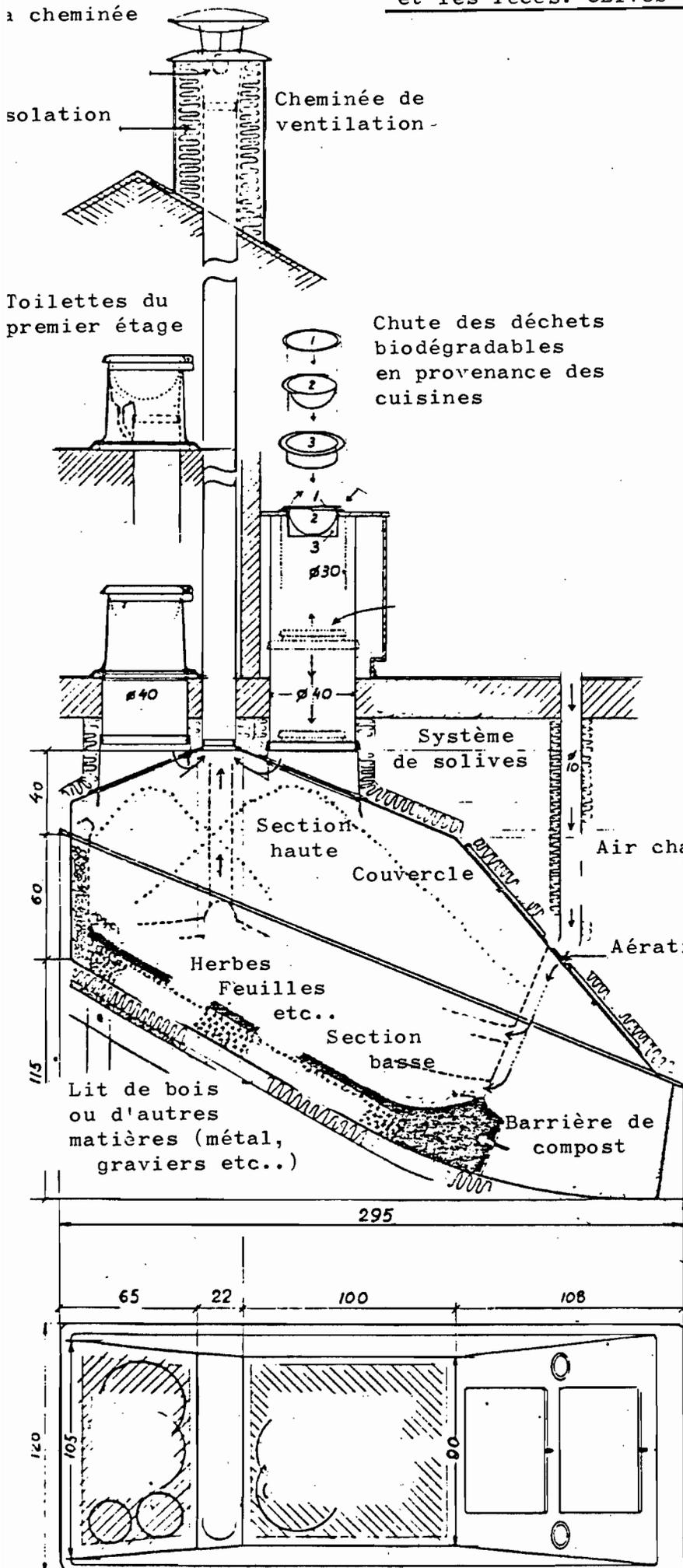
120

105

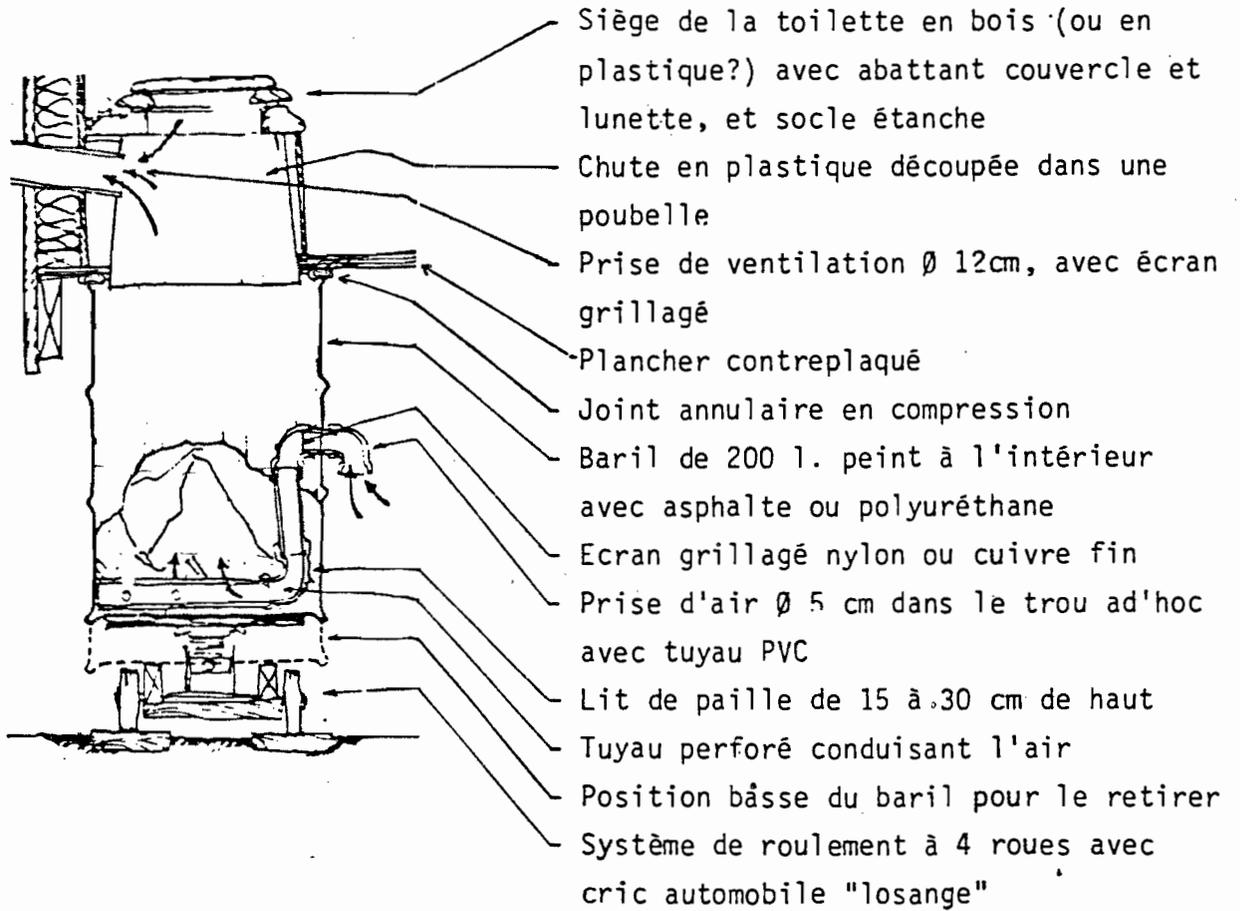
60

La totalité du bas du conteneur doit être supportée
Le conteneur doit être parfaitement isolé (pays froids)

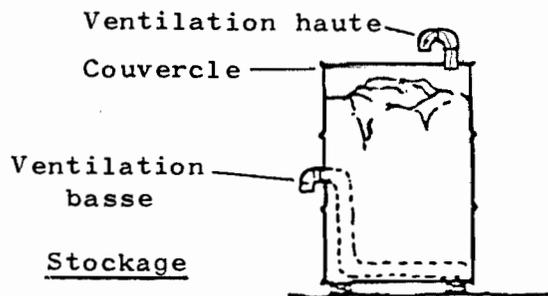
Conteneur pour 4 personnes pendant un an.



Latrines à barils d'après la référence N° 69



Durant la phase de stockage de 1 an, il faut remettre un couvercle sur le baril. Si l'on re-fixe le couvercle d'origine, on pourra utiliser le trou fileté de vidange pour faire passer le tuyau de ventilation.



Le baril pendant la phase de stockage

800.000 habitants non encore branchés au réseau abidjanais.

- La pollution d'origine ménagère transportées par les égouts, les caniveaux ou le ruissellement est réduite aux eaux grises, son traitement est ainsi facilité.

- La fraction la plus cruciale du problème des ordures ménagères est résolue par le compostage des produits biodégradables avec les excréments (déchets de cuisine, papiers, cuirs, cendres, feuilles...).

- Le compost, issu du procédé, a une haute valeur agricole. Son utilisation permettrait d'améliorer les propriétés de rétention en eau et éléments fertilisants des sols sableux, pauvres en humus, en argile, et fortement désaturés des sols de la basse Côte d'Ivoire (Réf. 11 et COMBEAU comm. pers.). Le compost issu de 100.000 habitants permettrait de fertiliser plus de 1.000 hectares de cultures.

- La généralisation du procédé permettrait de mettre au point un circuit de collecte de ce compost. Le gain, même faible, que l'utilisateur en retirerait, l'inciterait à bien entretenir sa fosse à compost.

Pour ces différentes raisons, il est souhaitable que ce système d'assainissement soit étudié et adapté aux quartiers populaires d'Abidjan.

2 - 4 - 4 - 3 - 4 L'usage du seau à la chinoise.

Le procédé le plus simple, et probablement le plus universel, est celui du seau dit "hygiénique". Sa vidange quotidienne, par les fenêtres, assortissait la promenade dans les rues du Moyen-âge européen d'un coefficient de haut risque. Utilisé ainsi, le système du seau ne règle pas les problèmes de santé publique et de pollution.

Les chinois l'utilisent de façon nettement plus efficace. Dans les grandes villes, (réf. 73) ils ont développé tout un système de collecte quotidienne par charrettes fermées, déchargées dans des champs d'épandage. Les produits sont alors compostés puis réutilisés en agriculture ou en aquaculture. La quantité de matières de vidange utilisée dans les étangs d'aquaculture chinois atteindrait 200 tonnes par hectare et par an. Le procédé, qui aurait posé quelques problèmes sanitaires avant 1949, a été salutairement amélioré depuis avec la maîtrise du compostage préalable. Il a permis un accroissement, paraît-il spectaculaire, de la fertilité des sols et de la production agricole et aquacole.

.../...

Notons que le procédé semble bien accepté en Chine populaire et à Taïwan, mais refusé ailleurs en Asie. A Taïwan, il existe même un marché noir des matières de vidange aux périodes de fortes demande (réf. 73).

Le contenu des seaux peut aussi être utilisé dans des digesteurs anaérobies familiaux ou collectifs et produire du méthane.

Ce procédé est incontestablement le moins onéreux. Correctement et ingénieusement utilisé, il peut ne pas produire de grosses nuisances. Il nécessite une très bonne organisation et discipline dont les chinois ont le secret. Il n'a pas été répandu ailleurs du fait de préventions culturelles face à son aspect désagréable, et également du fait de l'absence d'incitation à l'usage du sous produit en agriculture. Le fait que ce système existe et fonctionne bien quelquepart dans le monde mérite qu'on le considère comme une solution possible ailleurs.

2 - 4 - 4 - 3 - 5 Le traitement des eaux grises

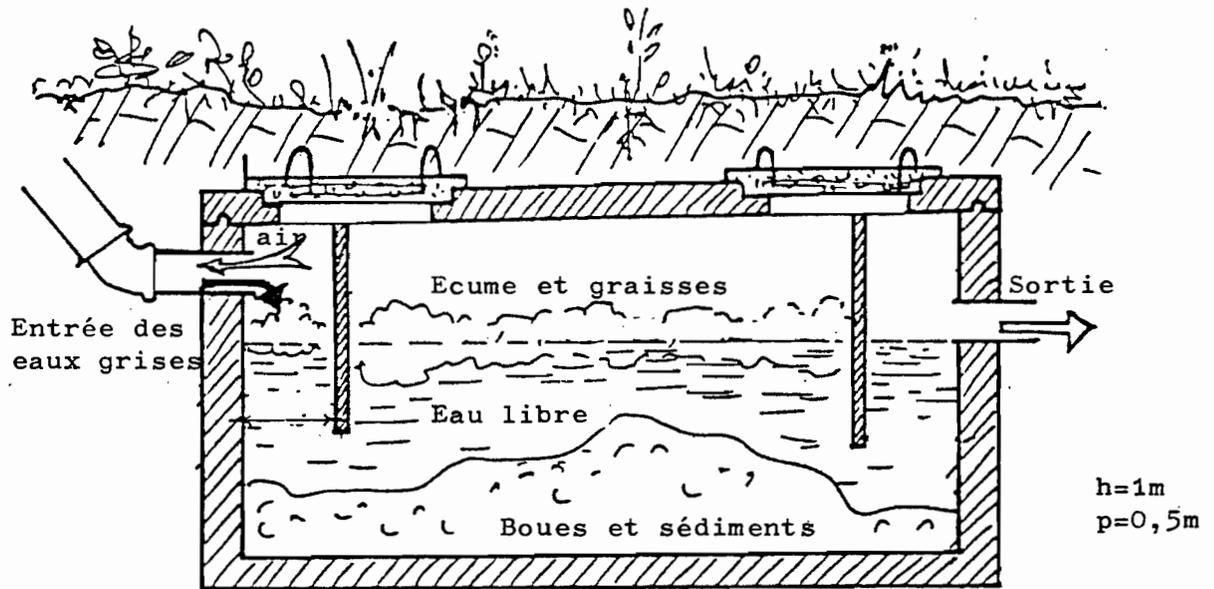
L'élimination ou le traitement des eaux noires ne résoud pas le problème des eaux grises.

Le volume des eaux grises, et la charge organique qu'elles représentent, augmentent considérablement avec le niveau de vie des populations. Ce volume est inférieur à 30 litres par habitant et par jour, dans les quartiers populaires d'Abidjan.

L'élimination de ces eaux grises peut être réalisée par l'intermédiaire d'un réseau d'eaux pluviales. Ce procédé expéditif ne peut être que provisoire compte tenu de l'accroissement de la population. En effet, si les eaux grises sont incontestablement moins dangereuses que les eaux noires, d'un point de vue sanitaire, elles n'en transportent pas moins chaque jour une charge organique équivalente (supérieure dans les quartiers aisés) à celle des eaux noires. D'où, à terme, le problème de la pollution organique des milieux récepteurs.

Une solution beaucoup plus élégante serait évidemment d'admettre les eaux grises dans un réseau séparatif d'eaux usées, et de les traiter par station d'épuration collective avant leur rejet dans le milieu récepteur. Mais nous nous plaçons ici dans une perspective réaliste de pénurie monétaire, où il faut faire provisoirement l'économie d'un tel réseau d'égout dans les quartiers périphériques les plus pauvres.

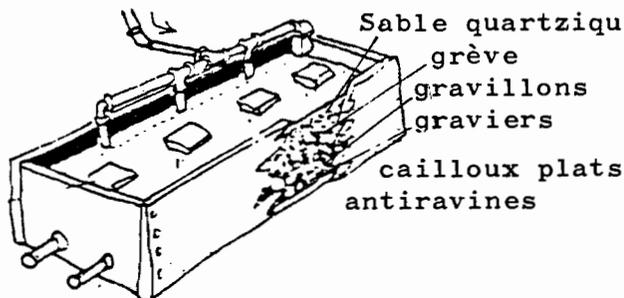
Il faut alors envisager un traitement à la source avant rejet dans le réseau d'eau pluviale. Ce traitement peut être réalisé à la sortie des habitations dans une boîte à eau grise familiale qui effectue dégraissage, dégrillage et décantation (fig 25). Le volume de cette fosse est de l'ordre de 1 m³ pour une famille de 4 à 8 personnes. (réf. 69).



Le volume total à prévoir est de l'ordre de 1 m³ non critique

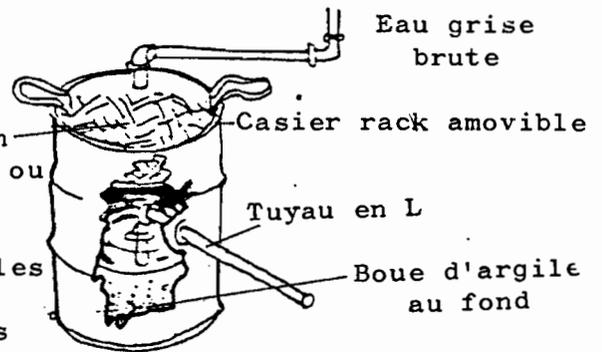
FOSSE A EAUX GRISES MENAGERES alliee à un compostage aérobie

Eau grise brute dégrillée



Filtre à sable lent horizontal à caisse en bois

Eau grise brute

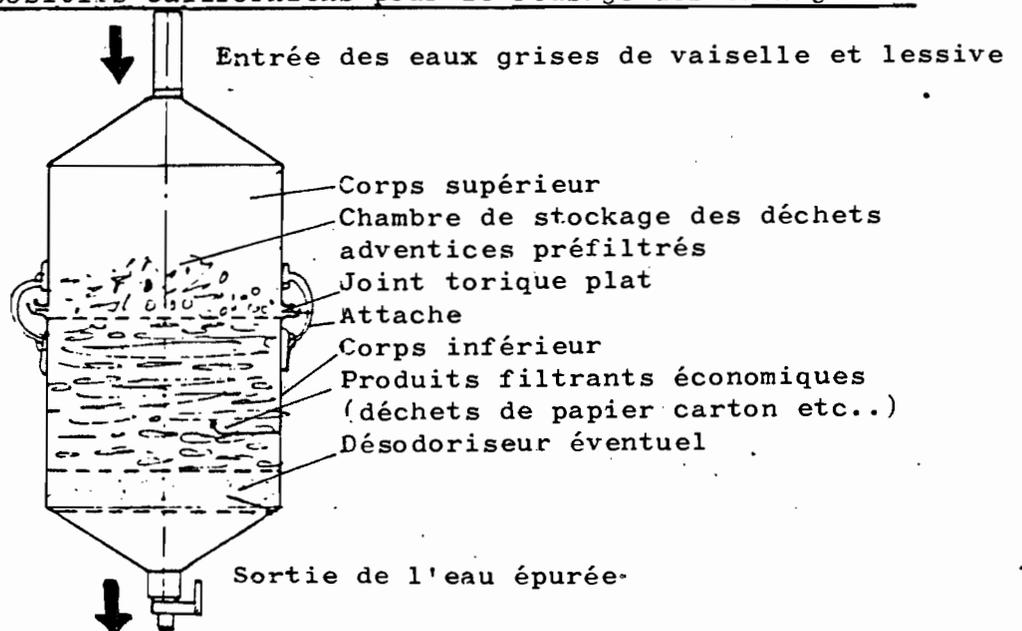


Préfiltre minimal

Deux dispositifs californiens pour le réusage des eaux grises

Adaptation du modèle

J. MULLER



La construction en matières plastiques ou en béton est simple. S'agissant d'un matériel destiné à des habitats pauvres, il devrait être réalisé par grandes séries, de façon standardisée et économique par les entreprises de la place. L'entretien d'une telle fosse est faible : un curage tous les 2 à 3 ans.

L'effluent de cette boîte peut alors rejoindre, sans danger sanitaire, le réseau d'eau pluvial ou un système d'épuration et d'évacuation par le sol.

L'absorption par le sol est possible en milieu urbain dispersé et là où la nature du sol (test de percolation) l'autorise (réf. 68). Ce système absorbant peut être :

- un plateau bactérien (onéreux)
- une tranchée filtrante,
- un lit absorbant,
- un puits absorbant.

Une distance de sécurité, déterminée par les essais de percolation doit être maintenue avec les puits ou les sources d'eau alimentaire non protégées.

On note que l'absence d'eau noire augmente considérablement la durée de vie (avant colmatage) de ces systèmes absorbants.

Le système d'épandage n'est certes pas idéal. Mais ne soyons pas hypocrites, il constitue une amélioration certaine vis à vis du procédé quasi général dans les quartiers pauvres d'épandage sur le sol de la cour, de la concession ou de la rue.

Là encore, l'utilisateur peut participer à la mise en place (terrassage), ce qui aurait pour effet d'abaisser sa charge financière. Cela nécessite des conseils et donc la mise en place d'éducateurs spécialisés, aspect qui sera abordé plus loin.

2 - 4 - 4 - 4 Les solutions alternatives semi-collectives

2 - 4 - 4 - 4 - 1 Position du problème

Nous nous plaçons toujours dans le cas de quartiers populaires, soit faiblement équipés (pas de réseau d'égout dans toutes les rues), pas de branchement d'eau individuel, réseau d'eau pluvial partiel dans les artères principales ou périphériques par exemple), soit carrément inorganisés et non équipés (habitat spontané).

La réalisation d'un équipement sanitaire semi-collectif, par groupe d'habitation ou par quartier doit alors être envisagée. Il permettrait d'abaisser sensiblement les coûts. Il semble

d'ailleurs être la seule solution dans le cas des populations des habitats spontanés économiquement très faibles et en outre très instables.

Au cas où le réseau d'égout et l'eau arrivent en un point de quartier à assainir, on peut envisager des toilettes collectives à chasse d'eau. Au cas où le réseau d'égout n'arrive pas au quartier, il faut envisager d'autres solutions : toilettes semi-collectives à sec, toilettes semi-collectives à méthane ou à vidange simple (toilettes semi-collectives à fosse fixe et épandage).

2 - 4 - 4 - 4 - 2 Blocs sanitaires à fosse fixe avec épandage souterrain ou connexion aux collecteurs

Comme il l'a été exposé dans les paragraphes précédents, les quartiers populaires et les zones d'habitat spontané doivent bénéficier d'un système d'assainissement particulier étant donné la double impossibilité de base résultant de critères économiques

- impossibilité d'implanter un système complet d'assainissement de type collectif (réseau aboutissant à une station d'épuration),

= impossibilité d'implanter un assainissement du type individuel familial (un cabinet d'aisance par habitation, avec compostage à sec ou fosse septique avec épandage souterrain).

Le système proposé ici fait partie du type semi-collectif, c'est à dire qu'il se compose d'un groupe de cabinets d'aisance, appelé : bloc sanitaire, dont peut bénéficier un certain nombre de familles habitant aux alentours.

2 - 4 - 4 - 4 - 2 - 1 Descriptif sommaire général

Il s'agit de mettre au point un bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance individuels (voir figures 26 à 30) destiné aux populations résidant dans des quartiers populaires ou à habitat spontané.

L'idée de base est de confier la responsabilité de chaque cabinet d'aisance à trois, quatre ou cinq familles, liées familialement ou amicalement, et résidant à proximité les unes des autres. On estime que trente personnes, par cabinet d'aisance, (enfants compris) constituent une limite à ne pas dépasser. Le chiffre de 20 pourra être considéré comme une moyenne valable.

Ce type de bloc sanitaire peut être mis en place :

- Dans des zones présentant des conditions d'hygiène particulièrement défavorables,

- Pour des habitants à faible ou très faible revenu,

- Dans des zones où l'eau courante peut être amenée sans dépense excessive .

- Dans des zones où :

- A - Soit un collecteur d'effluents passe à proximité et peut être atteint sans dépense exessive (fig.27 et 28)
- B - Soit le terrain bénéficie d'une perméabilité et d'un pouvoir autoépurateur suffisant pour installer un épandage souterrain (fig. 29 et 30)

Dans le premier cas, les effluents sont collectés à la sortie des cabinets par un tuyau en PVC Ø 200, et aboutissent gravitairement au collecteur principal. Dans le second cas, ils aboutissent à une fosse septique fixe placée sous le bloc sanitaire. Ils s'infiltrent ensuite dans le sol par l'intermédiaire de drains en PVC, Ø 200 et Ø 150, où ils percolent et s'épurent naturellement avant d'aboutir à la lagune ou à la nappe phréatique.

2 - 4 - 4 - 4 - 2 - 2 Descriptif technique

Le bloc sanitaire se compose :

- d'une partie comprenant 10 cabinets d'aisance et un couloir de visite,
- d'une installation de réception des effluents, située sous le bloc sanitaire
 - A - collecte des effluents par PVC Ø 200 ou béton
 - B - fosse septique fixe

2 - 4 - 4 - 4 - 2 - 2 - 1 Les cabinets d'aisance
fig. 26 à 30

Le bloc est composé de deux séries de 5 cabinets d'aisance, séparés par une travée centrale réservée à l'entretien et aux visites techniques et qui reste non accessible aux usagers.

Les dimensions de chaque cabinet sont :

- hauteur : 2,20 m
- longueur : 1,80 m
- largeur : 1,00 m Surface au sol : 1,80 m²

Les dimensions du couloir de visite sont :

- hauteur : 2,20 m
- longueur : 5,40 m
- largeur : 0,80 m Surface au sol : 4,32 m²

.../...

Assainissement Semi-collectif

Bloc sanitaire
300 usagers

PLAN DE MASSE DES RACCORDEMENTS

Echelle : 1cm = 1m.

Collecteur
de base
Ø 400

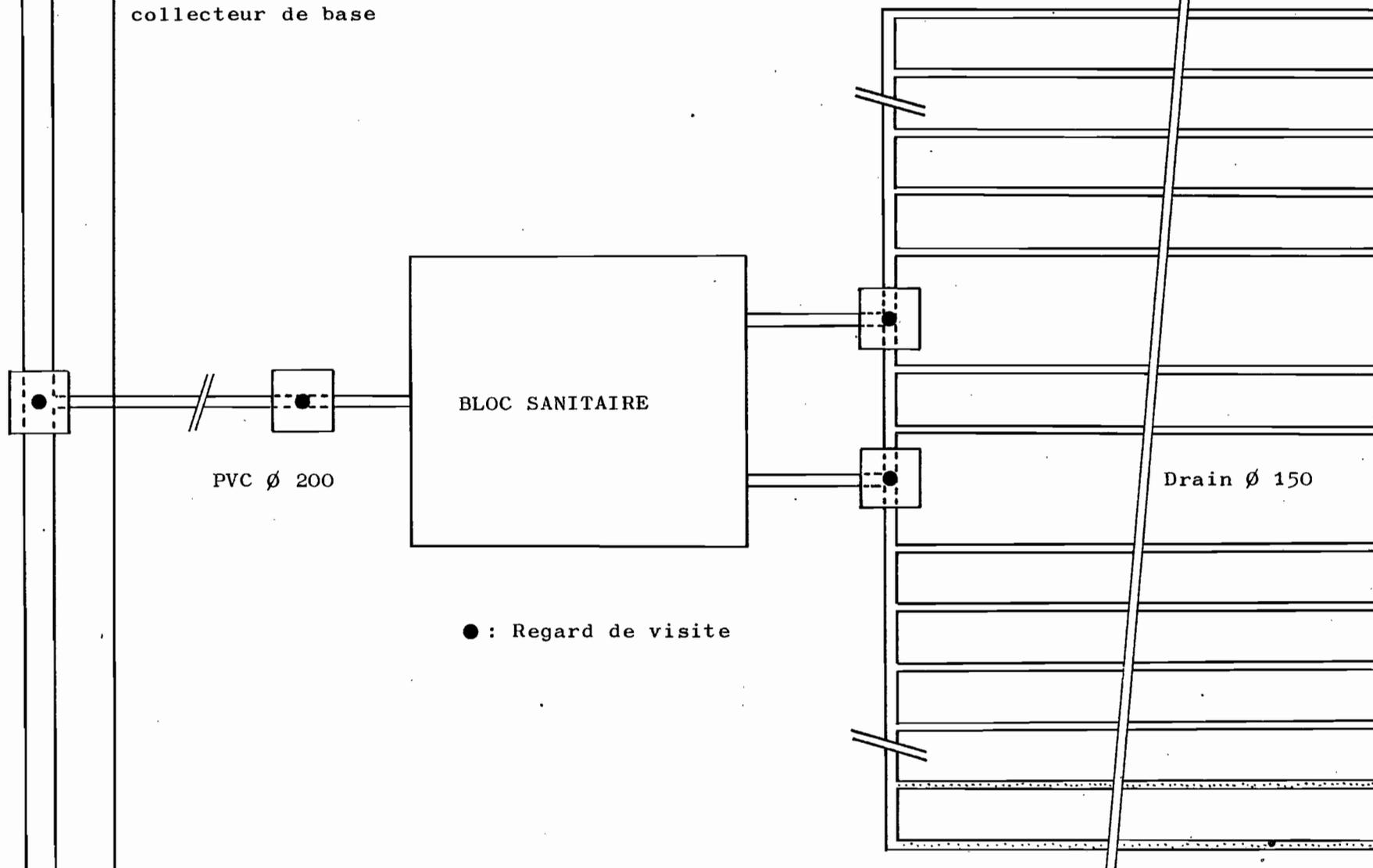
ROUTE

SYSTEME N°1

Raccordement au
collecteur de base

SYSTEME N°2

Epandage par drains



20 fois 15 mètres de drains

La dimension totale de la partie hors terre du bloc est la suivante :

- hauteur : 2,30 m
- longueur : 5,70 m
- largeur : 4,90 m Surface au sol : 27,93 m²

Le gros oeuvre est réalisé en unités agglomérées de largeur de 10 et 15 cm et crépi en ciment lisse.

L'intérieur des cabinets d'aisance est revêtu, pour les cloisons et les murs et sur une hauteur de 1,20 m, par des carreaux en faïence cuite émaillée de dimension 10 x 10 cm et pour le sol par des carreaux 10 x 10 cm, en grès plus solide que la faïence.

Les cabinets d'aisance sont du type "à la turque", émaillés, avec siphon large afin d'éviter les remontées d'odeurs et les obstructions.

L'arrivée d'eau est extérieure, sous pression et contrôlée dans la travée centrale par deux robinets d'arrêt et deux compteurs pour chacune des travées.

Dans chaque cabinet on trouve :

- Un bouton "presto" à poussoir, situé à une hauteur de 40 cm du sol destiné à actionner la chasse d'eau (5 litres à écoulement rapide).

- Un second bouton "presto" à poussoir, accompagné d'une sortie d'eau, situé à une hauteur de 140 cm du sol, destiné à pouvoir se laver les mains.

Ces deux boutons sont "incrustés" dans les parois du mur et ne dépassent pas du revêtement intérieur, afin qu'il ne soit pas possible, d'y accrocher un seau destiné à être rempli, ou à les démonter.

2 - 4 - 4 - 4 - 2 - 2 - 2 La fosse septique et les drains d'épandage

Dans le cas où aucun collecteur n'est accessible techniquement ou économiquement, il peut être intéressant d'installer sous le bloc sanitaire une fosse septique fixe.

Cette fosse (fig.29 et 30), pourra avoir les dimensions suivantes :

	Totale	Utile
- hauteur :	2,10 m	2,00 m
- longueur :	5,70 m	5,40 m

.../...

- largeur : 4,90 m 4,60 m
- volume : 58,60 m³ 49,70 m³
- hauteur d'eau maximale : 1,50 m
- Volume d'effluent stockable : 37,3 m³

Ce volume est largement suffisant pour une capacité du bloc sanitaire de 300 usagers. On dimensionne habituellement les fosses septiques sur la base de 100 litres par usager.

Cette fosse pourra être vidangée et visitée par l'intermédiaire de deux trappes situées dans la travée centrale. Une aération haute de la fosse est prévue et indispensable.

En ce qui concerne les drains d'épandage, la norme généralement admise est, pour des drains en P.V.C. Ø 150, de 5 mètres linéaires de drain par usager.

Cependant, ce calcul est effectué sur la base d'une chasse d'eau de 20 litres d'eau; dans le cas présent un linéaire de 1 mètre de drain par usager semble suffisant, ce qui correspond à une longueur de 300 mètres.

Il sera nécessaire, si le système est expérimenté, de prévoir une augmentation de la longueur des drains si le colmatage du système est constaté.

Comme il l'est indiqué sur la figure n° 26, les deux collecteurs doivent être raccordés et deux regards de visite mis en place.

Les drains, en P.V.C. doivent être enterrés à la plus faible profondeur possible en garantissant cependant leur sécurité à l'écrasement. Une profondeur de 50 à 80 centimètres conviendrait si on ne compte pas creuser de fondations d'habitation ou tout autre ouvrage sur la surface drainée.

La fosse, ne recevant que des eaux noires et non des eaux ménagères, devra être vidangée au moins tous les 10 ans, mais en usage courant intensif, une vidange complète tous les 5 ans est préférable. L'entretien courant peut être estimé à quatre heures de travail hebdomadaire pour une seule personne.

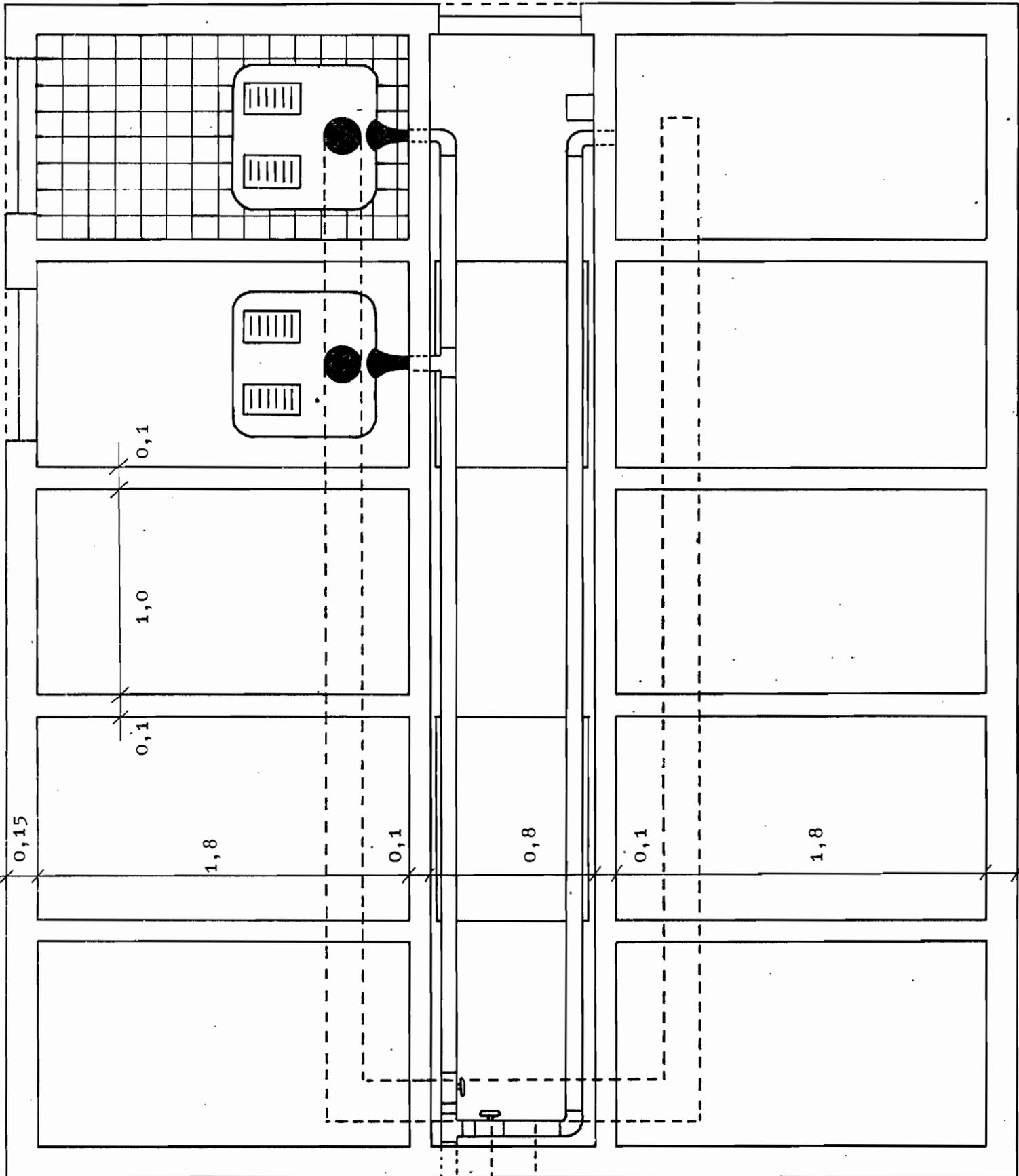
Les frais de fonctionnement sont donc très minimes.

.../...

Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance
avec rejet des effluents par collecteur.

VUE EN PLAN

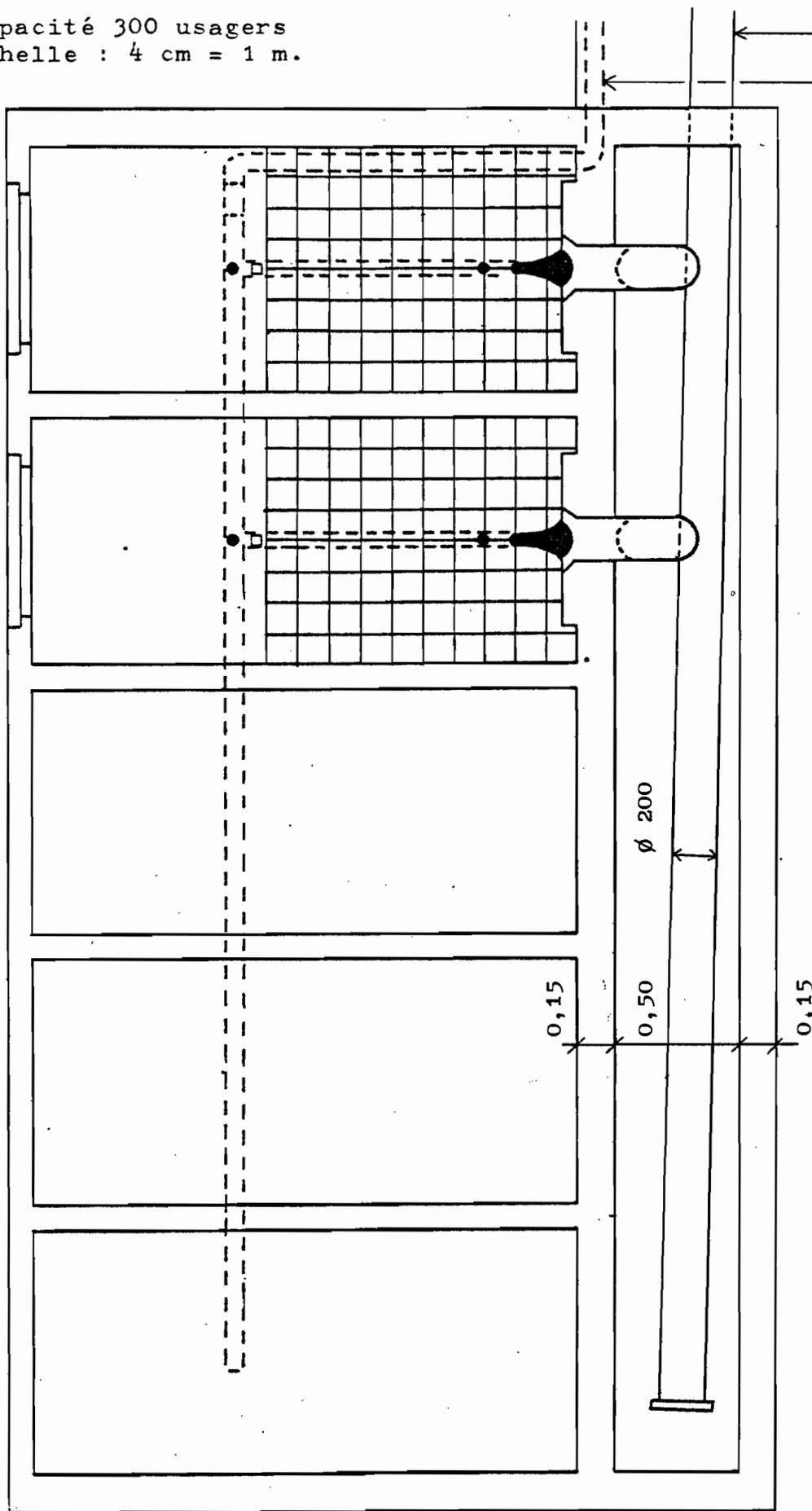
Capacité 300 usagers - Echelle : 4 cm = 1 m.



Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance avec collecte des effluents par canalisation.

VUE DE FACE

Capacité 300 usagers
Echelle : 4 cm = 1 m.



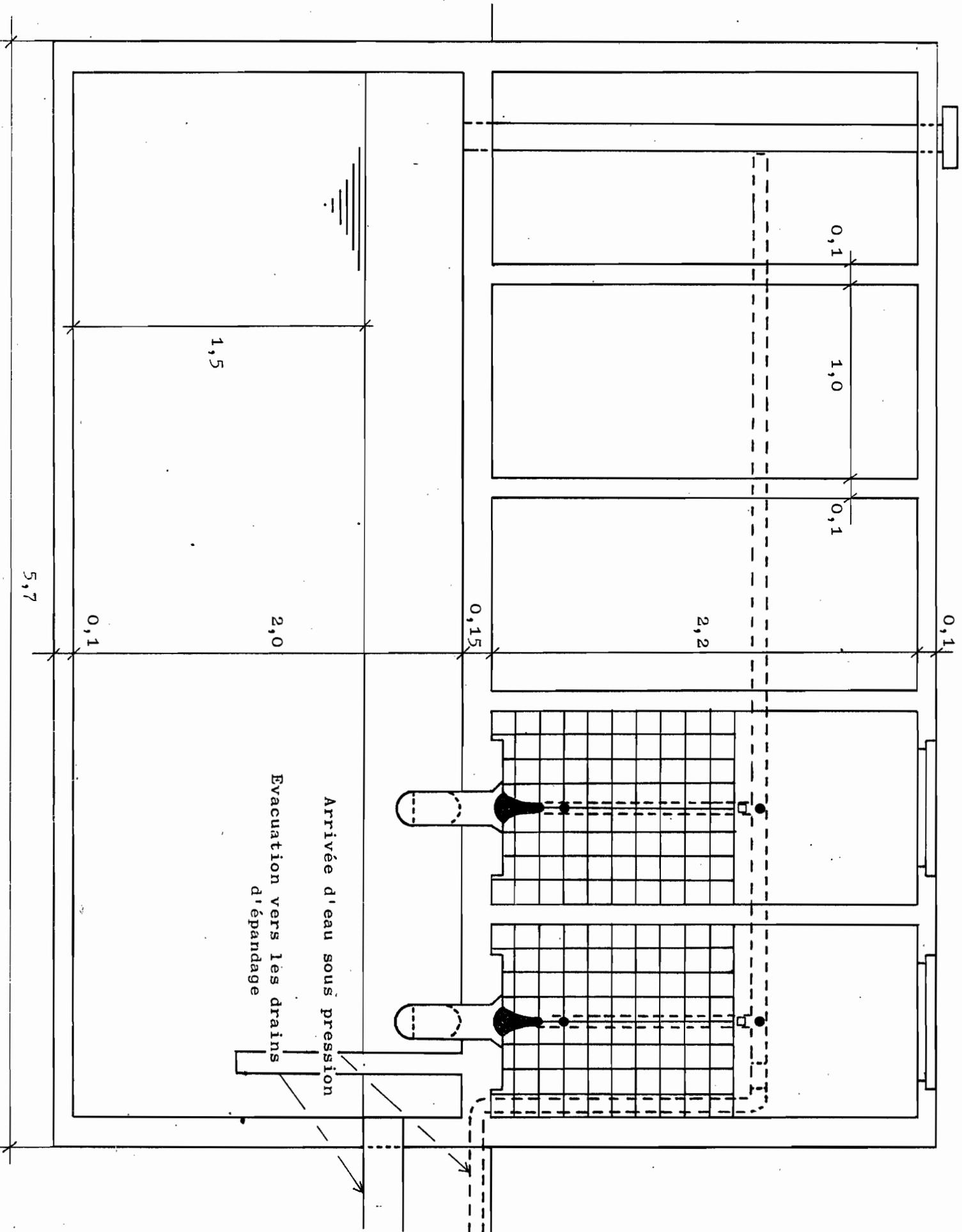
Arrivée d'eau sous pression
Evacuation vers le réseau de collecte

Les caractéristiques sont les mêmes que celles de la figure N° à l'exception de celles de la fosse de réception.

Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance
à fosse septique fixe et rejet par épandage

VUE DE FACE

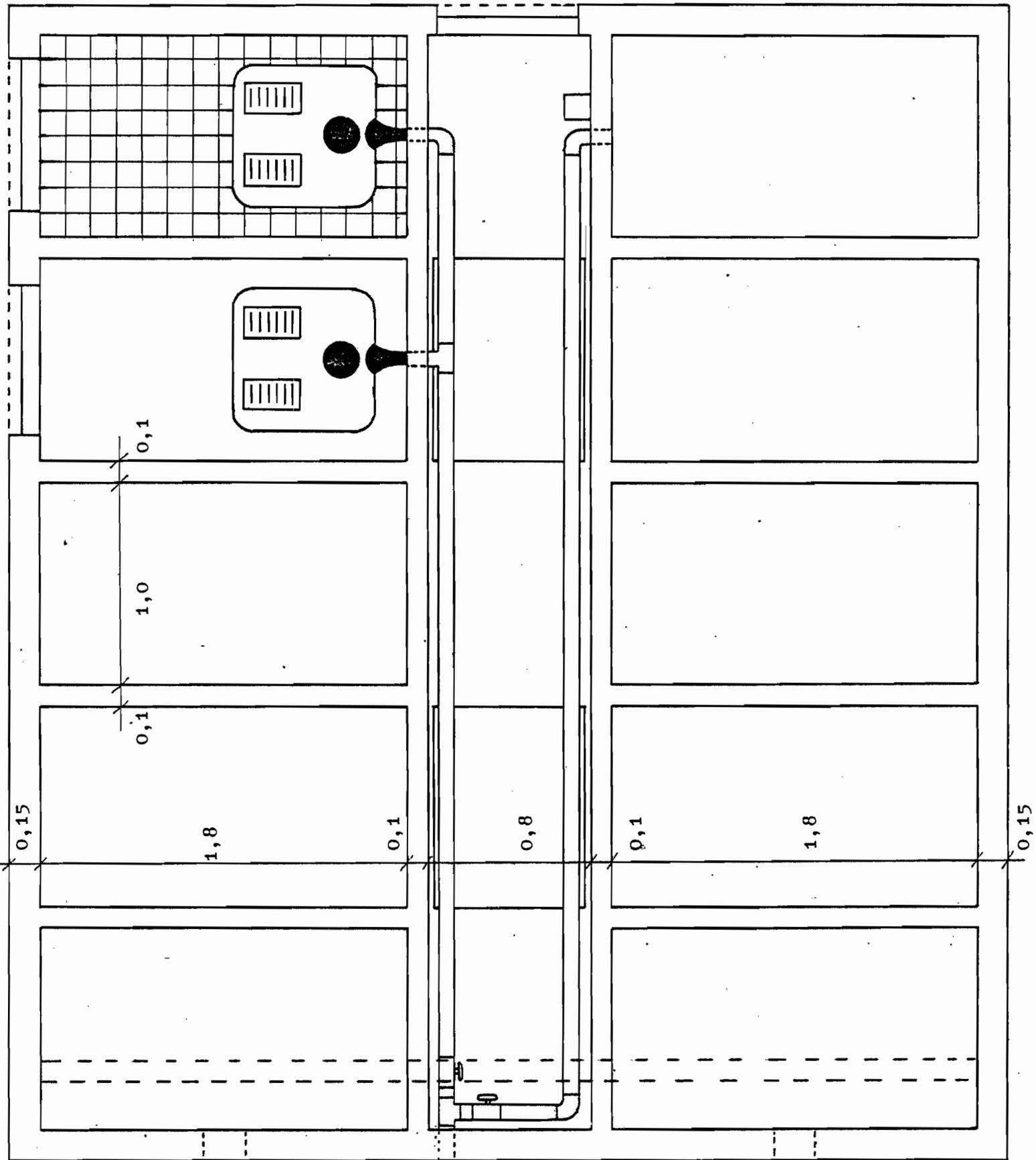
Capacité. 300 usagers - Echelle : 4 cm = 1 m.



Bloc sanitaire comprenant 10 cabinets d'aisance
à fosse septique fixe et rejet par épandage

VUE EN PLAN

Capacité 300 usagers - Echelle : 4 cm = 1 m.



2 - 4 - 4 - 4 - 2 - 2 - 3 - Le rejet au collecteur de base

Si un collecteur de base se situe à distance raisonnable du lieu d'implantation du bloc sanitaire, il sera possible de raccorder les effluents de ce dernier sur le collecteur, à condition que la pente nécessaire à l'écoulement gravitaire des eaux puisse être obtenue.

Il sera alors nécessaire (Figures n°27 et 28) d'installer :

- 2 collecteurs (P.V.C. Ø 150) sous les siphons des cabinets d'aisance,
- 1 collecteur (P.V.C. Ø 200) partant des deux collecteurs initiaux et aboutissant à un regard,
- 1 regard de visite situé à proximité du bloc sanitaire,
- 1 canalisation (P.V.C. ou béton Ø 200) gravitaire du regard de visite à la canalisation de base (Ø400.),
- 1 regard de visite sur la canalisation de base.

La fosse septique est alors inutile, et doit être remplacée par une fosse aux dimensions plus réduites où seront installés les tuyaux sous les syphons.

Les coûts du génie civil sont donc amoindris par rapport à la solution I.

Il est important de pouvoir effectuer à partir de la fosse des réparations sur les syphons, les dimensions de celle -ci doivent donc être appropriées et d'une hauteur jamais inférieure à 50 cm.

2 - 4 - 4 - 4 - 2 - 3 - Conclusions

Les deux dispositifs proposés peuvent constituer une solution intéressante pour résoudre les problèmes d'assainissement des quartiers populaires et des zones à habitat spontanés.

.../...

Il y a cependant des conditions dont le respect implique la possibilité, l'intérêt et la rentabilité de l'opération :

- . La zone ne doit être destinée à court ou moyen terme, à une autre utilisation,
- . L'adduction d'eau doit être possible,
- . La population doit être contactée avant tout essai, une étude sociologique doit être effectuée,
- .. Dans le cas où un réseau de collecte ne peut être atteint, une étude sur la perméabilité du terrain doit être effectuée.

En l'occurrence :

Il est proposé l'essai dans deux zones distinctes du système défini ci-dessus.

- Une zone à habitat spontané avec épandage souterrain,
- Une zone d'un quartier populaire avec raccordement au collecteur de base.

2 - 4 - 4 - 4 - 3 Les latrines à compost

2 - 4 - 4 - 4 - 3 - 1 Principes communs de conception

Une latrine aérobie bien conçue est

- inodore
- inaccessible aux insectes et aux enfants
- étanche vis à vis du sol
- correctement aérée
- aisément vidangeable

Il en résulte un certain nombre de principes communs de conception :

- Une cheminée de ventilation haute débouchée au dessus du nez de l'utilisateur et à fortiori au dessus du trou, ou du siège, de remplissage, à travers lesquels elle assure un appel d'air, y interdisant tous passages d'émanations nauséabondes,

.../...

- Le siège, ou le trou de remplissage, sont munis d'un système de fermeture étanche en période de non utilisation.

- L'aération est assurée en permanence par une entrée d'air en partie basse de la fosse. L'air circule au travers de la masse en décomposition entre cette entrée d'air et la cheminée d'aération.

- L'entrée d'air basse et la cheminée d'aération sont munies de grilles interdisant le passage des insectes.

- La fosse est en béton ou en matières plastiques, le fond peut parfois être constitué par un filtre, type filtre à sable, si la nature du sol le permet.

- Une trappe permet une vidange pratique, et éventuellement, la visite en cours de fonctionnement.

- Le volume est étudié pour permettre un échauffement de la masse. L'ensemble est isolé en pays froid pour éviter les déperditions de chaleur.

2 - 4 - 4 - 4 - 3 - 2 Différents types de latrines à compost

WINBLAD, expert de l'OMS, recense 25 types de latrines à compost classées en 4 catégories (réf. 72).

- . discontinues
- . alternatives
- . continues
- . compactes à rechauffage

Les latrines à compost discontinues qui nécessitent la construction d'une nouvelle latrine lorsque la précédente est pleine, ne sont pas adaptées à un environnement urbain.

Les latrines de type alternatives ont deux fosses utilisées alternativement pendant 4 à 8 mois. Ce n'est donc qu'un compost mûr ayant perdu son odeur désagréable et ses bactéries pathogènes qui est évacué. Un compostage complémentaire de sécurité est cependant recommandé avant l'utilisation agricole.

Les latrines vietnamiennes sont de ce type (Fig.22). Le taux d'humidité dans les fosses est réduit grâce à une rigole placée en face du trou, afin d'évacuer les urines. Grâce à l'absence d'urine, quarante cinq jours suffiraient à préparer un engrais agricole.

.../...

Le système utilisé depuis les années 50 a été largement répandu au Nord Vietnam, six cent mille tonnes d'engrais organiques seraient ainsi produites dans l'ensemble du pays chaque année.

Ce modèle n'est pas intéressant sans adaptation. L'évacuation des urines se fait à part. Leur élimination par évaporation, facile sous climat tropical, pose un délicat problème d'odeurs. Leur élimination par infiltration à travers le sol peut poser un problème de pollution de la nappe d'eau. En outre, avec 85 % de la valeur fertilisante (en terme d'azote), les urines doivent être si possible récupérées.

D'autres latrines de type alternatif sont dérivées du modèle vietnamien. Certaines (Biopot, Surr toa) prévoient l'élimination des urines par infiltration dans le sol après passage dans un filtre. La maintenance de ce filtre peut poser des problèmes dans un milieu technologiquement peu développé.

L'élimination du taux d'humidité excessif, du fait de la présence des urines, nous paraît devoir être réalisée par une ventilation correcte.

Les latrines à compost continu

Elles sont toutes plus ou moins dérivées du modèle Clivius, inventé et perfectionné par les ingénieurs suédois T.LYSELL et R.LINDSTROM (fig. 22 et 23). Les dépôts frais sont déposés en haut d'un plancher incliné, le long duquel ils glissent lentement, tandis qu'ils se décomposent. Le compost mûr est évacué au fur et à mesure de sa formation, par une trappe située en partie basse. L'excès d'urine est séparé de la masse en décomposition par écoulement vers le point bas où il s'évapore. Une aération correcte est obtenue par un réseau de gouttières, en forme de U renversé, reliées à une cheminée d'aération. Un système de siège commandant un clapet d'ouverture évite toute vision des matières déposées.

Le rapport C/N optimum est obtenu par mélange des ordures ménagères biodégradables, qui y sont jetées au travers d'un vide ordure. Cette latrine d'un volume de 3.600 litres convient à une famille de 4 à 10 membres. Elle est construite en matière plastique ou en fibre de verre. C'est probablement la latrine à compost la plus performante du marché. Elle est légalisée en Suède et aux Etats Unis.

Son principal inconvénient est son coût élevé (environ 500.000 F/CFA). Notons cependant que ce système de traitement des excréments humains nécessite un investissement total (achat et installation) du même ordre de grandeur que celui utilisant la fosse septique, avec en outre une supériorité indéniable dans trois domaines : élimination des eaux vannes, élimination des ordures ménagères biodégradables et production d'un engrais agricole. Le coût du système peut être réduit par une fabrication sur place en grande série.

D'autres toilettes, basées sur le même principe, ont été proposées. C'est le cas de la CADU A (fig.22) proposée dans un programme de développement en Ethiopie. Le modèle CADU B (fig.22) est encore plus simple.

La toilette à baril est proposée par les américains. La fosse est constituée d'un baril de 200 litres, universellement répandu pour le stockage des huiles et des hydrocarbures. Son prix de revient, très bas, devrait se situer en dessous de 50.000 F.CFA. Le schéma extrait de la référence 69 est fourni pour montrer que l'astuce peut suppléer la pénurie monétaire (fig.24).

Les modèles compacts

Signalons également que de nombreux modèles de toilette à compost sont miniaturisés et commercialisés, la plupart par des suédois et des norvégiens. Ils peuvent être utilisés en immeubles, mais leur complexité (ventilateur, broyeur, résistance chauffante) ne les rend pas adaptés à l'assainissement des quartiers populaires d'Abidjan.

Signalons aussi pour l'anecdote qu'il existe des solutions onéreuses permettant de bénéficier du confort des toilettes à chasse d'eau et de l'efficacité écologique du compostage. Il s'agit de toilettes à chasse de liquide réutilisable.

2 - 4 - 4 - 5 L'éducation et la participation populaire

2 - 4 - 4 - 5 - 1 L'éducation sanitaire

L'assainissement, pris au sens large du terme, inclut un enseignement de l'hygiène. Les avantages de latrines bien conçues sont, par exemple, nettement réduits lorsqu'on laisse stagner aux abords de la pompe à eau des flaques d'eau qui sont de véritables bouillons de culture de germes pathogènes, lorsque les sources d'eau potable sont souillées par des ordures, ou bien lorsque l'eau est transportée ou stockée dans des récipients sales ou mal protégés. (réf.75)

Assainissement signifie aussi acquisition d'habitudes saines en ce qui concerne l'hygiène personnelle et le lavage des vêtements et des ustensiles ménagers.

Cette éducation sanitaire peut passer par les écoles primaires et secondaires, par les centres de protection maternelle et infantile et par les comités d'entreprise. Nous savons que cette éducation existe en Côte d'Ivoire, les méthodes employées peuvent certainement être améliorées. Les enseignants, les infirmiers, les sages-femmes et les animateurs de groupes sociaux doivent recevoir une véritable formation pédagogique, les préparant à mieux faire passer ces notions d'hygiène fondamentale.

.../...

Il faut aussi prévoir la formation d'agents sanitaires, spécialisés dans les problèmes de l'eau. Au Zaïre, le premier centre permanent des personnels chargés de l'eau a formé 2.000 agents au cours de ses premières années de fonctionnement (réf. 75). Une des tâches prioritaires de ces agents sanitaires doit être de faire prendre conscience aux citoyens des rapports qui existent entre leur santé, l'eau et l'assainissement.

2 - 4 - 4 - 5 - 2 La participation populaire a son assainissement.

Les usagers de l'assainissement familial ou collectif ne doivent pas être traités en tant que consommateurs irresponsables. Ils doivent être informés et participer. A cet effet, les agents sanitaires pourraient conseiller les populations pour qu'elles prennent en main leur assainissement par la construction (ou au moins la pose) de systèmes familiaux ou semi collectifs.

Ils pourraient aider les usagers à bien entretenir ces systèmes.

Il n'est sans doute pas indispensable que ces agents sanitaires aient une formation générale poussée. Le niveau du B.E.P.C. ou même du certificat d'étude devrait suffire. Par contre, ils devraient recevoir une formation complémentaire sur les problèmes de l'eau, de l'assainissement et de leurs implications sanitaires. Il serait, à notre avis, souhaitable qu'ils soient des hommes ou des femmes de terrain, n'ayant pas honte de " retrousser les manches " pour donner l'exemple.

Il pourrait être prévu un agent sanitaire par quartier, ou par groupe ethnique dans chaque quartier. Il est indispensable que l'agent soit bien accepté et compris de la population. A cet effet, il serait souhaitable que l'agent soit issu du quartier ou du groupe ethnique dont il s'occupe, selon les moeurs locales.

2 - 4 - 4 - 5 - 3 La prise en compte des moeurs locales

Il est indispensable de prendre en compte les moeurs locales avant de choisir une solution d'assainissement. Tel procédé peut être accepté alors que tel autre peut être rejeté. Les moeurs locales permettent-elles seulement de mentionner l'évacuation des matières fécales ? Il est nécessaire que soit effectuée une enquête sur les croyances et comportements des différentes ethnies, groupes religieux et couches sociales, en rapport avec l'eau et l'assainissement. Il est nécessaire que les planificateurs du développement tiennent compte du résultat de cette enquête, s'ils veulent que leurs projets soient couronnés de succès et pleinement mis à profit.

.../...

2 - 4 - 4 - 5 - 4 Aide du Comité Directeur des Nations Unies.

Les représentants du PNUD en Côte d'Ivoire doivent pouvoir orienter les responsables de l'environnement et de l'assainissement vers le Comité Directeur des Nations Unies pour la décennie de l'eau. Ce Comité, qui regroupe neuf organisations internationales (le PNUD, l'OMS, l'Unicef, la Banque mondiale, l'OIT, la FAO, l'Unesco, le PNUE et l'Habitat) est chargé de promouvoir la coopération avec les gouvernements. Il aide à harmoniser les projets avec les fonds qui leur sont destinés, favorise les échanges de renseignements techniques entre pays et contribue à la conceptions de plans globaux de développement.

Références

- 64 DALE J.T., 1979 - World Bank shifts focus on third world sanitation projects. J. Water Pollut. Control. Fed. , , : 662 - 665.
- 65 ANNAN C.K. and A.M. WRIGHT, 1976 - Marine waste disposal in Ghana - Water quality evaluation - Paper prepared for the regional expert committee on wastes disposal, Brazzaville, 25-29/10/76 - 7 p.
- 66 GOTAAS H., 1956 - Composting : Sanitary disposal and reclamation of organic wastes. Word health organization, Geneva, monograph series, n° 31.
- 67 ALOZY C. 1977 - Thèse faculté de pharmacie - Univ. Montpellier I in réf.
- 68 ANONYME, 1981 - Assainissement individuel - cahier technique de la Direction de la Prévention des Pollutions, n° 5, 72 p.
- 69 LE CHAPPELLIER P. , 1969 - L'eau, le recyclage et l'énergie. l'Affranchi n° spécial, 124 p.
- 70 WINNEBERGER J.H.T. 1974 - Manual of Greywater Treatment Practice Ann Arbor Sci. ed., 102 p.
- 71 DUCELLIER G. et F. SAUZE, 1976. Le méthane biologique collection Cléode, Montpellier, France 35 p.
- 72 WINBLAD U., 1977 - Compost latrines IRCWD News, n° 12, 11 p.
- 73 EDWARDS P., 1979 - A review of recycling organic wastes into fish, with emphasis on the Tropics. Aquaculture, 21, pp 261 - 27
- 74 PERRAUD A., 1971 - Les sols ; in : le milieu naturel de la Côte d'Ivoire - Mémoires ORSTOM n° 50, pp 267 - 391.
- 75 ANONYME, 1981 - L'eau de la santé - Forum du développement ; Genève, Suisse ; n° 77 pp 7 - 8.

Conclusion du § 2-4-4

Selon les Perspectives Décennales pour Abidjan (P.D.A.), la population d'Abidjan, non assainie, va augmenter et atteindre 1,7 million d'ici 1990.

Le système d'assainissement classique " toilette à chasse d'eau, égout, station d'épuration " est onéreux, gaspilleur d'eau, destructeur des milieux aquatiques, non écologique, long à mettre en oeuvre, technologiquement exigeant et pas dans les moeurs locales traditionnelles. Il n'est pas adapté aux habitats pauvres et spontanés d'Abidjan.

Les avantages et inconvénients d'autres systèmes d'assainissements individuels sont examinés. Certains, liés à l'utilisation de la chasse d'eau, produisent des eaux noires (eaux vannes) sans les traiter (fosses d'aisances vidangeables) ou en les traitant (fosses septiques, cuves à fermentation méthanique). D'autres ne produisent pas d'eaux noires et résolvent le problème des égouts, du traitement par stations d'épuration conventionnelles et du rejet dans les milieux naturels ; ce sont les toilettes à sec, ou à compost. Ce procédé résoud également le problème crucial, dans certains quartiers d'Abidjan, des ordures ménagères fermentescibles. L'usage du seau " à la chinoise " est aussi examiné comme la solution la plus économique.

Les eaux grises des systèmes sans eau noire devraient pouvoir rejoindre le réseau d'eaux pluviales après passage dans une " boîte familiales à eaux grises ". Les possibilités d'épandage en sous-sol doivent aussi être examinées.

La valeur des sous-produits de certains de ces systèmes alternatifs (biogaz, engrais agricole ou piscicole) ne doit pas être sous estimée. Elle peut inciter les utilisateurs à un bon entretien de l'appareillage.

Les toilettes semi collectives peuvent être mises en place sous forme de groupes sanitaires de 10 cabinets d'aisance. Elles nécessitent une arrivée d'eau à proximité mais pas obligatoirement la présence d'un collecteur d'eaux usées. Cette

.../...

solution peut être expérimentée rapidement dans certains quartiers populaires d'Abidjan.

L'éducation sanitaire populaire sans laquelle tout programme d'assainissement perd de son efficacité, doit bénéficier d'une priorité élevée. Des éducateurs sanitaires doivent être formés.

La standardisation, la production de masse du matériel et la participation de la population à sa pose et à son fonctionnement doit permettre d'abaisser le coût des systèmes d'assainissement individuels ou semi-collectifs.

Les moeurs locales de chaque couche sociale et de chaque ethnie doivent être prises en compte dans le choix des solutions.

2 - 5 Propositions d'ordre économique et administratif

Les propositions suivantes forment le parallèle indispensable aux propositions techniques exposées au paragraphe 2 - 4.

Contrairement à ces dernières, dont la prise en compte peut être globale et rapide, les propositions d'ordre économique et administratif nécessiteront obligatoirement une adaptation, plus ou moins poussée, au contexte ivoirien. Aucune d'entre elles ne remettent en cause le système actuel de fonctionnement des opérations d'assainissement et plus généralement de la protection de l'environnement, mais elles constituent des modifications, plus ou moins importantes, de la gestion présente, économique et administrative, de ces problèmes.

2 - 5 - 1 Propositions d'ordre économique

Le but essentiel de ces propositions est de permettre, aux responsables de la protection de l'environnement, et de l'assainissement, de disposer d'un fonds national destiné à financer, en totalité ou non, des opérations particulières à caractère exceptionnel et exemplaire.

2 - 5 - 1 - 1 Evolution du prix de l'eau

Le prix de l'eau (voir tableau IV) varie de 92 à 224 F CFA/m³, en ce qui concerne les tranches tarifaires et de 26 à 54 F CFA/m³ pour les prélèvements directs en eau profonde.

La consommation moyenne annuelle des établissements industriels est de 13 millions de m³, celle des particuliers étant supérieure à 48 millions de m³.

La présente proposition a pour but de modifier la surtaxe d'assainissement et de créer une taxe nouvelle qui alimentera le Fonds National pour la Protection de l'Environnement.

Il est proposé :

- d'instituer la surtaxe d'assainissement sur la totalité des particuliers consommateurs d'eau, exception faite des appareils publics, en distinguant si l'habitation en question est raccordable ou non à un réseau d'assainissement, et dans le cas positif si elle y est raccordée.

En effet, l'assainissement étant un service public, il semble cohérent de ne faire payer la surtaxe correspondante qu'aux consommateurs qui bénéficient de ce service public.

.../...

Les habitants, dont les eaux vannes ne peuvent être raccordées à un système de collecte, semblent déjà suffisamment défavorisés par ce simple fait, et ne devraient ainsi pas participer financièrement à la construction de réseaux dans d'autres quartiers.

- de distinguer l'utilisation industrielle des eaux, en adaptant la surtaxe d'assainissement aux conditions de traitement et de rejet des effluents provenant de ces établissements.

L'industriel serait dans tous les cas soumis à une surtaxe minime.

Cette taxe, serait majorée dans le cas d'un rejet direct en lagune des effluents de l'industrie. Elle serait, par contre, minorée dans le cas où l'établissement se dote d'un système performant de dépollution de ses effluents.

- d'instituer une faible surtaxe destinée à alimenter le Fonds National pour la Protection de l'Environnement.

Cette surtaxe serait fixe pour les industriels et variable pour les particuliers, suivant leur niveau de vie et le degré de viabilité de leur zone d'habitation.

Le tableau n°XXVIII résume toutes ces propositions.

Il est bien évident que ces propositions doivent être adaptées et certainement modifiées. Il semble cependant que l'idée de distinguer pour les particuliers la possibilité de raccordement aux réseaux et pour les industriels la méthode de rejet, soit intéressante et applicable rapidement.

On peut estimer à 1 milliard de F CFA par an le montant de la surtaxe FNPE. Ce montant permettrait :

- De mettre au point un système performant de surveillance de l'impact des rejets polluants sur la lagune Ebrié et en mer.
- De construire un certain nombre de blocs sanitaires expérimentaux dans les quartiers populaires.
- De subventionner des industriels désirant s'équiper en systèmes d'épuration de leurs effluents.
- de mettre au point des systèmes de périmètre de protection des puits de soutirage d'eaux profondes.
- De lancer des opérations d'information des populations en matière d'hygiène publique.

.../...

TABLEAU N° XXVIII

EVOLUTION DU PRIX DE L'EAU

Tranche Tarifaire	S.O.D.E.C.I	Surtaxe Eau	Surtaxe F.N.A.		Surtaxe F.N.P.E.	TOTAL Zone raccordable	TOTAL Zone Non raccordable	
			Zone raccordable	Zone Non raccordable				
Appareils publics	92	-	-	-	-	92	92	
Tranche sociale 0 - 10 m3/mois	99	29	50	-	20	198	148	
Plein tarif 10 -1.500 m3/mois	100	78	50	-	20	248	198	

Tranche Tarifaire	S.O.D.E.C.I	Surtaxe Eau	Surtaxe F.N.A.			Surtaxe F.N.P.E.	T O T A L		
			I Raccordé au réseau	II Rejet direct sans trait.	III Rejet direct avec trait.		I	II	III
Tranche Indus- trielle I 1.500 - 41.666 m3/mois	99	69	25	50	10	20	238	213	198
Tranche Indus- trielle II 41.666 m3/mois	99	73	25	50	10	20	242	217	202

2 - 5 - 1 - 2 Evolution des investissements
de fonction locale

Comme il l'a été exposé au chapitre 1 - 1 - 2, les investissements de fonction locale vont évoluer suivant les Perspectives Décennales pour Abidjan, et atteindre 15.000 F.CFA par habitant et par an pour la totalité du pays, et 28.000 F.CFA/hbt.an pour Abidjan.

Il est évident que la part, réservée à l'assainissement et au drainage d'Abidjan, est faible. Elle était, entre 1976 et 1980, de 8 % du total des investissements de fonction locale, soit : 2.240 F.CFA/ hbt.an en 1981.

Il est aisé de proposer une augmentation de cette part afin de rattraper le retard accumulé en ce qui concerne les réseaux de collecte dans les quartiers.

Il semble, dans un premier temps, plus logique de rechercher à optimiser les dépenses de fonction locale. A cette fin, il sera proposé (chap. 2-5-2) la création d'une unité interministérielle de coordination et la mise au point d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan : S.D.A.U.A.

Cette unité interministérielle et son application pratique corollaire, sont un moyen, performant s'il est bien conçu, d'optimiser les investissements de fonction locale. La mise au point de Plans d'Aménagement de Quartiers, où les problèmes de viabilisation seront abordés dans leur ensemble, et non pas par l'intermédiaire d'opérations successives, plus coûteuses globalement et donc moins rentables, peut permettre de réaliser des économies non négligeables.

Il n'en reste pas moins évident que le chiffre de 2.240 F.CFA/hbt.an est bien trop faible pour atteindre, à moyen terme, le but recherché.

La valeur de l'augmentation de la part réservée à l'assainissement (8 %) devra être recherchée, et approuvée, conjointement par l'ensemble des responsables de l'aménagement de la Cité.

Il semble, à priori, que le chiffre de 4.000 F.CFA par habitant et par an, soit plus réaliste, compte tenu de l'importance des travaux restant à réaliser et de l'état actuel de la pollution lagunaire. Cependant, ce chiffre ne peut être reconnu comme tel, et la partie financière du S.D.A.U.A. aura pour mission d'étudier plus précisément qu'il ne l'est permis ici, l'augmentation et la valeur à retenir pour la part des opérations d'assainissement et de drainage au sein des fonctions locales.

.../...

2 - 5 - 2 Propositions d'ordre administratif

2 - 5 - 2 - 1 Coordination interministérielle
en matière d'environnement en
République de Côte d'Ivoire

Au cours des différentes réunions interministérielles organisées au cours de la mission, il est apparu que, mis à part quelques contacts bilatéraux isolés, le principe d'une collaboration entre Ministères était peu appliqué en Côte d'Ivoire en ce qui concerne les problèmes d'assainissement.

Il est apparu également que les départements ministériels, représentés au cours de ces réunions, étaient favorables à la mise en place d'un système efficace de collaboration et d'information interministériels de ce type.

En ce qui concerne les problèmes relatifs à l'Environnement et au Cadre de Vie en Côte d'Ivoire, le Ministère de l'Environnement peut jouer le rôle de coordonnateur et assurer, par différents moyens, une réelle et efficace collaboration interministérielle.

Ne serait-ce que par le fait des récentes élections d'élus locaux, la Côte d'Ivoire apparaît comme étant actuellement en restructuration intensive en ce qui concerne les responsabilités liées à l'Aménagement du territoire et en particulier l'assainissement des collectivités.

Il est certain que la définition des nouvelles attributions et responsabilités des départements ministériels concernés, ainsi que des communes, doit entrer dans le cadre d'une volonté d'efficacité et de coordination.

A cet effet, il est proposé :

- la création d'un Comité Interministériel Permanent pour l'amélioration du cadre de vie et la protection de l'environnement en Côte d'Ivoire.

Ce comité peut remplacer dans l'organigramme du Ministère de l'Environnement la Commission Nationale de l'Environnement, en étant officiellement institutionnalisé par la Présidence de la République.

Ce comité peut être chargé d'émettre des avis sur les opérations d'aménagement du territoire et d'équipement des collectivités qui risquent d'avoir un impact sur le cadre de vie et sur l'environnement.

La Présidence de ce Comité peut revenir au Ministre chargé de l'Environnement. Le Secrétariat du Comité étant confié au Directeur Central de l'Environnement par délégation.

Les Ministères représentés peuvent être les suivants :

- Ministère de l'Environnement,
- Ministère des Travaux Publics
- Ministère de l'Urbanisme et de la Construction
- Ministère de l'Industrie
- Ministère de la Santé
- Ministère de la Production Animale
- Ministère du Tourisme.

Les responsables de ces différents départements ministériels étant habilités à nommer leurs représentants au sein des Directions Centrales compétentes.

Une action réglementaire doit précéder à la mise en place du Comité afin de l'institutionnaliser et de définir ses attributions, sa composition ainsi que son mode de fonctionnement

Il conviendrait que les avis du Comité n'aient pas force de décision, mais qu'ils soient obligatoirement demandés pour toutes les opérations d'équipement et d'Aménagement du territoire d'une certaine importance ou ayant un impact envisageable sur l'environnement.

Le Ministère de l'Environnement détermine l'ordre du jour des réunions sur propositions des Ministères techniques concernés par les projets en tant que Maître d'oeuvre ou Maître d'ouvrage, ou par les textes réglementaires ou législatifs dont l'application implique la prise en compte des facteurs liés à l'Environnement et au Cadre de Vie.

Ce Comité peut avoir à sa disposition un Fonds d'Intervention Interministériel, du type du Fonds d'Intervention pour la Qualité de la Vie français, qui lui permet d'inciter à une meilleure prise en compte de l'environnement, et de patronner par l'intermédiaire d'une participation financière, des opérations à caractère innovateur et exceptionnel visant à une amélioration du cadre de vie. Dans ce cas, ce Fonds doit faire l'objet d'une ligne budgétaire indépendante au sein du Budget de l'Etat.

Ce Comité doit constituer une structure souple et permettre l'information et la collaboration de tous avec pour but fondamental la protection de l'environnement et l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie.

2 - 5 - 2 - 2 Proposition relative à la mise en place d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan

L'ensemble des réflexions, que contient le présent rapport, conduit assez logiquement à proposer la mise en place

d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan et sa périphérie proche, élaboré à partir des P.D.A. *

Il apparait clairement que la politique menée en matière d'Aménagement du territoire est la base de toute action cohérente en matière de protection de l'environnement.

La planification en matière d'Urbanisme doit définir les vocations des " sols ", et leurs utilisations, en particulier, l'évolution de ces dernières dans l'espace et dans le temps.

La protection de l'environnement, et plus particulièrement l'assainissement des quartiers et des industries, doit sinon découler, du moins évoluer parallèlement à cette évolution.

Si l'occupation des sols était mieux définie et son évolution mieux prévue, la possibilité de mettre en oeuvre, de façon rationnelle et optimisée ; des actions de lutte contre les pollutions et de surveillance des milieux récepteurs seraient alors offertes.

A cette fin, est proposée la mise en place d'un groupe de travail interministériel placé sous la responsabilité du Ministère de l'Urbanisme et du Logement dont la mission serait de mettre au point un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan (S.D.A.U.A.).

Ce Schéma devrait regrouper les politiques suivantes et leurs applications pratiques et précises pour chaque quartier de l'agglomération :

- I - L'occupations des sols à Abidjan et la définition de leur vocation.
 - Zones urbaines,
 - Zones sub-urbaines,
 - Zones industrielles,
 - Espaces verts
 - Zones lagunaires et marines.

- II - La viabilisation des quartiers et la protection de l'Environnement.
 - La politique du Logement,
 - Les voies de communication,
 - l'adduction d'eau,
 - l'électrification,
 - l'assainissement,
 - la collecte des ordures ménagères,
 - l'hygiène publique,
 - l'environnement et le cadre de vie,
 - la protection de la laguné,
 - la pêche et l'aquaculture.

(*) P.D.A. : Perspectives Décennales pour Abidjan.

Un document de synthèse, opposable aux tiers, et préparé, en ce qui les concerne et sous leur responsabilité, par les Ministères concernés serait approuvé par la Présidence de la République, officialisé règlementairement et rendu public.

Sur la base d'un tel schéma, une programmation cohérente et performante des équipements devient alors possible.

Dans un premier temps, il est proposé au Ministère de l'Environnement d'étudier la mise au point du Plan de Protection de la Lagune Ebrié, partie intégrante du S.D.A.U.A. proposé. Ce plan doit comprendre deux parties :

- Lutte contre les pollutions,
- Surveillance du milieu récepteur.

L'importance du travail nécessaire à l'élaboration de précisions complémentaires relatives à la mise en place du S.D.A.U.A. nécessiterait une phase nouvelle de coopération entre la France et la Côte d'Ivoire.

Conclusion du § 2-5

Une modification du prix de l'eau à Abidjan est proposée. Elle porte sur l'adaptation de la surtaxe d'assainissement aux conditions de raccordement des habitations et sur la création d'une surtaxe destinée à alimenter le Fonds National pour la Protection de l'Environnement (F.N.P.E.).

Le F.N.P.E. permettrait d'effectuer des tâches de surveillance de la qualité des milieux récepteurs et de l'eau distribuée, et de participer à la mise en place d'opérations exceptionnelles à caractère exemplaire.

Une évolution de la part réservée à l'assainissement et au drainage, au sein des investissements de fonction locale, est proposée. Cependant, une optimisation des fonds retenus doit être recherchée avant toute modification. Une somme égale à 4.000 F.CFA par habitant et par an, semble réaliste pour mener à bien les opérations d'assainissement prévues.

Dans le cadre de la coordination interministérielle en matière d'environnement, il est proposé la création d'un Comité Interministériel Permanent pour l'amélioration du cadre de vie et la protection de l'environnement en Côte d'Ivoire. Ce comité sera chargé de favoriser les échanges entre responsables des divers Ministères intéressés et émettra un avis sur les opérations d'équipement et d'aménagement du territoire ayant un impact envisageable sur l'environnement. Ce comité peut être présidé par le Ministre de l'Environnement.

Une des principales propositions du présent rapport, consiste en la création et l'application d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan.

Ce Schéma (S.D.A.U.A.) a pour but de définir, globalement, et pour chaque quartier présentant des spécificités, une politique d'aménagement du territoire, d'urbanisme et de viabilisation.

Ses deux thèmes principaux seraient :

- L'occupation des sols à Abidjan.
- La viabilisation des quartiers et la protection de l'environnement

Un groupe de travail interministériel, associant les élus locaux, pourrait être chargé de l'élaboration du S.D.A.U.A et placé sous la responsabilité du Ministre de l'Urbanisme et du Logement.

Un document de synthèse, opposable aux tiers, serait élaboré et approuvé par la Présidence de la République en Conseil des Ministres.

Une réflexion plus poussée sur la forme et le contenu du S.D.A.U.A. nécessiterait une phase nouvelle de coopération entre la France et la Côte d'Ivoire.

2 - 6 Etudes complémentaires

La mise en oeuvre des propositions qui apparaissent au sein du présent rapport nécessite un certain nombre d'études complémentaires dans les domaines économiques, techniques, scientifique et sociologique.

Certaines de ces études pourraient être réalisées par des organismes dont la liste est fournie en annexe N°12 , et dont la compétence a été reconnue par les auteurs du présent rapport.

Un certain nombre de ces études doivent être entreprises rapidement étant donné que la prochaine phase du schéma d'assainissement d'Abidjan doit être lancée dans les meilleurs délais.

2 - 7 Remerciements

Les auteurs du présent rapport remercient :

Pour leur accueil, l'organisation de la mission d'expertise à Abidjan et leur dévouement :

- M. BROU-TANOH Ministre de l'Environnement de la République de Côte d'Ivoire.
- M. M'BENGUE Directeur Central de l'Environnement
- M. KAPE DE BANA Conseiller technique auprès du Ministre de l'Environnement
- M. MOUSSA BADOH Ingénieur au Ministère de l'Environnement
- M. BROCHE Chef de la Direction de l'Environnement industriel
- M. PESCHET Ingénieur à la D.E.I.
- Mme WAGNER Secrétaire particulière de Monsieur le Ministre de l'Environnement

Pour leur participation et l'intérêt qu'il ont porté à la réussite de la mission :

- M. TRO-GÜEYES Directeur Central de l'Assainissement
- M. KAKADIE Directeur du Drainage et de l'Assainissement
- M. DJOUKA Directeur Central de l'Hydraulique
- M. COULIBALY Chef de Cabinet du Ministre de la Santé
- M. MESSOU Chef du Service National d'Education Sanitaire à l'I.N.S.P.
- M. BRULHET Conseiller technique auprès du Ministre de la Production Animale
- M. ARNAUD Directeur Central de la Voierie et des Réseaux
- M. MARTIN Chef des Services Techniques de la ville d'Abidjan.
- Le Représentant du Ministère du Tourisme.

Pour la qualité des informations qu'ils ont bien voulu transmettre aux auteurs du présent rapport :

- M. ROTCHI Directeur du Centre de Recherches Océanographiques
- Mrs ALBARET, KARMOUZE, CAUMETTE, CHANTRAINE, DURAND et ZABI du C.R.O.

.../...

M. LEHMAN S.E.D.E. Vevey Suisse
M. PINTO O.M.S. Genève Suisse
M. GUERIN C.E.M.A.G.R.E.F. Montpellier
M. VAUCOULOUX I.T.F. Paris
M. KOUADIO Directeur du B.C.E.T. Abidjan
M. GARANCHER Ministère de l'Environnement France
M. GUETTIER Ministère de l'Environnement France
M. PHLECK Ministère de l'Environnement France
M. LAVIT Ministère de l'Environnement France
M. BELLAYER Ministère de l'Environnement France
M. DHOMMEE Ministère de l'Environnement France
M. DUPRE Ministère de l'Environnement France

Pour avoir assuré, avec efficacité, notre secrétariat
Madame CAPIAU Ministère de l'Environnement France
Mademoiselle BALDAYO Ministère de l'Environnement France

Nous présentons nos excuses à toutes les personnes
ayant contribué à l'élaboration du présent rapport, aussi bien en
Côte d'Ivoire qu'en France, et que nous aurions oublié dans la liste
précédente.

CONCLUSION

-o-

CONCLUSION

Avant d'effectuer la synthèse des propositions présentées au sein des différents paragraphes constituant le chapitre II, il apparaît nécessaire de reprendre brièvement les données du problème de l'assainissement d'Abidjan en rappelant les conclusions des divers paragraphes constituant le chapitre I.

I - LES DONNEES

I - 1 Les pressions sur le milieu naturel

- Données démographiques

- la population d'Abidjan est estimée à 1.625.000 hbts en 1980,

- les zones Centre et Petit Bassam rassemblent plus de 50 % de la population sur 8 % de la superficie totale,

- les zones périphériques regroupent 43 % de la population sur 78 % de la surface totale,

- la densité moyenne des populations est de 157 hbts/ha, ce qui est caractéristique d'un habitat urbain dispersé,

- le taux de croissance démographique peut être estimé à 10 % par an pour la période 1980 - 1990,

- la croissance démographique implique une croissance de l'emprise géographique de la ville,

- les croissances, démographique et géographique, constituent une donnée fondamentale pour l'assainissement d'Abidjan.

- Données économiques

- le Produit Intérieur Brut moyen par habitant est supérieur à 1000 \$*.

- 80 % des ménages gagnent moins de 100.000 F. CFA/mois,*

- les revenus moyens par habitant s'échelonnent de 9400 F. CFA/mois (Banco) à 65.100 F. CFA/mois (Plateau),

- une diminution du revenu moyen par habitant est à prévoir (1 à 4 %),

- les investissements en fonction locale seront de 28.000 F. CFA/hbt. an pour Abidjan, dont 2.240 F. CFA/hbt. an pour l'assainissement pour la période 1980-1990.

(*) 1 F. CFA = 0,02 F. Français

- le prix moyen de l'eau distribuée varie de 92 à 224 F. CFA/m³, la taxe alimentant le Fonds National pour l'Assainissement varie de 0 à 46 F.CFA/m³.

- Pressions industrielles et particulières

- Les pressions industrielles sont importantes à Abidjan (21 % de la pollution organique totale rejetée).

- Les industries sont concentrées au sud de la ville et rejettent directement leurs effluents en lagune sans aucun traitement.

- Certaines industries émettent des polluants particulièrement dangereux : hydrocarbures, pesticides, métaux, acide et soude...

- Les pressions industrielles vont croître, mais leur importance relative diminuera par rapport aux pollutions domestiques.

- Les rejets de matières de vidange des fosses septiques ont un impact important sur la qualité de certaines parties de la lagune, et peuvent induire des risques d'épidémie.

- Certains pêcheurs utilisent des produits toxiques pour améliorer les rendements. Ces produits présentent de graves dangers pour l'environnement et pour l'homme.

- La présence du port de commerce constitue une pression sur le milieu lagunaire. Certains risques de pollution liés au trafic maritime ne sont pas à négliger.

1 - 2 Les milieux récepteurs.

- Cadres géographique, climatique et hydrologique

- La ville d'Abidjan est construite sur les rives de la lagune Ebrié, à l'emplacement de son unique communication avec l'océan.

- Les précipitations sont importantes (2.000 mm/an) et violentes (averse annuelle : 100 mm/jour). La température mensuelle minimale est de 24,5 °C. Les vents dominants sont de secteur Sud.Ouest. L'évaporation est de 1.200 mm/an. L'énergie solaire incidente est de 1.500 J/cm².j.

- Les eaux océaniques ont une température supérieure à 20 °C. Les courants littoraux portent à l'Est (85 %) plus rarement à l'Ouest (15 %). Le plateau continental est entaillé par un profond canyon sous-marin. On observe une barre violente à la côte.

- La lagune a une profondeur moyenne de 4,8 m. Ses eaux restent comprises entre 26 et 31 °C. Le bassin lagunaire de la région d'Abidjan est le lieu de passage obligatoire des eaux océaniques et continentales. Son taux

de renouvellement par les eaux douces est de 20 fois par an, avec des variations mensuelles d'un facteur 100. Le taux de renouvellement par les eaux océaniques est inconnu dans le secteur urbain.

- Utilisation des milieux récepteurs

La pêche lagunaire occupe 4.000 pêcheurs et fait vivre 40.000 individus. Les tonnages récoltés sont en constante diminution depuis 1975 (11.000 en 1975 et 3.500 en 1980). La production doit être accrue par l'aquaculture.

La lagune est un lieu de reproduction et de croissance pour de nombreuses espèces pêchées en mer.

La lagune est le principal atout esthétique d'Abidjan : la " Venise africaine ".

La lagune Aghien est envisagée pour l'alimentation en eau potable d'Abidjan.

La lagune est une des principales voies de communication au Sud du pays.

La lagune absorbe la totalité des effluents organiques de l'agglomération, équivalents à plus de 1 million d'habitants. Elle est aussi soumise à une pollution chimique de la part des industries.

L'océan est l'objet d'un trafic maritime dense convergent vers le canal de Vridi et en lagune, où est implanté le port de haute mer d'Abidjan.

Les plages océaniques à l'Est du Canal de Vridi sont fréquentées. Le plateau continental océanique face à la lagune est l'objet d'une exploitation pétrolière.

- Qualité des milieux récepteurs

La qualité biochimique des eaux de la région lagunaire d'Abidjan est préoccupante, surtout dans les baies de Cocody, Marcory, Biétri et du Banco. Tandis qu'en moyenne 44 % de la DBO* des eaux de la région est due aux seuls effluents urbains, cette proportion dépasse 80 % en baie de Biétri. Le fond des baies est en grande partie désoxygéné, leurs eaux superficielles montrent des signes d'eutrophie excessive. L'évolution actuelle fait craindre l'apparition d'une crise dystrophique dans les baies. Les chenaux centraux, soumis aux courants de marée et d'eau douce, sont pour l'instant à l'abri d'une telle évolution.

La qualité bactériologique des eaux rend la baignade dangereuse à l'intérieur des baies urbaines et en dehors, le long du littoral construit, ainsi que sur les plages océaniques des secteurs de Port Bouet et Gonzagueville. La salubrité des poissons pêchés dans la lagune urbaine devrait être contrôlée.

(*) Demande Biologique en Oxygène

I - 3 Le schéma d'assainissement et de drainage d'Abidjan

Depuis 1974, le schéma d'assainissement d'Abidjan a permis la mise en oeuvre de nombreuses opérations de collecte des effluents.

Deux programmes ont été lancés par le Gouvernement en collaboration avec la Banque Mondiale (B.I.R.D.). Le montant global de ces programmes s'élève à près de 20 milliards de francs C.F.A. de travaux déjà réalisés.

Le programme initial prévoyait, en 1985, le raccordement de 75 % de la population. Cet objectif est apparu comme peu réaliste compte tenu des financements prévus, il a donc été remis en cause.

Pour la période allant de 1981 à 1985, les investissements prévus se montent annuellement à 11,5 milliards de francs C.F.A. Cet objectif nécessitera la recherche de fonds extérieurs : B.I.R.D., et ne permettra, dans le meilleur des cas, le raccordement que de 60 % de la population concernée.

Actuellement, un collecteur de base relie la zone nord d'Abobo au sud du Plateau et se rejette dans la lagune sous le pont de Gaulle. Un second collecteur de base traverse l'ouest de l'île de Petit Bassam et se rejette au nord de la Baie de Biétri. La zone du Banco possède quelques collecteurs de diamètre plus restreint. On estime qu'en 1981, 30 % des habitants sont raccordés aux réseaux. Les établissements industriels rejettent leurs effluents directement en lagune sans aucun traitement.

Une station d'épuration, accompagnée d'un émissaire de rejet en mer de 1200 m. de long, est prévue à Port Bouet.

Des modifications du Schéma Directeur Originel sont prévues et portent principalement sur une nouvelle priorité donnée à l'assainissement des quartiers, sur l'arrêt des collecteurs de base et sur un système d'assainissement " autonome pour les zones du Banco et de la Riviera.

I - 4 Le cadre administratif et réglementaire

Comme dans la plupart des pays du Monde, les responsabilités de la protection de l'environnement et de l'assainissement sont réparties au sein de nombreux départements ministériels et organismes publics ou parapublics.

La mise en place de nouvelles responsabilités communales doit apporter des éclaircissements sur les divers degrés d'intervention dans ces domaines.

C'est le Ministère des Travaux Publics qui a la responsabilité de mettre en oeuvre les ouvrages d'assainissement par l'intermédiaire de la SETU, placée au sein de la Direction Centrale de l'Assainissement (D.C.A.).

C'est la Direction Centrale de l'Hydraulique (D.C.H.) qui est responsable de l'adduction en eau potable. Elle concède les travaux à la SODECI.

Le Ministère de l'Urbanisme et du Logement est compétent en matière d'Aménagement du Territoire au niveau plus général de la planification et de la programmation.

Le Ministère de l'Environnement a pour attribution de gérer les milieux naturels et compétence pour toutes les actions visant à la protection de l'Environnement.

Au sein de ce Ministère, ce sont la Direction Centrale de l'Environnement et la Direction de l'Environnement Industriel qui sont compétentes en matière d'assainissement et de protection de la lagune.

Les Ministères de la Santé, de l'Industrie, de la Recherche Scientifique, du Tourisme et de la Production Animale sont également partie prenante dans les opérations de protection de l'environnement.

Le cadre réglementaire a été peu étudié au cours de la mission d'expertise, il l'est par ailleurs dans le cadre de la coopération franco-ivoirienne.

II - EVALUATION ET PROPOSITIONS

L'agglomération d'Abidjan a rencontré et rencontre encore, comme toutes les villes de cette importance, un grand nombre de difficultés, de tout ordre, afférentes à l'assainissement des eaux usées qu'elle produit.

En aucun cas, il ne saurait exister de solutions miracles qui pourraient permettre de résoudre intégralement et rapidement des problèmes d'une telle envergure par quelque artifice technologique, financier ou réglementaire.

Si l'on considère l'importance et la qualité des réalisations déjà effectuées dans le cadre de l'assainissement de la ville, il semble difficile, voire impossible, de remettre en cause l'intégralité du Schéma Directeur Originel pour l'assainissement d'Abidjan. L'ensemble des responsables ivoiriens semble d'accord sur ce fait et nous n'avons pu que les suivre dans ce raisonnement logique et irréfutable.

Nous avons souhaité, tout au long de ce rapport, aborder le problème posé de la manière la plus concrète possible en évitant surtout de le considérer de façon globale et en tentant de proposer des solutions alternatives qui, prises séparément, ne permettent pas de le résoudre intégralement, mais qui, si elles sont mises en oeuvre parallèlement, permettraient certainement de faire un grand pas en avant.

L'analyse des données exposées ci-dessus, permet de poser en termes clairs les éléments constituant la base du problème :

- compte-tenu de l'importance de la population restant à desservir, et de son évolution, dans l'espace et dans le temps, les fonds nécessaires à l'assainissement, tel qu'il est prévu, de tous les habitants et de toutes les industries d'Abidjan ne correspondent pas aux possibilités économiques disponibles.

- l'état de la lagune se détériore rapidement, une action rapide et performante de réduction des pollutions, et de suivi de sa qualité, doit impérativement être menée si la volonté de sauver la lagune Ebrié existe.

Ces deux affirmations, qui semblent, à première lecture contradictoires, doivent être adaptées afin que certaines modifications apportées à la première puissent permettre la réalisation de la seconde.

Le but de ce rapport a été d'exposer, le plus clairement et précisément possible, un ensemble de modifications qui pourront faire en sorte que la première affirmation se révélera fausse et qu'ainsi, la seconde sera effective.

Il s'agit de diminuer, dans une large part, l'importance de la population restant à desservir par l'intermédiaire de procédés décentralisés et économiques d'épuration et, parallèlement d'augmenter la part des crédits destinés à assainir la population restante.

Il s'agit ensuite d'examiner si des solutions alternatives d'épuration centralisées existent, qui tout en étant plus économiques que celles envisagées par le Schéma Directeur d'Assainissement, sont tout aussi fiables écologiquement.

Avant de conclure quant à la possibilité et la méthode de mise en oeuvre de ces propositions, il convient de rappeler les conclusions relatives à l'évaluation du Schéma Directeur Originel et des modifications proposées.

II - 1 Evaluation du Schéma Directeur Originel

Il est clair que, sur le papier, le Schéma en question présente tous les avantages d'un principe simple d'épuration regroupant en un seul point la totalité des effluents de la ville. De plus, le rejet en mer par émissaire sous-marin élimine la totalité des risques sanitaires liés au rejet, dans un milieu peu sensible, d'effluents peu épurés, comme ils

le sont à la sortie d'une décantation primaire.

Une fois le schéma mis en place, la lagune Ebrié se retrouve intacte et évolue favorablement, parallèlement au fait que la totalité des habitants peuvent ainsi bénéficier de conditions d'hygiène favorables.

Cependant, l'expérience a prouvé que la réalisation d'un schéma de ce type se heurtait à des problèmes financiers insurmontables, compte tenu des coûts nécessaires à sa mise en oeuvre et de l'augmentation spatiale et temporelle des populations concernées.

Il est clair que, même si les surtaxes alimentant le F.N.A. et les prêts financiers requis auprès de la B.I.R.D. sont sensiblement augmentés et acceptés, le Schéma Directeur d'assainissement, tel qu'il fut conçu, ne pourra jamais être réalisé totalement et atteindre les objectifs qu'il s'était fixé.

La conclusion, qui découle de façon évidente de ces critères, est qu'il faut impérativement modifier le Schéma Directeur Originel d'assainissement d'Abdijan.

II - 2 Evaluation des modifications proposées

Les modifications proposées présentent l'avantage certain de reporter les crédits initialement destinés aux ouvrages de transport et d'épuration, non encore réalisés, vers l'assainissement des quartiers.

L'augmentation du taux de raccordement des habitations aux réseaux existants devrait être constatée rapidement dans le cas où l'application des modifications proposées serait effective.

Parallèlement à ce facteur favorable, il faut noter que les eaux usées ainsi collectées seront rejetées directement en lagune Ebrié, sans traitement, pendant un temps assez long.

Compte tenu du fait que les zones périphériques du Banco et de la Riviéra ne sont plus prévues comme raccordables au collecteur principal et ne doivent plus aboutir à Port Bouet, les eaux usées qui proviennent de ces secteurs seront rejetées directement en lagune et sans aucun traitement préalable.

La mise en place de stations biologiques très performantes dans ces deux zones implique, par rapport au Schéma originel, un surcoût considérable tant au niveau des investissements que du fonctionnement.

Compte tenu de ces différents facteurs, les modifications proposées ne peuvent être acceptées en tant que telles. Elles doivent s'intégrer dans un nouveau schéma plus global et plus performant au sein duquel le refus de centraliser l'ensemble des effluents émanant des zones centrales doit être clairement exprimé.

II - 3 Propositions d'ordre général

Le présent rapport a permis d'aborder la majeure partie des facteurs qui interviennent au niveau de l'assainissement. Certains de ces facteurs sont d'ordre technique et d'autres relèvent de critères économiques et administratifs.

Il nous a paru plus logique de proposer dans un premier temps des cadres économiques et administratifs au sein desquels un certain nombre de propositions d'ordre technique, formulées dans un deuxième temps, peuvent trouver leur place plus aisément.

Mise en place d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan : S.D.A.U.A.

Une politique globale d'aménagement du territoire doit être menée à Abidjan afin que les actions lancées en faveur de la protection de l'Environnement, et en particulier, l'assainissement des quartiers et la protection de la lagune Ebrié, puissent trouver tout leur sens.

Afin de définir cette politique, puis de la mettre en oeuvre dans les quartiers, nous proposons la création d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme pour Abidjan (S.D.A.U.A.).

Ce schéma doit regrouper l'ensemble des politiques d'aménagement, et avoir pour but déclaré de les rendre cohérentes et applicables rapidement.

Le S.D.A.U.A. peut être mis au point par un groupe de travail interministériel qui peut faire appel, si besoin est, à des intervenants extérieurs spécialisés.

La base du S.D.A.U.A. doit être extraite des Perspectives Décennales pour Abidjan et appliquée à chaque quartier de la ville.

Les deux thèmes fondamentaux d'un tel schéma doivent être :

- l'occupation des sols et la définition de leur vocation,

- la viabilisation des quartiers, prise au sens large du terme, et la protection de l'environnement.

Un tel document de synthèse, opposable au tiers, et approuvé par la Présidence de la République, serait alors la base d'une programmation cohérente et performante des équipements

.../...

et permettre entre autre, la garantie de l'hygiène publique et la protection de la lagune Ebrié.

Le Ministère de l'environnement serait chargé, au sein du S.D.A.U.A. , de mettre au point un plan de protection de la lagune Ebrié et du littoral océanique, partie intégrante du Schéma Directeur.

La mise en oeuvre et le suivi d'un tel Schéma nécessitent la création d'une instance interministérielle de coordination, et la recherche de crédits supplémentaires nécessaire à l'application du S.D.A.U.A.

A cet effet, il est proposé :

- La création d'un Comité Interministériel Permanent, pour l'amélioration du cadre de vie et la protection de l'environnement en Côte d'Ivoire, chargé de définir la politique globale d'aménagement du territoire, de suivre les travaux d'élaboration du S.D.A.U.A. et de le mettre en application.

- L'évolution des investissements de fonction locale consacrés à l'assainissement et au drainage, afin de lancer rapidement des opérations de raccordement aux réseaux existants et d'autres opérations techniques particulières, qui ont été présentées au sein du présent rapport et seront reprises dans la suite du texte. Ces investissements devraient atteindre la valeur de 4.000 F.CFA par habitant et par an.

- La création d'un Fonds National pour la protection de l'environnement dont le but sera de participer à la mise en oeuvre d'actions exceptionnelles en matière d'assainissement, qui n'entrent pas dans le cadre du programme général, et de lancer un système performant de surveillance de l'impact des rejets polluants sur la lagune Ebrié et la mer.

Ce fonds serait alimenté par une surtaxe sur le prix de l'eau potable et atteindrait ainsi la valeur de 1 milliard de F.CFA par an.

Les bases économiques et administratives de nos propositions étant posées, les bases réglementaires étant étudiées par ailleurs, il reste à définir quelles modifications techniques pourraient être apportées au Schéma Directeur d'assainissement d'Abidjan afin de tenter de résoudre les problèmes posés.

II - 4 Propositions techniques

Les propositions techniques formulées au sein du présent rapport sont articulées autour de deux objectifs fondamentaux, et relèvent ainsi de deux méthodologies d'approche parallèles mais différentes.

Il s'agit :

- De diminuer l'importance des populations raccordables à un système d'assainissement de type collectif.

- De regrouper, de traiter et d'étudier l'impact des rejets d'eaux usées provenant des quartiers relevant d'un assainissement de type collectif.

Chacune de ces approches se caractérisent au sein du rapport par des propositions concrètes qui ont été chaque fois étudiées sur le plan de l'efficacité épuratoire, de la rentabilité et de la faisabilité technique, tout en gardant à l'esprit les problèmes économiques qu'elles impliquent ou qu'elles permettent d'éviter.

- La diminution de l'importance des populations raccordables à un système d'assainissement de type collectif doit être recherchée non seulement pour amoindrir la charge des réseaux de collecte et ultérieurement des ouvrages d'épuration et ainsi d'en réduire les coûts, mais encore pour permettre aux habitants de certains quartiers actuellement démunis, de bénéficier de conditions favorables d'hygiène de vie.

La méthodologie proposée résulte en la recherche de solutions d'assainissement autonome : individuel, semi-collectif ou collectif avec une capacité d'épuration réduite et un procédé simple comme le lagunage.

On peut estimer qu'en 1990, 1,7 millions d'habitants ne seraient pas encore desservis par un réseau collectif d'assainissement. Ces habitants résident essentiellement dans des quartiers populaires, faiblement équipés ou dits à "habitat spontané", et sont constamment confrontés à de graves problèmes de santé dus à des contaminations d'origine essentiellement fécale, ou qui en découlent.

Compte tenu de nombreux critères économiques, sociaux et techniques, il semble impossible d'équiper ces quartiers par un assainissement de type collectif, qui ne présente d'ailleurs, dans ces zones, aucun avantage, mais par contre de nombreux inconvénients liés au gaspillage d'eau potable, à l'exigence technologique et au coût de ce système écologiquement très contestable.

Afin de résoudre ces problèmes, et de répondre ainsi aux vœux de l'Organisation Mondiale de la Santé, il est proposé de mettre en place dans ces quartiers des installations autonomes d'assainissement.

Ces installations peuvent être de trois types :

- Les installations individuelles ont l'avantage de responsabiliser les usagers, et peuvent, sous réserves de

.../...

conditions techniques précises, développées au chapitre 2-4-4, se révéler d'un coût assez réduit et d'une mise en oeuvre aisée.

- Les installations semi-collectives par blocs sanitaires de 10 cabinets d'aisance, placés chacun sous la responsabilité de quelques familles, ont l'avantage de présenter un coût, rapporté à l'usager desservi, relativement faible, mais nécessitent une adduction d'eau sous pression.

- Les installations collective de capacité limitée, qui épurent les eaux usées d'une portion réduite d'un quartier par des procédés rustiques, et d'utilisation simple comme le lagunage, peuvent être mis en place dans des quartiers relativement plus aisés. Elles nécessitent cependant la pose d'un réseau de collecte des effluents avec tous les inconvénients économiques et techniques y afférant.

Il est proposé :

- Le lancement d'opérations individuelles et semi-collectives dans certains quartiers où ces installations seront testées, non seulement en ce qui concerne leur rendement épuratoire, mais encore au niveau de leur acceptation par les populations qui les utilisent.

- Le lancement d'opérations d'épuration par lagunage dans certaines zones périphériques. Cette action est d'ailleurs prévue, d'ores et déjà, par le Ministère des Travaux Publics, sur le site de la Riviera.

Des opérations d'assainissement individuel dit " à l'européenne ", par fosses septiques toutes eaux, pourront être lancées dans des quartiers plus aisés d'Abidjan (Cocody) où les surfaces des parcelles sont suffisamment grandes pour mettre en place un système de rejet par drainage souterrain.

- Le regroupement, le traitement et l'étude de l'impact des rejets d'eaux usées provenant des habitations raccordées ont été étudiés et des propositions précises peuvent être formulées compte tenu du fait que les quartiers populaires sont considérés comme équipés en assainissement de type individuel ou semi-collectif.

En supposant cette hypothèse vérifiée, il convient de noter que les flux transportés par les réseaux de base sont alors nettement moindre que dans les prévisions originelles.

- La poursuite des rejets actuels en lagune des effluents d'Abidjan sans traitement secondaire n'est pas envisageable. Il est donc nécessaire, à court terme, de transporter les effluents ailleurs. La solution qui consiste à les traiter aux endroits où ils aboutissent actuellement n'est pas envisageable. On ne peut construire de station d'épuration au niveau du Pont de Gaulle ou même au Nord de la baie de Biétri. Il est donc proposé :

(A) Le passage sous la lagune au niveau du Pont de Gaulle et le raccordement au collecteur de base traversant l'île de Petit Bassam. Le rejet aura lieu au Nord de la Baie de Biétri.

A la suite de cette opération, deux solutions alternatives sont proposées :

(B₁) Installation d'un bassin de lagunage naturel dans la totalité¹ de la Baie de Koumassi dont les caractéristiques topographiques et hydrologiques semblent adaptées à cet usage.

(B₂) Prolongement de la canalisation vers le site de Port Bouët, installation de prétraitements et rejet en mer sans émissaire dans un premier temps.

Il faut tout d'abord isoler la Baie du reste de la lagune par la construction d'une digue de façon à obtenir un bassin de lagunage naturel. Ce bassin recevra les eaux usées du quartier de Koumassi. Un suivi des performances du traitement est alors entrepris. Si elles se révèlent, par extrapolation, insuffisantes pour traiter les eaux de l'ensemble de l'agglomération, la solution B₂ est alors mise en oeuvre tandis que, seuls les effluents de la Riviera et de Koumassi resteront épurés par la Baie de Koumassi.

Si elles se révèlent suffisantes, un programme d'aménagement en trois étapes est mis en oeuvre, qui aboutit au cloisonnement de la Baie en quatre bassins. La possibilité d'implanter dans le quatrième bassin des installations d'aquaculture permet de couvrir la plus grande partie, sinon la totalité, des frais d'entretien de l'installation.

Pendant la phase d'expérimentation du lagunage de Koumassi, la priorité est donnée au raccordement des habitations. Il est nécessaire de ne pas entreprendre de travaux sur le collecteur de base qui deviendraient inutiles si le système de lagunage à Koumassi est applicable à l'ensemble de l'agglomération.

Pour résoudre les problèmes posés au niveau des zones périphériques du Banco et de la Riviera, la mise en place d'installations autonomes décrites ci-dessus et leur bon fonctionnement, accompagnée de réalisations de lagunage de capacité moyenne (5.000 à 10.000 éq. hbts) peuvent être suffisante.

C'est également au S.D.A.U.A. de déterminer si les zones centrales actuellement raccordées à des réseaux de type collectif vont évoluer dans l'espace et dans le temps. Si l'évolution prévisible est importante et instable, le raccordement de ces zones, par des canalisations de liaison passant sous la lagune, au système B₁ ou B₂ est préférable.

.../...

Sinon, la planification de l'occupation des sols doit permettre de conserver à ses zones un assainissement de type autonome.

En tout état de cause, et indépendamment des évolutions prévues, la mise en place d'installations expérimentales d'assainissement individuel et semi-collectif et des lagunages expérimentaux doit être envisagée à court terme.

- Autres propositions techniques

. Mettre au point, sur la base d'une réglementation à définir, une politique de lutte contre les pollutions industrielles, par la mise en place d'installations de dépollution au sein même des industries dont les effluents contiennent des toxiques dangereux.

. Interdire les rejets de matière de vidange des fosses septiques dans la lagune et mettre au point un système de collecte de ces matières accompagné d'un épandage agricole, après digestion aérobie, ou d'une mise en décharge publique.

. Interdire et contrôler l'interdiction de la pêche avec des produits toxiques,

. Eviter l'installation de stations d'épuration de type biologique, difficiles à maintenir et d'un coût de fonctionnement comme d'investissement très élevé.

. Eviter impérativement la mise en place de réseaux à ciel ouvert de collecte des effluents, dans des quartiers où les routes ne sont pas complètement bitumées et où le ramassage des ordures ménagères n'est pas effectif.

. Prendre en compte, dans les choix technologiques, et dans la préparation des budgets, les coûts de fonctionnement des réseaux et stations d'épuration.

. Définir, au sein du S.D.A.U.A., des zones de protection des captages d'eau destinées à l'alimentation en eau potable.

.../...

. Mettre au point un système de gestion des ouvrages d'assainissement existant, en associant les collectivités locales et certains industriels concernés,

. Favoriser la valorisation agricole des effluents, en lançant des expériences pilotes d'aspersion ou d'irrigation cultures locales, et en associant étroitement les agriculteurs

. Favoriser le développement de l'utilisation de compost, en créant une demande de la part d'agriculteurs locaux et en mettant au point un système de collecte et de revente du compost dans les zones où des expériences d'assainissement individuel de ce type sont tentées,

. Lancer des études complémentaires pour lesquelles des organismes compétents sont proposés;

. Favoriser l'éducation sanitaire des populations dans les quartiers populaires où l'assainissement autonome est préconisé en formant des éducateurs sanitaires en nombre suffisant,

. Favoriser le développement d'une branche industrielle ivoirienne de fabrication de fosses septiques, de blocs sanitaires et de latrines à compost,

. Etudier, contacter et faire participer la population concernée, avant toute expérience d'assainissement autonome ou semi-collectif, ainsi que prendre obligatoirement en compte les moeurs religieuses ou ethniques locales.

ANNEXES

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

A N N E X E 1

Conséquences des pollutions chimiques et organiques
sur les bilans d'oxygène, de sels nutritifs et de
matière végétale des milieux aquatiques

La vie dans les milieux aquatiques est sous la dépendance d'un certain nombre de cycles à l'intérieur desquels circulent (entre autre) l'oxygène, les éléments nutritifs et la matière végétale. Les pollutions sont un apport externe aux milieux aquatiques susceptibles de perturber les bilans d'oxygène, d'éléments nutritifs, et de matière végétale.

Il peut y avoir pollution chimique toxique par les effluents de certaines industries et de l'agriculture (pesticides). Dans ce cas, il y a mortalité massive des organismes vivant dans les eaux, et avec ceux des végétaux.

Or, les végétaux sont une source essentielle d'oxygénation des eaux. Il se produit donc un déséquilibre, entre la production d'oxygène et la consommation d'oxygène (par tous les autres organismes vivants, par tous les organismes morts et par les déchets organiques). Le résultat final est une desoxygénation plus ou moins accentuée des eaux par empoisonnement.

Un deuxième type d'effluent riche en matières organiques (d'origine vivante, déchets alimentaires, excréments, sous produits des industries agro-alimentaires) est rejeté par les ménages et certaines industries. Il est la cause d'une pollution organique, dite primaire. Les matières organiques ainsi rejetées dans le milieu lagunaire ou océanique sont dégradées. Cette dégradation nécessite de l'oxygène, d'où une première cause de desoxygénation des eaux. En contrepartie, cette dégradation libère des substances simples (éléments nutritifs), aliments pour les végétaux des eaux. Notons ici, que ces éléments nutritifs peuvent aussi être apportés par l'agriculture (lessivage des engrais azotés par exemple) et par l'industrie. Il s'agit alors d'une pollution chimique non (directement du moins) toxique. Quelle que soit leur origine, ces éléments nutritifs stimulent très fortement la croissance végétale, c'est l'eutrophisation. Tant qu'ils sont vivants, ces végétaux produisent de l'oxygène à la lumière, c'est à dire dans la couche de surface et dans la journée. Mais si la pollution organique primaire, ou chimique non toxique, est importante, le volume des végétaux produit en vient à dépasser les possibilités de consommation des herbivores (animaux parmi lesquels le plancton animal, les poissons, les crustacés...). En d'autres termes, la croissance des végétaux n'est plus contrôlée. Il en résulte une pollution organique secondaire, dont l'importance peut,

dans certaines conditions, être plusieurs fois supérieure à la pollution organique primaire qui lui a donné naissance. Les végétaux en excès meurent, tombent sur le fond où leur dégradation épuise l'oxygène. Simultanément, la turbidité des eaux est accrue à la fois par la pollution organique primaire et secondaire. La photosynthèse des végétaux dépendante de la lumière et productrice d'oxygène ne peut plus avoir lieu que dans la couche de surface. Dans les couches plus profondes rendues obscures n'ont lieu que des phénomènes consommateurs d'oxygène (respirations et dégradations). L'oxygène y devient limitant. Un tel type de situation est caractérisé par de fortes sursaturations d'oxygène en surface en fin de journée, des sous saturations en surface la nuit et un épuisement total de l'oxygène au fond. Passé un certain seuil, des composés réducteurs toxiques tels que l'acide sulfhydrique, le méthane, l'ammoniaque se dégagent du fond et empoisonnent toute la colonne d'eau. Les eaux deviennent noirâtres, nauséabondes et tous les organismes aérobies (poissons, crustacés) meurent, laissant la place à des micro-organismes moins désirables, pathogènes en particulier. Il y a crise dystrophique, plus ou moins réversible.

A N N E X E 2

Point des études sur la production
terminale en lagune Ebrié

d'après la réf. 39

En ce qui concerne la production terminale, le Centre de Recherche Océanographique d'Abidjan (CRO) dispose :

- de statistique de pêche dont on peut tirer des renseignements sur l'abondance des stocks et dans une certaine mesure sur la nature des peuplements en place. Les premières enquêtes fiables remontent à 1975 et se poursuivent actuellement,

- d'études monographiques sur la bio-écologie et parfois la dynamique des principales espèces exploitées : études achevées ou en cours sur la crevette (Penaeus duorarum), les crabes (du genre Callinectes), l'Ethmalose (ou hareng de lagune), les tylochromis et les Tilapias (carpes), les machoïrons (du genre Chrisychthys), les Elops etc...

- d'une étude approfondie et toujours en cours de l'écologie du benthos lagunaire,

- d'une étude fine sur la nature, la structure et les variations saisonnières du peuplement en poissons de la baie de Cocody en 1962. Aux fins de comparaison, la surveillance ichtyologique mensuelle a repris en 1980 et se poursuit actuellement,

- de données récentes fragmentaires sur les espèces de la baie de Biétri (pas de données anciennes),

- enfin, depuis février 1980, a débuté un programme d'étude de la synécologie des peuplements lagunaires visant à dresser un schéma des principaux mécanismes du fonctionnement bio-écologique de la lagune.

ANNEXE 3

Evaluation de la proportion d'oxygène dissous de l'océan, consommé par les rejets en 1990, dans le cas du schéma directeur originel.

Hypothèses de départ : on se place dans la plus mauvaise situation : température maximale des eaux océaniques, donc teneur en oxygène dissous naturelle minimale et demande biochimique en oxygène par les effluents la plus rapide. On ne calcule que la proportion d'oxygène consommée en 1 jour, ensuite le taux d'oxygénation ne peut que s'améliorer par dilution de la nappe polluée.

Données :

a) rejet à l'horizon 90 en DBO 5 j., 20° C : 92 t/j.

b) volume rejeté à l'horizon 90 : 200.000 m³/j.

c) dilution de l'effluent en 1 jour

d'après la référence 76, fig. 2, on peut déduire qu'au bout de 24 heures la dilution est supérieure à 10⁶

d) température moyenne maximale des eaux océaniques 28° C, salinité 35 g/l.

e) d'après la réf. 34, les coefficients de dégradation biochimique observés sur les eaux d'égoût d'Abidjan rejetées en eau douce sont :

- à 20° C, k 20° C = 0,22

- à 28° C, k 28° C = 0,32

L'eau de mer inhibe la biodégradation les premières heures.

L'inhibition est totalement levée au bout de 24 heures. Une cinétique de 1er ordre, s'applique alors avec les coefficients k ci-dessus.

$$\text{DBO}_{20^\circ \text{C}, 5 \text{ j}} = \text{DBO}_{20^\circ \text{C}} (1 - 10^{-0,22 \times 5}) \quad (1)$$

$$\text{DBO}_{28^\circ \text{C}, 1 \text{ j}} = \text{DBO}_{28^\circ \text{C}} (1 - 10^{-0,32 \times 1}) \quad (2)$$

f) L'effluent brut subit un traitement primaire qui élimine 35 % de sa DBO avant rejet en mer (ref. 77).

Calculs

$$1/ \text{DBO}_{28^\circ \text{C}, 1 \text{ j.}} / \text{DBO}_{20^\circ \text{C}, 5 \text{ j.}} = (2) / (1) = 57 \%$$

Consommation en oxygène d'une journée d'effluents de la ville en 1990, le premier jour après rejet dans l'océan.

$$\text{DBO } 1 \text{ j. } 28^\circ \text{ C} = 92 \ 230 \times 0,65 \times 0,57 = 34 \text{ t/j.}$$

2/ On suppose que les eaux océaniques sont avant réception de l'effluent saturées en oxygène, situation normale pour les eaux superficielles. A 28° et à une salinité de 35 g/l, elles contiennent 7,5 mg/l d'oxygène.

3/ D'après les données b et c, le volume océanique intéressé par les effluents rejetés en 1 jour en 1990 est supérieur à :

$$2 \cdot 10^5 \times 10^6 = 2 \cdot 10^{11} \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\begin{aligned} \text{volume qui contient } 2 \cdot 10^{11} \times 7,5 &= 15 \cdot 10^{11} \text{ g d'oxygène/j.} \\ &= 1,5 \cdot 10^9 \text{ kg d'oxygène/j.} \end{aligned}$$

4/ La proportion de l'oxygène naturel consommé en 1990, au bout d'un jour, par les effluents rejetés en un jour, sera dans la nappe de dilution de :

$$34 / 1,5 \cdot 10^6 = 2,3 \cdot 10^{-5}$$

C'est dire que, quelles que soient les approximations sur lesquelles sont basés ces calculs, l'impact de la pollution organique sur l'oxygénation de l'océan est négligeable. Il n'est pas à craindre d'effet cumulatif avec d'autres rejets, Abidjan étant le seul centre urbain important sur plusieurs centaines de kilomètres de littoral.

références :

76. CITEAU J. et PAGES J. Auto-épuration du milieu marin. Quelques remarques méthodologiques. Doc. Scient. Centr. Rech. Oceanogr. Abidjan
x (1) : 63 - 80
77. IMHOFF K. 1964 - Manuel de l'assainissement urbain. Dunod, Paris - 4ème édition 405 p.

ANNEXE 4

Tentative d'évaluation des flux d'eaux naturelles dans la région lagunaire d'Abidjan.

1/ Flux d'eau au débouché en lagune du canal de Vridi

Les effluents de la ville sont dilués par les eaux naturelles qui circulent aux points de rejets. Celles-ci ont pour origine à la fois les eaux océaniques qui pénètrent en lagune au travers du canal de Vridi, et les eaux douces en provenance des rivières et des précipitations.

Le volume des eaux douces apporté à chaque région lagunaire, et par suite celui qui traverse chaque section, sont connus avec une bonne précision (tab. A 1 et A 2).

Tableau A 1 : Apports d'eaux douces annuels moyens aux différentes régions.

Unités $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$

Origine des valeurs : les débits moyens des rivières Comoé, Agnéby et Mé concernent 17 à 23 années de mesures rassemblées par le DRES (Abidjan) et extrapolées à l'ensemble des bassins versants par CHANTRAINE (comm. pers.). Les apports des bassins littoraux secondaires ont été évalués en affectant un coefficient de 0,041 (ADOU, 1973) aux précipitations moyennes mesurées pendant 30 ans à Adiopoudoumé dans la région centrale lagunaire (station ORSTOM Adiopoudoumé, comm. pers.). La même moyenne a été utilisée pour évaluer les apports directs sur le bassin versant. Pour l'évaporation, nous avons adopté la moyenne de 1246 mm/an évaluée par VARLET (réf. 5).

Région	Bassin versant km^2	Précipitations sur le plan d'eau $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$	Apports par les rivières $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$	Evaporation $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$	Apport net d'eau douce $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$
I	4700	88	1534	52	1570
II	78250	130	7122	77	7175
III est	200	88	17	52	51
III ouest	150	61	13	36	42
III totale	350	149	30	107	93
IV	9100	181	917	107	991
V	400	357	34	211	178
VI	800	284	69	168	185
Total	93500	1189	9706	703	10191

Tableau A 2 : Volume d'eau douce annuel moyen transitant dans chaque région lagunaire. Origine des valeurs = celle du tableau A 1.
Unités $10^6 \text{ m}^3 / \text{an}$.

Région	I	II	III est	III ouest	IV	V	VI
Volume	1570	8745	8796	1447	1354	363	185

.../...

Le volume d'eau océanique pénétrant en lagune au travers du canal de Vridi a été estimé mois après mois pour l'année 1951 (volumes entrants sur le tab. A 3). Les volumes sortant portés sur ce même tableau sont constitués des volumes entrant par le canal, auxquels il convient d'ajouter les apports d'eau douce sur l'ensemble du bassin et de retrancher les variations positives du volume de ce bassin (dues aux variations de niveaux).

Volume sortant : volume d'eau océanique entrant
+ bilan net d'eau douce sur le bassin lagunaire
- variation de volume du bassin.

Tableau A 3 : Bilan d'eau au travers du canal de Vridi en 1951 d'après la réf. 5 (unités : $10^6 \text{ m}^3/\text{mois}$).(*)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
volumes entrant	3870	6158	10869	6009	2566	437	448	2488	2788	678	351	1338
volumes sortant	4112	6393	11200	6436	3303	1532	1379	3497	5589	3393	1385	1775
volumes résiduels	242	235	331	434	737	1095	931	1009	2801	2715	1034	437

• La différence entre les volumes entrants et les volumes sortants : les volumes résiduels, sont, aux variations de volume du bassin lagunaire près (qui restent faibles sauf au moment des crues fluviales), égaux aux apports nets d'eau douce.

La pollution rejetée au niveau du canal de Vridi est diluée dans les volumes sortants. Ces volumes sont considérables.

2/ Flux d'eau dans les sections est et ouest du chenal central lagunaire urbain.

Le problème est que les effluents ne sont pas évacués au niveau du canal de Vridi, mais plus en amont. Or, le volume d'eau océanique remontant la lagune (volume entrant sur le tab. A 3) s'amortit rapidement, et de façon inconnue vers l'amont.

En outre, cet amortissement varie avec la saison et l'année, en fonction du volume d'eau douce. De plus, le volume d'eau océanique se répartit de façon inconnue entre les chenaux centraux est et ouest, les baies sur son trajet et le passage au sud de l'île Boulay.

Le bilan d'eau au niveau du canal de Vridi n'est donc pas extrapolable au niveau des points de rejets en amont.

.../...

(*) L'application des équations de conservation pour obtenir ce tableau est, de l'aveu même de son auteur, très hasardeux. Nous ne le fournissons ici que faute de données plus fiables comme base de discussion.

Plus proches de ces points de rejet, entre Cococyc et Marcory à l'est, entre Yopougon et l'île Boulay à l'ouest, des mesures de courants ont été effectuées chaque mois en 1976 (réf. 4). En ont été extrait les vitesses résiduelles (différence entre les vitesses des courants des marées montantes et descendantes). Multiplié par la section des chenaux : 2 400 m² à l'est et 6 000 m² à l'ouest (nous n'avons considéré que la couche 0 à 4 m., les eaux usées se maintenant dans les eaux de surface), nous avons obtenu les flux d'eau résiduels sur un cycle de marée : tab. A 4.

Tableau A 4 : Flux d'eaux résiduels sur un cycle de marée, dans la couche 0 - 4 m., entre Cococyc et Marcory à l'est (ligne 1) et Yopougon et l'île Boulay à l'Ouest (ligne 2), en 1976. Unités 10⁶ m³

ligne	durée	section	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Flux résiduel/ cycle de marée	Est	8,3	12,4	10,9	14,5	3,2	13,5	11,4	2,1	3,6	6,2	21,8	8,8
2		Ouest	23,3	36,3	15,2	24,6	18,2	15,5	38,9	5,7	9,8	16,9	59,3	23,9

Remarques importantes

Les évaluations du tableau A 4 reposent sur un certain nombre d'hypothèses non vérifiées, quoique plausibles et sur des approximations grossières. Elles ne sont fournies ici que pour servir de base de discussion et il est nécessaire de les utiliser avec prudence pour l'évaluation des taux de dilution des effluents.

Il faut en particulier noter que :

.../...

1/ Une partie du flux résiduel d'un cycle de marée est repris par le courant de sens contraire du cycle de marée suivant.

La dilution des effluents, calculée à partir des flux résiduels mensuels du tableau est donc surestimée.

2/ Les flux résiduels du tableau sont pour certains cycles de marée de la saison d'étiage (janvier à mai) orientés totalement ou partiellement vers l'amont. La pollution au lieu d'être évacuée vers le bassin du port et le canal de Vridi est alors reportée vers les régions continentales de la lagune ce qui n'est pas favorable.

3/ La publication n° 4, à laquelle nous avons emprunté les mesures de courants pour les calculs de flux résiduels, ne précise ni la date, ni l'amplitude des marées au moment de ces mesures. Il est donc impossible de savoir si les flux évalués au tableau A. 4 sont bien représentatifs du flux moyen du mois. En outre, il n'y a pas eu de mesures à la section ouest d'août à décembre. Nous avons évalué les flux de ces mois-là, en affectant aux flux de la section est, le facteur 2,72, qui est la valeur moyenne du rapport des flux de la section ouest à la section est pour les mois de janvier à juillet.

4/ Il faudrait tenir compte d'une variabilité inter-annuelle qu'il est pour l'instant impossible d'appréhender faute de mesures de courants régulières publiées en dehors de l'année 1976.

5/ Le choix de la couche 0 - 4 m. pour l'évaluation des flux résiduels est arbitraire, quoique logique. Il est probable que, selon les circonstances, une épaisseur d'eau supérieure ou inférieure participe à la dilution des effluents de la ville.

6/ L'utilisation de l'ensemble des flux résiduels pour le calcul des dilutions de la pollution suppose que les effluents diffusent rapidement sur toute la largeur du chenal central lagunaire. Cela ne peut être réalisé que si les effluents sont évacués au moyen de plusieurs diffuseurs répartis sur une section nord-sud des chenaux centraux.

7/ L'évaluation des flux résiduels du tableau A - 4 n'est applicable et avec beaucoup de prudence qu'aux sections lagunaires considérées : Cocody à Marcory et Yopougon à Boulay. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne vers l'amont, les courants de marée saline diminuent et les flux résiduels tendent vers les flux nets d'eau douce évalués sur le tableau A - 5 pour l'année 1976.

8/ L'élimination d'un polluant est fonction de la circulation des eaux mais aussi des phénomènes de dispersion-diffusion qui sont ici négligés.

9/ Une étude beaucoup plus complète est en cours au Centre de Recherche Océanographique d'Abidjan (Programme hydro-dynamique par F. Gras et Carmouze). Ses résultats sont susceptibles de remettre en cause les estimations grossières présentées ici

Discussion :

La comparaison des flux nets d'eau douce du tableau A - 6 et des flux résiduels (saumâtres, doux et océaniques) du tableau A - 5 dans la section est permet de mettre en évidence le phénomène suivant.

En saison d'étiage (de décembre à avril), le flux résiduel est supérieur au flux d'eau douce (fig. a 1). Le flux résiduel (qui, rappelons-le, est celui de la couche 0 - 4 m) est alimenté par les eaux douces et par un flux supplémentaire, qui ne peut être que celui des eaux marines de la couche d'eau qui va de 4 m. de profondeur au fond. On a alors une circulation estuarienne de type classique : entrée d'eau marine sur le fond, mélange avec les eaux douces en amont, et sortie du mélange en surface (eaux saumâtres du courant résiduel de la couche 0 - 4 m.).

En saison de pluies, de mai à octobre, le flux résiduel est, toujours à la section est, inférieur au flux d'eau douce (fig. a 1). Ce qui signifie que le flux d'eau douce intense à cette époque, intéresse non seulement la couche 0 - 4 m., mais aussi les couches inférieures. La circulation des eaux de jusant se rapproche alors du type fluvial.

Notons pour conclure, l'efficacité de ce processus de renouvellement des eaux. En saison des pluies et des crues, une excellente circulation des eaux dans la région est assurée par les débits d'eau douce. En saison d'étiage, lorsque ces débits diminuent, le renouvellement des eaux est alors assuré par une circulation d'eau océanique de type estuarien. Ce rôle complémentaire des eaux océaniques est notable. Il permet par exemple pour la section est étudiée, de ne subir de variations du flux résiduel au cours de l'année 1976 que d'un facteur 10 (tab. A - 4), alors que le débit des eaux douces varie d'un facteur 62 (tab. A - 5).

Le même phénomène de complémentarité des eaux océaniques et douces dans le débit des eaux résiduelles est mis en évidence à la section ouest. Mais là, le débit des eaux résiduelles est toujours supérieur à celui des eaux douces. Il y a toujours circulation de type estuarienne et apport d'eau océanique dans la couche 0 - 4 m., ce qui n'est pas étonnant vu l'importante ouverture de la section Yopougon - Boulay sur le bassin du port et le canal de Vridi (1500 m de large et 8 m. de profondeur moyenne, alors que la section Cocody - Marcory n'a que 600 m de large et 6 m. de profondeur moyenne). Mais là aussi, il est certain, qu'au fur et à mesure qu'on remonte le chenal central vers l'amont, la circulation des eaux de type estuarien s'atténue au profit de celle de type fluvial, et donc que les flux d'eau résiduels tendent vers les seuls flux d'eau douce.

.../...

TABLEAU A 5 : APPORTS D'EAU DOUCE MENSUELS NETS EN 1977 POUR LES REGIONS EST,
 QUEST ET POUR L'ENSEMBLE DE LA LAGUNE. UNITES : 10^6 m^3

(1) Origine des valeurs. Données du DRES (comm. pers.) pour le Comoé à M'Basso et la Mé à Alepé. Calcul à partir des précipitations mensuelles à Agboville et Abidjan - Cocody (comm. pers. ASECNA) et d'un coefficient d'écoulement moyen de 4,1 % (ADOU, 1973) pour tous les autres bassins versants. Apports directs sur la lagune d'après les précipitations à Abidjan - Cocody et Dabou (comm. pers. DRES). Evaporation d'après les moyennes mensuelles établies par VARLET (réf. 5).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1976
<u>Section est (Cococy-Marcory)</u>													
Débit du fleuve Comoé	19	60	95	150	155	220	334	711	1455	1722	401	99	5421
Débit des autres rivières	19	16	25	35	214	743	340	85	21	19	59	18	1594
Précipitations directes	3	18	20	27	61	173	31	7	0	6	17	2	365
Evaporation	13	15	21	20	15	12	13	12	14	16	17	14	182
Flux net d'eau douce	28	79	119	192	415	1124	692	791	1462	1731	460	105	7198
=====													
<u>Section ouest (Yopougon-Boulay)</u>													
Débit des rivières	3	45	58	77	152	177	59	42	1	24	54	1	693
Précipitations directes	3	76	47	60	152	554	28	5	6	16	118	27	1092
Evaporation	38	44	59	58	45	35	36	33	39	46	49	41	523
Flux net d'eau douce	-32	77	46	79	259	696	51	14	-32	-6	123	-13	1262
=====													
<u>Total lagune</u>													
Flux net d'eau douce	-4	156	165	271	674	1820	743	805	1430	1725	583	92	8460

3/ Flux d'eau en baie de Biétri

Les taux de renouvellement des eaux de la baie de Biétri ont été évalués en 1976 et 1977 (réf. 43). Ces taux sont fonction du secteur de la baie considérée (milieu ou extrémité est), de la saison et de l'amplitude des marées. Ils figurent au tableau A - 6.

Tableau A - 6 : taux de renouvellement par jour des eaux de la baie de Biétri (d'après réf. 43).

Date	Saison	Marée (1)	secteur	taux de renouvellement
mai 76	Début de saison des pluies	de 0,2 à 1 m.	milieu	0,14
			extrémité	0,09
juin 77	Début de saison des pluies	1,1 m.	milieu	0,45
			extrémité	0,21
sept. 77	Début de saison des crues	0,8 à 0,2 m.	milieu	0,22
			extrémité	0,18
oct. 76 (2)	Petite saison des pluies	Vive eau moyenne morte eau	milieu	0,35
			milieu	0,22
			milieu	0,05

(1) amplitude de marée à l'entrée du canal

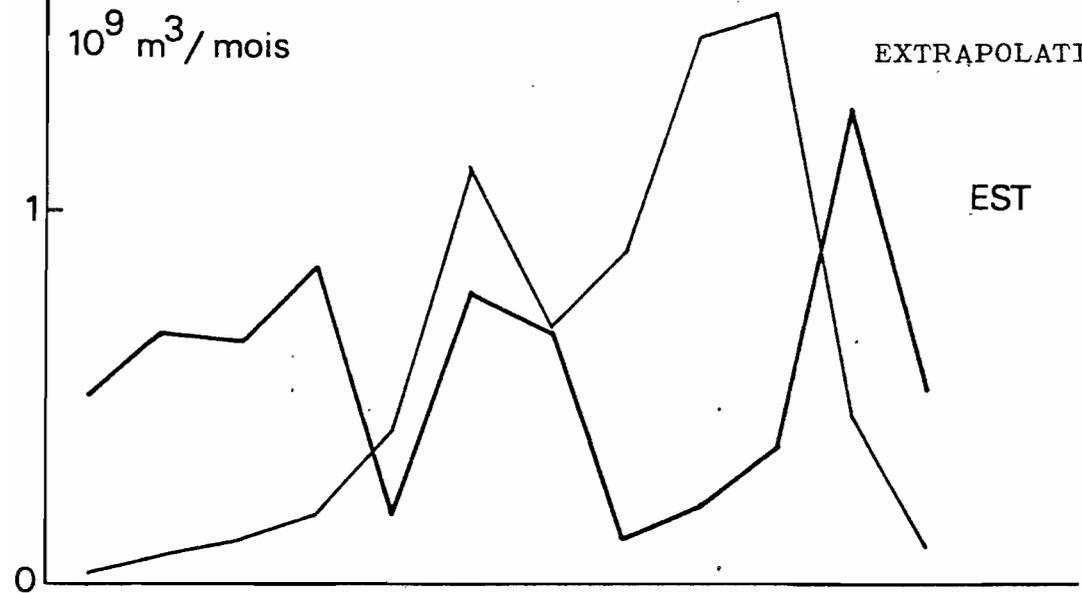
(2) octobre se trouve en principe en pleine saison de crues du Comoé ; cependant les crues ont été pratiquement absentes en 1976.

On voit qu'ils oscillent entre $0,45 \text{ j}^{-1}$ (eau renouvelée en 53 heures) et $0,05 \text{ j}^{-1}$ (eau renouvelée en 20 jours). La circulation a du sensiblement s'améliorer depuis l'ouverture de la digue de Koumassi faisant communiquer la partie orientale de la baie de Biétri avec la baie de Koumassi. Nous ne disposons pas d'évaluations de taux de renouvellement depuis cette ouverture(*) Pour fixer un ordre de grandeur, nous adopterons comme valeur minimum des taux de $0,1 \text{ j}^{-1}$, soit un renouvellement en 10 jours. Appliquée à la couche 0 - 4 m; cette valeur conduit, la baie ayant $5,5 \text{ km}^2$ de surface à une circulation quotidienne minimum de $2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. C'est cette circulation qui diluera les rejets au centre de la baie de Biétri.

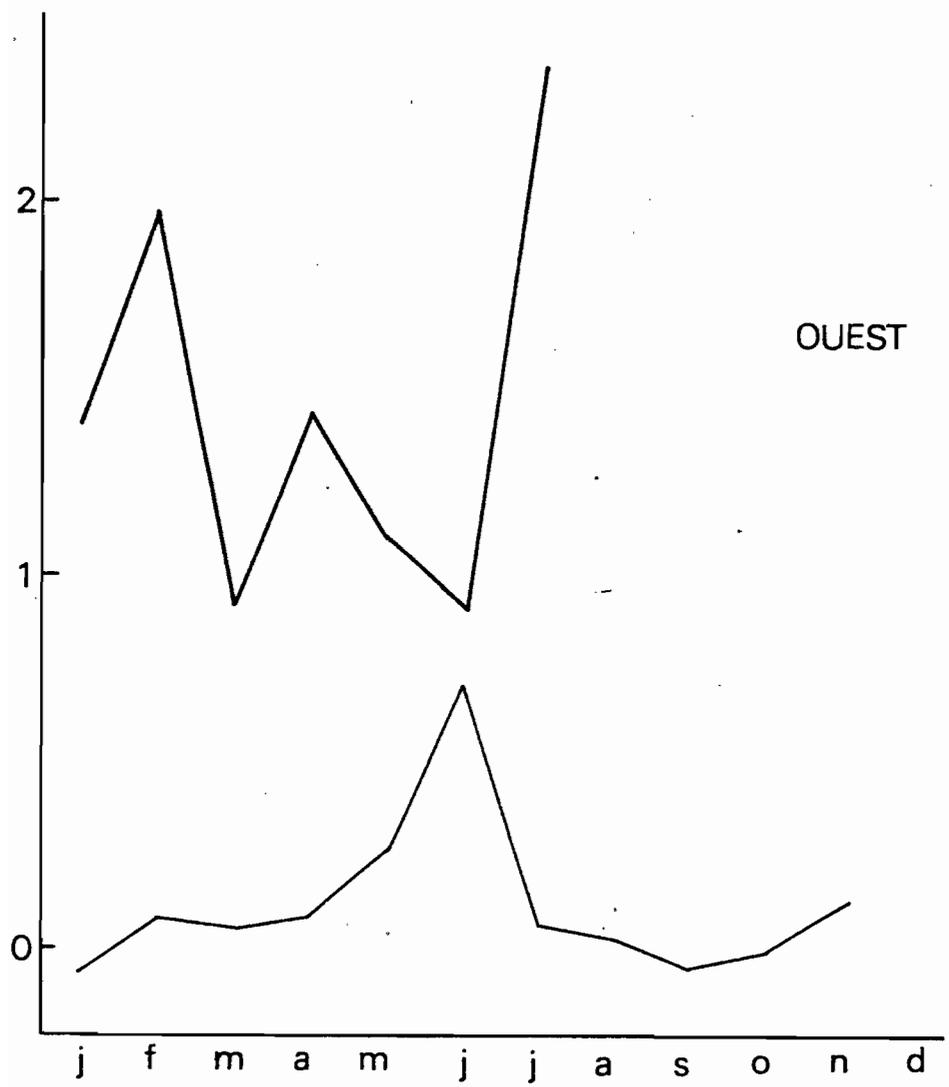
.../...

(*) Un document nous parvient après la rédaction de ce chapitre : CHANTRAINE J.M. - Exposé sur la pollution en lagune Ebrié au Comité Technique du 20/11/81 Centre Rech. Océanog. Abidjan N.D.R. On y note qu'en période de crue du fleuve Comoé, donc en période favorable au renouvellement par les eaux douces, $0,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pénètrent quotidiennement au travers de la digue de Koumassi. En période d'étiage, le bilan d'eau quotidien au travers de cette digue serait quasi nul.

Figure annexe 1 : Flux d'eau résiduelle et d'eau douce aux sections est (Cocody-Marcory) et ouest (Yopougon-Boulay) de la lagune urbaine.



— eau résiduelle
— eau douce



Référence :

- 78 . LEMASSON L., PAGES J. et DUFOUR P. Lagune de Biétri, Bathymétrie, courants et taux de renouvellement des eaux. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, sous presse.

Résumé :

Les flux d'eau traversant le canal de Vridi sont importants. Ceux d'eau océanique pénétrant en lagune sont de l'ordre de $38.000.10^6$ m³/an. Les volumes d'eau douce qui traversent le canal sont en moyenne de $12.000.10^6$ m³/an, ils subissent des variations inter-annuelles importantes (8.000 et $5.000.10^6$ m³/an en 1976 et 1977).

Les flux d'eaux océaniques qui remontent les chenaux est et ouest de la lagune s'amortissent rapidement vers l'amont. Ils sont maximum en saison d'étiage. La circulation dans la région d'Abidjan est alors contrôlée par les cycles de marée. Les flux océaniques sont minimum en saison des crues. La circulation est alors de type fluviale. L'augmentation des flux océaniques au cours de la saison d'étiage tend, dans une certaine mesure, à compenser la diminution des flux d'eau douce. Pour la couche 0 à 4 m. les débits résiduels (solde entre le courant de flot et celui de jusant) évalués en 1976, sont au minimum de 2,1 et $5,7.10^6$ m³ par cycle de marée, au travers des sections Cocody - Marcory et Yopougon - île Boulay. Ces valeurs approximatives devront être précisées par des mesures de diffusion.

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne vers l'amont, les flux résiduels tendent vers les seuls flux d'eau douce dont les valeurs sont connues avec une bonne précision.

Chaque baie a sa circulation propre dépendant de sa topographie et de sa position par rapport au canal de Vridi et aux estuaires des rivières. En baie de Biétri, les flux d'eau sont estimés en période défavorable à $2,2.10^6$ m³/j.

ANNEXE 5

Comparaison des DBO évaluées et des DBO mesurées

Nous testons ici le degré de vraisemblance des hypothèses et approximations qui ont conduit aux valeurs portées au tableau XVII du § 2-2-2-1-2.

La DBO a été mesurée in situ entre mai 1977 et mars 1978 en baie de Biétri, et dans le chenal central est entre Yopougon et l'île Boulay.

Nous comparons ces observations aux évaluations selon le procédé du § 2-2-2.

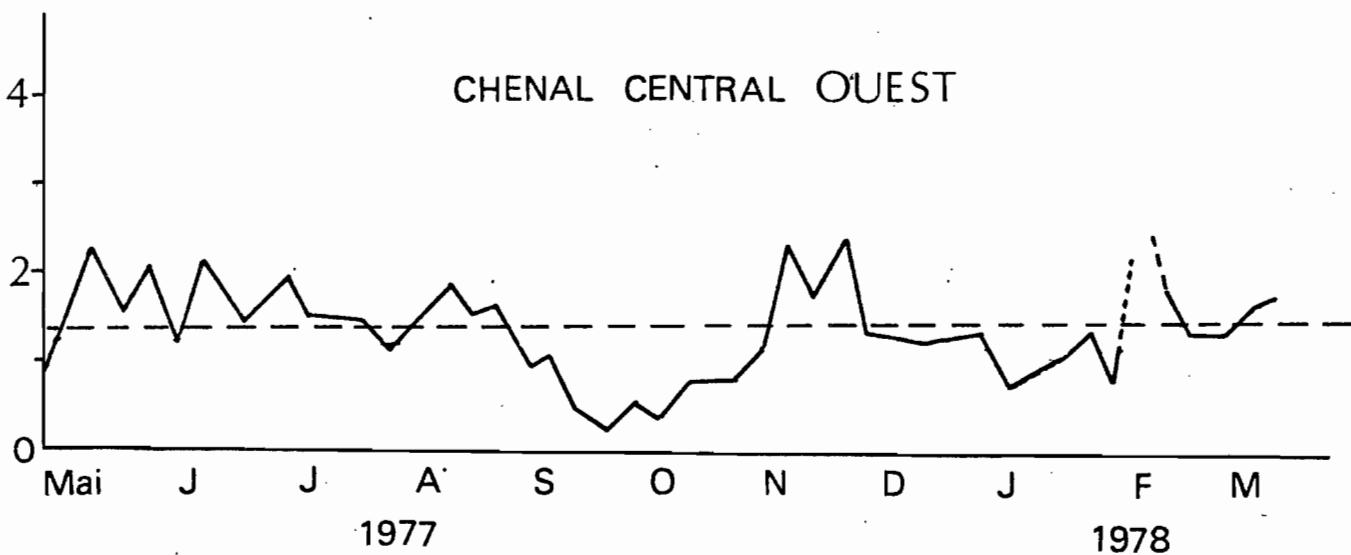
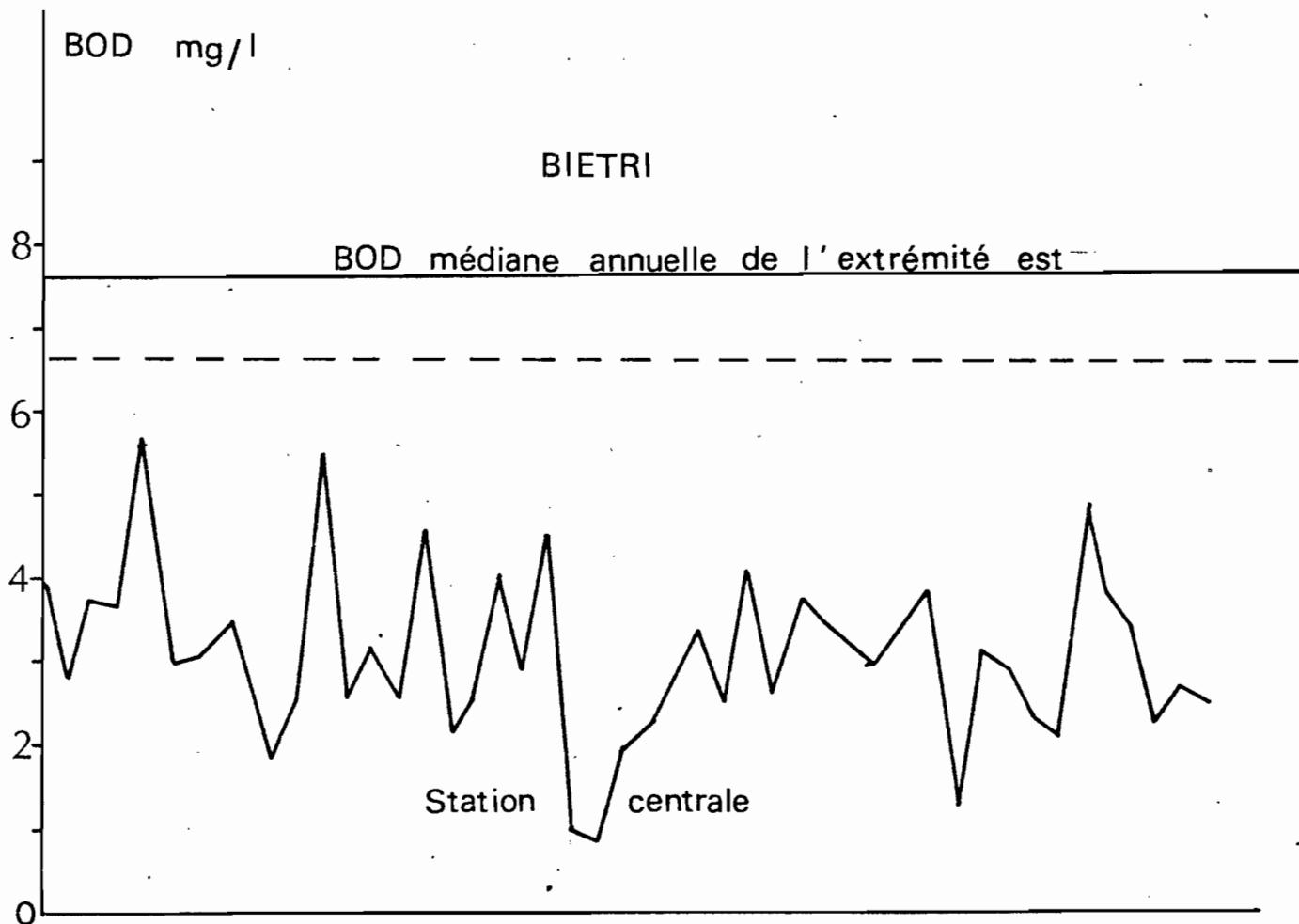
Compte-tenu d'un taux de croissance de 10 % par an, la charge organique polluante devait être en 1977 0,75 fois celle portée au tableau XVII pour l'année 1980. En utilisant les flux diluants les plus faibles, également portés au tableau XVII, on peut évaluer la DBO₅ dans les conditions défavorables dans les secteurs de rejet en 1977. Elle est de 1,33 mg/l dans le chenal central ouest et de 6,6 mg/l en baie de Biétri.

Ces valeurs sont portées sur la figure suivante (pointillés) et comparées aux DBO effectivement mesurées (traits pleins). On s'aperçoit que cette DBO défavorable calculée n'a pas été atteinte en réalité en surface au centre de la baie de Biétri. Elle a par contre été le plus souvent dépassée à l'extrémité continentale de cette baie où la DBO médiane observée était de 8 mg/l.

La DBO calculée pour les conditions de circulation défavorables a été, elle aussi, souvent dépassée dans le chenal central ouest où la médiane des DBO mesurée était de 1,45 mg/l (cf. fig. A2).

Les DBO, portées au tableau XVII du § 2-2-2-1-2, pour des conditions défavorables ne peuvent donc être considérées comme particulièrement pessimistes. Elles pourront être dépassées dans la réalité.

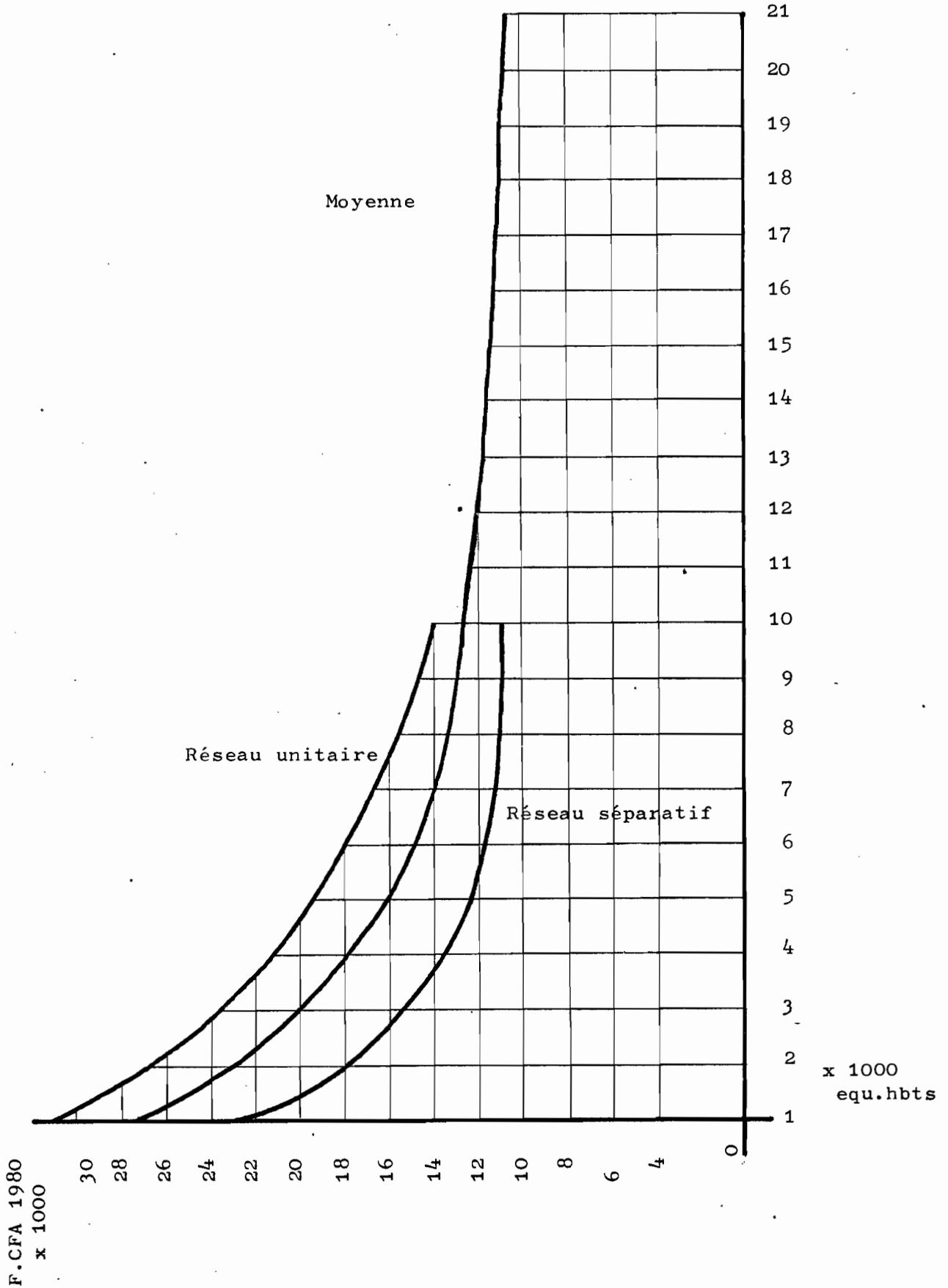
Figure annexe 2 : Comparaison des D.B.O. calculées pour des conditions défavorables (pointillés), et des D.B.O. effectivement mesurées (traits pleins) en baie de Biétri (en haut) et dans le chenal central Ouest (en bas).



ANNEXE N°6

Coût d'investissement des stations d'épuration
des collectivités locales, épuration biologique, stabilisation
des boues, lits de séchage. Prix Francs CFA 1981 - unité x 1000.

COUT MOYEN POUR UN EQUIVALENT HABITANT



ANNEXE N° 7

CHOIX DU SITE D'IMPLANTATION D'UNE STATION D'EPURATION
ET DIVERSES FILIERES CLASSIQUES

Problèmes rencontrés lors de l'implantation d'une station d'épuration :

PROBLEMES D'ACQUISITION DE TERRAIN

- problèmes fonciers
- coût élevé des terrains en zone littorale
- nécessité d'expropriations
- évaluation de la surface nécessaire en fonction de l'extension à prévoir (en capacité et en niveau de traitement)

PROBLEMES DUS A LA NATURE DU SITE

- facilité d'accès au terrain
- géologie et hydrologie des sols
- fourniture d'électricité
- risque d'inondation

PROBLEMES DUS A LA CONSTRUCTION DE LA STATION

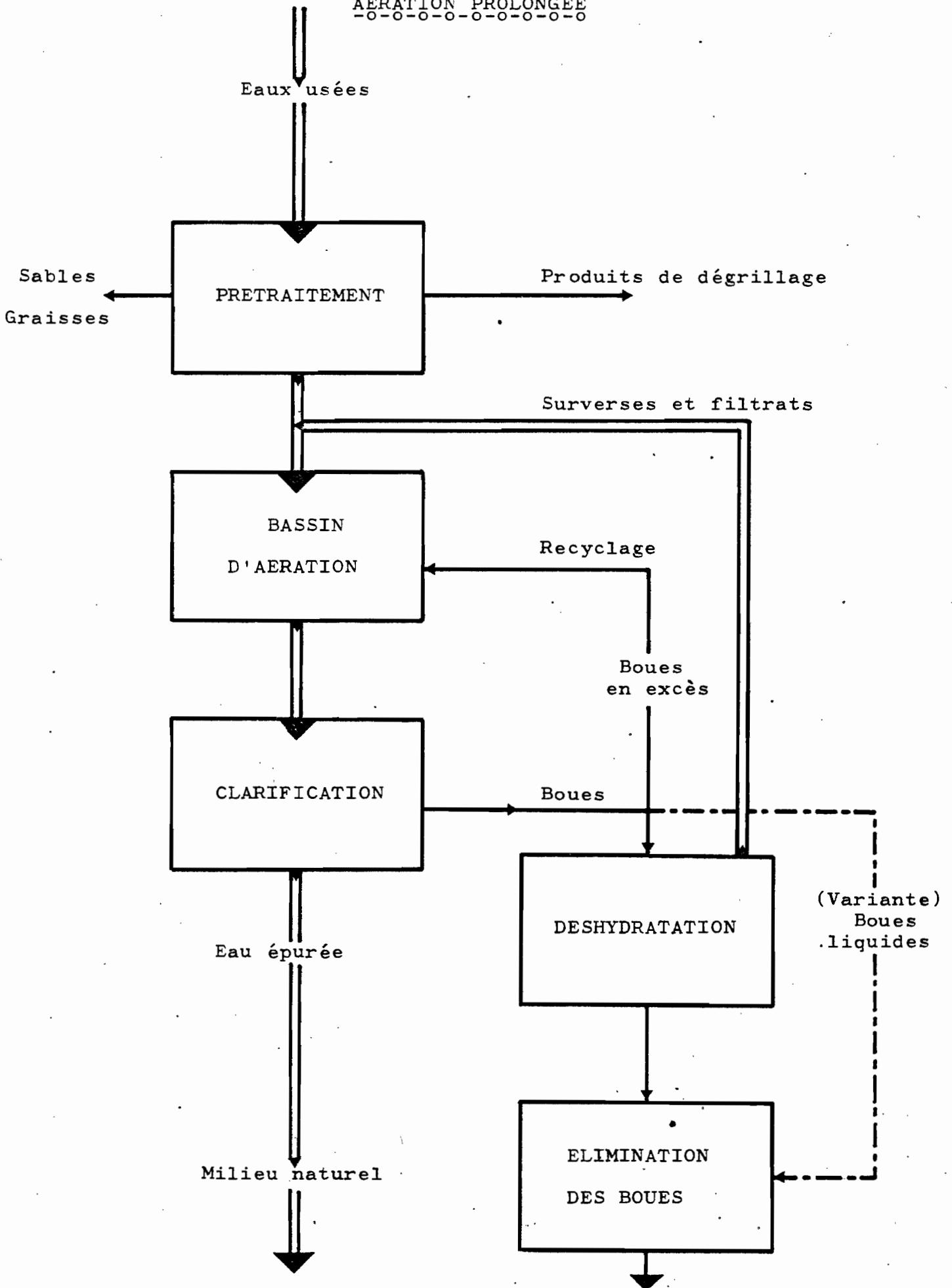
- problèmes de bruit
- problèmes d'odeur
- facilité évacuation des boues
- nuisances dues au chantier
- possibilité d'intégration au site
- nécessité éventuelle de retenir deux sites distincts pour le traitement des eaux et le traitement des boues

PROBLEMES TECHNIQUES D'ARRIVEE ET DE REJET DES EFFLUENTS

- distance de l'agglomération
- nécessité de postes de relevage
- possibilité d'écoulement gravitaire
- éloignement de la zone de rejet prévue

TRAITEMENT AEROBIE DES EAUX
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-
ET DES BOUES DANS LE MEME BASSIN.
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

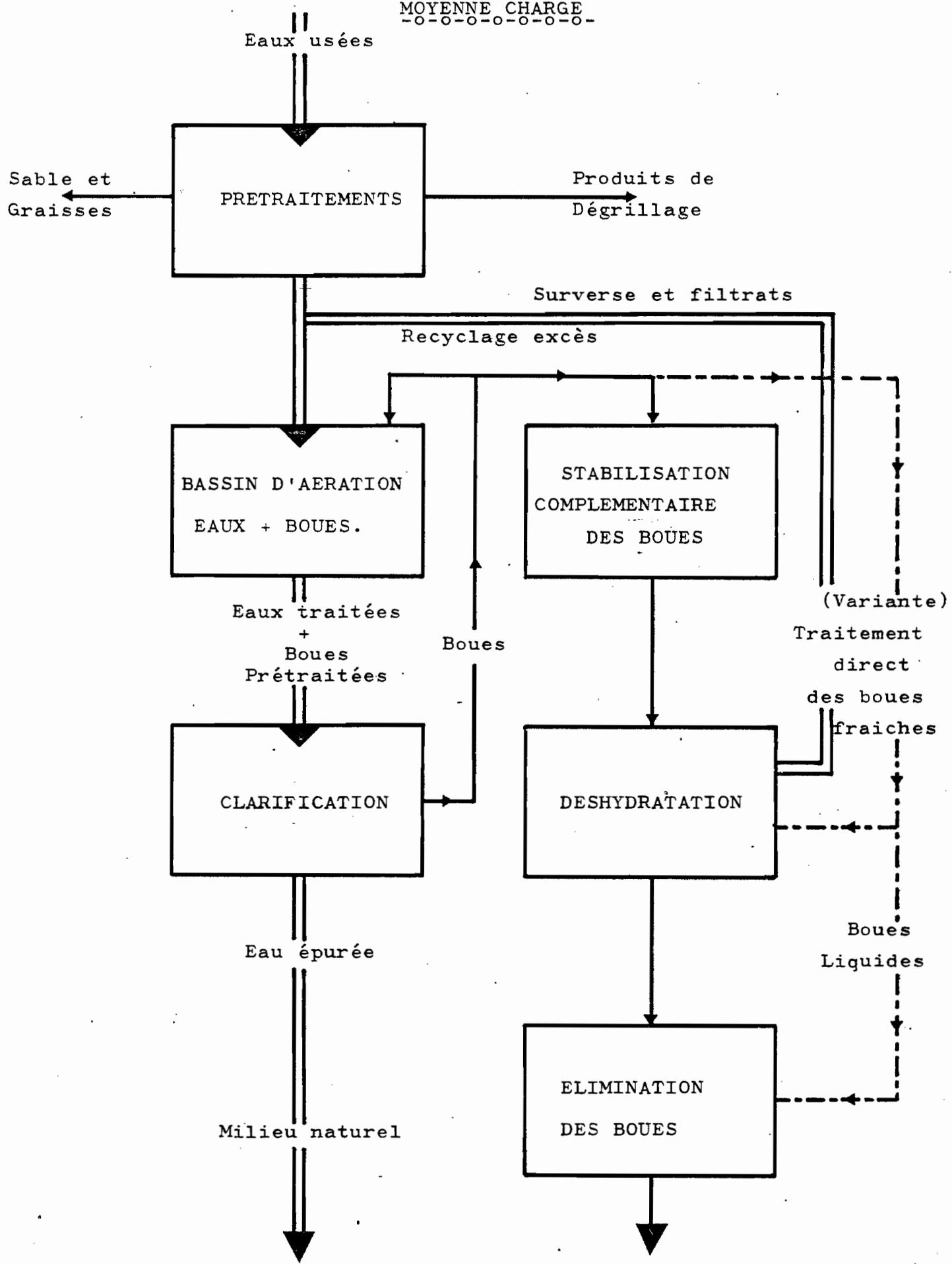
AERATION PROLONGEE
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-



TRAITEMENT CONJOINT DES EAUX ET DES BOUES AVEC TRAITEMENT

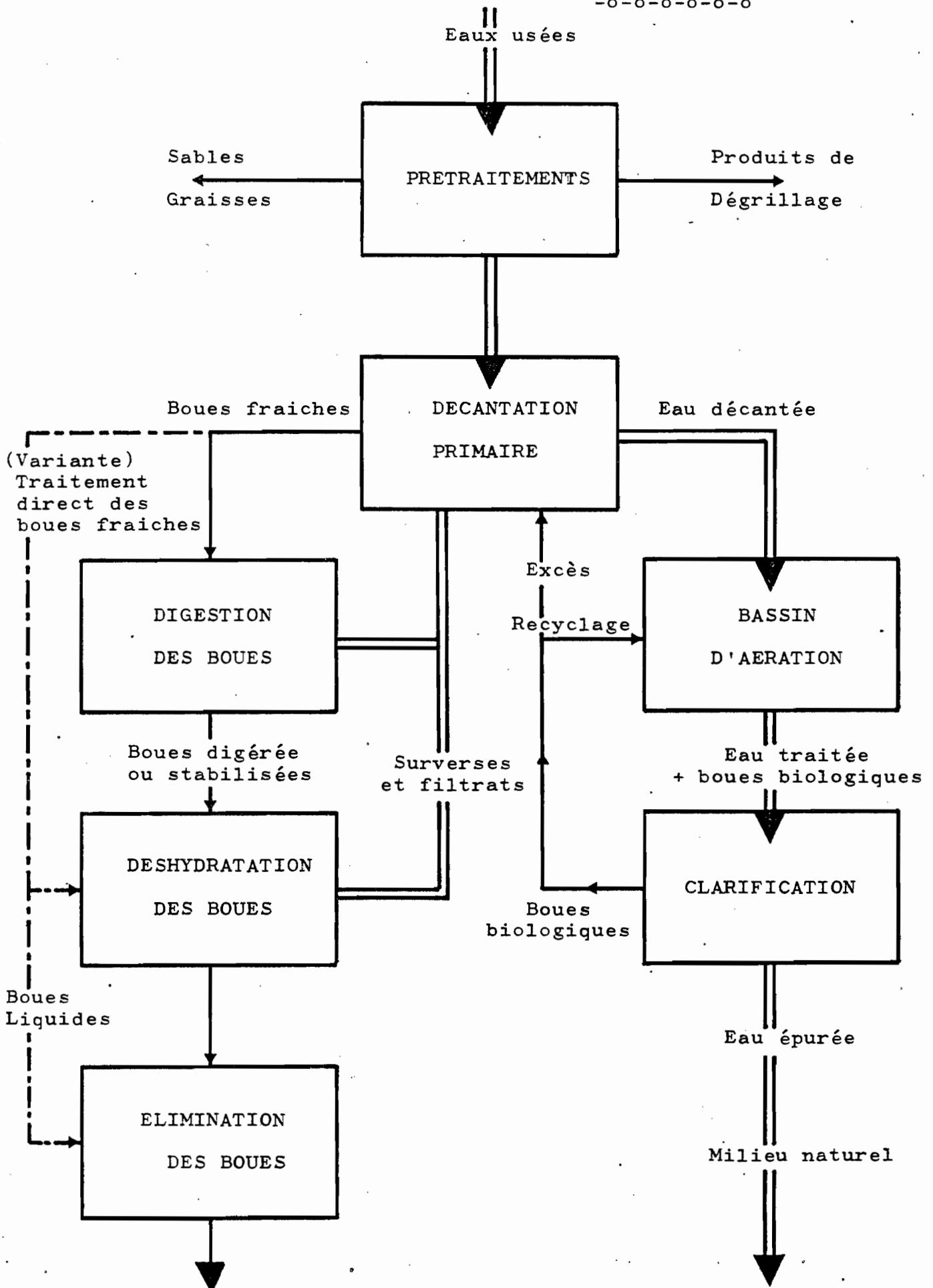
COMPLEMENTAIRE DES BOUES EN BASSIN SEPRE

MOYENNE CHARGE



TRAITEMENT SEPARÉ DES EAUX ET DES BOUES

FORTE CHARGE



A N N E X E 8

Bilan d'eau en Baie de Koumassi - Temps de résidence
moyens

Les éléments du bilan d'eau sont les suivants :

Apports : précipitations directes sur le plan d'eau
eaux pluviales ruisselées sur le bassin versant de
la Baie
eaux pluviales transportées par les portions de réseaux
d'égoût unitaire
eaux usées transportées par le réseau d'égoût
apports au travers du sédiment

Exportations : évaporation sur le plan d'eau
infiltration au travers du sédiment

Les infiltrations et apports au travers du sédiment
sont inconnus. Une étude hydrogéologique est conseillée. Mais, étant
donnée que la Baie est bordée sur les 2/3 de sa circonférence par
la lagune ou des terrains marécageuse, il est peu probable que les
infiltrations excèdent les apports. Faute d'information plus précise,
nous supposons le bilan d'eau au travers du sédiment nul.

Pour les autres termes du bilan nous distinguerons
les deux périodes climatiques extrêmes : janvier en saison sèche
et juin en saison des pluies.

Précipitations :

Janvier : 26 mm
Juin : 670 mm

origine : valeurs moyennes à la station météorologique d'Abidjan-
aéroport d'après la réf. 10.

Il en résulte un volume d'eau sur le plan d'eau de :
en Janvier : $0,026 \times 6,1 \cdot 10^6 = 0,16 \cdot 10^6$ m³/mois
en Juin : $0,670 \times 6,1 \cdot 10^6 = 4,09 \cdot 10^6$ m³/mois.

.../...

Ruissellement sur les bassins versants

Les coefficients de ruissellement varient de façon considérable selon l'intensité des précipitations, la nature, le relief et la végétation du terrain qui les reçoit. En terrain sablo-argileux, il ne dépasse pas 8 % en période de pluies intenses (réf. 79). Compte tenu du faible parcours des eaux avant qu'elles atteignent la Baie, il semble raisonnable d'admettre un coefficient de ruissellement sur les surfaces non urbanisées de 15 % en Juin.

Il est évidemment plus faible en saison sèche. Nous adopterons 5 % pour Janvier.

Le coefficient de ruissellement sur les surfaces urbanisées est admis être de 50 % par les experts de la SETU. Nous le prendrons égal à 60 % en Juin et à 40 % en Janvier.

La surface urbanisée de toute l'agglomération d'Abidjan va évoluer comme suit :

1985 : 135 km²

1990 : 208 km²

Origine : SETU

La surface du bassin versant de la Baie de Koumassi est de 13 km² sur lesquels approximativement 3 sont urbanisés.

Il résulte de ces données la possibilité de calculer

- le volume d'eau ruisselé sur la surface urbanisée d'Abidjan :
en 1985, en Juin: $0,670 \times 135 \cdot 10^6 \times 0,6 = 54,27 \cdot 10^6$ m³/mois
en Janvier : $0,026 \times 135 \cdot 10^6 \times 0,4 = 1,40 \cdot 10^6$ m³/mois

en 1990, en Juin: $0,670 \times 208 \cdot 10^6 \times 0,6 = 83,62 \cdot 10^6$ m³/mois
en Janvier : $0,026 \times 208 \cdot 10^6 \times 0,4 = 2,16 \cdot 10^6$ m³/mois

- le volume d'eau ruisselé sur le bassin versant non urbanisé de la Baie de Koumassi :

en Juin : $0,670 \times 10 \cdot 10^6 \times 0,15 = 1,01 \cdot 10^6$ m³/mois

en Janvier : $0,026 \times 10 \cdot 10^6 \times 0,05 = 0,01 \cdot 10^6$ m³/mois

- le volume d'eau ruisselé sur le bassin versant urbanisé de la Baie de Koumassi :

en Juin : $0,670 \times 3 \cdot 10^6 \times 0,6 = 1,21 \cdot 10^6$ m³/mois

en Janvier : $0,026 \times 3 \cdot 10^6 \times 0,4 = 0,03 \cdot 10^6$ m³/mois

.../...

- 79 GIRARD G..J. SIRCOULON et P. TOUCHEBEUF, 1971 - Aperçu sur les régimes hydrologiques-in : le Milieu naturel de la Côte d'Ivoire Mémoire ORSTOM N°50 : 109-155.

Volume d'eau usée collectée par les égouts d'Abidjan

1985 : $3,84 \cdot 10^6$ m³/mois

1990 : $5,85 \cdot 10^6$ m³/mois

Origine : SETU

Evaporation sur le plan d'eau

Juin : 80 mm/mois

Janvier : 130 mm/mois

Origine : réfs. 2 et 3

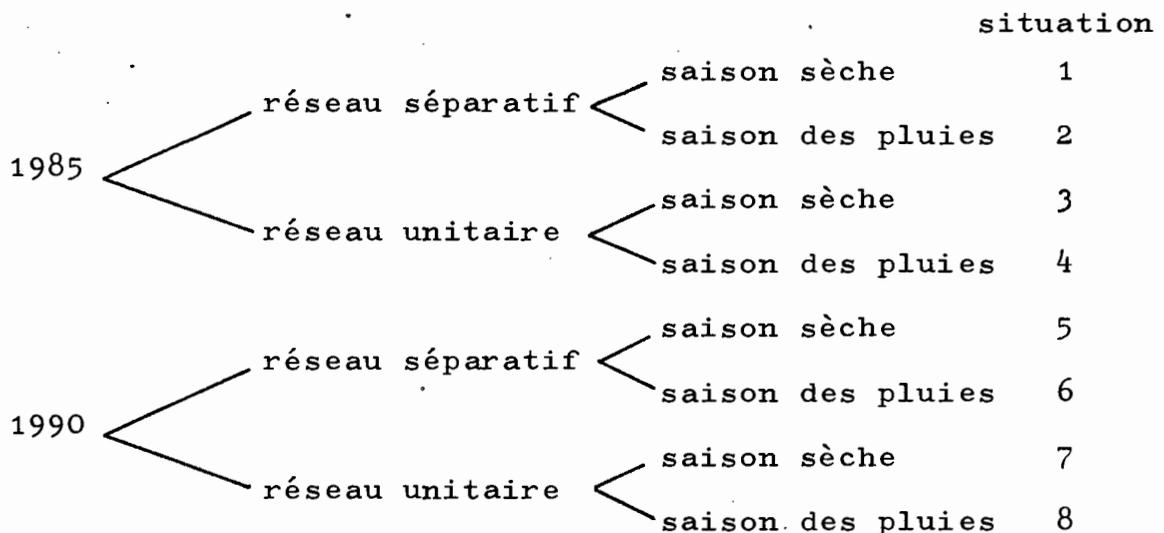
Volume d'eau évaporé en Baie de Koumassi :

Juin : $0,08 \times 6,1 \cdot 10^6 = 0,49 \cdot 10^6$ m³/mois

Janvier : $0,13 \times 6,1 \cdot 10^6 = 0,79 \cdot 10^6$ m³/mois

Equations du bilan d'eau

Nous ne connaissons pas les surfaces urbanisées drainées respectivement par les réseaux d'égouts séparatifs et unitaires. Nous considérerons donc les deux cas extrêmes : toute la surface urbanisée en système séparatif, ou en système unitaire. Il sera facile aux utilisateurs de ce rapport, compte tenu de leur connaissance du réseau d'égout, de rétablir la vérité. Nous allons effectuer le bilan d'eau dans les 8 situations suivantes :



Pour chaque situation, nous allons porter dans le tableau N°A7 l'équation suivante :

.../...

V = bilan d'eau =

- précipitations directes sur le plan d'eau : v1
- + ruissellement sur le bassin versant urbanisé de la baie de Koumassi : v2
- + ruissellement sur la surface urbanisée du reste d'Abidjan, collecté par les égouts : v3
- + ruissellement sur le bassin versant non urbanisé de la baie de Koumassi : v4
- + volume d'eaux usées collectées, en provenance de l'agglomération : v5
- évaporation sur le plan d'eau : v6

Nous constatons que, quelle que soit la situation, le bilan d'eau est nettement positif : tableau A7 .

Temps moyen de renouvellement des eaux de la baie

Le volume de la baie, évalué d'après la carte publiée par TASTET (Ref3), est de $9,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. D'où la possibilité de calculer les temps de renouvellement des eaux de la baie portés au tableau A7.

Bilan d'eau dans la baie de Koumassi, utilisée en lagunage simple, en 1985 et en 1990, en saison sèche et en saison des pluies, dans le cas d'un réseau de type unitaire ou séparatif. Unités : $10^6 m^3$ / mois. Signification des symboles dans le texte. Dernière colonne : temps de renouvellement moyen des eaux de la baie, en jour.

Année	Système de réseau	Mois	v1	v2	v3	v4	v5	v6	Bilan	T
1985	Séparatif	Janvier	0.16	0.03	0	0.01	3.84	0.79	3.25	86
		Juin	4.09	1.21	0	1.01	3.84	0.49	9.66	28
	Unitaire	Janvier	0.16	1.40		0.01	3.84	0.79	4.62	61
		Juin	4.09	54.27		1.01	3.84	0.49	62.72	4.3
1990	Séparatif	Janvier	0.16	0.03	0	0.01	5.85	0.79	5.26	53
		Juin	4.09	1.21	0	1.01	5.85	0.49	11.67	23
	Unitaire	Janvier	0.16	2.16		0.01	5.85	0.79	7.39	38
		Juin	4.09	83.62		1.01	5.85	0.49	94.08	2.9

A N N E X E 9

Charge organique aboutissant en baie de Koumassi transformée en bassin d'épuration par lagunage

La charge organique aboutissant dans la baie est le fait :

- Des eaux usées transportées par le réseau d'égoût
- Des eaux de ruissellement transportées par le réseau d'égoût, s'il est de type unitaire
- Des eaux de ruissellement sur le bassin versant de la baie de Koumassi

Charge organique provenant des population raccordées et transportée par les égoûts de l'agglomération

- 1985 : 1.724 t DBO/mois
- 1990 : 2.766 t DBO/mois origine : S.E.T.U.

Charge organique des populations non raccordées, transportée par les égoûts

Si le réseau d'égoût est unitaire, il transporte aussi, avec les eaux de ruissellement, 20 % de la charge organique émise par habitant non raccordé (cf. § 2222)

Soit en 1985 : 332 t DBO5/mois
en 1990 : 402 t DBO5/mois Origine : S.E.T.U.

Il est bien évident, que cette charge organique est quasiment nulle en saison sèche (Janvier). Elle est maximale au cours des premières pluies qui suivent la saison sèche (Avril), lorsque les déchets, qui y ont été accumulés sur le sol, sont drainés. Faute de données plus précises, pour Juin (saison des pluies), nous retiendrons les valeurs citées ci-dessus et pour Janvier (saison sèche), la moitié des valeurs citées ci-dessus.

.../...

Charge organique transportée par les eaux de ruissellement du bassin versant de la Baie de Koumassi.

- 1985 : 13 t DB05/mois

- 1990 : 18 t DB05/mois Origine : Dédit des données de la S.E.T.U.

Compte tenu de ces données la charge organique total aboutissant en Baie de Koumassi est évaluée (tab. A8) dans les huit situations déjà retenues pour le calcul du bilan d'eau.

Cette charge organique est transportée par un volume qui peut être évalué à partir du tableau de l'Annexe 8 ($v_2 + v_3 + v_5$).

Il en résulte une concentration moyenne en DB05 des eaux usées entrant dans la baie portée dans la dernière colonne du tableau.

Charge organique, en tonne de DB05/mois, entrant dans la baie de Koumassi transformée en bassin de lagunage naturel pour l'ensemble de la ville d'Abidjan, en 1985 et 1990, en saison sèche et en saison des pluies, dans le cas d'un réseau de type unitaire ou séparatif

Année	Type de réseau	Saison	DB01	DB02	DB03	Charge totale t DB05/mois	Volume de transport 10 ⁶ m ³ /mois	DB05 des eaux entrantes mg/l
1985	Séparatif	sèche	1724	0	7	1731	3.87	447
		pluie	1724	0	13	1737	5.05	344
	Unitaire	sèche	1724	166		1890	5.24	361
		pluie	1724	332		2056	58.11	35
1990	Séparatif	sèche	2766	0	9	2775	5.88	472
		pluie	2766	0	18	2784	7.06	394
	Unitaire	sèche	2766	201		2967	8.01	371
		pluie	2766	402		3168	89.47	35

DB01 : Charge organique des populations et industries raccordées, transportée par les égouts

DB02 : Charge organique des populations non raccordées, transportée par les égouts

DB03 : Charge organique transportée par les eaux de ruissellement du bassin versant de la baie de Koumassi

ANNEXE N°10

Elements de la législation française
en matière de protection de l'environnement
littoral

On peut distinguer

- . les textes relatifs à la " police des eaux ",
- . les textes relatifs à l'assainissement,
- . les textes relatifs à la qualité du milieu.

I/ TEXTES DE POLICE DES EAUX

. La loi du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution, dite " loi sur l'eau " (J.O. du 18 décembre 1964).

C'est le texte de base dans la législation actuelle sur l'eau. Elle donne les orientations principales à la lutte contre la pollution, en prévoyant en particulier l'élaboration de décrets qui fixent le délai dans lequel la qualité du milieu récepteur doit être améliorée.

D'autre part, elle porte création du Comité National de l'Eau et des Agences Financières de Bassin.

. Le décret du 23 février 1973 portant application des articles 2 et 6-1° de la loi du 16 décembre 1964 (J.O. du 2 mars 1973).

Il indique les règles auxquelles doivent obéir les déversements dans le milieu naturel. Il précise les conditions techniques générales auxquelles sont subordonnées les autorisations de rejet.

Par ailleurs, il établit les règles de coordination applicables aux procédures, par exemple concernant les installations classées et l'avis du Conseil départemental d'Hygiène.

. L'arrêté du 13 mai 1975 fixant les conditions dans lesquelles certains déversements, écoulements, jets et dépôts de nocivité négligeable sont exemptés de l'autorisation prévue par le décret du 23 février 1973 (J.O. du 18 mai 1975).

.../...

Il fixe l'ensemble des conditions qui doivent être simultanément satisfaites pour qu'un rejet soit exempté d'autorisation de déversement.

Pour les rejets en mer d'origine domestique, les 2 conditions les plus contraignantes sont les suivantes :

- flux de pollution inférieur à 500 équivalent-habitants, et rejet situé à plus de 1.000 m. d'une zone de baignade ou de conchyliculture.

Pour les rejets d'origine industrielle, il faut ajouter ces deux conditions :

- pH de l'effluent compris entre 5,5 et 9, et température inférieure à 30° C.

. L'arrêté du 13 mai 1975 fixant les conditions dans lesquelles les avis préalables énumérés à l'article 7 du décret du 23 février 1973, doivent être recueillis avant la délivrance d'une autorisation de rejet (J.O. du 18 mai 1975).

Il précise les cas dans lesquels la Mission Déléguée de Bassin, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France et, le cas échéant, le Conseil Supérieur des Installations Classées doivent donner un avis préalable avant la délivrance de l'autorisation de rejet.

Ces cas concernent surtout les rejets particulièrement nocifs ou présentant une incidence internationale.

. L'arrêté du 20 novembre 1979 relatif à la lutte contre la pollution des eaux (J.O. du 19 décembre 1979).

Il fixe les conditions techniques générales auxquelles sont subordonnées les autorisations de rejet délivrées en application du décret du 23 février 1973.

L'arrêté d'autorisation d'un rejet doit comprendre notamment :

- . le débit maximal instantané
- . le débit moyen et le flux moyen de matières polluantes qui ne peuvent être dépassés pendant 2 heures consécutives,
- . le débit moyen et le flux moyen de matières polluantes qui ne peuvent être dépassés pendant 24 heures consécutives.
- . la qualité minimale de l'effluent.

De plus, les limites fixées au pH de l'effluent doivent être telles qu'à 50 m. du point de rejet, le pH du milieu récepteur soit compris entre 5,5 et 9.

II/ TEXTES RELATIFS A L'ASSAINISSEMENT

. La circulaire du 4 novembre 1980 relative aux conditions de détermination de la qualité minimale d'un rejet d'effluents urbains, prise en application de l'article 12 de l'arrêté du 20 novembre 1979 (J.O. du 29 novembre 1980).

Elle indique la manière de fixer la qualité minimale des rejets à dominante domestique. Cette qualité s'exprime par des niveaux qui concernent en tant que de besoin chacun des principaux groupes de substances polluantes.

- groupe des matières en suspension et matières oxydables.

NIVEAUX	ECHANTILLON MOYEN SUR 24 H. NON DECANTE			ECHANTILLON MOYEN SUR 2 H. NON DECANTE			
	Matières décantables	MES totales (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO 5 (mg/l)	MES totales (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO 5 (mg/l)
a	Elimination à 90 %						
b		Elimination à 80 %					
c		Elimination à 90 %					
d					120	120	40
e			90	30	30	120	40
f			50	15	20	80	20

.../...

Les niveaux a, b et c correspondent aux procédés d'épuration à dominante physique et physico-chimique.

Les niveaux d, e et f correspondent aux procédés à dominante biologique.

- groupe des substances azotées

NIVEAUX		ECHANTILLON MOYEN sur 24 H. (mg/l de N)	ECHANTILLON MOYEN sur 2 H. (mg/l de N)
Azote Kjeldahl	NK1	40	50
	NK2	10	15
	NK3	5	
Azote global	NGL1	20	25
	NGL2	10	

Le niveau NK 1 peut être associé aux niveaux d, e et f.

Le niveau NGL 1 peut être associé aux niveaux e et f.

- groupe des substances phosphorées

NIVEAUX	ECHANTILLON MOYEN sur 24 H.	ECHANTILLON MOYEN sur 2 H. (mg/l de P)
PT 1	Elimination du P. à 80 %	
PT 2		1

. L'instruction du 12 mai 1981 relative à la conception de l'assainissement en zone littorale et aux rejets en mer des effluents (B.O. des Ministères de l'Urbanisme et du Logement, des Transports, et de l'Environnement n° 81-26 - Texte n° 709).

Elle s'adresse aux Préfets des départements littoraux

.../...

III/ TEXTES RELATIFS A LA QUALITE DU MILIEU

a - Zones de baignade

. La directive du 6 décembre 1975 du Conseil des Communautés Européennes concernant la qualité des eaux de baignade (J.O. des communautés européennes du 5 février 1976).

Elle fixe des normes de qualité concernant les zones de baignade, sous forme de nombres guides et de nombres impératifs et fait obligation aux Etats membres de mettre en place une législation nationale au moins aussi contraignante dans un délai de 5 ans.

. Le décret du 7 avril 1981, fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées (J.O. du 12 avril 1981).

Il rend applicable au niveau national pour les baignades aménagées, les normes figurant dans la Directive du 6 décembre 1975.

. La Directive du 30 octobre 1979 du Conseil des Communautés européennes concernant la qualité des eaux conchylicoles (J.O. des Communautés européennes du 10 novembre 1979).

Elle fixe des normes de qualité concernant les eaux conchylicoles qui doivent être désignées par les Etats membres dans un délai de 2 ans.

LA VALORISATION AGRICOLE DES EAUX USEES

ACTIONS MENEES POUR LE DEVELOPPEMENT DES PROCEDES
D'EPANDAGE - IRRIGATIONS

d'après réf. N° 80

L'épuration par le sol est une technique d'assainissement qui bénéficie en France d'une longue expérience (ce fut le premier procédé d'épuration mis en oeuvre rationnellement à la fin du XIXè) et surtout d'importantes recherches récentes sur le pouvoir épurateur des systèmes sol + plante.

Ce procédé de traitement des eaux usées a été totalement renouvelé et donne lieu à l'heure actuelle, dans les pays les plus divers, à de multiples réalisations exploitant la très grande efficacité du sol en tant que siège d'une dégradation efficace et contrôlée des matières organiques.

La conception ancienne des épandages d'eaux usées a cédé le pas à des objectifs nouveaux en ce qui concerne l'usage du sol comme milieu de rejet des effluents. Celui-ci sera axé prioritairement sur un objectif de recyclage des eaux usées dans le cadre d'une gestion plus globale des ressources en eau, et conçu comme une valorisation agricole pour des spéculations végétales.

Conformément aux vœux des organismes internationaux (OMS) la notion de champs d'épandage est abandonnée au profit des projets d'irrigation fertilisante utilisant les eaux usées d'origine organique .

Il apparait, en effet, au travers d'études très précises menées sur des épandages existants, que les meilleurs fonctionnements d'un système de rejet et d'épuration par le sol sont atteints lorsque les procédés assurent une valorisation agronomique maximale.

Les processus bio-physiques du sol qui assurent la minéralisation des substances organiques en éléments minéraux fertilisants et la rétention de l'eau dans la réserve du sol ont d'abord pour fonction de fournir à la végétation implantée les éléments indispensables à sa croissance.

Mais par la même, ces processus ont pour résultat de dégrader les substances indésirables dans le milieu récepteur (matière organique, germes pathogènes, ammoniac, phosphates, nitrates) et de protéger celui-ci des rejets qui sont toujours vecteurs de pollutions résiduelles.

.../...

A partir du moment où l'association sol-plante n'est plus considérée simplement comme système épurateur (analogue à un lit bactérien) mais que sa conception permet la mise en oeuvre d'une fonction de production agricole par le biais d'une forme particulière d'irrigation fertilisante, les opérations d'épandage-irrigation deviennent des projets d'irrigation à part entière, assurant de surcroît deux fonctions complémentaires :

- l'épuration, plus ou moins poussée, selon les procédés, des eaux utilisées,
- la réutilisation des eaux issues d'un autre usage sans rejet intermédiaire dans le milieu récepteur.

LES DIVERSES POSSIBILITES DE LA VALORISATION AGRICOLE D'EFFLUENTS

La très grande souplesse de gestion des systèmes sol-plantes permet de les adapter aisément à la réutilisation d'effluent de qualités très diverses, épurés ou non épurés, dès lors qu'ils ne contiennent pas de substances toxiques condamnant les usages normaux du sol.

Toutefois, le choix des activités agricoles ou connexes qui pourront être pratiquées dépendra directement de la nature et de l'origine des effluents, pour tenir compte notamment des contraintes d'ordre sanitaire.

I/ UTILISATION AGRICOLE D'EFFLUENTS BRUTS

I - 1 Cas des effluents de collectivités

I - 1 - 1 Les épandages intensifs, du type rejets par infiltration, ne s'inscrivent pas directement dans la perspective d'une utilisation agricole, du fait des obstacles sanitaires, et en raison des concentrations excessives d'éléments résiduels auxquelles ils conduiraient : cette technique s'inscrit dans le champ des systèmes d'épuration au sens strict.

Toutefois, ils peuvent être conçus pour constituer des réserves d'eau affectées à l'irrigation : soit par recharge de nappes locales, soit par drainage alimentant des retenues.

I - 1 - 2 Par contre, lorsque les contraintes d'environnement le permettent, il est techniquement possible de concevoir des projets d'irrigation fertilisante d'eaux décantées, à la double condition suivante :

.../...

- recours à des procédés d'arrosage très peu dispersif dans l'atmosphère,
- limitation à des spéculations végétales à usage industriel (notamment les peupleraies de rapport) ou à des cultures subissant obligatoirement un traitement avant consommation (autant pour l'homme que pour le bétail) qui puisse garantir une destruction efficace des germes pathogènes.

Ces projets, équivalent à la conception d'épandages extensifs, ont pour conséquence d'assurer une épuration poussée se substituant à un traitement en station biologique.

I - 2 Cas des effluents d'industries agro-alimentaires

Hormis le cas des abattoirs, la valorisation agricole des eaux usées non traitées des industries agro-alimentaires peut s'adresser à une gamme beaucoup plus large de contextes agricoles, compte tenu de l'absence de problèmes sanitaires : systèmes de polyculture, d'arboriculture fruitière, de maraîchage.

Selon les options présidant à la fonction épuratrice de ces opérations, on peut concevoir différentes combinaisons ou "filières" :

- systèmes uniformes sur l'année, conduisant à des arrosages en toutes saisons sur des cultures ou couvert végétal bien adaptés (ex : culture fourragère),
- systèmes saisonniers limitant l'arrosage à la moitié de l'année la plus favorable pour la valorisation agricole ; les solutions complémentaires pour l'autre période peuvent être le stockage longue durée, le traitement en station (ex: par lagunage), le rejet direct en fonction des conditions de dilution du milieu récepteur, ou bien une combinaison de ces options.

II/ UTILISATIONS AGRICOLES D'EFFLUENTS EPURES.

Les effluents des stations d'épuration biologiques (voire chimiques, mais sous réserve) constituent une "ressource" en eau pour l'irrigation qui ne pose, a priori, pas plus de problème qu'une eau de grande rivière.

Toutefois, il y a lieu pour des effluents de collectivités, de prendre des précautions vis-à-vis du risque sanitaire en prévoyant :

.../...

- la prise en compte des contraintes d'environnement (proximité d'activités, de résidences, de périmètre à protéger),
- la désinfection par des techniques telles que le lagunage.

Par ailleurs, il est possible d'opter entre deux "filières" :

- . les systèmes d'infiltration d'effluents avec valorisation agricole différée par constitution de réserves d'eau pour l'irrigation,
- . les systèmes d'arrosage direct, uniforme sur l'année ou saisonnier.

Dans tous les cas, ces projets assurent, parallèlement à l'objectif irrigation, une fonction d'épuration de complément vis-à-vis de la station d'épuration, autorisant une protection accrue des milieux récepteurs.

PRINCIPAUX AVANTAGES DE L'UTILISATION AGRICOLE DES EFFLUENTS

Dans de nombreuses régions, l'irrigation de complément est génératrice d'avantages économiques appréciables, en termes de production brute, mais sa mise en oeuvre se heurte à l'obstacle de coûts jugés prohibitifs par les agriculteurs.

A partir du moment où une part suffisamment importante de ce coût est prise en compte par la collectivité ou l'industriel bénéficiant du système épurateur sol + plantes mis en oeuvre, cet avantage économique peut devenir réel et déterminer une demande suffisante pour justifier l'opération.

De plus, l'irrigation de complément exerce une forte sollicitation sur les ressources en eau au moment où celle-ci sont généralement les plus réduites. L'utilisation agricole des effluents peut alléger cette contrainte de manière appréciable, et donc contribuer localement au maintien des étiages en réduisant les prélèvements directs.

Ces mêmes étiages se traduisent par une diminution de la capacité de dilution et d'auto-épuration des milieux récepteurs. Le recyclage d'effluents par l'irrigation réduit d'autant le volume des prélèvements et le volume des rejets d'effluents effectués dans les milieux récepteurs et en améliore donc très largement la qualité.

.../...

Cette convergence d'effets favorables sur la qualité des eaux superficielles ou souterraines trouve son application la plus appréciable dans le cas des productions d'eaux usées à fortes variations de charge, marquées par des pointes estivales : industries agro-alimentaires à activité saisonnière et collectivités à vocation touristique estivale .

Au titre du développement des irrigations de complément tout d'abord, et en corollaire des techniques d'épuration rustique "de finition", les opérations d'épandages-irrigation devraient être largement développées notamment en collectivités.

QUELQUES REALISATIONS FRANCAISES

Plusieurs réalisations étrangères peuvent servir de référence (voir notamment "Possibilités d'épandage des eaux usées urbaines - étude bibliographique" - Agence Financière de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse - 1979), mais il s'est avéré indispensable de mener en France une action concertée entre techniciens et administrations pour lever les blocages psychologiques et certains problèmes techniques qui limitent l'utilisation des procédés d'irrigation au moyen d'effluents.

C'est dans cette perspective que le Gouvernement français a entrepris un programme d'études et de réalisations pilotes selon les axes suivants :

1. Mise au point des techniques d'irrigations les mieux adaptées aux eaux usées : aspersion automatisée, machines d'arrosage basse pression, système d'irrigation localisée, (études en cours avec le CEMAGREF d'Aix-en-Provence, le CEMAGREF de Bordeaux, la Compagnie du Bas-Rhône et du Languedoc).
2. Réalisations de suivis agronomiques sur des épandages existants pour définir les optimums d'une valorisation agricole : cultures fourragères, grande culture (notamment maïs), vergers, forêts.
3. Dans le secteur agro-alimentaire, mise au point des systèmes de valorisation les mieux adaptés par branche d'activité : laiterie (Région Poitou-Charentes), distillerie (Calvados, Languedoc) et conserverie (Bassin Parisien, Aquitaine) en liaison avec des organismes professionnels.

.../...

4. Dans le secteur des collectivités, réalisation de projets selon différentes "filières" :

- réutilisation d'effluents simplement décantés de petite collectivité (Gironde) par arrosage uniforme toute l'année,
- réutilisation d'effluents traités pendant les 6 mois favorables, en milieu forestier (Var, Pyrénées-Orientales), et en système de polyculture (Charente-Maritime).

L'objectif est de réaliser dans les deux ans à venir des opérations à caractère pilote dans toutes les régions où l'utilisation agricole d'effluents peut être une solution intéressante.

Etudes complémentaires pouvant être réalisées

- 2-2-2-4 Surveillance continue du milieu marin et lagunaire
 - Ministère de l'Environnement français (R.N.O.)
 - Ministère de l'Environnement ivoirien (R.N.O.)
 - Ministère de la Recherche Scientifique (C.R.O.)
 - Ministère de la Production Animale (D.P.M.L.)

- 2-4-1-2 Rejet en baie de Biétri - Evaluation de la capacité d'absorption - Suivi de la qualité des eaux
 - Ministère de l'Environnement ivoirien (R.N.O.)
 - Ministère de la Recherche Scientifique (C.R.O.)

- 2-2-2-2 Rejet en mer sans traitement et sans émissaire - Evaluation du linéaire de littoral contaminé
 - Ministère de la Recherche Scientifique (C.R.O.)
 - Ministère des Travaux Publics (S.E.T.U.)
 - S.O.G.R.E.A.H. Grenoble France

- 2-4-3-2 Lagunage en baie de Koumassi- Etude de faisabilité
 - Ministère de l'Agriculture français CEMAGREF Bordeaux (D.Q.E.P.P.) Lyon France
 - Suivi de la qualité des eaux
 - Ministère de l'Environnement (R.N.O.)
 - Ministère de la Recherche Scientifique (C.R.O.)

- 2-4-3-2 Aquaculture en bassin de lagunage en baie de Koumassi
 - Ministère de la Recherche Scientifique (C.R.O.)
 - Ministère de l'Agriculture français CEMAGREF Montpellier
 - C.N.E.X.O. France

- 2-4-3-3 Lagunage dans les quartiers périphériques - Etude de faisabilité
 - B.C.E.T. Abidjan

- 2-4-4-3 Solutions alternatives d'assainissement des quartiers populaires
 - O.M.S. Genève Suisse Division Hygiène du milieu
 - Société d'étude de l'environnement Vevey Suisse

.../...

- 2-4-4-3 Compostage à sec et utilisation des composts

- Antenne O.R.S.T.O.M. Thonon France
- O.R.S.T.O.M. Adiopodoumé Côte d'Ivoire
- Service agronomie et pédologie

- 2-4-4-3 Fermentation méthanique

- I.R.E.N. Abidjan

- 2-4-4-3 Toilettes semi-collectives

- Ministère de l'Environnement France DPP.SE.EM

Annexe N°4 Evaluation du flux d'eau en lagune

- Ministère de la Recherche Scientifique (C.R.O.)
- Direction du Port Autonome d'Abidjan
- Institut National Polytechnique Toulouse France

- 2-2-1-2 Economies réalisées par l'abandon des passages sous la lagune, que nécessite le raccordement du Banco et de la Rivière à la station de Port Bouet

- Ministère des Travaux Publics (S.E.T.U.)
- S.O.G.R.E.A.H. Grenoble France

- 2-3-3 Etude sur le transfert de la gestion des ouvrages d'assainissement vers les communes

- Direction Centrale des Voieries et Réseaux (M.T.P.)
- avec un Bureau d'etude spécialisé.

BIBLIOGRAPHIE THEMATIQUE ELEMENTAIRE

ASSAINISSEMENT - GENERALITES

-
- . Assainissement des agglomérations littorales - Orientation des choix technologiques - Agence de Bassin Loire-Bretagne 1977
 - . Techniques et économie de l'épuration des eaux résiduaires - Cahier technique n° 2 de la Direction de la Prévention des Pollutions - Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie 1979.
 - . Etude comparative des procédés d'épuration - Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement d'Aix en Provence - Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie 1978.

LAGUNAGE

-
- . Lagunage naturel et lagunage aéré. Procédés d'épuration des petites Collectivités - Agence de Bassin Loire-Bretagne et Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie et Ministère de l'Agriculture 1979.
 - . Le lagunage naturel. Procédé biologique extensif d'épuration des eaux usées domestiques. Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts 1978.
 - . Le lagunage naturel - Ringuelet R. 1977

TRAITEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES

-
- . Epuration des eaux usées domestiques. Procédés physico-chimiques de moindre encombrement. Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse 1976.
 - . Wastewater Treatment Plants. Physical-Chimical and advanced Désinfection processes - the MITRE Corporation. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie 1979.

ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

-
- . Assainissement individuel - Cahier technique n° 5 de la Direction de la Prévention des Pollutions. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie 1981.

- . L'assainissement individuel. Principes et techniques actuels
Etude inter-agences. Agence de Bassin Loire-Bretagne 1980.

ASSAINISSEMENT - DIVERS

- . Inventaire des sites favorables à l'infiltration d'effluents épurés le long du littoral ouest - BURGEAP. Agence de Bassin Loire-Bretagne. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie 1979.
- . Expérimentation d'irrigation à partir des eaux usées de la station d'épuration de Saint-Georges de Didonne - Association syndicale d'aménagement hydraulique et de rénovation agricole. Charente Maritime 1980.

DESINFECTION

- . Journées d'information sur la désinfection des eaux usées - Agence de Bassin Loire-Bretagne. Ecole Nationale de la Santé Publique. Rennes 1979.
- . Désinfection des eaux usées par chloration. Etude expérimentale réalisée à la station d'épuration de La Tremblade - Agences de Bassin Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie 1980.
- . Etude des effets de la chloration sur les effluents de station d'épuration avant rejet en mer - Laboratoire départemental d'hygiène et régional d'hydrobiologie de La Rochelle. Ministère de la Qualité de la Vie et de l'Environnement 1980.

REJETS PAR EMISSAIRE

- . Schéma d'amélioration des eaux littorales. Introduction à l'étude des SAEL et rejets en milieu stratifié - SOGREAH. Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire 1977.
- . Schéma d'amélioration des Eaux Littorales Méditerranée Provençale SOGREAH - Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire 1978.
- . Emissaires en mer. Memento de calcul des jets et panaches - SOGREAH - Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire 1973.

Rapport édité au Ministère de l'Environnement
14, Bd. du Général Leclerc 92524
Neuilly sur seine.
Service de Reprographie
Edition du 31 mars 1982
100 exemplaires.