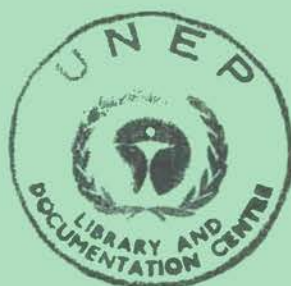


UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME
ENVIRONMENT ASSESSMENT PROGRAMME

MEETING REPORTS
UNEP/EAP.MR/95-14

Atelier sous-régional sur la qualité des eaux

20 - 24 mars 1995, Ouagadougou, Burkina Faso



Atelier sous-régional sur la qualité des eaux

20 - 24 mars 1995

Ouagadougou, Burkina Faso



UNEP/EAP (1995). Atelier sous-régional sur la qualité des eaux
20 - 24 mars, 1995, Ouagadougou, Burkina Faso
UNEP/EAP/MR.95-14
Environment Assessment Programme
United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552, Nairobi, Kenya

ATELIER SOUS-REGIONAL SUR LA QUALITÉ DES EAUX**OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) 20-24 MARS 1995**

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	(iii)
--------------	-------

I	Objet de l'atelier	1
II	Participation	1
III	Organisation	1
IV	Introduction au programme GEMS/EAU	3
V	Introduction au programme EMINWA	5
VI	Conférences	6
VII	Sortie de terrain	13
VIII	Rapports nationaux	13
IX	Conclusions et recommandations	17

ANNEXES

Annexe 1 :	Liste des participants	19
Annexe 2 :	Emploi du temps de la semaine	21
Annexe 3 :	Discours d'ouverture	25
Annexe 4 :	Discours de clôture	27
Annexe 5 :	Exemple du Burkina Faso	
	a. programme de promotion de l'hygiène publique	29
	b. processus de planification stratégique	33
Annexe 6 :	Rapport national du Bénin	39
Annexe 7 :	Rapport national du Burkina Faso	45
Annexe 8 :	Rapport national de la Côte d'Ivoire	
	a. Direction de l'Eau	49
	b. Publication du CIAPOL	67
Annexe 9 :	Rapport national du Mali	87
Annexe 10 :	Rapport national du Niger	103
Annexe 11 :	Rapport national du Sénégal	115
Annexe 12 :	Rapport national du Togo	119
Annexe 13 :	Rapport national du Zaïre	125

ATELIER SOUS-REGIONAL SUR LA QUALITÉ DES EAUX

Ouagadougou (Burkina Faso) 20-24 mars 1995

RESUME

Cet atelier s'est déroulé du 20 au 24 mars 1995 à l'Ecole Inter-états de l'Equipement Rural (EIER) de Ouagadougou. Huit pays africains étaient représentés (Sénégal, Mali, Burkina Faso, Niger, Côte d'Ivoire, Togo, Bénin, Zaïre). Au total vingt trois participants dont six "facilitateurs".

Outre les présentations techniques concernant les paramètres de la qualité de l'eau dans le programme GEMS/EAU, les données sur les eaux de surface et les eaux souterraines particulièrement en Afrique, le programme de contrôle de la qualité analytique, la présentation des résultats, le traitement analytique, le logiciel RAISON, chaque participant national a présenté le programme national de contrôle de la qualité des eaux qu'il soit participant (Sénégal, Mali, Niger), bientôt participant (Burkina Faso, Côte d'Ivoire) ou futur participant (Bénin, Togo, Zaïre).

Cet atelier a comporté une sortie sur le terrain avec prélèvements d'échantillon dans le lac de Loumbila à 20 km de Ouagadougou (au bord et au centre, de la surface jusqu'au fond), dans un puits traditionnel et dans un forage. Ces échantillons ont été pro-parte analysés sur place (analyses physico-chimiques avec trousse de terrain) puis au laboratoire de l'ONEA (Office National des Eaux et de L'Assainissement) du Ministère de l'Eau, pour analyses chimiques et bactériologiques .

Une deuxième sortie a été consacrée à la visite de la station de traitement et de production d'eau potable de Ouagadougou.

Tant les présentations techniques que les rapports nationaux ont donné lieu à des échanges très intéressants et très vivants entre les différents participants africains.

Cet atelier s'est achevé avec les recommandations des différents participants pour la suite du programme GEMS/EAU et sa dynamisation en Afrique de l'Ouest. Sans pouvoir se mettre d'accord pour une hiérarchisation des priorités, les participants ont cependant fait ressortir cinq thèmes essentiels à développer :

- ** la sensibilisation et la collaboration des différents organismes nationaux s'occupant des problèmes de qualité d'eau.
- ** la formation du personnel technique qui doit tenir compte de la diversité des interventions.

(iv)

- ** l'équipement des laboratoires qui doit être adapté aux besoins en contrôles (par exemple les accidents de pesticides apparaissent épisodiquement et actuellement aucun pays de cette sous-région n'est en mesure d'effectuer ces analyses en routine).
- ** l'importance à accorder aux problèmes d'assainissement quand on met en place de nouvelles exploitations d'eaux potables ou d'eaux destinées à d'autres utilisations.
- ** l'élargissement du nombre de pays participants qui ont exprimé leur intérêt pour le programme GEMS/EAU et leur intention de le rejoindre. Il s'agit du Bénin, du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire et du Togo. Les problèmes actuels du Zaïre obligent ce pays à différer son entrée dans le programme. Des contacts suivis et des missions préparatoires ont été demandés par ces différents pays.

= = =

I OBJET DE L'ATELIER

Les problèmes que posent la dégradation permanente de la qualité de l'eau dans le monde sont d'une importance capitale sur la santé des habitants de la planète. Outre le fait que la population augmente, que les développements agricole et industriel s'accroissent, les ressources en eau tout comme l'assainissement n'évoluent pas à la même vitesse. Aussi nous sommes obligés de lutter en permanence contre la pollution mais, la première démarche consiste à connaître exactement les problèmes pratiques afin de tenter d'y remédier.

Le programme GEMS/EAU répond en partie à nos interrogations en mettant en place une surveillance continue de l'environnement aquatique. Cette surveillance concerne en premier lieu les africains et tout particulièrement les africains de l'Ouest touchés par la sécheresse au Sahel et confrontés, entre autres, aux problèmes spécifiques des régions côtières.

Il a semblé important que l'OMS et le PNUE puissent utiliser une tribune africaine, avec les professionnels de l'eau, pour essayer de faire le point de la situation concernant le contrôle de la qualité de l'eau dans ces régions francophones sub-sahariennes.

Cet échange d'informations et la confrontation des approches visant à améliorer le contrôle puis de là la gestion des ressources en eau, dans l'optique d'une amélioration sanitaire, ont fait l'objet de cet atelier.

II PARTICIPATION

Les participants de huit pays d'Afrique de l'Ouest ont été invités à cet atelier GEMS/EAU. Au total dix-sept participants, tous professionnels dans le domaine de la qualité de l'eau, ont contribué aux présentations, à l'animation des débats et des discussions. Leurs noms et activités professionnelles sont donnés dans l'annexe 1. Six conférenciers "facilitateurs" ont encadré cet atelier en salle et sur le terrain. Ils représentaient les organisations suivantes : le PNUE, l'OMS, VKI et DANIDA.

Les présentations, conférences et débats ont eu lieu dans les locaux de l'EIER de Ouagadougou.

III ORGANISATION

L'atelier a débuté le 20 mars 1995 avec une inauguration officielle par les autorités gouvernementales burkinabés comme indiqué dans l'agenda fourni en annexe 2. Le discours d'ouverture au nom du pays hôte a été donné par Mr Zabré, Conseiller personnel de Monsieur le Ministre de l'Eau. Le texte en est fourni en annexe 3.

Cet atelier a consisté en:

- présentations de conférences sur des sujets variés se rapportant à la qualité de l'eau,
- démonstrations en laboratoire et sur le terrain,
- mesures et échantillonnage sur un lac,
- visites de laboratoire et de station de traitement des eaux,
- présentations nationales de la surveillance de la qualité des eaux,



Ouverture officielle de l'atelier GEMS/EAU en présence du Représentant du Ministre de l'Eau du Burkina Faso, des Représentants de l'OMS (Ouagadougou et Genève), du PNUE et du Directeur de l'EIER



Le groupe des participants à l'entrée de l'EIER

- un tour de table final qui a permis une grande discussion interafricaine et a donné lieu à l'élaboration de recommandations pour le développement de GEMS/EAU en Afrique de l'Ouest francophone et au Zaïre.

La clôture officielle de cet atelier a été faite le 24 mars par le Représentant de l'OMS au Burkina Faso. Ce texte est présenté en annexe 4.

IV INTRODUCTION AU PROGRAMME GEMS/EAU

Présentée par Martial Dray

GEMS/EAU est un programme international d'évaluation et de surveillance de la qualité des eaux, réalisé conjointement par le PNUE, l'OMS, l'OMM et l'UNESCO. Le bilan des 15 années de fonctionnement de ce programme est dans l'ensemble positif. Pendant ces années, le programme a contribué à la mise en-place et à la consolidation des opérations de surveillance de la qualité des eaux dans différents pays et a assisté les derniers sur le plan méthodologique et sur la garantie de la qualité des analyses. Ce programme a également fourni une évaluation périodique des ressources mondiales en eau douce dans le monde. Ces réalisations ont pu être possible grâce à l'engagement actif dans ce programme des participants de tous les réseaux nationaux du monde.

Le Système Mondial de Surveillance de l'Environnement (GEMS) est une volonté de collaboration de toutes les communautés du monde pour acquérir, à travers des opérations de surveillance et d'évaluation, les données et les informations nécessaires pour une gestion nationale de l'environnement. Le GEMS est une grande opération des Nations Unies, conduite par un Centre d'Activité du Programme au sein du PNUE, qui a pour but de coordonner et rassembler toutes les activités de surveillance et d'évaluation de l'environnement effectuées par des organisations spécialisées des Nations Unies et par des institutions nationales et internationales.

Le programme est mis en oeuvre en étroite collaboration entre toutes les organisations participantes. Une coordination centrale assure un développement homogène dans le monde entier. Cependant, l'exécution en est le plus possible régionalisée. Ceci revient à dire que les bureaux régionaux de l'OMS en assument la responsabilité dans leurs régions avec leurs homologues de l'UNESCO, de l'OMM et du PNUE. Des laboratoires de référence régionaux les assistent dans cette tâche.

Dans chaque pays participant, un service ou organisme national est désigné comme point focal pour mettre en oeuvre le projet dans ce pays (centres nationaux). Le centre de collaboration de l'OMS pour la qualité des eaux de surface et souterraine de l'Institut national de Recherche sur les Eaux (INRE) situé au Centre canadien des Eaux Intérieures (CCEI) sert de banque mondiale de donnée. Ces données sont transmises soit directement à la banque mondiale de données soit par l'intermédiaire des bureaux régionaux de l'OMS, sur une base trimestrielle ou semestrielle. L'information hydrologique est transmise à l'Institut Fédéral d'Hydrologie de Coblenz (Allemagne) via le Global Runoff Data Centre (GRDC) de l'OMM. Ces données sont alors traitées, validées et interprétées. L'INRE prépare et publie des rapports récapitulatifs. Les rapports sur l'évaluation séparée des

données, les comptes rendus régionaux, les rapports de surveillance mondiale etc. ont été également réalisés.

GEMS/EAU Phase Deux

Un groupe d'experts réunis à Leningrad (1990) pour la révision du programme GEMS/EAU a défini les priorités mondiales. Ils en viendront à conclure de la nécessité du passage de la surveillance à l'interprétation des données, à l'estimation des résultats et de l'évolution de la qualité de l'eau. Les objectifs à long terme furent alors définis comme étant les suivants:

- (1) Fournir des évaluations sur la qualité de l'eau aux gouvernements, à la communauté scientifique et au public, portant sur la qualité des ressources mondiales en eau douce dans ses rapports avec la santé de l'homme et celle des écosystèmes aquatiques et sur les problèmes mondiaux de l'environnement, en particulier pour:
 - (i) définir la situation en matière de qualité de l'eau;
 - (ii) identifier et quantifier les tendances en matière de qualité de l'eau;
 - (iii) définir les causes des conditions et tendances observées;
 - (iv) identifier les types de problèmes de qualité de l'eau qui se posent dans des zones géographiques déterminées;
 - (v) présenter les renseignements recueillis et les évaluations sous une forme que les organismes de gestion des ressources et de réglementation puissent utiliser pour évaluer les solutions de rechange et prendre les décisions nécessaires.
- (2) Fournir aux gouvernements, à la communauté scientifique et au public des renseignements sur le transport des substances chimiques toxiques, des nutriments et d'autres polluants en provenance des principaux bassins hydrographiques vers interface continents-océans et leur fournir éventuellement des estimations des flux de substances ainsi transportées.
- (3) Renforcer les réseaux nationaux de surveillance de la qualité de l'eau dans les pays en développement, notamment en améliorant leur capacité d'analyse et de garantie de la qualité des données.

Une nouvelle structure de réseau comprenant 40 à 50 stations de référence, 300 à 400 stations de tendances et 60 à 70 stations de mesure des flux des cours d'eau a été proposée. Il faudra aussi accentuer les efforts pour préparer une approche conceptuelle des réseaux de surveillance régionaux des eaux souterraines.

Polluants à mesurer

Une liste de variables a été proposée pour GEMS/EAU Phase Deux lors de la réunion de Leningrad en 1990. La liste comprend les variables essentielles pour la surveillance de la qualité de l'eau et les variables traduisant l'impact d'une ou plusieurs pollutions (par ex:

pollution organique par les eaux usées, effluents industriels, agrochimiques et d'irrigation, pollution par les industries minières, pollution acide). De nouveaux paramètres ont été ajoutés. La grande nouveauté est la mise en place d'une procédure d'échantillonnage et d'analyse des matières particulaires car il a été découvert qu'elles jouaient un rôle crucial dans le transport et le flux de polluants.

Contrôle de la qualité de l'analyse

Un des buts essentiels du programme est d'améliorer la validité et la comparabilité des données de qualité de l'eau. Pour cela, la procédure s'est déroulée en trois temps. Dans un premier temps, toutes les méthodes d'analyses répondant à des impératifs fixés au préalable ont été identifiées. Dans un second temps, chaque laboratoire a dû mettre sur pied un suivi de contrôle de qualité de ses propres analyses. Des échantillons standard leur ont été fournis à cet effet. Dans un troisième temps, des séries d'études comparatives inter-laboratoire, coordonnées par le laboratoire mondial de référence, ont été réalisées. Les échantillons de contrôle de qualité sont distribués gratuitement aux laboratoires GEMS/EAU chaque année. L'Environmental Monitoring Systems Laboratory de l'USEPA situé à Cincinnati a mené périodiquement une étude d'évaluation des performances officielles des laboratoires GEMS/EAU de l'eau.

Appui technique

Le Guide Pratique GEMS/EAU a été spécialement rédigé pour instruire tous les participants du projet sur les méthodes couramment employées. Il comporte un nouveau format de référence pour le compte-rendu des données.

V INTRODUCTION AU PROGRAMME EMINWA

Présenté par Isabelle Vanderbeck, PNUE

Depuis son origine, le PNUE a participé et accordé son appui à toute une série d'activités en rapport avec la surveillance de la qualité des eaux. Ainsi, le présent projet s'intègre au Système Mondial de Surveillance de l'Environnement (GEMS) du PNUE qui aujourd'hui se compose des groupes d'activités suivants: atmosphère et climat, polluants de l'environnement et ressources terrestres renouvelables. Les bénéfices attendus des projets sur l'eau peuvent être contrebalancés par des effets adverses sur le régime hydrique, l'environnement en général ainsi que sur la santé et les conditions de vie des populations.

Une gestion rationnelle de l'eau doit tenir compte tout autant des effets défavorables que des effets favorables des actions entreprises. Cela implique une évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux des changements qui se produisent dans le régime hydrique. L'influence de l'homme sur le cycle de l'eau et l'impact des projets en hydrologie s'inscrivent parmi les priorités du PNUE dans ses programmes.

Le programme du PNUE sur l'eau est orienté vers le programme EMINWA (Environmentally Sound Management of Inland Water). Ce dernier lancé en 1986 est destiné à assister les gouvernements dans leurs efforts pour intégrer les considérations

environnementales dans la gestion et le développement en harmonie avec les environnements (naturels ou transformés) liés à l'eau dans l'entièreté des systèmes hydriques. Cela contribue à un développement harmonieux des bassins versants et à un développement régional soutenu.

Les principales activités du programme EMINWA sont :

- (a) assister les gouvernements à adopter, développer et mettre en oeuvre dans les bassins versants, dans le cadre de projets sur les eaux continentales, des programmes de gestion de l'eau qui préservent la santé de l'environnement;
- (b) préparer un manuel de principes et de directives pour une gestion des eaux continentales qui préserve la santé de l'environnement;
- (c) utiliser les bassins versants du projet EMINWA à des fins de démonstrations;
- (d) former les experts nécessaires aux pays et mettre en oeuvre un programme de soutien aux institutions;
- (e) faire des évaluations périodiques mondiales de l'état de l'environnement dans les systèmes d'eaux continentales.

EMINWA réalise des diagnostics puis met en place des plans d'action. Actuellement un certain nombre de programmes sont en cours : par exemple, en Afrique, des études sur le bassin du Zambèze et sur le lac Tchad; en Asie sur la mer d'Aral et la Caspienne, en Extrême-Orient sur le bassin du Mékong, et en Amérique centrale sur le lac Titicaca.

VI CONFERENCES

Les paramètres chimiques de la qualité de l'eau

Présenté par Paul Blanc

Les paramètres de la qualité des eaux ont été présentés: paramètres physicochimiques globaux, sels dissous majeurs responsables de la minéralisation globale, les composés nutritifs, la matière organique, les contaminants minéraux et organiques ainsi que la pollution microbienne.

La liste des variables de GEMS/EAU a été présentée en explicitant pour chaque variable ou groupe de variables les raisons du choix en rapport avec les objectifs du programme de surveillance et le type de pollution suspectée.

Le choix des variables a aussi été mis en relation avec le type de station: station de base, station de tendance ou station d'évaluation des flux globaux des cours d'eau.

- A. Pour les stations de base il n'est nécessaire de surveiller que les variables fondamentales et un nombre limité de métaux et autres éléments d'importance au regard de la santé.

- B. Pour les stations de tendance, il est nécessaire de surveiller les facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau dans les zones de captage et avoir des répercussions sur les utilisations de l'eau ou l'environnement. Ces variables additionnelles sont celles qui peuvent être reliées à leurs origines telles que les pollutions organiques, les pollutions toxiques industrielles et minières, les pollutions agrochimiques ou à leurs impacts telles que des perturbations dans l'usage en irrigation, l'acidification des milieux aquatiques et terrestres etc.
- C. Les stations d'évaluation des flux globaux situées sur les principaux exutoires des continents (grands fleuves) vers les océans ou les grands lacs il est nécessaire d'adjoindre aux variables de base les variables de flux liquide et solide ainsi que les principaux contaminants métalliques et organiques en solution et en suspension.

Chacune des variables a été présentée en précisant l'origine de la substance et ses effets éventuels sur la santé humaine et sur les animaux et la végétation.

Eutrophisation et nutriments

Présenté par Paul Blanc

Une présentation de la production végétale aquatique a permis de mettre en évidence le rôle essentiel des éléments fertilisants azotés et phosphatés.

La chaîne production-consommation-décomposition a été présentée ainsi que ses dérèglements par l'excès de production végétale (notion de pollution nutritionnelle).

La notion de facteur limitant a été présentée en mettant l'accent sur la particularité du phosphore vis à vis de l'azote. En effet la limitation de la production par l'azote sans maîtrise du phosphore risque généralement de conduire à la prolifération d'espèces algales très nuisantes (cyanobactéries) car elles conduisent le plus souvent à une impasse trophique. De plus certaines espèces sont la source de toxines pouvant contaminer les eaux superficielles et conduire à des empoisonnements du bétail s'abreuvant avec de telles eaux ou perturber gravement les installations de production d'eau potable.

L'abondance de matière végétale produite par excès nutriments conduit aussi à des pollutions secondaires telles que la désoxygénation des milieux aquatiques à faible taux de renouvellement (rivières à cours lent et lacs).

Le contrôle de la qualité analytique

Présenté par Paul Blanc

L'objectif premier d'un laboratoire d'analyse de l'eau est de produire des données précises et fiables traduisant les caractéristiques qualitatives du milieu étudié. Le contrôle de qualité analytique (CQA) est une technique indispensable pour assurer la qualité (précision et fiabilité) des résultats analytiques. Il consiste à soumettre les méthodes d'analyse habituelles à un processus de contrôle des mesures produites.

L'utilisation de méthodes standardisées ne suffit pas à assurer une bonne qualité des résultats. Des études inter-laboratoires l'ont démontré. En effet, toutes ont montré clairement l'existence d'erreurs analytiques. Des études semblables ont également été réalisées après la mise en place des procédures CQA, au niveau de laboratoires participant au programme GEMS/EAU. Bien que des erreurs analytiques persistent toujours, leur amplitude a considérablement diminué, ce qui démontre clairement la nécessité d'un programme CQA systématique pour l'obtention d'une meilleure qualité des données.

Un des objectifs du GEMS/EAU est d'améliorer la validité et la comparabilité des données de qualité de l'eau. Pour cela, l'accent doit être mis sur la mise en place d'un programme CQA dans tous les laboratoires d'analyse de l'eau participants au programme.

Afin de produire des résultats bons et fiables au sein d'un laboratoire, il est requis, dans l'ordre:

- (1) des installations de laboratoire adéquates;
- (2) des équipements, du matériel et de la verrerie modernes ainsi que des réactifs en bon état de conservation;
- (3) l'utilisation de méthodes analytiques standards appropriées aux variables étudiées et aux échelles des concentrations rencontrées;
- (4) du personnel de laboratoire bien formé;
- (5) des équipements bien entretenus et de performances adaptées aux analyses effectuées;
- (6) un système de rapport et de classement des données approprié,
- (7) un programme de contrôle de qualité analytique systématique.

Ces conditions constituent, dans leur ensemble, les activités de CQA intra-laboratoire. Le point (7) a fait l'objet d'un développement plus approfondi.

L'organisation du programme de contrôle de la qualité analytique pour les laboratoires GEMS/EAU a été décrite. Les différentes étapes d'une procédure de contrôle intra-laboratoire ont été présentées: calibration, blancs de méthode, blancs de terrain, précision, récupération d'ajouts connus, tests de reproductibilité et tests de justesse. L'utilisation des cartes de contrôle pour ces différents tests a été décrite.

L'utilisation des échantillons de contrôle GEMS/EAU en ampoules a été décrite.

Le programme informatique d'aide au contrôle qualité de VKI permettant la collecte des résultats des mesures et le tracé des cartes de contrôle a aussi été présenté.

Le lac Nord de Tunis

Présenté par Nils Ipsen, VKI

VKI est un organisme indépendant de consultation en recherche et développement affiliée à l'Académie danoise des Sciences Techniques. Mis en place en 1972 VKI a fourni ces services d'expertise dans la gestion et la planification des études sur l'eau dans l'environnement, que ce soit pour l'eau potable, le traitement des eaux usées, l'eau dans le sol et les rejets d'eaux usées. Outre cette gestion intégrée de l'environnement, VKI monte

des laboratoires de contrôle de la qualité de l'eau dans le cadre de la coopération danoise DANIDA et assure la formation du personnel au Danemark et dans les pays où il intervient. Un exemple d'une étude de VKI est décrit ci-après.

Le lac Nord de Tunis avant 1985 présentait une situation écologique dramatique (odeurs, eutrophisation, mortalité ichtyologique etc.). L'intervention de VKI 1985-1988 a permis une restauration des conditions d'environnement très satisfaisantes par (i) le dragage du canal Khéreddine pour favoriser les échanges d'eau, (ii) la mise en place d'une digue de 8,2 km de long séparant le lac en deux parties ce qui permet une circulation lévogyre dans le lac, (iii) la mise en place de portes à marée permettant le contrôle des échanges d'eau avec la mer, (iv) le remblaiement de nouveaux terrains et la modification des lignes de berges afin d'éviter la stagnation des eaux et (v) l'approfondissement des fonds qui permet de diminuer la quantité de boues riches en sels nutritifs, la récolte des algues pour diminuer les risques d'anoxie.

L'utilisation des isotopes dans la connaissance et la protection des eaux souterraines

Présenté par Martial Dray

Les relations entre les eaux souterraines et les eaux de surface (rivières, lac ou retenues) sont un fait très courant dans la nature et les hydrogéologues comme les chimistes ont souvent mis en lumière ce type d'interrelation. Les traceurs extrinsèques c'est à dire ceux rajoutés artificiellement permettent en outre de préciser davantage ce type de relation. Les isotopes de l'eau à savoir les atomes d'oxygène et d'hydrogène sont des traceurs intrinsèques de la molécule d'eau dans l'intimité de son noyau. Les isotopes stable oxygène 18 (^{18}O) et deutérium (^2H) subissent un fractionnement isotopique lors d'un changement de phase, c'est à dire lors du passage de l'état vapeur à l'état liquide ou de l'état liquide à l'état solide. Ce fractionnement est lié à la température qui va permettre un traçage des eaux à l'évaporation et à la condensation. Dans la pratique cette propriété est appréciable car elle relie la composition isotopique des eaux de précipitation à des paramètres géographiques ou paléogéographiques à savoir: *la latitude, l'altitude, la saison, la période climatique* (dans le cas des eaux anciennes précipitées sous un climat qui n'a plus cours de nos jours, comme cela est par exemple le cas pour des eaux héritées des époques glaciaires).

L'Agence internationale de l'Energie atomique (AIEA) dispose d'un réseau mondial de contrôle des teneurs isotopique des précipitations et il est alors simple de comparer les eaux souterraines trouvées aux eaux de précipitation et d'en tirer des conséquences pratiques sur le fait de savoir ou non si ces précipitations ont eu lieu sur place ou en altitude ou encore si ce sont des eaux fossiles ce que l'on peut mettre en évidence avec les isotopes radioactifs.

L'isotope radioactif de la molécule d'eau est le tritium ou ^3H , de demi-vie 12,43 ans, qui provient essentiellement des bombes thermonucléaires. Pratiquement cela veut dire que des eaux contenant du tritium datent d'après 1954 et par conséquent un aquifère tritié renferme des eaux renouvelées et non pas fossiles. En utilisant les chroniques tritium de l'AIEA sur les précipitations et les chroniques des eaux souterraines nous pouvons modéliser et calculer les temps de transit et de résidence de l'eau dans les aquifères.

L'âge d'une eau souterraine peut aussi être calculé par la mesure de l'activité en ^{14}C des bicarbonates d'une eau. Ce ^{14}C ayant une période de 5730 ans cette datation se fera sur des eaux anciennes voir fossiles ce qui est le cas en Afrique pour la nappe du Continental Intercalaire, la nappe des Grès Nubiens pour ne citer que les plus importantes.

Connaissant l'âge des eaux, l'origine des eaux, donc les zones de recharge il est alors plus aisé de protéger les aires d'alimentation et de prédire les vitesses de circulation ce qui est indispensable en cas d'accident. Cela permet aussi de savoir si l'on exploite des aquifères renouvelés ou fossiles.

On a pu montrer par exemple que les eaux du Continental Intercalaire d'Algérie et de Tunisie avec des valeurs en ^{18}O très négatives et des faibles activités en ^{14}C avient été rechargées pendant une période plus froide qu'aujourd'hui il ya plusieurs dizaines de milliers d'années. La même chose pour les eaux des Grès Nubiens.

En Egypte, pour la nappe alluviale d'accompagnement du Nil, l'utilisation combinée de l'oxygène 18, du deutérium et du tritium a permis de distinguer les zones ou la recharge de la nappe a eu lieu avant ou après la construction du barrage d'Assouan. Pour les aquifères du Bénin l'utilisation des différents isotopes stables et radioactifs a souligné l'emplacement des zones de recharge, les communications par drainance des différents aquifères et confirmé l'intrusion marine dans une certaine partie de l'aquifère côtier.

Le traitement des données et le programme RAISON

Présenté par Martial Dray

Toutes les données analytiques transmises par les pays participants sont traitées statistiquement par le CCEI, Centre canadien pour les eaux intérieures qui a développé un système complet du nom de GLOWDAT. Pour cela, les données de base sont transcrites de façon codée sur des formulaires de station et des formulaires de données. Une fois l'ensemble de ces données réceptionnées à Burlington puis entrées dans le programme puis traitée une grande variété de rapports et de statistiques sont disponibles, à savoir:

- la liste des erreurs de contrôle de qualité
- le répertoire des stations, avec données et paramètres
- la liste détaillée des données
- les listes de récapitulatifs des données
- l'état des flux sur les rivières principales
- la situation sur l'état des données
- le résumé annuel des données
- le résumé annuel des centiles
- le résumé des centiles par année et par période d'enregistrement, etc.

Le programme RAISON est un logiciel, utilisable sur microordinateur (minimum: microprocesseur 386 et 40 Mo de ROM) qui permet de simplifier et de rendre plus consistante l'approche des données de GEMS/EAU.

Le logiciel RAISON/GEMS est le système d'application actuellement utilisé pour les évaluations quantitatives numériques et statistiques de la base de données GEMS/EAU.

Le système fonctionne de façon géographique ce qui permet une évaluation interactive et une visualisation de tous les paramètres existant sur les fichiers des archives du GEMS/EAU au sein d'une structure géographique. En intégrant des méthodes statistiques et numériques dans les fonctions analytiques de la base de données, du tableur, des graphiques et du système d'information géographique, le logiciel RAISON/GEMS est un outil puissant pour l'interprétation et la détermination de l'impact des résultats sur l'environnement aquatique à l'échelle locale, régionale et mondiale.

Quelques graphiques ci-après illustrent l'utilisation de ce logiciel.

Les activités de l'ORSTOM en Afrique

Présenté par Alain Dezetter

L'ORSTOM est un Institut de recherches français installé en grande partie à l'étranger où il a établi des centres de recherches et travaille en collaboration avec les chercheurs nationaux. Les programmes d'action se rapportent principalement à l'étude des eaux de surface, les rivières, lacs et lagunes (par exemple en Côte d'Ivoire) à l'étude des sols, et bien entendu à l'hydrométéorologie pour l'établissement des relations et modèles pluie-débits. Les eaux souterraines sont peu ou pas abordées. L'ORSTOM couvre toute l'Afrique et son implantation en Afrique de l'Ouest est très dense.

L'ORSTOM équipe ou a équipé de nombreux bassins versants en enregistreurs hydrométriques et les mesures de qualité des eaux se font sur place ou pour les analyses particulières dans le centre de Bondy en région parisienne.

En Afrique de l'Ouest deux fleuves sont bien étudiés en permanence: il s'agit du fleuve Niger et du fleuve Sénégal. Jusqu'il y a quelques années le fleuve Congo était l'objet d'une surveillance qualitative mais les événements récents ont conduit à la fermeture du centre de Brazzaville au Congo.

L'ORSTOM dispose de chroniques analytiques et est prêt à mettre ses données à la disposition de la communauté scientifique internationale après que ses propres chercheurs aient eu le temps d'exploiter leurs données ce qui correspond à un délai d'environ deux ans.

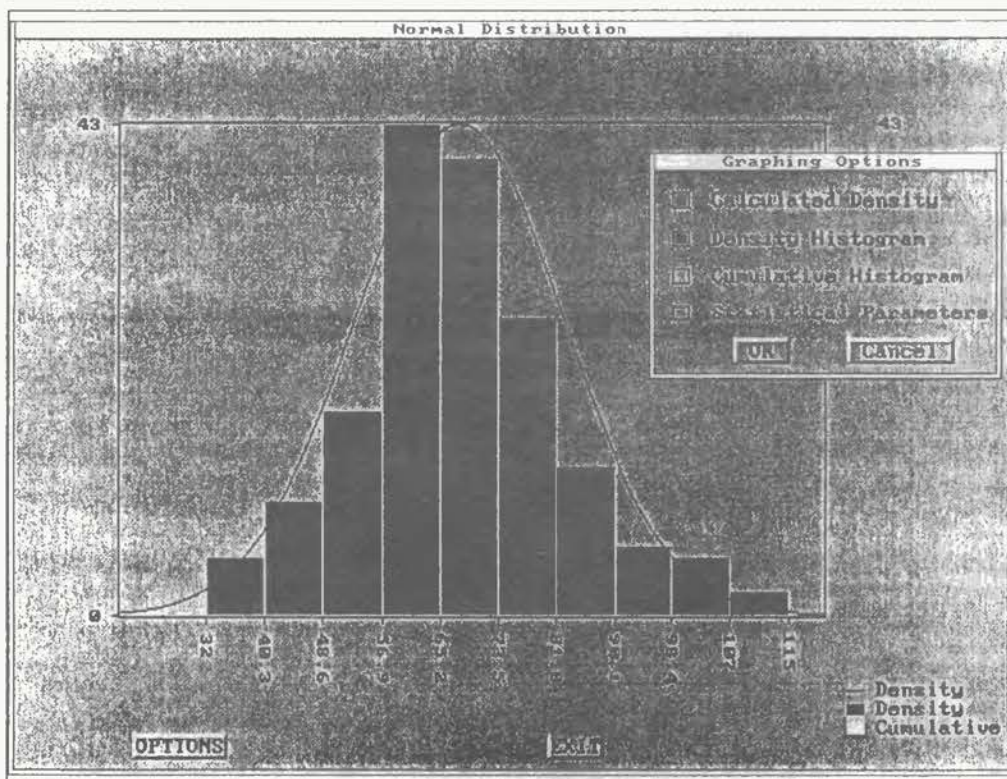
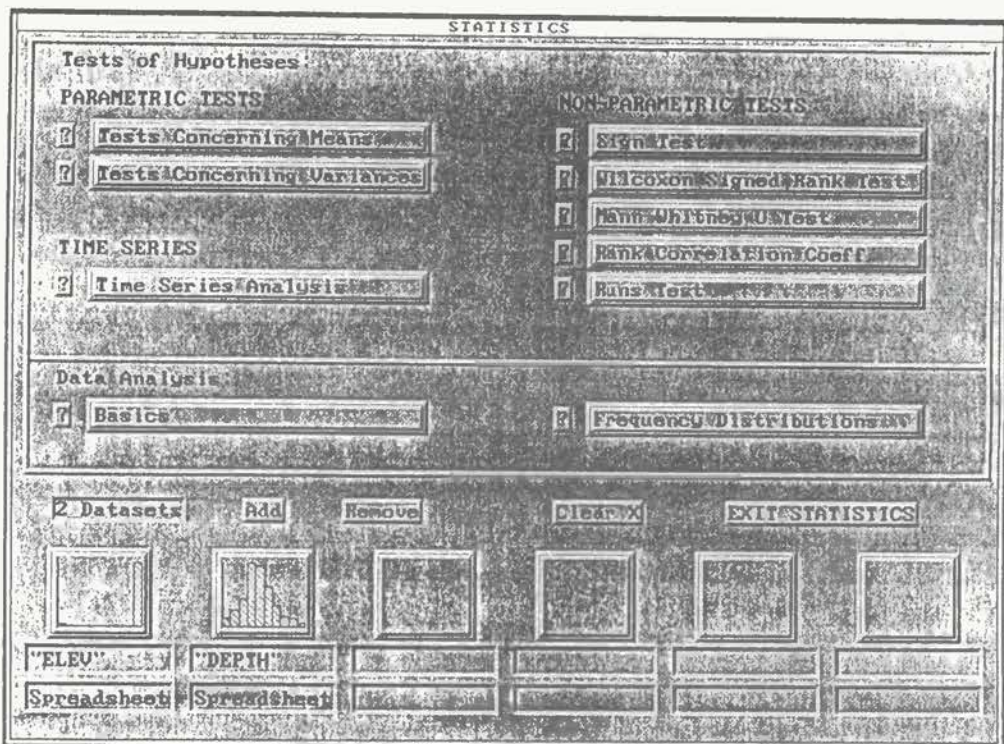
Quelques problèmes liés à l'eau au Burkina Faso

Dans le cadre de cet atelier l'équipe OMS du Burkina a présenté plusieurs aspects des problèmes hydriques au Burkina, problèmes concernant :

le programme de promotion de l'hygiène publique,
le processus de planification stratégique,
l'approche du financement de l'assainissement.

De plus un remarquable diaporama sonorisé sur l'eau, l'assainissement et les maladies hydriques en Afrique a été présenté.

Les textes des deux premières conférences sont présentés en annexe 5 (a et b).



Normal Screen

Exemples des schémas réalisés avec des données du Programme GEMS/EAU par le logiciel RAISON/GEMS

VII SORTIES DE TERRAIN ET VISITES

Dans le cadre de cet atelier, outre les conférences et les présentations des rapports nationaux, une sortie sur le terrain ainsi que la visite des laboratoires d'analyses d'eau et de la station de traitement des eaux de Ouagadougou ont été organisés.

En effet l'alimentation en eau potable de Ouagadougou provient pour la plus grande partie de petits barrages situés à quelques kilomètres de la ville dont les eaux amenées par conduites sont ensuite traitées avant d'être distribuées.

Sous la conduite de Mr M. Koanda, chef du laboratoire central de l'ONEA nous nous sommes rendus sur le lac de Loumbila (barrage n°3) pour faire, à partir d'une barque, des prélèvements d'échantillons d'eau, des analyses physico-chimiques in situ (pH, température, turbidité, conductivité et oxygène dissous) . Les prélèvements bactériologiques ont été apportés au laboratoire central, où, en outre, des paramètres chimiques supplémentaires ont pu être analysés.

En même temps nous avons prélevé, à proximité, un puits domestique peu profond à ciel ouvert et un forage plus profond protégé et équipé d'une pompe à main. (voir photos, tableau et graphique pour l'illustration).

VIII RAPPORTS NATIONAUX

Un des buts essentiels de cet atelier était de faire le point sur :

- l'état de connaissance de la qualité des eaux des pays invités,
- les équipements des laboratoires d'analyses,
- les paramètres analysés et les méthodes utilisées,
- les problèmes nationaux se rapportant à ce contrôle de la qualité des eaux.

Chaque participant a présenté l'état des connaissances ainsi que le contrôle actuel ce qui a permis des discussions animées et enrichissantes.

Tous les exposés sont présentés dans les annexes suivantes:

- 6 : Bénin
- 7 : Burkina Faso
- 8 : Côte d'Ivoire (en deux parties)
- 9 : Mali
- 10 : Niger
- 11 : Sénégal
- 12 : Togo
- 13 : Zaïre



Puits traditionnel et ses abords : noter la diversité des récipients utilisés pour le puisage.



Puisage de l'eau



Échantillonnage avec la bouteille de prélèvement en vue d'analyses bactériologiques et chimiques



Puisage de l'eau d'un forage avec la pompe manuelle



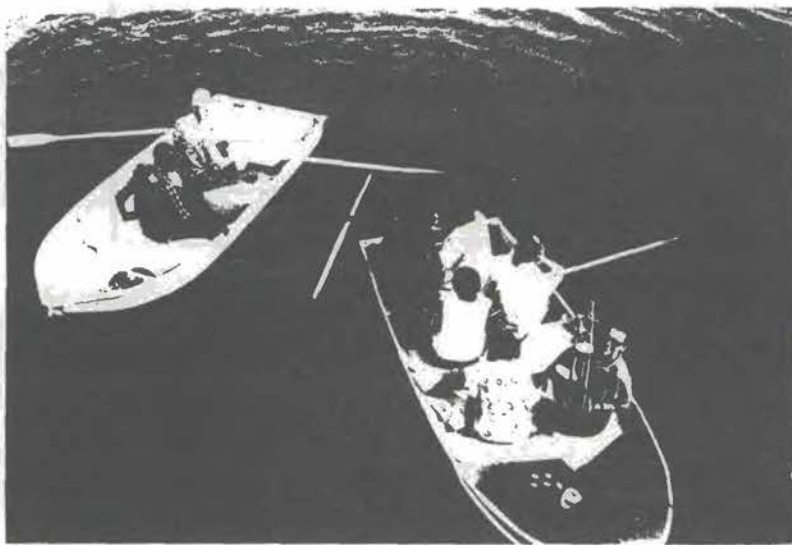
Prélèvement de l'eau du forage pour analyses bactériologiques et chimiques



Le lac de Loumbila : Digue et prise d'eau pour l'alimentation en eau potable de la ville de Ouagadougou



Départ pour l'échantillonnage sur le lac



Départ pour l'échantillonnage sur le lac



Mesure de conductivité électrique



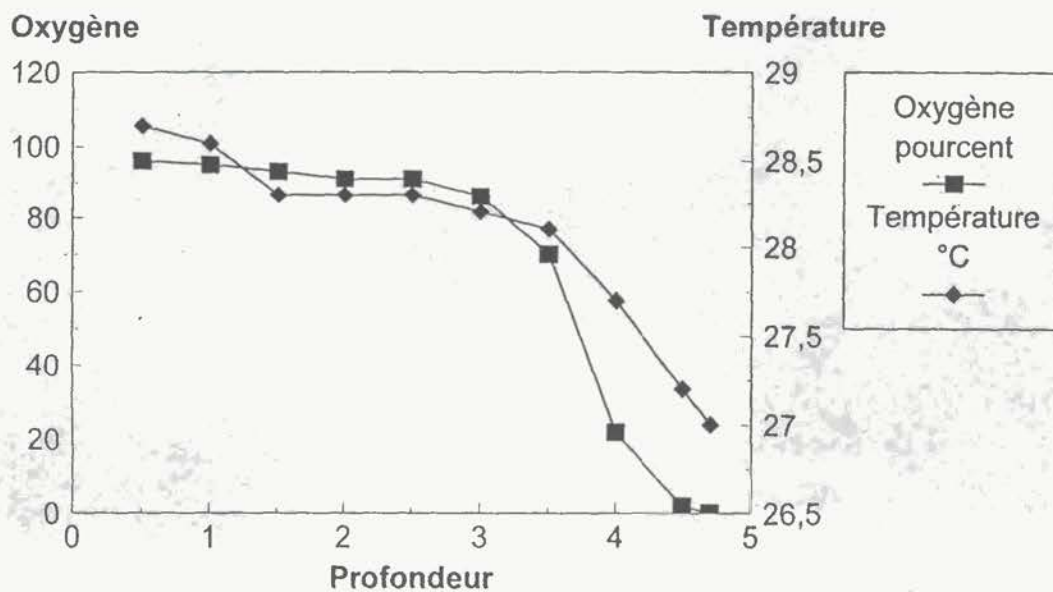
Présentation d'une bouteille pour le prélèvement d'eau à différentes profondeurs

Résultats d'analyse des échantillons pris par l'atelier OMS le 22 mars 1995

	Barrage 1,0 m	Barrage 3,0 m	Barrage 4,5 m	Puits	Forage
Température °C	28,5	28,2	27,2	27,0	28,2
pH	6,85	6,80	6,75	6,80	7,80
Turbidité NTU	7,3	8,6	18	12	8,3
Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	66	68	75	78	92
Sodium (Na) mg/l	1	1	1	2	18
Potassium (K) mg/l	5,6	5,7	6,5	7,4	4,5
NO ₂ +NO ₃ mg/l N	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	4,2
Oxygène mg/l	7,2	6,4	0	-	-
CT N/10 ml	0	3	4	> 100	0
CF N/10 ml	0	1	3	71	0

CT : Coliformes totaux, CF : Coliformes faceaux

Laboratoire Central O.N.E.A.
Barrage de Loumbila
le 22 mars 1995



IX CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le dernier jour de cet atelier s'est tenue une table ronde avec discussion générale et présentation de recommandations concernant les besoins spécifiques concernant les problèmes de la qualité de l'eau en Afrique sub-saharienne.

L'ensemble des participants à l'atelier GEMS/EAU de Ouagadougou n'a pu se mettre d'accord sur un ordre de priorité des recommandations présentées ci-après, car leur importance varie du pays en pays.

Cinq thèmes principaux ont été mis en avant:

Sensibilisation et collaboration

1. Diffuser largement l'existence du programme GEMS/EAU au sein du continent africain.
2. Informer et sensibiliser les autorités nationales sur l'importance de la surveillance et du contrôle de la qualité de l'eau, de la mise en place d'un réseau national de surveillance dans le cadre de GEMS/EAU.
3. Pour les pays non encore adhérents établir l'état de la situation des différents laboratoires du pays afin de s'assurer de leur capacité d'intervention dans le programme GEMS/EAU. Prévoir, et ce, dans les meilleurs délais, la mise en place d'un mécanisme de coordination.
4. Nécessité de concertation dans l'exécution du programme GEMS/EAU pour les pays partageant les mêmes cours d'eau et aquifères dans le cadre d'une coopération inter-états.
5. Echanger informations et expériences entre laboratoires des pays participant au réseau GEMS/EAU par le truchement d'un bulletin de liaison Afrique (publié sous l'égide du PNUE et de l'OMS).
6. Favoriser le développement des codes de l'eau nationaux et s'assurer de leur application.

Formation

1. Collaboration intersectorielle et interlaboratoire :
 - a) nécessité d'une approche multidisciplinaire et multisectorielle d'où la mise en place d'un mécanisme de collaboration entre les différents laboratoires et services intervenant dans le domaine de la surveillance et du contrôle de la qualité de l'eau.

- b) organisation d'ateliers sous-régionaux pour les responsables des laboratoires afin de faciliter les échanges d'informations, les exercices d'intercalibration et d'exploitation des banques de données.
2. Formation du personnel dans les domaines de l'hygiène du milieu, de la surveillance de la qualité et de la gestion des ressources en eau. Prévoir la formation de différentes catégories de personnels nécessaires à la réalisation du programme GEMS/EAU, à savoir: ingénieurs sanitaires, ingénieurs chimistes, microbiologistes, hydrobiologistes, hydrologues, hydrogéologues, ...

Equipement

Sollicitation de bailleurs de fonds pour la fourniture de produits chimiques, de petit équipement ou pour l'aide à la création de laboratoires. Pour les programmes GEMS/EAU nationaux l'appui financier et technique est demandé aux agences des Nations Unies (OMS, PNUE, PNUD) aux organismes de coopération bilatérale (DANIDA, VKI, GTZ) et multilatérale (CDRI, ACDI) et aux ONG.

Assainissement

Associer systématiquement à chaque projet d'approvisionnement en eau un volet assainissement.

Developpement du Programme GEMS/EAU

Plusieurs pays ayant participé à cet atelier ont exprimé leur intention de joindre le projet dans un avenir très proche. Dans les prochains mois des contacts permanents doivent être développés. Il serait en outre souhaitable d'entreprendre des missions exploratoires au Bénin et au Togo et de poursuivre les discussions avec le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire pour déterminer les points focaux et le programme d'échantillonnage.

L'accroissement du nombre de pays participants favorisera les relations et les échanges interafricains dans la connaissance des problèmes liés à la qualité de l'eau dans cette sous-région.

===

Annexe 1

ATELIER SOUS-REGIONAL GEMS/EAU SUR LA QUALITÉ DES EAUX

OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) 20-24 MARS 1995

LISTE DES PARTICIPANTS

Noms et prénoms	Pays	Fonction	Adresse
AFFOGBOLO Adrien	Bénin	Directeur Hygiène et Assainissement et CWS OMS-BENIN	BP 882 Tel : 31 53 16 Cotonou
COMPAORE Issaka	Burkina Faso	Technicien de Laboratoire	Ministère de la Santé 01 BP 2529 Ouagadougou 01
DEZETTER Alain	Burkina Faso	Chargé de Recherche en Hydrologie	ORSTOM 01 BP 182 Ouagadougou Tél: 306737 Fax: 310385
KOANDA Mahamady	Burkina Faso	Chef Laboratoire Central Ingénieur Chimiste	ONEA BP 170 Ouagadougou
OUEDRAOGO Béga	Burkina Faso	Ingénieur Génie sanitaire	DEP/EAU AEP-Assainissement
SAVADOGO Amidou	Burkina Faso	Responsable Cellule Qualité des Eaux	DIRH 03 bp7025 Ouagadougou 03 Tel : 30 66 99
YODA Guy	Burkina Faso	Ingénieur sanitaire & HIA	OMS BP 7019 Ouagadougou Tél: 306500
DIBI Martin	Côte d'Ivoire	S/Directeur du Laboratoire Central de l'Environnement (LCE)	Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL) BP V 184 Abidjan Tel : 37 18 35 Fax : 37 65 03
KONE Saramatou	Côte d'Ivoire	Chef du Département Etudes et Publications	Direction de l'Eau Tel : 22 15 10 01 BP V161 Abidjan
KONE Abdoulaye	Mali	Directeur du Laboratoire de la Qualité des Eaux	DNHE BP 66 Bamako Tel : 22 48 77
MAIGA Fatoumata Sokona	Mali	Ingénieur en Génie Sanitaire Conseiller CWS/OMS	OMS Mali BP 99 ou 192, Bamako tel : 22 37 14 Fax : 22 23 35

DAN-MARADI Garba	Niger	Technicien Supérieur Chargé de la gestion Cellule Hydrochimie	Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement Niamey Fax : 7335 88 Tél : 54 18
NIANG Fatoumata Ba	Sénégal	Ingénieur Chimiste Chef Service Laboratoire Central	SONEES BP 400 Dakar
ASSOUMA Derman	Togo	Directeur de l'Hydraulique et de l'Energie	D.H.E. BP 335, Lomé Tél: 21 09 06
AGAMAH Yaovi	Togo	Chef Service Hygiène Appliquée	I.N.H BP 1396, Lomé Tél: 21 06 33 Fax: 22 17 16
MUSOYI Bayipoke	Zaïre	Chef d'évaluation GEMS/EAU et P.H.I. Zaïre	Ministère de l'Environnement C.N. BP 16 312 Kinshasa 1
AMEGEE, K.E.P.	Zaïre	Ingénieur sanitaire	OMS BP 1899 Kinshasa 1
FACILITATEURS			
BLANC, Paul	France	Ingénieur de Recherche Consultant OMS GEMS/EAU	INRA - Station d'Hydrologie Lacustre B.P. 511 F-74200 Thonon-les-Bains Tél : (33) 50 26 78 21 Fax : (33) 50 26 07 60
DAOU, David	OMS/Burkina Faso	Pr. EIER Ingénieur Sanitaire OMS	OMS/EIER B.P. 7023 Ouagadougou Tél : 307116-17
DRAY, Martial	France	Hydrogéologue Consultant OMS GEMS/EAU	CRG B.P. 510 F-75200 Thonon-les-Bains Tél : (33) 50 71 10 66 Fax : (33) 50 26 68 34
IPSEN, Niels	Danemark	Chief Biologist VKI	VKI Agernalle 11 2970 Horsholm
OSTFELDTS, Preben	Danemark	Ingénieur Chef de Projet	Projet Danida 01 BP 170 Ouagadougou 01
VANDERBECK, Isabelle	UNEP, Kenya	Chargée Programmes Hydrologue (GEMS/EAU) Unité de l'Eau Douce	P.O. Box 30552 Room Q1-36 Nairobi

Annexe 2

ATELIER SOUS-REGIONAL GEMS/EAU SUR LA QUALITÉ DES EAUX

OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) 20-24 MARS 1995

EMPLOI DU TEMPS DE LA SEMAINE

LUNDI 20 mars 1995

matin

- 08:30 Accueil des participants
- 09:00 Inauguration officielle
- 10:00 Pause-café
- 10:30 Présentation du programme GEMS/EAU (MD) et du programme EMINWA du PNUE (IV)
- 12:00 Déjeuner

après-midi

- 15:00 Les paramètres de la qualité de l'eau : liste des variables chimiques de GEMS/EAU; leur signification (PB).
- 16:30 Pause-café
- 18:45 Présentation des **rapports nationaux du Niger** et du **Mali** avec discussion du programme GEMS/EAU dans ces deux pays (sélection des stations, analyses, etc...)

MARDI 21 mars 1995

matin

- 08:00 Qualité des eaux de surface : eutrophisation, oxygène dissous, matière organique; application au Léman (PB); application au lac de Tunis (NI).
- 09:45 Pause-café
- 10:15 Qualité des eaux souterraines : évaluation, évolution, surveillance, protection, relations rivière-nappe; utilisation des isotopes de l'eau (détermination de l'origine et des temps de séjour); présentation de cas pratiques en Afrique. (MD, IV)
- 12:00 Déjeuner

après-midi

- 15:00 Traitement des résultats analytiques : formulaires Gems, traitement statistique des données, logiciel RAISON(MD)
- 16:30 Pause-café
- 16:45 Présentation des **rapports nationaux** du **Sénégal**, de la **Côte d'Ivoire**, et du **Zaire**. Discussion.

MERCREDI 22 mars 1995

matin

- 08:00 Pratique des analyses : (NI, PB).sortie de terrain (barrage de Loumbila situé à 20 km de Ouagadougou); Présentation de Mr Kouanda, directeur du laboratoire de l'ONEA; présentation in situ des méthodes de prélèvement; prélèvements d'échantillons d'eau : profils d'oxygène dissous et de température; analyses in situ (conductivité, pH, alcalinité).
- 13:00 Pique-nique sur le terrain

après-midi

- 15:00 Pratique des analyses (suite) : (VKI, PB) * présentation des méthodes analytiques et analyse des échantillons au Laboratoire Central de l'ONEA à Ouagadougou

Visite du laboratoire de la Direction Générale de la Santé.

JEUDI 23 mars 1995

matin

- 08:00 Visite de la station de production d'eau potable de Ouagadougou (GY, ONEA)
- 10:30 Présentation des **rapports nationaux** du **Togo** du **Bénin** et du **Burkina Faso**. Discussion.
- 12:00 Déjeuner
- 13:00 Présentation de la cassette vidéo sur la pollution des eaux liées aux grandes villes.

* présentation des paramètres microbiologiques de la qualité de l'eau.

* présentation du programme CQA (P.B).

après-midi

- 15:00 Présentation des activités de l'ORSTOM par Mr DEZETTER.
Programme GEMS/EAU et relations eau potable - assainissement (AFRO)
Diaporama de Mr Guy YODA de l'OMS Ouagadougou.
- 16:30 Pause-café
- 16:45 Coopération technique GEMS/EAU (PNUE, AFRO, MD)
- 17:30 Ebauche du rapport de l'atelier et des recommandations
- 18:30 Pot de fin de session

VENDREDI 24 mars 1995**matin**

- 08:00 Table ronde sur les recommandations
- 09:45 Pause-café
- 10:15 Adoption du rapport final
- 11:00 Clôture officielle de l'atelier

Abréviations:

- MD = Martial DRAY
- IV = Isabelle VANDERBECK
- PB = Paul BLANC
- MDD = M'Pé David DAOU
- GY = Guy YODA (OMS-Ouagadougou)
- EA = Emil AMEGEE (OMS-Kinshasa)
- NI = Niels IPSEN
- ONEA = Office National de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina Faso.

===

Annexe 3

MINISTÈRE DE L'EAU

SECRETARIAT GÉNÉRAL

S.P.O.I.E

BURKINA FASO

LA PATRIE OU LA MORT,
NOUS VAINCRONS!

ATELIER SOUS-REGIONAL GEMS/EAU SUR LA QUALITÉ DES EAUX

OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) 20-24 MARS 1995

DISCOURS D'OUVERTURE DU MINISTRE DE L'EAU

Messieurs les représentants des organisations internationales

Messieurs les représentants de l'organisation mondiale de la santé

Honorables invités,

Messieurs les seminaristes,

Au nom de Monsieur le Ministre de l'Eau, je ressens un agréable plaisir à souhaiter à tous les participants au présent atelier " GEMS/EAU " la bienvenue à Ouagadougou.

Nous exprimons également notre totale satisfaction, pour le choix de la ville de Ouagadougou pour abriter un séminaire " GEMS/EAU ", premier du genre en Afrique sub-saharienne.

Nous nous réjouissons particulièrement de l'importance de l'atelier en ce que celui-ci aborde un thème délicat, celui de la qualité de l'Eau.

Comme nous avons coutume de le dire, l'eau cette matière première, est la plus fondamentalement indispensable pour le développement de toutes les sociétés humaines, animales et végétales. Elle est source de vie, mais elle est aussi source de mort, selon les conditions de son utilisation. Elle est ainsi source de vie première et source de déchéance humaine. Elle exige pour être source de vie, des qualités qui lui confère son caractère de potabilité et d'utilisation. En d'autres termes, l'homme doit se garantir, se munir, de par la science et la technique, des conditions appropriées pour la sauvegarde de sa propre vie et de son développement. Les mesures préventives à mettre en place s'avèrent d'une urgente nécessité au regard de l'importance de plus en plus marquée de la pollution de l'eau, de l'air, et de la dégradation de l'environnement.

Aussi est-ce avec raison que les spécialistes de l'hygiène, de l'environnement et des sciences de l'eau, conjuguent constamment leurs efforts pour la sauvegarde de la santé de l'humanité. Ensemble, ils cherchent à obtenir que les êtres humains utilisent au mieux les ressources hydrauliques de la terre sans mettre leur santé en danger, ni perturber les écosystèmes.

En cela, le système des Nations-Unies, dont particulièrement l'OMS déploie des efforts notables pour assurer à l'homme les conditions normales de vie saine; aussi comprenons-nous l'importance de GEMS/EAU, cet autre projet de l'OMS qui a choisi un pays sahélien pour la tenue du premier atelier sur la qualité des eaux.

Messieurs les Séminaristes,

En regard de ce qui précède, les services techniques des pays participants sont en droit d'attendre de cet atelier des recommandations pertinentes qui pourraient leur être d'un appui déterminant quant à leur engagement à utiliser rationnellement et qualitativement leurs ressources hydrauliques. Je ne doute pas que les différentes expériences des uns et des autres, auxquelles s'ajoutent celles des experts de l'OMS et des Instituts de Recherche, vous seront d'une utilité certaine.

En vous souhaitant bon courage et plein de succès au nom du Ministre de l'Eau, je déclare ouvert le " Séminaire sous-régional GEMS/EAU sur la qualité des eaux ".

VIVE LA COOPÉRATION INTERNATIONALE,

JE VOUS REMERCIE

Annexe 4

**Ministère de l'eau
Ministère de la sante**

**ORGANISATION MONDIALE
DE LA SANTE**

ATELIER SOUS-REGIONAL GEMS/EAU SUR LA QUALITÉ DES EAUX

OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) 20-24 MARS 1995

Discours de clôture du Représentant de l'OMS au Burkina Faso

- Messieurs les Représentants des Organisations Internationales et Interafricaines,
- Monsieur le Directeur de l'EIER,
- Honorables Invités,
- Mesdames et Messieurs les Séminaristes,

Au nom du Représentant de l'OMS au Burkina Faso, j'ai la noble mission d'assurer la clôture de l'atelier du projet GEMS/EAU, ouvert officiellement le 20 mars 1995 par le Ministère de l'Eau.

Nous avons pu noter à cette occasion l'intérêt particulier que le gouvernement du Burkina Faso accorde à ce projet GEMS/EAU et le souhait affirmé que le présent atelier, premier du genre en Afrique sahélienne, aboutisse à des conclusions pertinentes.

Pour avoir suivi les travaux de l'atelier durant les quatre jours, et noté surtout l'intéressement combien fructueux et responsable des participants, j'exprime notre entière satisfaction quant aux conclusions, somme toute, très déterminantes.

Nul doute que le projet GEMS/EAU trouvera désormais des partenaires intéressés et privilégiés auprès des pays sahéliens pour qui la qualité de l'eau est une donnée fondamentale. J'ai donc l'entière conviction que les pays participants, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Niger, le Togo, le Sénégal, le Zaïre et le Burkina Faso, développeront désormais des efforts notables pour la consolidation du projet GEMS/EAU dans leurs pays respectifs.

En retour, l'OMS à travers le projet GEMS/EAU ne ménagera aucun effort pour apporter son appui le plus efficace possible. L'OMS est une structure des Nations Unies qui a une responsabilité quant au suivi sanitaire des populations humaines où l'eau constitue l'un des pôles importants dans le devenir proche et lointain, tant au niveau de ses activités de développement que de consommation. C'est pourquoi, l'OMS est en droit d'accorder un support sélectif à ce projet pour le bien-être socio-sanitaire des populations.

Les conclusions auxquelles vous êtes parvenus marquent un démarrage harmonieux du projet GEMS/EAU dans les pays sahéliens.

Mesdames et Messieurs les Séminaristes, vous avez eu le privilège et la confiance de vos responsables pour participer à cet atelier. Aussi, devenez-vous des acteurs déterminants du projet GEMS/EAU et les relations de travail entre les participants, tissées au cours de ce séminaire, devront se poursuivre au grand bénéfice de nos populations.

Enfin, j'exprime mes vives reconnaissances au Gouvernement du Burkina Faso, à l'EIER, aux intervenants pour l'encadrement et toutes les facilités mises à la disposition de l'atelier pour sa réussite.

En souhaitant à tous bon retour dans vos pays respectifs et surtout bonne continuation de la promotion du projet GEMS/EAU, je déclare clos l'atelier GEMS/EAU sur la qualité des eaux.

Vive la coopération internationale.

Je vous remercie.

Programme de Promotion de l'Hygiène Publique

1. Analyse de la Situation

1.1 Rappel historique

Le Burkina Faso, à l'instar de la plupart des pays africains, a hérité son système d'assainissement de la colonisation. Seules deux principales villes de Ouagadougou et Bo-Dioulasso ont pu disposer d'embryons d'infrastructures d'assainissement (caniveaux à ciel ouvert) et des services peu fonctionnels d'évacuation des déchets solides.

Il a fallu attendre les conférences internationales sur l'environnement à Stockholm (Suède) en 1972, sur l'habitat à Vancouver (Canada) en 1976 et plus spécialement celle de Mar-del Plata (Argentine) en 1977 sur l'eau, pour que l'attention des gouvernements soit attirée sur l'acuité et l'urgence des problèmes posés par l'insuffisance de l'eau potable, l'absence d'assainissement et par leurs effets sur la santé et la qualité de la vie.

C'est seulement à partir de 1972 que le premier agent d'assainissement a été recruté au Burkina. En 1993, on dénombrait un ingénieur, 10 agents et un laboratoire de contrôle de la qualité des eaux. Actuellement, quatre structures s'occupent de l'assainissement au sein du Ministère de la Santé : Service de génie sanitaire, Services d'hygiène municipaux de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, CRESA (Centre Régional pour l'Education, la Santé et l'Assainissement), Services provinciaux d'assainissement.

1.2. Justification

- ✓ L'incidence des maladies d'origine hydrique et des affections liées à l'insalubrité du milieu sur la morbidité et la mortalité au Burkina Faso est encore très élevée: 52% des consultations à Ouagadougou sont d'origine hydrique.

En ce qui concerne la situation de l'assainissement, moins de 10% de la population rurale a accès à des latrines. Les mesures prises en faveur de l'assainissement (évacuation des excréta, ordures et eaux usées) restent très embryonnaires.

Ainsi, la gestion de l'eau potable, la salubrité de l'environnement, les bonnes pratiques d'hygiène restent encore parmi les principales armes de lutte contre la plupart des endémioépidémies: maladies diarrhéiques dont le choléra, la dracunculose, la schistosomiase etc...

1.3. Problèmes prioritaires

Le problème prioritaire à résoudre reste la mise en place d'un système fonctionnel qui s'occupe de l'assainissement : clarification du cadre institutionnel, dotations suffisantes en ressources (humaines, financières et matérielles), élaboration et/ou révision des textes réglementaires et législatifs, mise en place d'un système d'information.

2. Objectifs du Programme

2.1. Objectif général

Il vise à faire baisser la prévalence des maladies liées aux mauvaises conditions d'hygiène.

2.2. Objectifs spécifiques

Ils seront les suivants:

1. Assurer 80% de couverture en matière d'assainissement de base, en milieu urbain, d'ici l'an 2000;
2. Assurer 50% de couverture d'assainissement de base, en milieu rural d'ici l'an 2000;
3. Assurer le contrôle bactériologique de l'eau d'au moins 50% des points d'eau modernes d'ici l'an 2000.
4. Assurer le contrôle bactériologique de l'eau de 100% des réseaux d'AEP en milieu urbain d'ici l'an 2000;
5. Couvrir tout le territoire national en laboratoire d'analyse d'eau en un an;
6. Renforcer le laboratoire de nutrition de Ouagadougou et rendre opérationnel le laboratoire du CRESA de Bobo-Dioulasso en matière d'analyse nutritionnelle;
7. Assurer au moins 2 inspections par an dans 50% des établissements de production et distribution d'aliments à Ouagadougou et Bobo-Dioulasso d'ici l'an 2000;
8. Assurer au moins 2 inspections par an des établissements de production et distribution d'aliments dans tout le pays;
9. Elaborer d'ici l'an 2000 un Code d'Hygiène;
10. Réaliser des recherches appliquées d'ici l'an 2000;
11. Rendre disponible le personnel qualifié à tous les niveaux d'ici l'an 2000;
12. Participer activement au contrôle de l'hygiène de l'environnement.

3. Stratégies

Pour atteindre les objectifs intermédiaires, la stratégie visera à:

- Renforcer le cadre institutionnel de Ministère de la Santé dans le domaine de l'hygiène et de l'assainissement;
- Renforcer les capacités d'intervention des directions techniques et des services décentralisés;
- Elaborer le code de l'hygiène;
- Mettre en place un volet I.E.C.

4. Suivi et Evaluation du Programme

4.1 Indicateurs de suivi et d'évaluation

Objectifs spécifiques	Indicateurs de couverture et d'impact
1. Assurer 80% de couverture en matière d'assainissement de base en milieu urbain, d'ici l'an 2000	Taux de couverture en assainissement de base
2. Assurer 50% de couverture en matière d'assainissement de base en milieu rural, d'ici l'an 2000	Taux de couverture en assainissement de base.
3. Assurer le contrôle bactériologique de l'eau d'au moins 50% des points d'eau d'ici l'an 2000	Nombre de points d'eau couvert par le contrôle
4. Amener le contrôle bactériologique de l'eau à 100% des réseaux d'AEP en milieu urbain d'ici l'an 2000.	Nombre de réseaux d'AEP couvert par le contrôle.

PROCESSUS DE PLANIFICATION

STRATEGIQUE

INTRODUCTION

1. Le processus de planification de la stratégie d'assainissement étudie toute une gamme de solutions techniques afin de satisfaire les besoins des différents groupes de populations en ville. Ces systèmes comprennent des systèmes d'assainissement traditionnel amélioré, des systèmes sur place et des systèmes d'égouts (simplifiés et conventionnels). Outre les questions financières et institutionnelles, on considère également les préférences et la capacité de l'utilisateur à payer les services. La description du processus faite ici concerne les déchets humains (excréta). L'approche peut être également appliquée à d'autres éléments du système sanitaire (déchets solides, drainage).

2. Le processus est conduit sur demande et comprend une étape initiale au cours de laquelle le Gouvernement identifie un besoin puis choisit l'institution qui se chargera des services d'assainissement de la ville. On forme alors un groupe composé d'individus choisis au sein de l'institution pour préparer le plan (ou être responsable de sa préparation) et le mettre à jour. Cette équipe conduira tout le travail à faire ou se fera assister de consultants nationaux (et internationaux) si nécessaire. L'exercice consiste à apprendre en pratiquant, et pendant la préparation du plan l'équipe de planification et les consultants conduiront des activités pilotes (d'essai) pour avoir de l'expérience et tester le degré d'application des différentes propositions. Une fois les composantes du plan préliminaire élaborées, un projet initial ou de démonstration peaufinera les différents éléments proposés. Ce projet sera alors préparé de façon détaillée puis exécuté. Un système de contrôle et de rétroaction permettra aux planificateurs de perfectionner le plan en vue de la préparation de projets de plus grande envergure. Préparation au cours de laquelle des détails étudiés des composantes seront complétés là où cela est nécessaire. Le processus est présenté sur la page ci-jointe et les principales activités à être conduites lors de la préparation du plan sont décrites ci-dessous.

LE PLAN STRATEGIQUE

3. Le plan stratégique est un vrai plan dont la méthodologie de préparation et les considérations fondamentales ont été modifiées. L'examen d'un certain nombre de choix technologiques, l'affermissement de la responsabilité pour la planification au sein d'une institution locale, la détermination de la population à payer les services d'assainissement, le développement d'un mécanisme de support institutionnel (secteurs privés et publiques) et un plan de financement et d'investissement sont tous des composantes importantes de la préparation du plan.

L'exécution du plan dépendra de la demande des bénéficiaires potentiels à qui l'on demandera de payer les services prouvés. La première étape consiste à analyser la situation existante. Celle-ci apporte une base favorisant l'activité de planification. L'examen des différentes technologies et des possibilités financières et institutionnelles permettent de proposer des services pour les différentes zones de la ville. Le développement d'une stratégie financière et d'exécution et le développement d'un projet initial d'amélioration des propositions constituent les derniers éléments du plan initial. De ce fait, la planification du système sanitaire stratégique pourrait être appelée planification "tactique" là où les différents facteurs affectant l'exécution du plan en ville sont mis sur la balance afin de trouver les solutions adéquates.

4. Analyse de la situation existante

(a) Revoyez l'histoire des services d'assainissement de la ville durant les vingt dernières années ainsi que les informations de base sur le sous-secteur. Les réglementations sanitaires et tous les rapports et données s'y rapportant seront revus.

(b) Préparez un résumé donnant une idée générale sur le système d'approvisionnement en eau existant et sur les installations sanitaires existant dans toutes les zones de la ville (domestique, commerciale, industrielle). Le traitement des déchets et les installations pour l'évacuation des ordures existant seront revisés et évalués (les projets sanitaires aussi). Les traitement d'ordures et les installations pour l'évacuation des déchets planifiés par le Gouvernement ou les agences d'aide seront également parcourus et évalués.

(c) Déterminez le coût des différents niveaux du service d'assainissement qui paie les services et quels sont les mécanismes de financement actuels

(d) Déterminez les besoins d'assainissement actuels et les imperfections des services sanitaires de la ville

(e) Revoyez le statut, l'opération et les responsabilités des agences sectorielles et municipales ainsi que ceux des organisations impliquées dans l'approvisionnement en services d'assainissement : le fonctionnement de leurs ressources humaines et institutionnelles, leurs capacités de maintenance et leur situation financière

(f) Revoyez l'implication actuelle du secteur privé dans le domaine des services sanitaires (exemple : vidange des fosses septiques, construction des systèmes sur place) et évaluez la capacité du secteur privé de participer à l'exécution du projet

(g) Examinez les types d'habitation, les densités, les données démographiques, socio-économiques et industrielles ainsi que les possibilités d'accroissement de la population

(h) Revoyez les alentours de la ville, ses cartes topographiques, ses cartes de drainage et ses photos aériennes. Revoyez les considérations environnementales y compris les conditions du sol et l'eau souterraine

(i) Revisez les directives légales et politiques ainsi que les différentes façons d'appliquer les réglementations

(j) Ecrivez le chapitre sur la revue de la sous-section du plan stratégique

5. Stratégie de la technologie

(a) Identifiez et proposez des choix technologiques adaptables à chaque zone de la ville et permettant de satisfaire les besoins sanitaires tout en prenant en compte les considérations institutionnelles, financières, humaines, légales, politiques et les questions et considérations sociales.

(b) Comparez les différents choix technologiques pour la collecte et le traitement des excréta en prenant en compte les coûts des différentes alternatives ainsi que d'autres facteurs s'y rapportant. Proposez ensuite les choix réalisables pour les différentes zones de la ville.

(i) Évaluez la réhabilitation, l'amélioration et les possibilités d'expansion des services existants (systèmes sur place et ailleurs)

(ii) Proposez et évaluez le coût des différentes alternatives y compris les besoins des opérations et du maintien

(iii) Proposez et évaluez le coût du transport et du traitement et de l'évacuation des déchets humains hors de la ville

(iv) Revoyez les conditions de terre requises pour le traitement et l'évacuation des déchets

(c) Préparez le chapitre du SSP sur les différentes technologies proposées aux différentes zones de la ville

6. Stratégie de financement

(a) Analysez à travers une étude révélatrice la promptitude des bénéficiaires à payer des services différents (l'étude doit prendre en compte les différents genres d'habitation). Préparez également un rapport sur la volonté des bénéficiaires à payer les services sanitaires

(b) Revisez les mécanismes pour le financement des différents systèmes d'égouts sur place et des services d'évacuation des ordures. Pour les systèmes d'égouts existants et les systèmes optionnels, identifiez les mécanismes de recouvrement des coûts les plus appropriés ; déterminez le besoin de crédit des propriétaires individuels et proposez des mesures administratives permettant d'octroyer des prêts (par l'intermédiaire des banques commerciales et/ou à partir de fonds automatiquement renouvelables)

7. Stratégie institutionnelle

(a) Revisez les possibilités de support institutionnel pour les différents choix de technologies

(i) Pour le traitement ou l'évacuation des déchets à la mer, voir les possibilités de gestion offertes par la municipalité, l'agence d'eau ou toute autre institution privée

(ii) Pour le système d'assainissement en place, considérez les rôles respectifs des institutions qui s'occupent de leur gestion sans oublier le secteur privé

(iii) Faites des propositions pour qu'une institution puisse prendre en charge la réalisation des différents services

(b) Revoyez les ressources humaines disponibles et proposez des solutions permettant de fournir des ressources humaines adéquates pour la gestion et l'exécution du plan. Tous les besoins de formation (dans l'immédiat et dans le futur) devraient être inclus

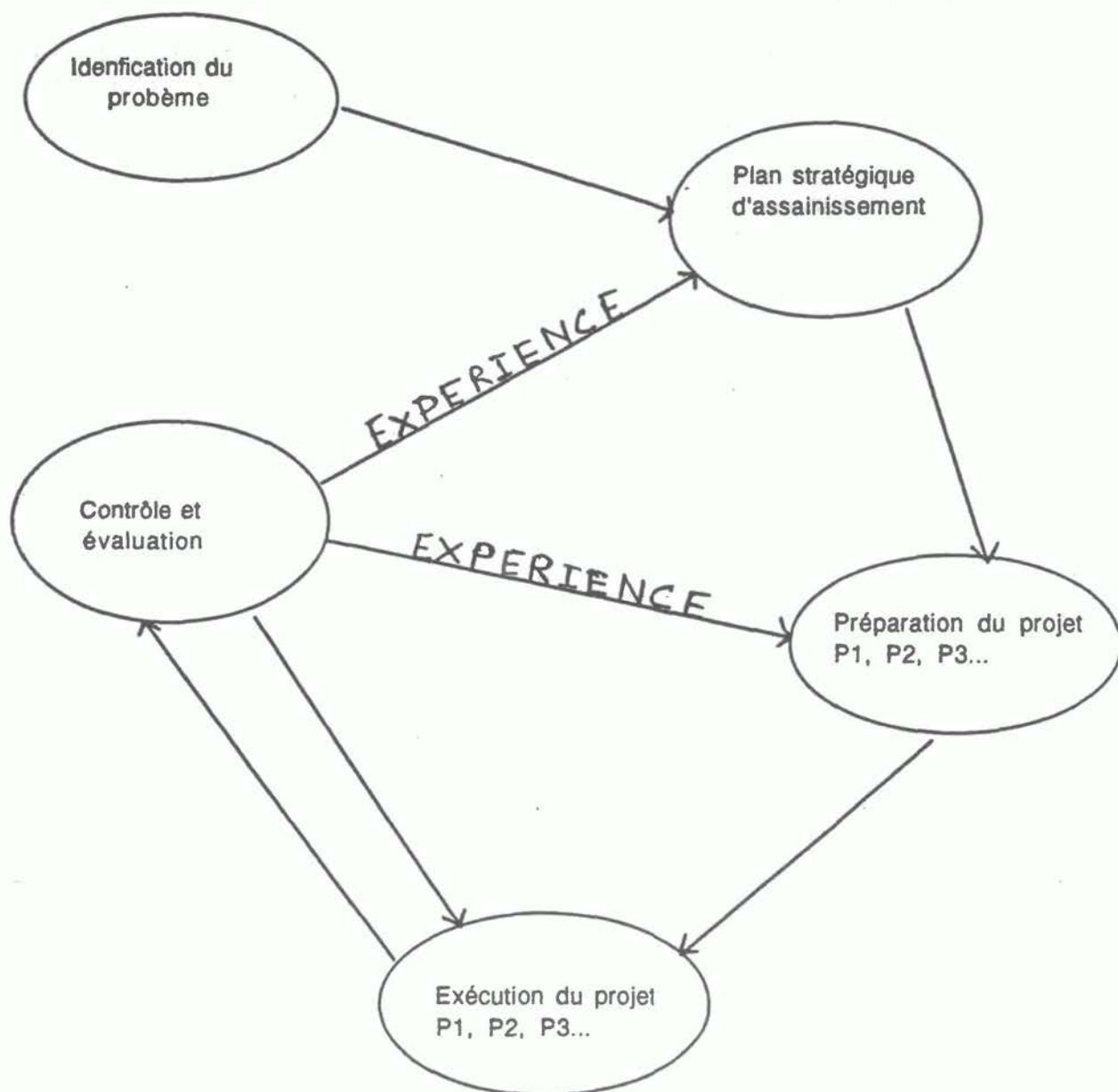
(c) Préparez un chapitre du SSP sur la stratégie du support institutionnel tenant compte des arrangements institutionnels révisés. Ce chapitre aidera à la réalisation des services d'assainissement proposés dans la ville en prenant en considération les rôles actuels joués par les différentes agences impliquées dans la réalisation des services sanitaires, les questions et les politiques légales ainsi que les besoins de gestion

8. Stratégie d'exécution

(a) Préparez le chapitre du plan stratégique sur la réalisation des services d'assainissement en incorporant toutes les questions techniques, financières et institutionnelles. La stratégie d'exécution et le plan d'investissement permettant la préparation d'un certain nombre de projets qui permettront à leur tour l'aménagement des services pour la ville. Les solutions seront applicables aux conditions du moment. Cependant les délais d'exécution peuvent aller de 5 à 10 ans à cause des contraintes rencontrées pendant l'exécution du plan. Un suivi du processus de planification sera identifié à chaque niveau du service.

(b) A l'aide de l'information rassemblée pendant la préparation du plan, identifiez un projet initial ou de démonstration et préparez un document de projet qui sera la première étape de l'exécution du plan sanitaire. Ce projet permettra d'améliorer et de modifier différents aspects du plan tel qu'il est conçu.

PROCESSUS DE LA PLANIFICATION DE LA STRATEGIE SANITAIRE



Les principaux éléments du plan stratégique sont :

- analyse de la situation
- stratégie de la technologie
- stratégie financière
- stratégie institutionnelle
- stratégie d'exécution

Le processus de planification qui démontre l'exécution du plan et fournit une opportunité d'amélioration des aspects du plan tels le dessin, les estimations du coût et la stratégie d'exécution.

Annexe 6

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

RAPPORT NATIONAL DU BENIN

Surveillance de la qualité des eaux au Bénin

1. Population : environ cinq millions d'habitants.
2. Hydrographie:
 - affluents du fleuve Niger : Sota Alibori dans le nord-ouest.
 - le cours d'eau "Okpara" dans le nord-est.
 - le fleuve Zou au centre du pays.
 - le fleuve Ouémé dans l'est du pays.
 - le fleuve Couffo dans l'ouest du pays.

Il existe d'autres cours d'eau ou plans d'eau comme le Lac Nokoué, le lac Ahémé, le Mono.

3. Alimentation en eau potable.

- Le Bénin est alimenté en eau potable à partir des :
 - eaux souterraines (90 à 95 %).
 - eaux de surface (5 à 10%).

- (a) Structure de production d'eau potable.

- La Direction de l'Hydraulique (forages, puits à grands diamètres, mini-réseaux).
- La Direction du Génie Rural (puits et barrages en terre).
- La Société Béninoise d'électricité et d'eau: (réseau de distribution d'eau dans les villes).

(b) Contrôle de la qualité de l'eau.

- le Laboratoire de la Direction de l'Hydraulique.
- le Laboratoire de la Société Béninoise d'Electricité et d'Eau.
- le Laboratoire de la Santé assure le contrôle de la qualité de l'eau.

Par les textes, les laboratoires de la Direction de l'Hydraulique et de la SBEE assurent la qualité de l'eau qu'elles produisent (contrôle et suivi de la qualité de l'eau).

Le Ministère de la Santé assure le contre-contrôle de la qualité de l'eau.

En général, le contrôle de la qualité des eaux de surface ne se fait pas.

(c) Types d'analyses effectuées.

- analyses bactériologiques, et physico-chimiques (coliformes fécaux, coliformes totaux nitrates, nitrites, etc.

(d) Relation entre structures et entre laboratoires.

- A la fin de chaque année le Ministère de la Santé élabore un rapport sur la situation en approvisionnement en eau potable et assainissement à partir des données fournies par toutes les structures intervenant dans le secteur.
- Programme WASAMS (Water and Sanitation Monitoring System) système de surveillance en eau et assainissement).

Ce programme permet de constituer une banque de données à partir des résultats des laboratoires et des données de production : taux de couverture, qualité de l'eau potable et des eaux usées, inventaire des ouvrages, etc. Le Ministère de la Santé est le chef de file.

4. Problèmes de pollution au Bénin.

- (a) Pollution industrielle - Il existe au Bénin quelques unités industrielles: abattoirs, huileries, cimenteries, brasseries, usines de textiles, savonneries, etc. Aucune de ces unités industrielles ne traite les eaux usées avant leur rejet en mer ou dans un cours d'eau.

- (b) Pollution par les déchets liquides (excréta). Les puits à grand diamètre surtout dans les villes côtières connaissent une pollution fécale très prononcée à cause des types d'ouvrages d'assainissement utilisés (autonomes, individuels) et de la profondeur de la nappe affleurante.

A Porto-Novo, la capitale, les produits de vidange des fosses septiques et puisards sont rejetés dans le lagune sans traitement.

5. Participation du Bénin au programme GEMS/Eau.

La situation dans le pays est telle qu'il y a des risques en matière de santé (risques sanitaires). Les cours d'eau, les puits, les forages, qui constituent les sources d'eau, doivent être contrôlés sur le plan de la qualité de leurs eaux. Ceci permettra de prévenir des risques sanitaires. Il est important dans ces conditions, qu'il soit établi dans le pays, un réseau de contrôle de qualité des eaux (surveillance de la qualité des eaux et/ou ressources en eau).

La participation du Bénin au programme GEMS/Eau, permettra d'assurer cette surveillance de la qualité des eaux.

Par Adrien AFFOGBOLO

CWS, OMS, Bénin

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

RAPPORT NATIONAL DU BURKINA FASO

Rapport National - Burkina Faso

Le Burkina Faso a une superficie d'environ 274,000 km². De part sa position sahélienne, le pays connaît des problèmes dans le secteur eau. Depuis la dernière sécheresse des années 1970, l'aggravation de la situation s'est traduite par une évolution significative du secteur eau.

Le Burkina possède des cours d'eau moyens dont les principaux sont :

- La Comoé, 225 km
- Le Mouhoun (ex Volta Noire), 750 km
- Le Nazinon (ex Volta Rouge), 300 km
- Le Nakanbé (ex Volta Blanche) 500 km

La pluviométrie varie d'une saison à une autre, mais la moyenne oscille entre 300 mm au Sahel et 1,000 mm au sud.

L'alimentation en eau se fait à partir des deux principales sources :

- Les eaux de surface (villes de Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Koupela et Powytenga).
- Les eaux souterraines pour tous les autres centres de l'ONEA et les populations rurales.

Contrôle de la qualité de l'eau

Le contrôle de la qualité de l'eau se fait par plusieurs laboratoires qui sont entre autres:

- Le Laboratoire de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) pour les eaux brutes utilisées et l'eau potable qu'il distribue suivant un programme de contrôle établi chaque année.
- Le laboratoire de l'Office National des Puits et des Forages (ONPF) pour l'eau des forages et puits exécutés par l'office et les autres demandeurs éventuels.
- Le laboratoire de la Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DIRH) pour les 40 stations hydrologiques et piézométriques disséminées dans tout le pays.
- Le Laboratoire du Ministère de la Santé pour le contrôle bactériologique et physico-chimique des eaux de puits forages et l'eau distribuée par l'ONEA.
- Les laboratoires de EIER, de l'OCCGE, de l'Université, de BUMICEB,, de BUNASOL, de l'INERA pour les travaux spécifiques et pour les demandeurs éventuels.

Aperçu de la qualité des eaux au Burkina Faso

La qualité naturelle chimique des eaux souterraines au Burkina Faso est en général bonne. Exceptionnellement des teneurs inadmissibles en arsenic, fer, nitrate et chlorures ont été signalées.

La source de l'arsenic semble être le minéral arséno-pyrite trouvé parfois dans les roches volcano-sédimentaires du Birrimien. Souvent l'arséno-pyrite est associée à la présence d'or. Ainsi les sites aurifères sont les lieux où l'on rencontre des teneurs élevées d'arsenic dans les forages.

Le fer influe sur le goût et la couleur de l'eau. La teneur en fer est surtout déterminée par:

- La géologie : la présence de pyrite dans les schistes peut donner des teneurs élevées en fer dans l'eau souterraine.
- La présence de cuirasses : l'eau circulant dans les cuirasses peut avoir une teneur en fer élevée.

La qualité des eaux peut être influencée par des polluants rendant l'eau non-utilisable. Quelques pollutions industrielles ponctuelles mises à part, la pollution des eaux souterraines est surtout causée par :

- Les ordures domestiques.
- La concentration du bétail autour des points d'eau.
- Les mauvaises conditions hygiéniques et le drainage insuffisant du périmètre autour du point d'eau. Cette pollution se manifeste surtout par des teneurs élevées de nitrates et de chlorures.

GEMS/EAU Burkina

L'adhésion du Burkina Faso au programme GEMS/EAU permettra d'initier les activités suivantes.

- Elaboration d'un schéma directeur indicatif.
- Mise en place d'une banque de données nationales des ressources en eau pour centraliser et exploiter au maximum l'information déjà disponible.
- Exécution des études analytiques concernant différents aspects mal connus dans le domaine des ressources en eau.
- Mise en place d'une structure nationale de l'eau chargée d'appliquer, sensibiliser et éduquer les différents utilisateurs, sur la législation du Code de l'eau.

**par KOANDA Mahamady,
Responsable du Laboratoire central de l'ONEA
et SAWADOGO Hamidou
Responsable Qualité des Eaux,
Direction des Inventaires et des Ressources Hydrauliques**

Annexe 8(a)

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

**RAPPORT NATIONAL DE LA COTE D'IVOIRE
(Direction de l'Eau)**

INTRODUCTION

Depuis la tenue en 1992 à Rio de Janeiro, de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, les pays comme la Côte d'Ivoire, se sont vu confronté au défi de la préservation de la qualité de leurs ressources en eau.

En effet, la Côte d'Ivoire dispose de ressources en eau considérables, mais leur gestion est assurée de façon imparfaite parce que l'aspect de la qualité de l'eau est rarement abordée.

Aujourd'hui, après plus de 20 ans de pratiques hydrologiques assidues, la Côte d'Ivoire peut se flatter de disposer d'une organisation acceptable à travers la Direction de l'Eau, et de compétences nationales réparties dans diverses institutions nationales.

La poursuite des efforts de développement qui amélioreraient l'existence des populations, commande aux pays en développement de promouvoir le rôle des ressources naturelles.

Les ressources en eau sont pour la Côte d'Ivoire un atout formidable qui permettrait:

- de sécuriser l'approvisionnement des populations;
- d'intensifier l'agriculture;
- de produire de l'électricité;
- de promouvoir l'industrie;
- de préserver l'environnement.

Seulement, il apparaît clairement que la qualité de l'eau demeure le facteur limitant, sans l'appréhension duquel tous les objectifs précités ne sauraient être convenablement entrepris.

Il est aujourd'hui, impératif dans les objectifs de l'administration ivoirienne responsable des ressources en eau, de développer un réseau de mesure de la qualité de l'eau afin de parfaire la planification des ressources en eau qui est en chantier.

1: PRESENTATION DE LA CÔTE D'IVOIRE

1.1: Généralités

D'une superficie de 322 462 km², la Côte d'Ivoire s'ouvre au Sud sur le Golfe de Guinée par une façade atlantique d'environ 500 km de long et partage avec ses voisins (le Mali, le Burkina Faso, la Guinée, le Libéria et le Ghana) les bassins du Cavally, de la Comoé, du Niger, de la Volta et de la Bia (annexe 1).

A l'image de toute la zone ouest africaine, le relief est peu contrasté. Seules les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest présentent des altitudes supérieures à 1000 mètres avec comme point culminant le Mont Nimba (1752 m). Ce relief peu marqué dans l'ensemble aura probablement une faible incidence sur l'érosion des sols.

Le socle datant du Précambrien est formé essentiellement de roches grenues qui affleurent sur environ 75% de la superficie du pays.

Les formations sédimentaires du Secondaire et du Tertiaire constituent un bassin sédimentaire côtier d'environ 9 700 km² (annexe 2). Celui-ci est exploité en partie pour l'alimentation en eau de la ville d'Abidjan et de ses environs.

Les sols issus de l'altération physico-chimique des roches mères sur lesquelles ils reposent ont des épaisseurs très variables: 10 à 30 mètres sur terrains granitiques et souvent plus de 60 mètres sur schistes.

Trois grands types de paysage (annexe 3) se partagent le territoire: la *forêt tropicale* qui occupe le Sud du pays, la *forêt claire* qui couvre la partie centrale et qui forme un V au-dessus de Dimbokro et la *savane arborée et/ou herbeuse* qui s'étale sur le Nord.

Les caractères climatiques de la Côte d'Ivoire sont définis par le jeu de deux masses d'air. La première appelé "mousson" est humide car d'origine océanique, et de secteur SW. La seconde, l'harmattan" est sèche, d'origine continentale et de secteur NE.

En fonction de la permanence d'un flux unique ou de l'alternance saisonnière de ces deux flux aux caractères différents on distingue quatre zones climatiques particulières.

Principales zones climatiques de la Côte d'Ivoire

	Nord-Est	Centre	Sud	Ouest
Saison pluvieuse	juin - septembre (maximum en août)	avril-octobre (2 max. juin et septembre mais pas bien isolés)	avril à juillet (grande saison) septembre-novembre	avril à octobre (mieux arrosé à latitude égale)
Saison sèche	octobre-mai	novembre à mars	décembre à mars Août (petite saison)	novembre à mars

Le passage d'un régime bimodal à un régime pluviométrique unimodal se fait dans le sens Sud-Est Nord-Ouest tandis que le gradient pluviométrique décroît dans le sens Sud-Ouest Nord-Est (annexe 4).

En année moyenne, les précipitations varient entre 2400 mm dans l'extrême Sud-Ouest et 950 mm dans le Nord-Est.

Les températures moyennes mensuelles sont très peu variables d'un mois à un autre et d'une région à une autre. La moyenne à l'échelle du pays est de 25,9°C avec un écart-type de 1,5°C (Servat *et al*, 1993). Il faut cependant noter qu'à l'instar de toute la zone ouest africaine, les

amplitudes journalières sont très fortes. Elles peuvent atteindre et même dépasser 20°C pendant la période d'Harmattan où la température peut aller jusqu'à 39°C.

1.2: L'hydrologie

Le réseau hydrographique de la Côte d'Ivoire comprend 4 principaux bassins fluviaux:

- Le Cavally (30 000 km²) qui prend sa source au en Guinée et constitue la frontière avec le Libéria;
- Le Sassandra qui prend sa source en Guinée dans le Fouta-Djalon (75 000 km²);
- Le Bandama qui est le seul grand cours d'eau entièrement ivoirien (97 000 km²);
- Le Comoé (78 000 km²) qui prend sa source au Burkina Faso.

A ceux-ci, il faut ajouter une multitude de petits cours d'eau côtiers (dont les principaux sont l'Agnéby, la Bia, le Boubo, la Mé, le Niouniourou, le San-Pédro), des tributaires du Niger et des petits affluents de la Volta Noire.

Le suivi hydrométrique des cours d'eau est assuré par la Direction de l'Eau au sein du ministère de l'Équipement des Transports et des Télécommunications à travers un réseau de 156 stations dont 50 sont équipées de limnigraphes et 22 dotées par les projets HYDRONIGER et O.M.S./OCP d'équipements d'acquisition automatique de données avec télétransmission.

Les régimes hydrologiques (annexe 5)

Quatre régimes hydrologiques peuvent être distingués en Côte d'Ivoire.

- le régime tropical de transition: au Nord de l'axe Touba-Ferkessédougou, il se caractérise par une période des hautes eaux de mai à septembre suivie d'un tarissement progressif en novembre-décembre. Les basses eaux s'étalent jusqu'en avril-mai et peuvent aller jusqu'en juin. Au cours de cette période les débits atteignent des valeurs très faibles voire nulles;
- le régime équatorial de transition: au sud de l'axe Abengourou-Toumodi-Soubéré, il comporte deux périodes de hautes eaux dont la première en juin-juillet et la seconde en septembre-octobre. La période des basses eaux la plus prononcée a lieu de janvier à mars;
- le régime équatorial de transition atténué: intermédiaire entre les deux précédents, il couvre la zone centrale du pays. Les moyennes et hautes eaux ont lieu de mai à novembre;
- le régime de montagne. Il s'observe dans la région montagneuse de l'Ouest. La période des hautes eaux se situe d'avril à octobre avec les maxima en août-septembre. Les étiages ont lieu en janvier-février et peuvent se poursuivre jusqu'en mars-avril;

La plupart des grands cours d'eau (Bandama, Sassandra, Cavally, Comoé) ont un régime mixte.

L'évolution des débits

Plus on avance vers le Nord plus la période des basses eaux se prolonge. Elle passe de trois à six mois pendant lesquels la majeure partie des cours d'eau du Nord sont à sec durant une période pouvant atteindre quatre à cinq mois.

Les débits spécifiques interannuels dont le gradient décroît du SO au NE varient de 0,3 à 35 l.s⁻¹.km⁻². Les débits spécifiques mensuels maximum sont compris entre 2 et 55 l.s⁻¹.km⁻².

1.3: La qualité des eaux de la Côte d'Ivoire

Les eaux ivoiriennes sont dans leur ensemble faiblement minéralisées (68,7 mg.l⁻¹) (Molinier, 1976; Lenoir, 1972). Elles sont à prédominance bicarbonatées sodiques. Néanmoins, des cours d'eau comme la Comoé, le Niger, et la Marahoué présente un faciès bicarbonaté calcique.

Les eaux des cours d'eau côtiers (Brimay, San Pédro et Néro) sont plus riches en chlorures que celles du Bandama, de la Bagoé, de la Comoé ou du Sassandra.

Le flux de matières détritiques transportées par les bassins côtiers est en moyenne de 30 t.km⁻².an⁻¹ (Molinier, 1976) et de 11 t.km⁻².an⁻¹ sur le Bandama (Monnet, 1972).

En matière de surveillance et de suivi de la qualité de l'eau en Côte d'Ivoire, il n'existe pas de réseau d'observation de la qualité des eaux continentales. Par contre, un réseau d'observation des eaux marines et lagunaires existe et est exploité par le Centre Ivoirien Anti-Pollution (CIAPOL) au sein du ministère de l'Environnement et du Tourisme. En plus de ces activités du CIAPOL, il faut signaler celles de l'O.M.S. qui assure le suivi hydrobiologique des cours d'eau traités dans le cadre de la lutte contre l'Onchocercose. La Direction de l'Eau quant à elle assure le suivi de la qualité des eaux utilisées pour l'approvisionnement des populations.

Par ailleurs, de récentes analyses effectuées sur des eaux de surface et des eaux souterraines font apparaître des traces de pollution.

Qualité de l'eau prélevée dans des réservoirs de la SODECI (Direction de l'Eau, Côte d'Ivoire)

Cours d'eau/ Point de prélèvement	Cations (mg/l)										Anions (mg/l)						(mg/l)				Cond. µS/cm	Nht		
	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Al ³⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	F ⁻	PO ₄ Tot	N org.	N tot.	O ₂			SiO ₂	pH
Agnéby/Aghoville	11.2	10.2	0.12	11.4	3.60	1.86	0.01	0.01	0.02		38.4	23.0	0.70	18.2	0.78	0.02	0.87	7.70	7.80		10.5	6.60	272	1
Affluent Agnéby / Rubino	7.60	7.65	0.21	10.1	3.25	0.74	0.10	<0.01	<0.02		44.9	9.75	0.00	7.80	0.08	0.03	0.48	14.8	15.0	3.80	13.4	7.10	126	2
Bandama / Yamoussoukro	4.80	1.80	0.56	8.00	1.90	0.39	0.00	0.16	<0.05	0.64	42.7	3.60	2.00	0.00	0.08	0.01	0.10	4.00	4.50	4.00	9.6	7.10	68.0	1
Bandama/Toumodi	5.94	3.46	0.00	9.60	3.89	0.17*	0.09	0.16	0.34	0.33	42.7	3.60	3.00	0.00	0.10	0.01	0.32	2.80	2.80	1.40	10.1	6.70	84.2	1
Fadouloukou / Kéhogé	6.90	4.80	4.03	6.10	3.10	1.84*	0.54*	0.03	0.01	0.20	39.7	5.30	0.00	6.20	0.01	0.02	0.36	3.90	7.00	0.00	10.8	6.50	69.0	1
Lokpoho / Ferkessedougou	2.90	1.30	0.41	3.00	4.00	2.76*	0.17*	0.00	<0.01	0.30	21.4	3.60	0.00	7.90	0.16	0.08	0.34	4.60	4.90	3.60	10.3	7.20	38.0	1
N'zi / Dimbokro	6.30	1.00	0.00	6.10	1.00	1.85*	0.03*	<0.02	0.00	0.39	36.6	5.30	4.00	15.0	0.50	0.02	0.60	5.60	5.60	6.00	14.0	7.30	56.0	1
Baoulé / Odienné	5.60	1.50	0.00	4.80	2.00	0.30	0.10	<0.02	0.03	0.63	36.6	1.80	0.00	2.20	0.03	0.01	0.54	0.00	0.00		8.46	7.00	64.0	1
Bia / Aboisso	21.0	6.00	0.02	4.30	2.80	2.20	<0.05	<0.02	<0.02		33.6	35.1	2.10	0.30	0.73		1.80	10.6	10.6	6.40	18.7	7.00	87.0	1
Affluent Comoé / Ouangolodougou	2.10	3.40	0.44	11.2	5.20	0.12	0.34	1.32	<0.01	0.05	21.4	10.6	0.00	17.5	0.00	0.03	0.22	4.80	5.20	5.20	4.26	6.25	110	1

*=Dissous + particulaire

Qualité des eaux de certains forages du bassin sédimentaire côtier (Direction de l'Eau, Côte d'Ivoire)

Site	Cations (mg/l)										Anions (mg/l)						(mg/l)				Cond. µS/cm	Eft.			
	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Al ³⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	F ⁻	PO ₄ Tot	N org.	N tot.	O ₂			SiO ₂	pH	
Abidjan-Plataux	74.0	3.65		8.80	9.00	0.12	0.03	<0.02	0.01	<0.5	0.00	139	19.4	14.9	0.00	0.01					4.20	11.8	4.10	413	2
Abidjan-II Plataux	2.60	0.40	0.00	2.88	0.53	<0.03	<0.02	<0.01	<0.01	<1	2.56	5.20	1.83	1.97	0.00	0.01	0.09	4.20	4.20	4.00	15.5	4.60	42.0	3	
Abidjan-Rivière centre	3.30	0.47	0.00	1.12	0.18	0.07	0.01	<0.02	<0.03	<1	3.08	5.16	0.03	2.05	0.00	0.02	0.00				3.90	13.8	4.30	61.0	2
Abidjan-Rivière nord	2.59	0.26	0.05	14.5	0.56	0.05	0.05	0.00	<0.05		54.9	6.05	0.80	1.45	0.12	0.06	0.30				10.2	6.10	117	2	
Adjamé	9.23	1.04	0.03	2.77	0.77	0.05	0.04	<0.02	<0.02	<0.38	3.07	10.6	2.83	2.10	0.01	0.01	0.00	0.04	0.08	3.90	14.4	4.40	30.0	3	
Abobo	3.40	0.39	0.00	1.93	0.12	0.04	<0.02	<0.12	0.08	<1	4.08	5.53	1.67	2.18	0.01	0.00	0.13	0.65	0.65	3.85	23.0	4.50	42.0	3	
Anokous-Koulé	2.29	0.15	0.06	1.35	0.55	0.03	<0.04	<0.02	<0.07	0.04	1.53	4.45	0.90	1.75	0.01	0.01	0.00	0.00	0.10	6.20	19.4	4.40	30.0	2	
Yopougon-Andokoi	3.61	0.13	0.00	1.98	0.00	0.00	<0.01	<0.02	<0.03	0.11	0.00	4.79	2.70	1.50	0.00	0.02	0.10	0.00	0.00	4.75	5.90	4.20	76.0	2	
Yopougon-Nianpon	2.21	0.10	0.00	2.87	0.08	0.07	0.02	<0.01	<0.05	<0.54	3.05	4.40	0.40	2.17	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	4.63	12.0	4.30	93.0	3	

2: ENJEU RELATIF A L'EAU

Dans le domaine de l'eau, enjeu primordial dans tout processus de développement, la Côte d'Ivoire a jusqu'à présent mené une politique sectorielle que ce soit pour l'hydraulique humaine, l'agriculture et l'énergie. Cela a eu pour conséquence la naissance de conflits d'intérêt de même que des atteintes à la disponibilité de la ressource. A cela, s'est ajouté les atteintes à la qualité de l'eau du fait de la dégradation de l'environnement.

L'agriculture a fait de la Côte d'Ivoire, l'un des pays les plus avancés d'Afrique de l'Ouest, parce qu'elle y a consacré l'essentiel de ses ressources humaines et financières.

Pour plus de 6 500 000 d'hectares cultivés, seuls 67 000 hectares sont irrigués et ceci de façon plus ou moins satisfaisante. L'agriculture est de loin le plus grand utilisateur de l'eau avec une consommation de plus de 60% des besoins. En Côte d'Ivoire les besoins en eau pour l'agriculture sont estimés à 700 millions de mètres cubes par an pour 1% des terres exploitées.

La maîtrise de l'eau dans le domaine agricole permettra de multiplier par quatre (4) la productivité et de ce fait de réduire les surfaces cultivées et préserver ainsi les massifs forestiers. On comprend dès lors, l'enjeu que représente l'eau dans le développement de la Côte d'Ivoire.

En plus de l'usage agricole de l'eau, l'approvisionnement en eau des populations et des industries constitue un autre enjeu. A l'heure actuelle, 85% de la population est desservie à partir de 13 500 points d'eau et de 412 centres munis d'un système d'adduction en eau potable. La consommation totale d'eau à usage domestique et en partie industrielle (industries branchées au réseau SODECI) s'élève à 130 millions de mètres cubes par an.

Pour faire face aux besoins croissants des populations d'une part et d'autre part pour prévenir ou atténuer les conséquences des rejets abusifs dans les écosystèmes aquatiques et les effets de l'usage des produits chimiques dans les domaines agricole et sanitaire, il s'avère nécessaire de disposer d'un système de surveillance et de suivi de l'aspect qualitatif des ressources en eau.

La mise en place de ce système est d'autant plus justifiée que nous assistons à la dégradation de notre environnement et à de sérieuses atteintes à la qualité de l'eau qui en réduisent les volumes mobilisables.

3: CONTEXTE DE LA CÔTE D'IVOIRE

En Côte d'Ivoire, l'Etat en regroupant la gestion de l'eau au sein du Ministère de l'Equipement, des Transports et des Télécommunications, a donné parallèlement à plusieurs autres Ministères, Services et Compagnies des attributions directes ou indirectes dans la planification, l'administration, la tutelle et l'exploitation des activités relatives à l'aménagement, l'utilisation, la conservation des ressources en eau. Tout cela sans coordination.

3.1: Le Centre Ivoirien Anti-Pollution

Cet établissement sous tutelle du Ministère de l'Environnement et du Tourisme est chargé:

- de l'analyse systématique des eaux naturelles, des déchets et résidus selon le Réseau National d'Observation de Côte d'Ivoire (RNO-CI);
- de l'évaluation des pollutions et nuisances des différents milieux récepteurs;
- de la collecte et la diffusion des données environnementales;
- de la surveillance continue du milieu marin et lagunaire par des patrouilles régulières;
- de la lutte contre les pollution accidentelles en mer et en lagune;
- du contrôle de l'application des lois, décrets et conventions nationales, régionales et internationales édictées ou ratifiées par la République de Côte d'Ivoire, relatives aux règles de prévention et de lutte contre les pollutions du milieu marin et lagunaire par les entreprises, les navires, les engins de mer et de lagune;
- de la mise en oeuvre du plan d'urgence contre les pollutions accidentelles en mer, lagune ou dans la zone côtière "plan POLLUMAR".

Les activités de cet organisme sont portées essentiellement sur les milieux marins et lagunaires comme l'indique d'ailleurs l'énumération de ces activités ci-dessus.

Ce centre a été doté d'équipements importants grâce à la coopération danoise.

3.2: Organisation de la Direction de l'Eau

La Direction de l'Eau, au sein du ministère de l'Équipement, des Transports et des Télécommunications, est chargé du programme d'hydraulique humaine, de l'inventaire des ressources en eau, de la conservation, de la réglementation et de la police des eaux.

A travers sa Sous-Direction de l'Hydrologie, elle assure l'exploitation du réseau national d'observations et de mesures hydrométriques en vue de collecter, traiter et publier les données hydrologiques de base, et réaliser la gestion intégrée des ressources en eau.

Les activités de la Direction de l'Eau couvrent toute l'étendue du territoire national. En effet, les secteurs hydrologiques (implantations permanentes) au nombre de quatre, situés à Abidjan, Bouaké, Man et Korhogo couvrent respectivement les régions Sud, Est, Ouest et Nord. Chaque secteur encadre des brigades (équipes opérationnelles de terrain) dont l'activité couvre des zones bien définies.

Le manque d'expertise mais aussi d'équipements d'analyses au sein de la Direction de l'Eau en matière de qualité de l'eau constitue jusqu'à présent un frein au développement des activités de surveillance et de suivi de la qualité des eaux continentales.

Aussi, pour assurer le suivi de la qualité des eaux destinées à l'usage des populations, la Direction de l'Eau fait appel à des laboratoires nationaux (le Laboratoire National d'Essai de qualité, de

La mise en place de ce réseau et son exploitation permettront également d'assurer une meilleure conservation de nos ressources et de préserver nos écosystèmes en assurant une police des eaux efficace basée sur des données fiables.

5.1: Les objectifs du réseau de qualité

La mise en place et la gestion d'un réseau de qualité des eaux impliquent dès le départ une bonne définition des objectifs visés à travers la création de celui-ci. Ces objectifs pourraient être:

- l'évaluation de la qualité des eaux pour les principaux usages (boisson, irrigation, bétail, industrie, pêche, ...);
- la détermination de la qualité naturelle des eaux et de leur composition afin d'avoir un niveau "zéro" de qualité par rapport auquel se feront les comparaisons des données acquises ultérieurement;
- la surveillance de la qualité des eaux par la collecte d'informations nécessaires à l'évaluation des effets des polluants et des actions anthropiques sur les hydrosystèmes afin de pouvoir établir un système d'alarme à court terme;
- le suivi à long terme de la qualité qui devra permettre de détecter les tendances de l'évolution et de déterminer les flux de matières drainées par les cours d'eau vers nos lagunes et vers l'océan.

La réalisation des objectifs ci-dessus définis, nécessite la mise en place de plusieurs types de stations:

- **les stations de base** qui serviraient à l'évaluation de la qualité générale des eaux;
- **les stations de surveillance** qui serviraient à l'évaluation de la qualité de l'eau destiné à des usages spécifiques;
- **les stations d'impact**: elles permettraient de suivre les conséquences des activités humaines sur les hydrosystèmes et d'évaluer l'incidence des décisions qui seront prises quand à la conservation et à l'amélioration de l'état des hydrosystèmes;
- **les stations de suivi** qui serviraient à l'évaluation de la qualité de l'eau à long terme.

Le réseau de qualité qui sera mis en place devra s'insérer au mieux dans le réseau hydrométrique, ce qui permettra de bénéficier des mesures de débit qui sont effectuées à ces stations et de la présence des observateurs d'échelles qui seront très utiles pour les prélèvements qui serviront à la détermination des flux de matières en suspension.

5.2: Stratégie de mise en place du réseau de qualité des eaux superficielles

La mise en place d'un réseau de qualité des eaux et sa gestion correcte nécessite la mise en oeuvre de certaines activités parmi lesquelles figure la phase préliminaire qui devra permettre d'acquérir entre autres, des informations générales sur l'état qualitatif des hydrosystèmes continentaux et ce, par la mesure de paramètres simples.

Métrie et d'Analyses "LANEMA" et à l'Institut d'Hygiène du Ministère de la Santé). En plus de ces deux laboratoires avec lesquels la Direction de l'Eau collabore, il existe d'autres laboratoires susceptibles d'apporter leur compétence dans le cadre de la mise en place d'un réseau de surveillance et de suivi de la qualité de l'eau. Il s'agit entre autre du laboratoire de la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR), du laboratoire de la Société de Développement Minier (SODEMI), du Centre de Recherches Océanologiques (CRO), du Laboratoire Central de l'Environnement (LCE) du CIAPOL.

4: CONTEXTE INTERNATIONAL

De nombreux pays s'inquiètent aujourd'hui non seulement du problème toujours croissant du manque d'eau mais aussi de la nécessité de sauvegarder les ressources naturelles et l'environnement.

Ainsi, selon le rapport 1993 de la F.A.O., les ressources en eau en Afrique sont passées de 20 600 m³ par habitant à 5 100 m³ aujourd'hui tandis que l'usage qui au début du siècle était de 5% est passé à 30%.

L'importance de l'eau pour le développement agricole, a amené la F.A.O. a lancé un Programme d'action sur l'eau et le développement agricole durable.

Cette activité qui à l'échelle de la planète, est de loin le plus grand utilisateur de l'eau (plus de 60% de la consommation totale) exerce de forte pressions sur les écosystèmes.

En effet, les écoulements des produits chimiques agricoles et les mauvaises pratiques d'utilisation des terres dans l'agriculture, la foresterie sont à l'origine d'une dégradation des ressources que sont les terres et l'eau.

Il est reconnu de nos jours qu'il n'y a pas de développement viable sans préservation de l'environnement et de la base des ressources.

La protection, l'amélioration ou le rétablissement de la qualité de l'eau et la lutte contre la pollution de l'eau constituent l'une des préoccupations de la Direction de l'Eau qui a en charge la gestion des eaux de surface et des eaux souterraines. Pour y parvenir il est nécessaire qu'entre autres activités, elle mette en chantier celle de surveillance et de suivi de la qualité des eaux.

La conférence internationale sur l'eau et l'environnement qui s'est tenue en 1992 à Dublin retenait comme premier principe directeur qu'"une bonne gestion des ressources en eau exige une approche holistique où le développement économique et social s'allie à la **protection des écosystèmes naturels**, en tenant compte des corrélations entre terre et eau sur toute l'étendue des bassins hydrographiques ou des nappes phréatiques".

5: FAISABILITE D'UN RESEAU DE SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX CONTINENTALES

La mise en place de ce réseau s'impose de plus en plus eu égard à l'apparition des traces de pollution dans les eaux tant superficielles que souterraines et à l'accroissement des besoins en eau.

La phase préliminaire: durée 2 à 3 ans maximum

Etape indispensable dans la mise en place du réseau de qualité, elle devra permettre:

- de faire un **état qualitatif initial** des hydrosystèmes et de détecter ainsi les "points noirs";
- d'établir les **relations entre le débit liquide et les matières en suspension** (véhicule de polluants et de matières nutritives) au cours des cycles hydrologiques;
- de mettre en place les **techniques d'échantillonnage et les protocoles analytiques**.

Au cours de cette période, étant donné le manque d'expertise au sein de la Direction de l'Eau en matière de qualité de l'eau, les analyses de laboratoire pourraient être exécutées en sous-traitance à des laboratoires nationaux ou étrangers qui possèdent le matériel et les compétences nécessaires.

Cette période pourrait être mise à profit par la Direction de l'Eau pour assurer la formation de son personnel et éventuellement pour l'acquisition de matériel et la mise au point des méthodes analytiques dans le but de décentraliser la surveillance de la qualité de l'eau.

Les paramètres à observer pendant cette phase devront être simples et permettre une description globale de la minéralisation et de la pollution des hydrosystèmes. Ce seront:

- la température, le pH, la conductivité, les chlorures, les nitrates, l'ammoniaque, l'oxygène dissous et les phosphates que l'on mesurerait sur l'eau;
- les hydrocarbures totaux et les métaux que l'on mesurerait sur l'eau et les sédiments;
- les matières en suspension.

L'interprétation des résultats acquis au cours de cette phase puis l'évaluation de la qualité des eaux qui s'en suivra permettront de définir le réseau de routine avec ses différentes composantes et de choisir les paramètres à observer.

5.3: La collecte des données de qualité des eaux en routine

Les activités de collecte des informations sur le réseau de qualité peuvent être soit centralisées soit décentralisées.

Une décentralisation de l'acquisition de certains paramètres, de l'échantillonnage, du prétraitement et de la conservation des échantillons pour certains paramètres semble mieux indiquée du fait que les lieux d'implantation des laboratoires sont excentrés par rapport aux zones de collecte des échantillons. Cette décentralisation qui pourrait se faire au sein des secteurs hydrologiques, permettra de réduire les distances à parcourir.

Les activités de qualité des eaux qui seraient menées au sein des secteurs hydrologiques dépendront de l'option de fonctionnement ci-dessus qui sera retenue.

Quelque soit l'option choisie, il serait judicieux de laisser au sein des secteurs les prélèvements, le prétraitement et la conservation des échantillons. Cela permettra d'assurer convenablement les

prélèvements des hautes eaux qui surviennent pratiquement à la même période sur l'ensemble des bassins.

Un service de la qualité des eaux devrait être mis en place. Celui-ci coordonnerait les activités de terrain et aurait en charge éventuellement le fonctionnement du laboratoire central.

5.4: Le stockage et le traitement des données, la diffusion des résultats

Que ce soit les données de la phase préliminaire ou du fonctionnement en routine, la Direction de l'Eau, autorité responsable de la gestion des ressources en eau en Côte d'Ivoire gagnerait à s'occuper elle-même du stockage et du traitement des données de qualité des eaux ainsi que de la diffusion des résultats.

Le service informatique déjà en place pourrait se charger du stockage des données tandis que le service de qualité des eaux qui serait mis en place aura parmi ses activités le traitement des données, l'évaluation régulière de la qualité des hydrosystèmes et la diffusion des résultats.

La Direction de l'Eau devra, à partir des résultats acquis sur le réseau faire des propositions de texte qui devront être discutées avec tous les partenaires socio-économiques afin que des décisions soient prises pour la conservation ou l'amélioration de l'état des hydrosystèmes continentaux.

5.5: Les différentes options pour l'exploitation en routine du réseau de qualité des eaux brutes

Option 1: Cette option consisterait pour la Direction de l'Eau à faire réaliser toutes les analyses par des laboratoires en sous-traitance et à n'assurer en son sein que les activités de prélèvement, de prétraitement et de conservation des échantillons. Elle se chargera également de certaines mesures de terrain à savoir: la température, le pH, l'oxygène dissous et la conductivité.

Option 2: La Direction de l'Eau se doterait d'un laboratoire pour faire les analyses physico-chimiques courantes et sous-traiterait à des laboratoires extérieurs les analyses plus complexes et moins fréquentes que sont la recherche des micropolluants organiques et des éléments en trace.

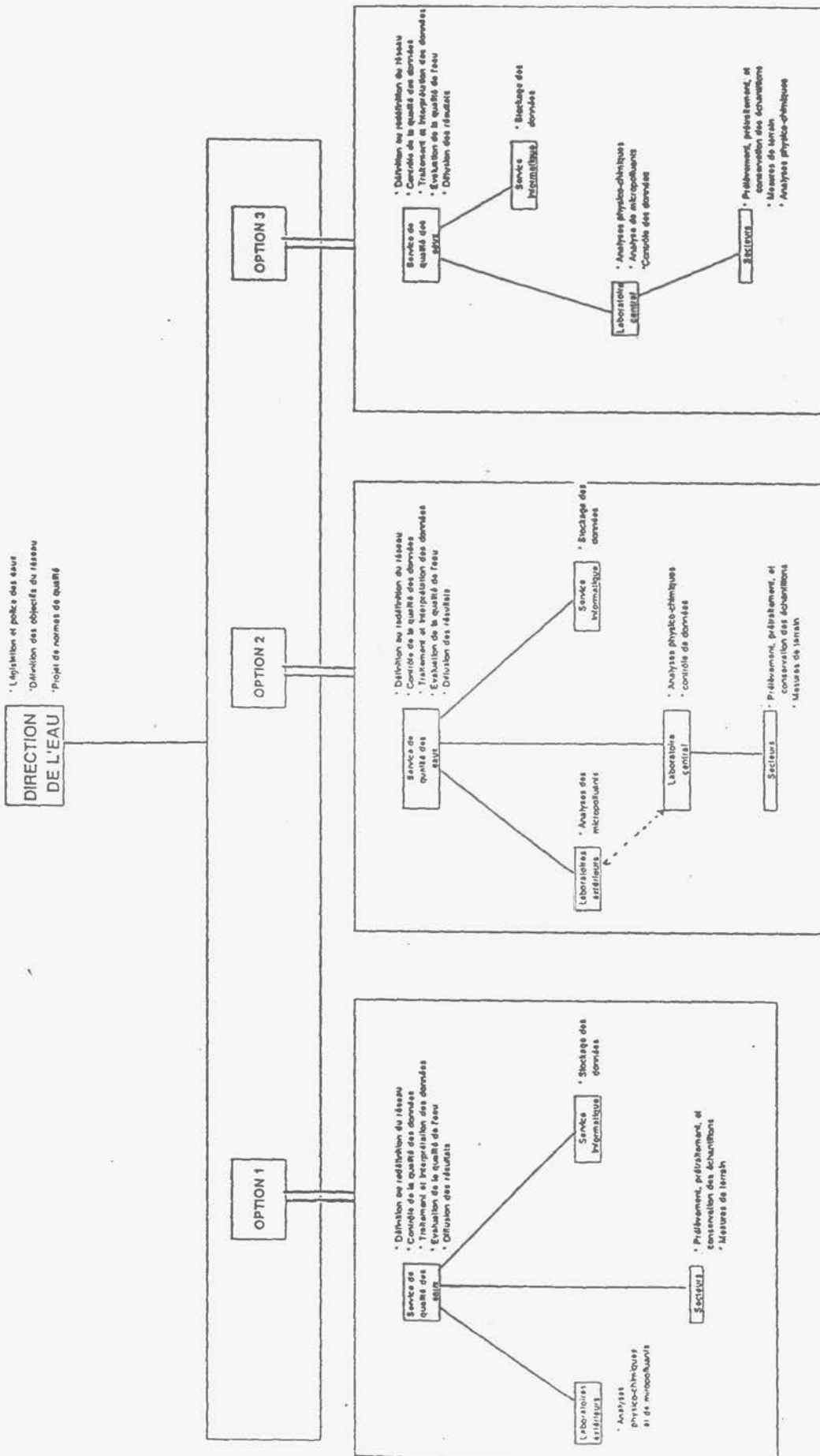
Option 3: La Direction de l'Eau installerait ses propres laboratoires. Les 4 secteurs seraient chargés de faire les analyses physico-chimiques tandis que le laboratoire central s'occuperait des analyses de micropolluants, d'analyses de contrôle sur des échantillons en provenance des secteurs, de la mise au point des protocoles d'échantillonnage et d'analyse.

Pour chacune de ces options il est présenté à la page suivante les relations entre chacun des partenaires et les activités liées à la mise en place du réseau de qualité.

5.6: Les évolutions possibles dans l'exploitation du réseau de qualité des eaux continentales

Plusieurs possibilités s'offrent pour l'exploitation du réseau en fonction des besoins réels et des moyens humains, matériels et financiers.

Différentes options de fonctionnement du service de qualité des eaux



1) *La mise en place des techniques d'acquisition des données*: elle pourrait se faire par le passage progressif de mesures manuelles vers des techniques plus sophistiquées. On pourrait commencer par l'observation des 5 éléments de base de la qualité de l'eau que sont la température, le pH, la conductivité, l'oxygène dissous et les quantités de matières en suspension. Puis au fur et à mesure des disponibilités financières et de la présence de personnel qualifié on irait vers les analyses de micropolluants dans les matières en suspension et les sédiments;

2) *Le nombre de stations du réseau initial*: le nombre de station du réseau initial pourra être restreint, mais alors son étendue géographique sera limitée aux bassins les plus sensibles à la pollution. Ensuite, au fur et à mesure que les besoins apparaîtraient et en fonction des moyens disponibles, d'autres stations seront implantées.

3) *La déclassification des stations*: elle se fera par la transformation de station de surveillance en station d'impact et vice versa ou par celle de station de base en station de surveillance. cette déclassification est à envisager pour tenir compte de l'évolution des activités sur les bassins.

4) *L'accroissement ou la réduction du nombre de paramètres*: elles permettront de renforcer ou d'alléger l'observation à certaines stations pour tenir compte des changements qui interviendront au cours de l'exploitation du réseau. Ceux-ci seront encore une fois liés aux activités sur les bassins.

5) *Les études particulières*: des thèmes particuliers pourraient faire l'objet d'observation sur le réseau. Leur étude devra permettre d'apporter une meilleure connaissance de l'évolution et du devenir de certains éléments dans le milieu naturel. L'usage de facteurs biologiques comme indicateurs de qualité pourrait être le thème d'une de ces études qui devra aboutir à la mise en place d'indices biologiques qui permettront de quantifier la qualité de l'eau.

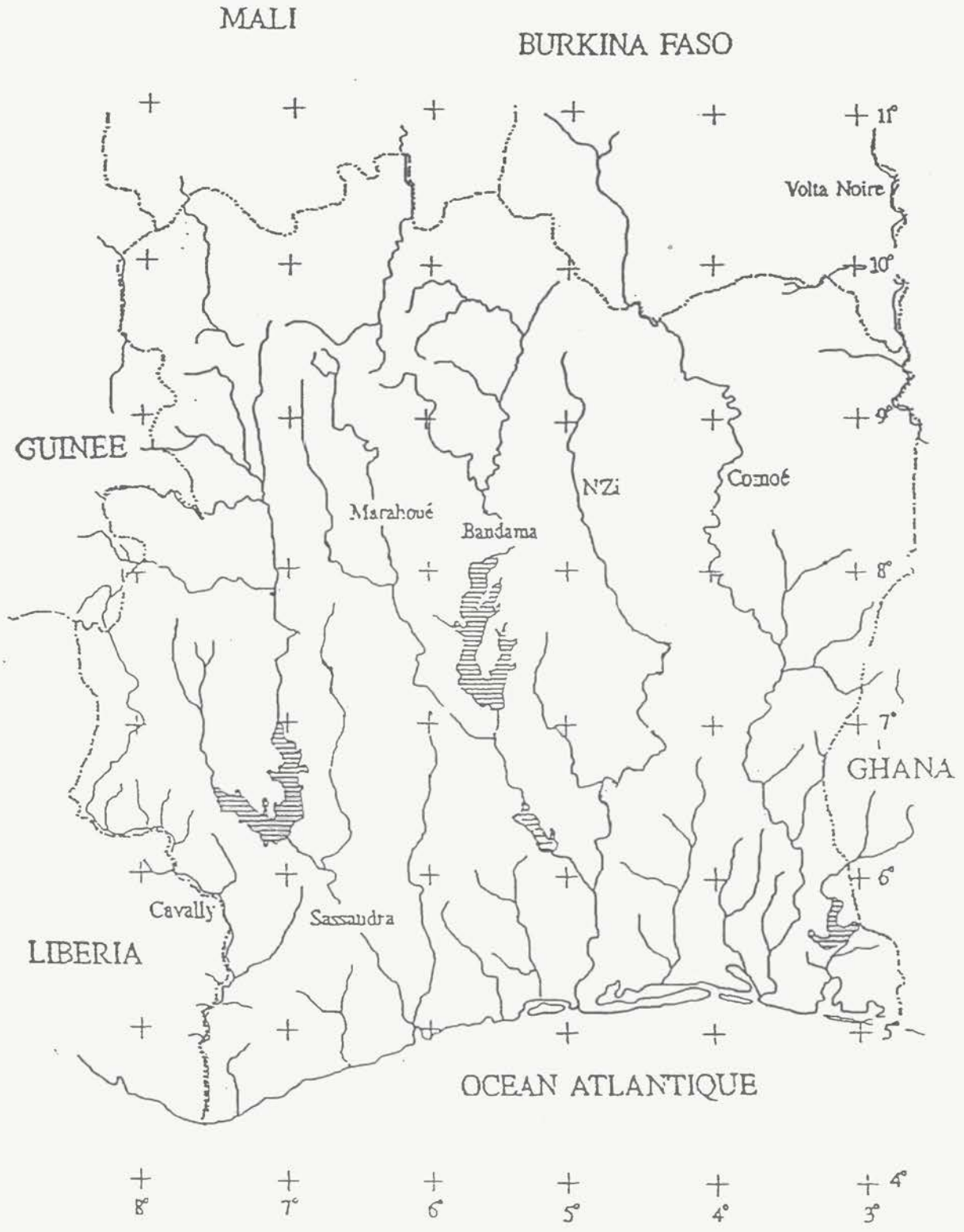
6: CONCLUSION

La mise en place d'un réseau de surveillance et de suivi de la qualité de l'eau s'est imposé à la Direction de l'Eau depuis les années 1980. Mais ce réseau n'a pas pu voir encore le jour par manque de moyens financiers. Cette contrainte financière constitue un facteur limitant dont la résolution au niveau de l'administration ivoirienne est encore incertaine.

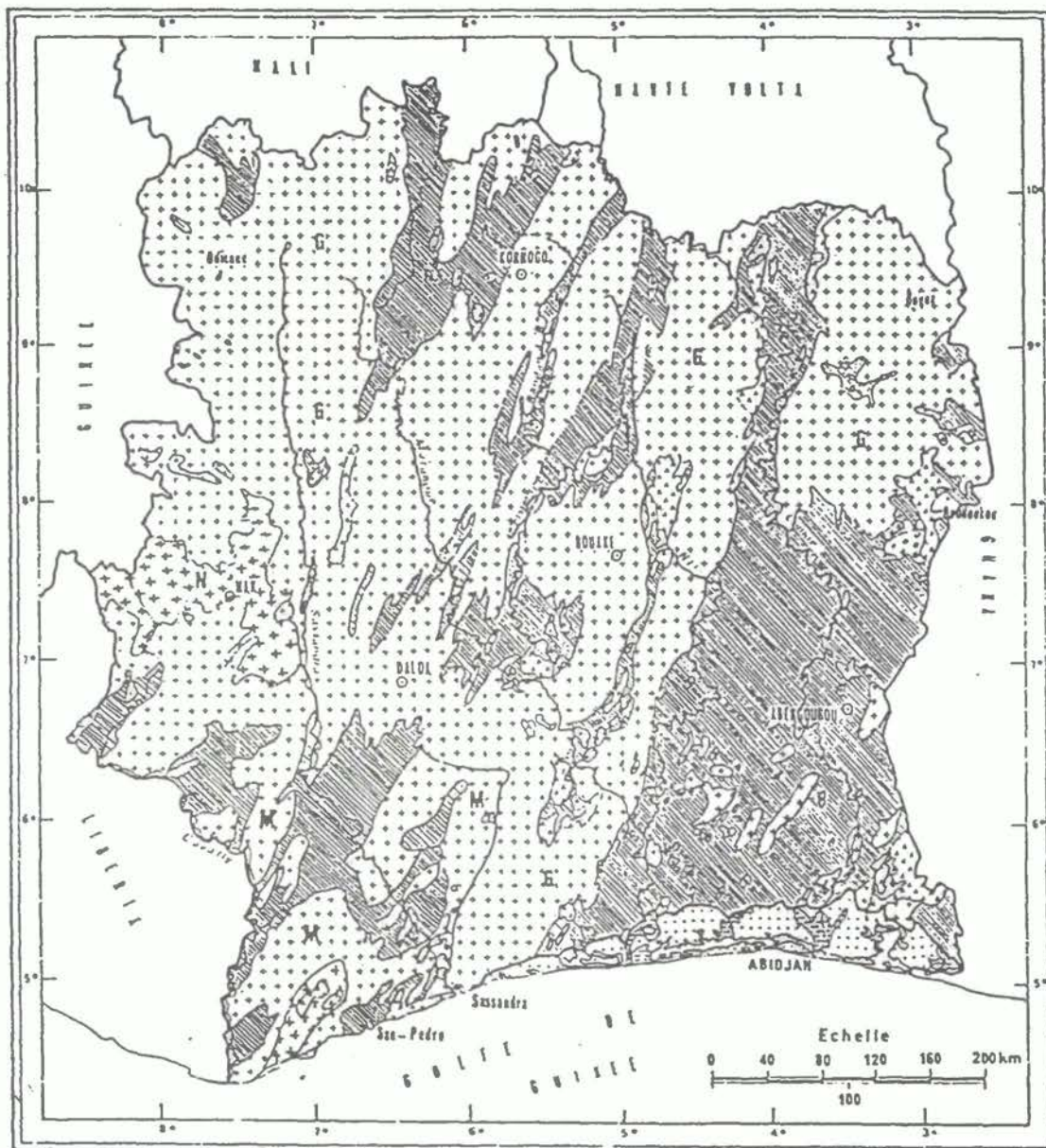
En effet, face à l'affluence des priorités et dans la conjoncture économique actuelle, notre préoccupation en ce domaine n'a pas encore eu l'écho que nous souhaitons.

Mais, nous sommes tout même heureux qu'un réseau d'observation des milieux marins et lagunaires ait vu le jour grâce à la coopération française et danoise.

Le contrôle de la qualité des eaux continentales est une opération complexe qui se situe sur le plan géographique à des niveaux très variables allant du point de déversement d'une usine à l'échelle multinationale lorsqu'un hydrosystème commun à plusieurs états sont concernés. Aussi en plus des réseaux nationaux, il est nécessaire qu'un système de surveillance des principaux milieux aquatiques de l'Afrique soit mis en place. En cela nous louons les activités du programme GEMS/EAU qui permettra nous l'espérons de mettre en place un tel réseau.



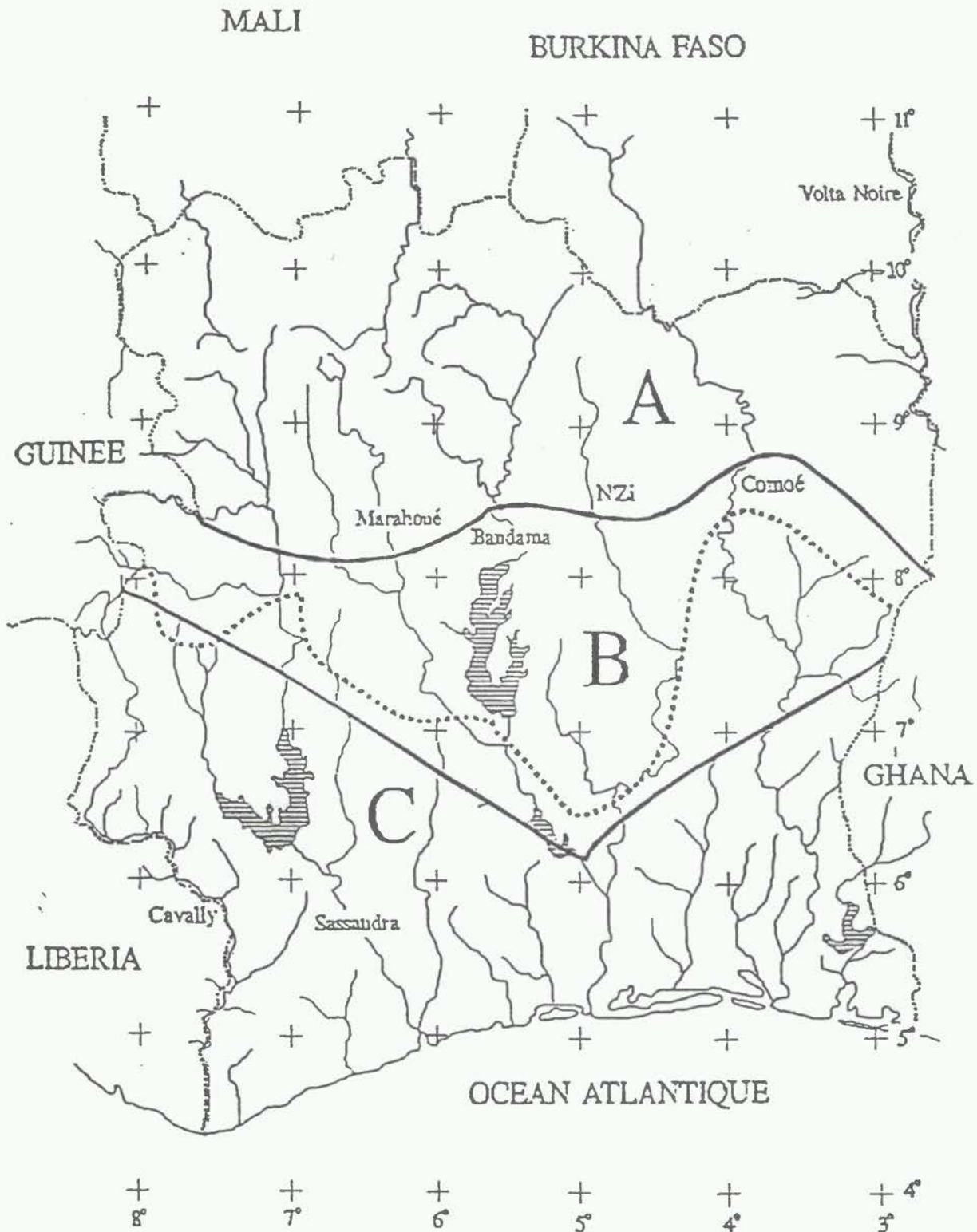
Annexe 2.: La géologie de la Côte d'Ivoire



- | | | | |
|--|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| | Granites | | Grès |
| | Migmatites | | Sables tertiaires |
| | Granite à hypersthène | | Sables quaternaires |
| | Roches métamorphiques schisteuses | | Alluvions récentes |
| | Roches basiques | | Limite nord du bassin sédimentaire |

Dressée par A. Perraud et P. de la Souchère d'après la carte géologique à 1:1000.000 (Bagarré et Yagini)

Annexe 3 : La végétation de Côte d'Ivoire

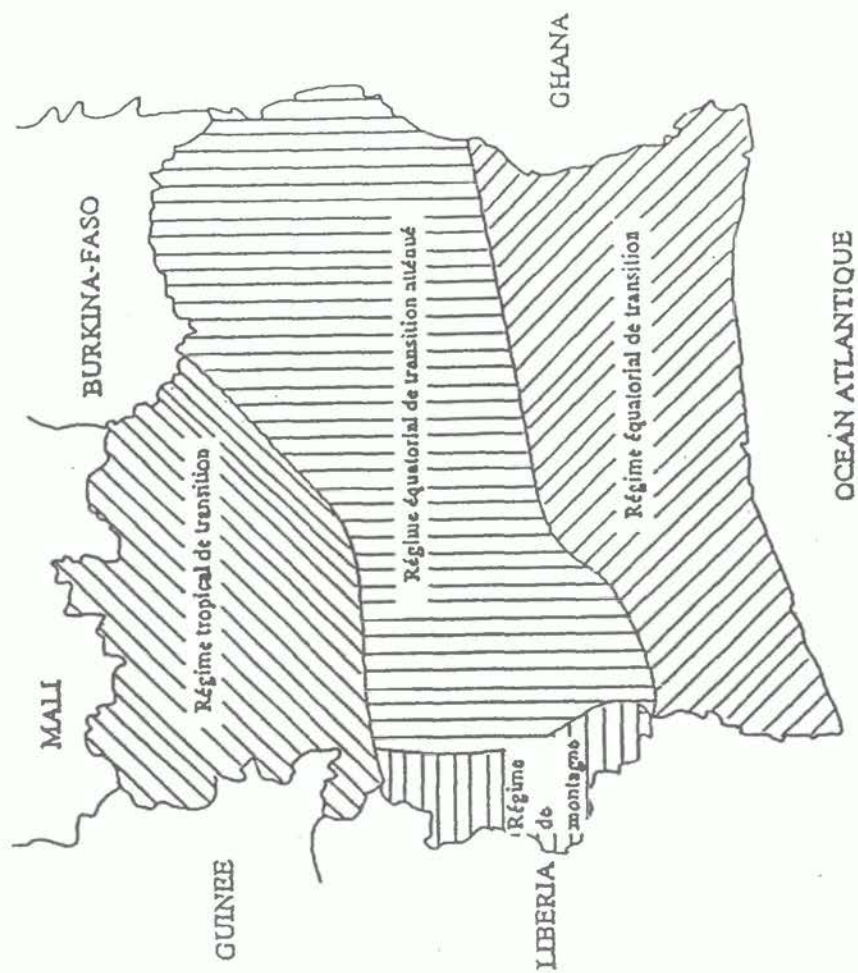


A : Zone de Savane

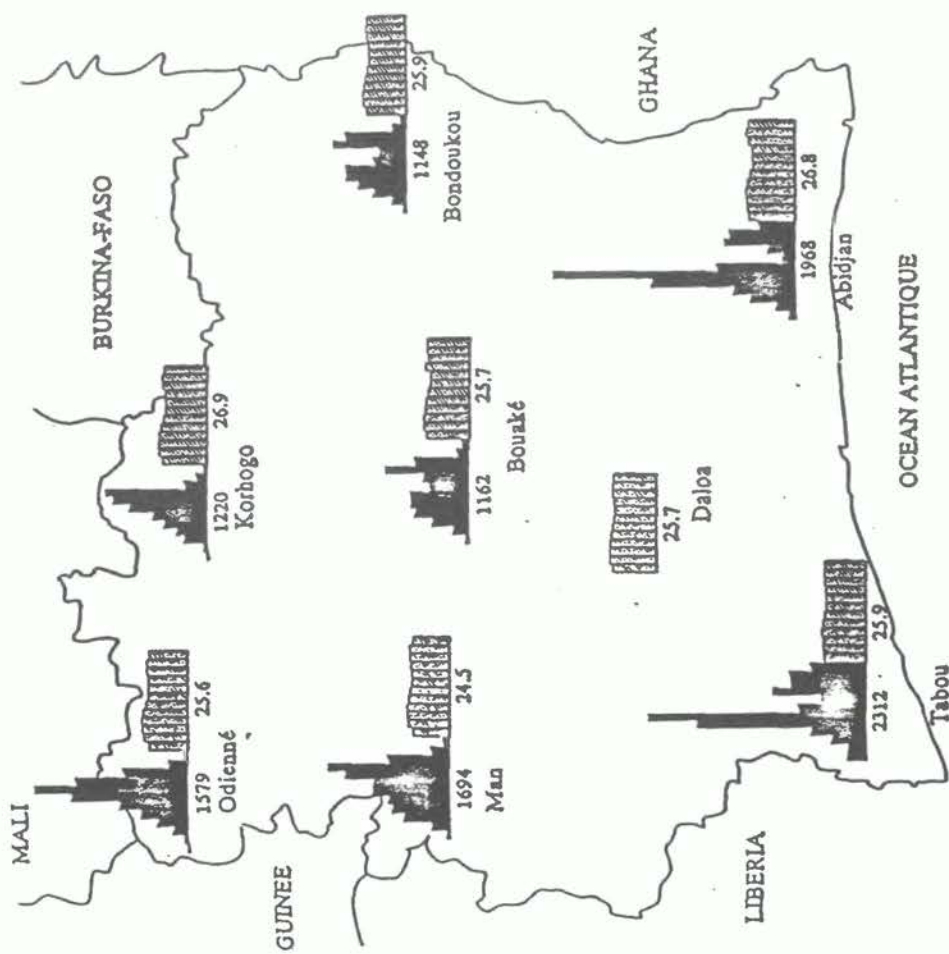
B : Zone de Transition

C : Zone de Forêt

..... : V Baoulé

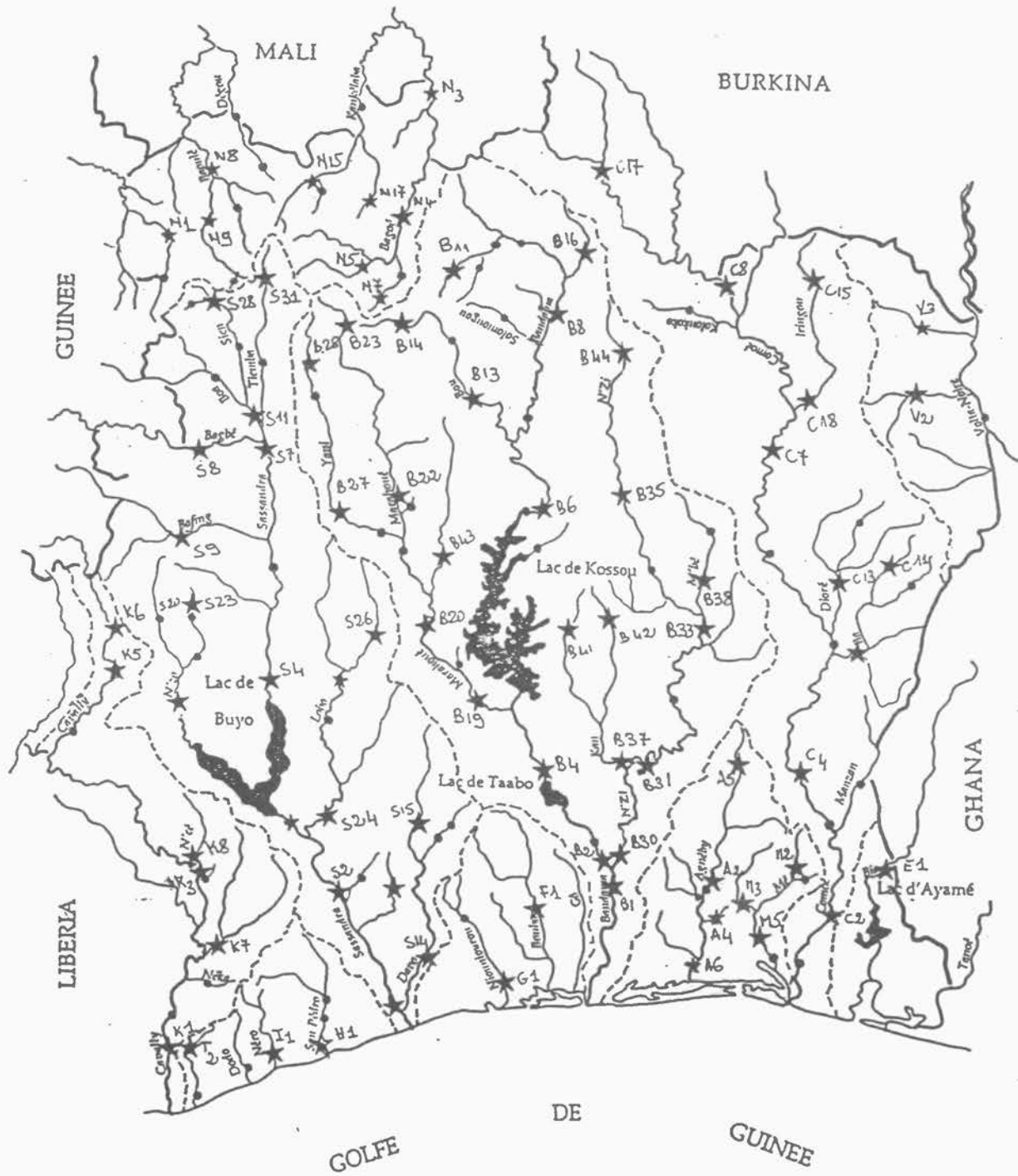


A5 : Carte des régimes hydrologiques de Côte d'Ivoire



A4 : Carte des températures et de la pluviométrie

Carte du réseau primaire



- ★ Station d'observation de la qualité de l'eau
- Station d'observation hydrométrique

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

**RAPPORT NATIONAL DE LA COTE D'IVOIRE
(Publication CIAPOL)**

IMPLEMENTATION OF AN ENVIRONMENTAL MONITORING NETWORK AND A POLLUTION COMBATING UNIT IN CÔTE D'IVOIRE

Gilles Morel¹ and P. Koffi Koffi²

¹ VKI, Agern Allé 11, DK-2970 Hørsholm, Denmark

² CIAPOL, Ministère de l'Environnement, BPV 153, Abidjan, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Aquatic pollution in Côte d'Ivoire is severe in several places and the Ivorian government therefore requested and later obtained technical assistance from the Danish government for the training of personnel and the equipment of an environmental central laboratory and of a pollution combating unit. The structure CIAPOL (Centre Ivoirien Anti-Pollution) involving two divisions, the LCE (Laboratoire Central de l'Environnement) and the CIPOMAR (Compagnie d'Intervention Contre la Pollution Marine et Lagunaire) in charge of implementing the two components of the project, was created by the government of Côte d'Ivoire in May 1991. A coastal and a continental monitoring network have been implemented. Nutrients, heavy metals, pesticides and hydrocarbon analyses have been adapted. Quality control principles have been applied to all types of analyses. Monthly microbiological and nutrient survey programmes are currently undertaken in the lagoon Ebrié. Seasonal microbiological and chemical (hydrocarbons, pesticides and heavy metals) controls are done on bivalves (oysters). Hydrocarbon analyses and microbiological investigations have been carried out on the sediment from the lagoon. Microbiological controls have been done within the continental network. Results given in the present paper show a severe tidal influence on the concentration of ammonia in the lagoon waters; high eutrophication and anoxic conditions in some bays of Abidjan city; very high concentrations in the Baie de Biétry of hydrocarbons in sediment and zinc in oysters tracing petroleum refinery contamination; wind (Harmattan) and season dependant microbiological contamination of the water; and presence of the pathogen *Vibrio parahaemolyticus* in oysters from almost all places. A mapping of the ecological and socio-economic sensitive areas and a risk analysis were carried out. The staff of the CIPOMAR has been trained in the use of the oil spill recovery equipment. Alert procedures and communications have been introduced. The existing oil spill contingency IMO "plan POLUMAR" was assessed and the updating of the plan should be finalized by end 1994. Today the CIAPOL is involved in national conventions and international projects. It is designated to become the Reference Laboratory in the region and will be in charge of training and intercalibration sessions within these projects.

KEYWORDS

Ammonia; heavy metals; hydrocarbons; microbiology; oysters; sediments; tropical lagoons.

INTRODUCTION

In Côte d'Ivoire, coastal and inland water zones host a large proportion of both rural and urban populations. These zones are of primary importance for food and material supplies and serve as a means of transportation. Coastal waters are important nursery grounds for marine and freshwater organisms. Inland waters provide a source of potable water and are also of importance in animal protein uptake by the local population. In spite of the important marine resources, 32 % of total fish production was from inland waters in 1989 (FAO, 1989). Aquaculture, although actually a relatively new industry of minor importance, has been already developed in the coastal lagoon waters and is intended to attract increased attention in the future.

Extensive agricultural development of Côte d'Ivoire has resulted in rapid industrialization and intensive urbanization of the inland and coastal water zones during the last 30 years. Resulting migration of prospective workers from inland rural areas to the urban areas accompanied by the high population growth have contributed to the steady increase in the quantity and diversity of discharges that reach aquatic environments.

Alarming reports were already published in the early 70^{ies} concerning the high pollution level in some urban bays of the lagoon Ebrié. Microbial contamination, eutrophication and reduction in dissolved oxygen were identified consequences of urban pollution, mainly organic, originating from domestic wastes, particularly sewage and garbage, and from food industries. Chantraine et Dufour (1984) in an overview of previous reports mentioned their concern about the serious degradation of the lagoon and worried about further impact on the final production of the lagoon system and on potential extension to the coastal marine zone.

In 1981, several thousands tons of pure oil were discharged in the lagoon Ebrié. Due to a human failure, the oil was pumped out from an oil/water separation unit at the refinery and substantially polluted the Baie de Biétry. Since this time, four major oil spills have been reported in the coastal marine zone but none in the lagoon in which minor spills are chronically occurring from time to time.

During the last ten year period, vegetables (water hyacinth) regularly invade the inland and coastal waters of Côte d'Ivoire. Whether such a proliferation may be created or only enhanced by fertilizers used in agriculture has not been to our knowledge clearly demonstrated and is a point that should be clarified. Death of these plants in the saline waters of the lagoon and degradation may produce at there turn increase of natural levels of nutrients for primary producers, resulting in eutrophication and its attendant deoxygenation of waters.

Aware of the detrimental effects of aquatic pollution, the Ivorian government submitted to the Danish government, in December 1987, an official request for technical assistance in the training of personnel and the equipment of an environmental central laboratory and of a pollution combating unit.

Following DANIDA (Danish International Development Agency) recommendations, the government of Denmark approved to finance (35 millions DKK) an assistance project "Development of Environmental Control in Côte d'Ivoire". The project was approved on 1 July 1990 and on site development of the project started on 1 January 1991. The project involved the implementation of two major components; (i) a national environmental monitoring network and (ii) an oil spill contingency organization.

The structure CIAPOL (Centre Ivoirien Anti-Pollution) involving two divisions, the LCE (Laboratoire central de l'Environnement) and the CIPOMAR (Compagnie d'Intervention Contre la Pollution Marine et Lagunaire) in charge of implementing the two components of the project, was created in 1991 by a decree (Décret n° 91-662 du 9 octobre 1991).

First phase DANIDA project ended in December 1993. A second phase of the project (5 millions DKK) was initiated in January 1994 for 2 years for further training on analytical method development, on data

A coastal and a continental monitoring networks have been implemented. In this paper main activities of the centre are described and some featuring results obtained during the national monitoring campaigns are presented. Spatio/temporal variations in concentrations of ammonia, oxygen, hydrocarbons, heavy metals and microbiological contamination are discussed.

Finally, the objective of this paper is to highlight the importance of the establishment of national pollution monitoring programs - pollution combating units and the very important role of international programs and organizations in supporting such national efforts.

ORGANIZATION OF CIAPOL

The creation of a ministry in charge of the environment has been a constant concern of the Ivorian government since 1980. The actual organization of this ministry consists of three departments:

- the "Direction de l'Environnement (DE)" in charge of the execution of environmental legislation,
- the "Service des Installation Classées (SIC)" in charge of the inspection of plants and other classified installations
- and the "Centre Ivoirien Anti-Pollution (CIAPOL)".

The CIAPOL created on 9 of October 1991, is a governmental organization of the type "Etablissement Public à Caractère Administratif (EPA)". The missions of the centre are:

- the systematic analysis of natural waters, wastes and residues according to the national monitoring network called "Réseau National d'Observation de Côte d'Ivoire (RNO-CI)",
- the storage and broadcasting of data,
- the evaluation of the state of pollution of the water, air and soil components,
- the routine monitoring of the lagoon and sea ecosystems,
- the control of the application of national and international laws, decrees and conventions for protection against marine and lagoon pollutants,
- and the application of the national oil spill contingency plan, named Plan POLUMAR.

The CIAPOL is organized in three divisions, an administrative division named "Sous-Direction des Affaires Administratives et Financières (DAF)", the "Compagnie d'Intervention Contre la Pollution Marine (CIPOMAR)" in charge of surveillance of marine and lagoon waters and of combating oil and chemical spills, and the "Laboratoire Central de l'Environnement" in charge of scientific monitoring of the environment.

EQUIPMENT AND METHODS

The CIAPOL has at its disposal seven 5 to 12 meter boats which are used by both LCE and CIPOMAR departments. Crew members are from the Navy and scientific teams are both civil and from the Navy. Specific equipment is under the responsibility of the concerned departments.

LCE equipment. The sampling equipment of the LCE consists of usual water samplers (Niskin, To 40L GO) and sediment samplers (Ekman grab, Van Veen grab, Reineck corer). Plankton and biota nets and samplers are also available.

Drying cabinets (Mettler) are available at each section for glassware. A freeze dryer (Christ - Beta 1-8 K) is used for drying and conservation of solid samples. A carbolite furnace (Gerhardt - Juno Lantini) is used for determination of total organic content in sediment (550 °C) and purification of chemicals (Florisil

alumina, sodium sulfate). A centrifuge (Sigma - 6K10) is used for separation of solvent phases and for separation of suspended matter for COT and chlorophyll measurements. A microwave unit (Floyd) is used for digestion of samples for atomic absorption analysis. Precision incubators (Memert, OSI) are used at the microbiological laboratory. The laboratory has been equipped with fume cupboards (Labflex) and laminar flow cabinets (Holten -HV 2436).

Main analytical instruments consist of traditional pH-meters (Knick - 761, Calimatic), conductimeter (Knick - 702), DBO instrument (Hach - 2173 B), DCO instrument (Hach - Drel 5), Kjeldahl analyzers (Gerhard, Vapodest and Kjeldatherm), nutrient Multi-Analyzer-System (MAS - Struers) including a PC data station, an auto-sampler and a UV/visible spectrophotometer (Shimadzu, UV 120 A), UV-visible spectrophotometers (Philips - PU 8600, Shimadzu - UV 160 A), infra-red spectrophotometer (Philips, PU 9716), synchronous scanning fluorescence spectrophotometer (Shimadzu, RF 5000), total organic carbon analyzer (Shimadzu - TOC 5000), gas chromatographs (Philips - PU 4550, Shimadzu - GC 14A) with flame ionisation detectors and electron capture detectors, connected to data processing station (Philips - SP 4270, Shimadzu - CR 4A), high performance liquid chromatograph (Shimadzu - LC 6A) with UV detector (Shimadzu - SPD 6A) and programming wavelengths fluorescence detector (Shimadzu - RF 55) connected to data processing station (Shimadzu - CR 5A), and flame/graphite furnace atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu - AA 680) with auto-sampler (Shimadzu - ASC 60 G) and hydride generator (Shimadzu -HVG-1). The microbiological laboratory is equipped with traditional equipment and microscopes (Eschenbach 356, 358 and Olympus BH-2) with microphotography (Olympus EMM7).

Samples. Sediment, biota and water samples are collected according to the following paragraph "Monitoring principles and programs". Sediment and biota samples are freeze-dried and kept in freezers until analyses. All hydrocarbon concentrations are calculated on dry weight basis. Water samples are analyzed as soon as possible, the same day or the following day after sampling.

Analyses. Simultaneously to on site determination of temperature, in-situ physico-chemical measurements of pH, oxygen, light penetration and conductivity/salinity are carried out by using a GMI probe connected to a PC data acquisition unit or MOBRO portable probe units. Spectrochemical sensitive methods for analysis of nutrients have been adapted. The computerized MAS is used for automated measurements of NO_2 , NO_3 and PO_4 and for semi-automated measurements of NH_4 . Bendschneider and Robinson (1952) method has been adapted for NO_2 and NO_3 (after Cd reduction) measurements. Koroleff (1969) method has been adapted for NH_4 measurements. To avoid evolution of the samples, reagents are added on site and corrections to measurements are made after turbidity determination for each sample. Murphy and Riley (1962) method has been selected for PO_4 measurements. Chlorophyll and pheopigment are performed according to Rieman recommendations (personal communication). Gas chromatography on fused-silica capillary columns with electron capture detector (GC-ECD) has been implemented for the determination of chlorinated pesticides in environmental matrices. Qualitative and quantitative hydrocarbon analyses are made according to Morel et al. (1991) recommendations. Very sensitive measurements of total hydrocarbons are done by synchronous scanning fluorescence spectroscopic (SSFS) measurements of the aromatic fraction. The method can give information about the number of cycles of the PAHs analyzed and, incidentally, permit some fingerprinting of the oil contamination. Gas chromatography with flame ionization detection of individual hydrocarbons (GC-FID) has been adapted qualitatively for further identification. Heavy metal quantifications in biota samples have been done by graphic furnace atomic absorption (GFAA) for copper (Cu) and flame atomic absorption for zinc (Zn).

To determine faecal pollution of the surface waters *Thermotolerant Coliforms* (TC), *Faecal Streptococcus* (FT) and *Clostridium Perfringens* (CP) indicators are used. At the same time pathogens like Salmonellas, Shigellas and Vibrions are determined qualitatively. Surface waters, sediment and lagoon oysters are monitored for pathogens. Quantitative measurements of TC and FT are done by the membrane filtering method, on MFC and KF-Strepto respectively. CP is measured quantitatively incorporated in tubes with TSN-agar. The pathogens are determined qualitatively using SS-agar for Salmonellas and Shigellas and TCBS for the vibrions. Enrichment is done with Hajna and Peptone water respectively. Species determination is done by API-gallery.

CIPOMAR pollution combating equipment. A detailed list of the present equipment is given in table 1.

TABLE 1 POLLUTION RESPONSE EQUIPMENT BELONGING TO CIPOMAR

Number	Equipment
5	Ro-Tank, 5 m ³ storage tank for oil
3	Ro-Tank, 8 m ³ storage tank for oil
2	Ro-tank, 10 m ³ storage tank for oil
5	Trailboom container, each with 120 m of boom
4	Mast with 1000 W halogen lighting
2	Diesel generator 4.8 KW equipped with 4 floodlights
1	Ford Transit diesel truck with 1.5 t capacity crane
1	Trailer for above truck
2	Roteb oil skimmer with hoses
2	Combi oil skimmer with hoses
5	Desmi spin pump with Lister Peter diesel engine for oil transfer
2	Libellula 3-bar-pump with Harz diesel engine for oil transfer
1	Gerni 6000 high-pressure hot-water cleaning system
1	Desmi off-loading pump DOP-250 50m ³ /h
1	Ford diesel power pack, 50 kwh
1	Destroil hose reel, DSHR/150/250
1	Desmi 250 skimming system in 10 ft container
6	2 * 12-m, 2 * 8-m, 3 * 5-m work boats
2	HF transmitter/receiver unit (250 W) for long distance communication between a fixe and a mobil station
6	VHF transmitter/receiver unit (25 W) for short distance communication between fixe unit and 18 portable units
-	Measuring equipment for explosive gases, oil viscosity and slick thickness
-	Protective clothing and diving equipment

Quality assurance. Administrative functions have been described in chapter "Organization of CIAPOL". During the second phase of the project main focus has been and will be to promote the laboratory to international standards, through development and adaptation to third world country difficult conditions of an efficient quality assurance program. Garfield (1991) postulates that a quality assurance program concerns the planned activities designed to ensure that the control activities are being properly implemented. The LCE laboratory, for the time being, is organized in 2 departments, Chemistry and Microbiology. In order to increase level of control activities, the chemical department is organized in 3 sections, each section is constituted of at least two technicians and a head of section; each technician is responsible for one main set of instruments and is the backup of the other technician of his group for an other set of instruments. This organization within the laboratory creates a sense of responsibility in the personnel, permits follow up of maintenance and allows for presence in the laboratory of at least one competent technician for each instrument. The microbiological department is constituted of a head of department and a team of 4 technicians.

Quality control principles are applied to all types of analyses. In situ measurement instruments are routinely calibrated. All series of analyses include blank samples, duplicates, internal reference materials and when available or possible certified reference materials, surrogate standards and internal standards. Intercomparison exercises have been made with local (Centre de Recherche Océanographique (CRO) - Abidjan) and foreign laboratories (Water Quality Institute (VKI) - Denmark) and Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) - France).

A quality control software (QUALITE - VKI, Denmark) is used to plot Shewhart control charts (X and R) and control limits. Precision, bias and zero control charts respectively based upon duplicate analyses, spiked sample analyses and blank samples are also plotted for control of accurate and high-quality work.

Validation of methods are carried out for each matrix. Precision, bias and detection limits are reported for each method. The use of a 5 cm cell permit detection limits of the spectrochemical methods at the 0.1 $\mu\text{mol/l}$ levels for NO_2 , NO_3 and NH_4 and at the 0.05 $\mu\text{mol/l}$ level for PO_4 with precision better than 5%. Detection limits for chlorophyll and pheopigments using 500 ml water and 5 ml solvent with a 1 cm cell are at the 0.2 ppb level with a precision of 5%. Analyses of spiked samples and certified reference samples have shown some problems for the recovery of DDT. So no results concerning this pesticide can be presented for the time being. Detection limits are in the range 1 - 4 ppb in biota with a precision around 10%. Detection limits for synchronous scanning measurements of total hydrocarbons of 10 ppt in water and 1 ppb in solid matter are reached by this method with precision better than 12%. GC-FID analyses have only been carried out qualitatively in this project. According to Morel et al. (1991) precision of 5% and 7% can be obtained for saturated resolved (mean conc. 3.3 $\mu\text{g/g}$) and unresolved hydrocarbons (mean conc. 20.5 $\mu\text{g/g}$). Detection limits at the ppm level are obtained for Cu and Zn with precision better than 10%. Standard addition procedure is applied for reliable atomic absorption measurements. Routines for internal quality control have been established at the microbiological department: systematic utilisation of negative and positive controls, systematic determination of precision by two teams of technicians, counting controls and dilution correspondence checking. Intercalibration exercises are frequently being conducted with an other institute in Abidjan (CRO).

Regular scientific missions are done by experts for training of personnel in specialized fields, adaptation of new methods, maintenance of instruments and implementation of the quality assurance program.

MONITORING PRINCIPLES AND PROGRAMMES

The control of program development consists in monitoring of water quality general parameters. We have implemented two types of water quality programs. The first one consists in monthly monitoring sampling at selected sites. The second one consists in hydrodynamic, sedimentologic, physico-chemical and microbiological intensive studies of the Abidjan urban bays. Nutrients (NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4), chlorophyll, dissolved oxygen, total dissolved organic carbon, H_2S , total and organic suspended matter and bacteriology (faecal as well pathogen contamination) are the quality parameters measured. Water masses are traced by temperature, salinity and pH measurements.

Monthly water monitoring is made at 9 stations representing main features of Abidjan estuary zone (figure 1). Sampling is done at surface and bottom levels. In such a complicated estuary zone it is extremely important to sample every time at the same tide level. Campaigns are always done during neap tides. To get the best information about water masses sampling at each station has been planned to occur at low tide. For this purpose, sampling campaigns at the nine stations are spread over monthly 3-days-sampling-missions.

Monitoring of trace pollutants (organic and heavy metals) is not recommended on water masses. Beside strong analytical difficulties to face in getting reliable results, fugacity of observed phenomena is of poor information for a pollution status of the water system. In pollutants monitoring programs the aquatic environment component to prioritise is therefore biota, essentially bivalves, principally oysters or mussels where available. 17 sites of the coastal lagoons (figure 1) are sampled for oysters, *Crassostrea Gasar*, 3 times a year (the two raining seasons and the main dry season) for simultaneous determination of pesticides, PCBs, total hydrocarbons, heavy metals (Hg, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Cu) and bacteria. Oysters of the same medium size, when available, are analyzed for each zone. This strategy permits to establish a medium term alarm system.

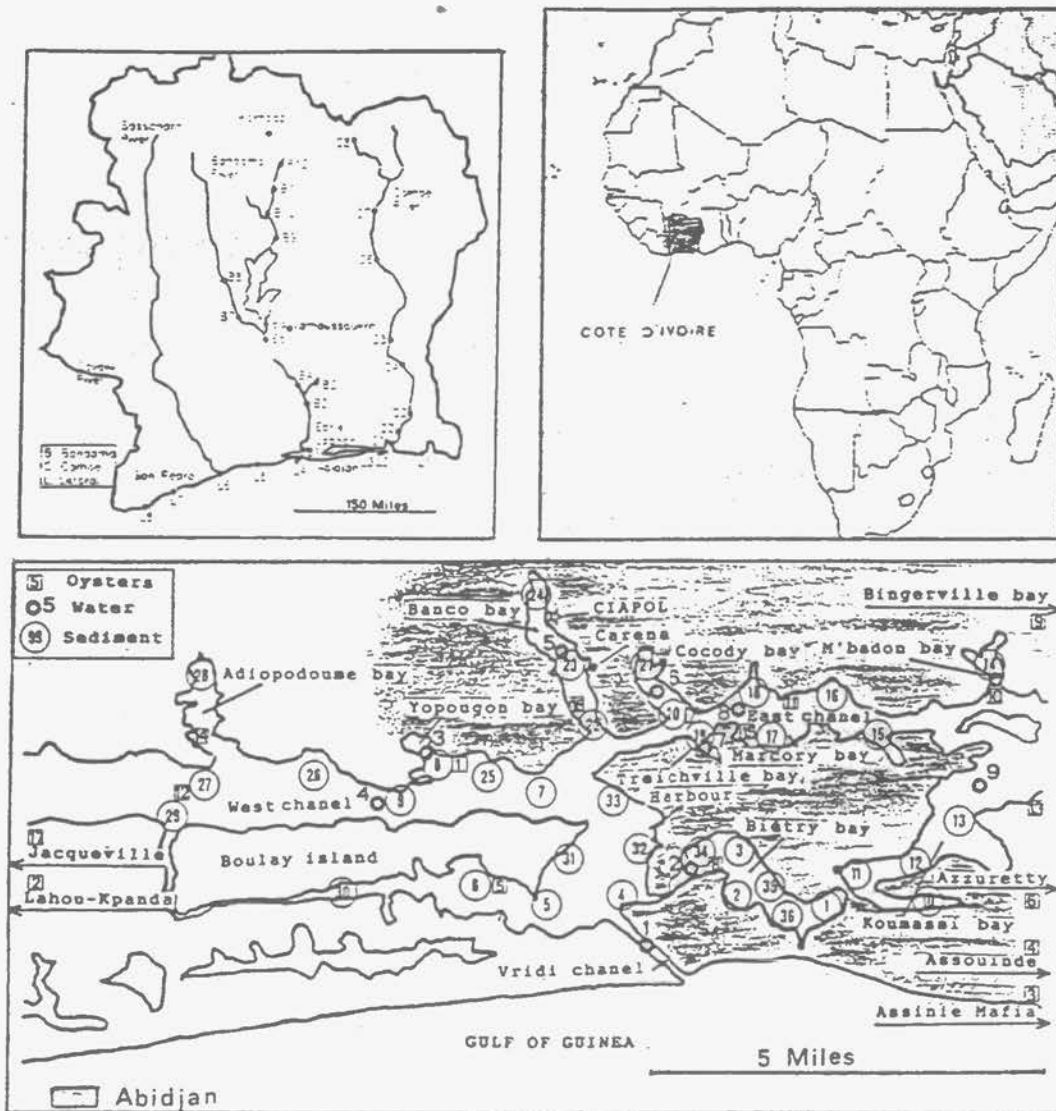


Fig. 1. Location of sampling points for the monitoring program.

To complement this main program, monitoring of pollutants in sediments is planned to be done every 3 years (figure 1). Analyses of total hydrocarbons, pesticides and heavy metals are carried out on these samples. Core samples have been taken for tracing pollution history at some sites. The analysis of the surface layer (about 2 cm) will permit a long term monitoring system. A first campaign was made in 1991. Simultaneously to the lagoon monitoring network, shore and near shore sea water are monitored for impact assessment of the sea water outfall project financed by the European Investment Bank and the World Bank. Nine stations at sea and six on the shore are monitored every three months.

In the following some examples of the results from these monitoring activities are given.

ENVIRONMENTAL RESULTS

Physico-chemical characteristic and ammonia concentration variations in a lagoon channel during a tide cycle

Figure 2 shows the strong marine influence up-stream of the lagoon channel and the stratification occurring at rising tide, salinity concentrations varying from 11 ‰ in the surface water to 22 ‰ in the bottom water 2 hours after the reverse surface tide stream at 1 pm. This stratification may induce in some places anoxic conditions. The figure shows the importance of these variations in such an ecosystem, indicating that a monitoring program not taking in consideration the tide influence has no chance to reflect seasonal or long

term variations of the monitored parameters. Here, the variations in total ammonia concentrations vary by a factor of 100, from 0.36 $\mu\text{mol/l}$ (0.005 mg/l) up to 38 $\mu\text{mol/l}$ (0.525 mg/l). This is why, in order to be able to compare results from month to month, planning has been made to sample each month at each site twenty minutes to three hours after Vridi harbour low tide, depending on the distance from the sampling point to Vridi reference. High total ammonia values just after the reverse tide stream may reflect the strong influence of urban runoff, industrial activities and/or in-situ bottom production in anoxic zones during this period of the year when lagoon waters are invaded by floating vegetables. Again such high concentrations of total ammonia may result, by hydrogen production and oxygen consumption through microbial nitrification, in acidification and oxygen depletion of lagoon waters.

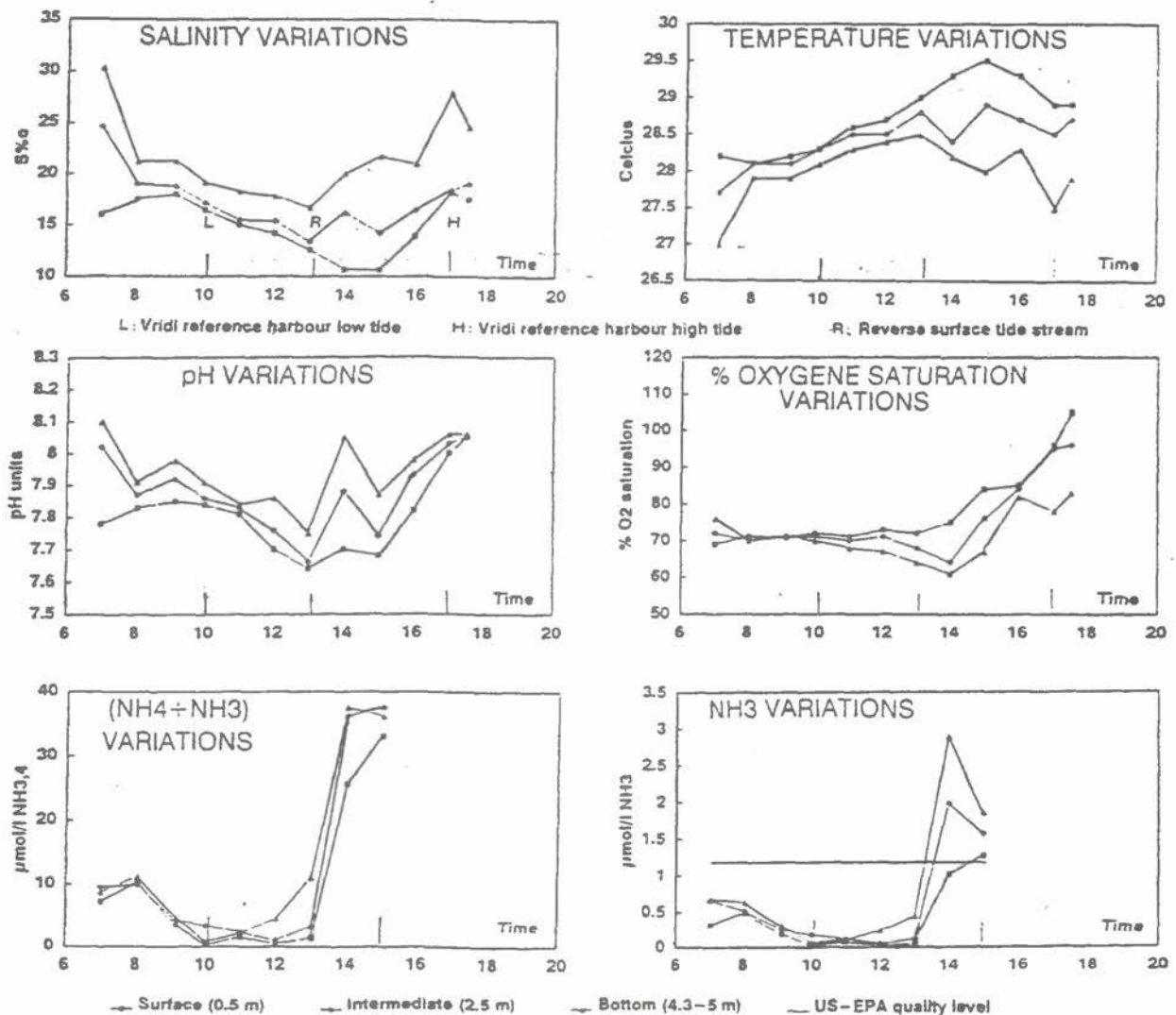
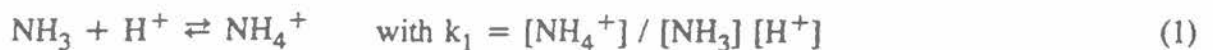


Fig. 2. Physico-chemical characteristics and ammonia concentration tide-cycle variations in the water column at East Channel sampling point (Station 8 - 05.12.91).

The total ammonia content of water is the sum of non-ionized (NH_3) and ionized (NH_4^+) species:



Ammonia (NH_3) is readily soluble in water and the fraction non-ionized depends on both water temperature and pH; in most biological systems the ionized form is predominant. Increase in pH and to a lesser extent in temperature will produce increase of non-ionized form. Johansson and Wedborg (1980) have established the relationship between k_1 , salinity S (‰) and temperature T (K):

$$\log k_1 = -0.467 + 0.00113 * S + 2887.9 * T^{-1} \quad (2)$$

Combination of (1) and (2) gives :

$$\% \text{NH}_3 = 100 / [1 + \exp_{10}(\log k_1 - \text{pH})] \quad (3)$$

$$[\text{NH}_3] = (\% \text{NH}_3 / 100) * [\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3] \quad (4)$$

Concentrations of ammonia with toxic effects on aquatic organisms are generally expressed as non-ionized ammonia (NH_3) which has been demonstrated to be the principal toxic form rather than the ammonium ion. "Except in open oceans, exposure" of aquatic animals "to environmental levels produces many chronic effects including reduced growth, decreased survival, impaired reproduction and may increase susceptibility to disease and also cause histo-pathological changes" (WHO, 1986). Concentrations as low as 0.10 mg/l NH_3 (5.9 $\mu\text{mol/l}$) and 0.02 mg/l NH_3 (1.2 $\mu\text{mol/l}$) have been demonstrated to produce respectively acute toxic effects and chronic effects on some fishes.

In figure 2 is also indicated the calculated concentrations of NH_3 according to formula (4) and the 0.02 mg/l NH_3 (1.2 $\mu\text{mol/l}$) US-EPA (1985) "Ambient water quality criteria for ammonia - 1984". It can be seen that this level is exceeded in some cases.

At the local levels of temperature and pH, less than 8 % of the total ammonia present is in the non-ionized form. At such high temperatures this % might increase drastically if pH accidentally increased at point sources such as effluent from urban sewage or industrial plants. A pH 9 would increase this percentage to exceed 40 %, leading to concentrations of more than 0.10 mg/l NH_3 (5.9 $\mu\text{mol/l}$) potentially lethal for fish.

There is evidence in the literature that temperature, independent of its role in the aqueous ammonia equilibrium, affects the toxicity of ammonia for aquatic life. However the information, depending on the species and conditions of experience, is contradictory and would argue for further consideration in tropical climates.

Monthly 1993 nutrient measurements in the water column at the nine sampling stations of Abidjan lagoon showed generally higher total ammonia concentrations in the bottom, more saline waters. The higher pH of these waters induces proportionally higher % of non-ionized NH_3 in the bottom than in the surface which could at these levels produce, as already seen, chronic effects on some fishes. In fact the highest concentrations of total ammonia were found in bays of Cocody (st. 6), Yopougon (St. 3) and Marcory (St. 7) into which main urban sewages are poured out. Ammonia is an interesting tracer of domestic pollution to be monitored in survey programs. On the other side, other monthly nutrients (NO_3 , NO_2 and PO_4) variations have been shown to be greatly influenced mainly by seasonal parameters (Morel et al., in preparation).

Organic pollution

A case study of anoxic conditions (oxygen depletion and biota population in the Baie de Banco). Heterotrophic bacteria use organic matter for their metabolism and consume oxygen. Biological oxygen demand increase with urban organic pollution. Bacterial mineralization produces release of nutrients in the water environment that induce algal proliferation. Death, deposition on the bottom and then degradation of the phytoplankton consume oxygen. Simultaneously, primary and secondary organic pollution increase turbidity of the water. High photosynthesis process then occur in the surface water creating oxygen over-saturation at the end of the day. In the bottom waters no photosynthesis can occur and there is only oxygen consumption by respiration and degradation. Reductive conditions in the bottom produce emission of toxic molecules as NH_3 , H_2S and CH_4 . Both oxygen depletion and toxic molecules production provoke death of biota (fishes and crustaceans) leaving the place to opportunist micro-organisms of less interest. Monitoring surveys have shown such anoxic conditions occurring in some bays of Abidjan city. Fig. 3 showing oxygen profile and day variations in the Baie de Banco (St. 5) illustrates perfectly the described eutrophication phenomenon with surface oxygen over-saturation and total oxygen depletion in the bottom waters, resulting in biota depletion in the bay. Dufour et al. (1981) have demonstrated that nitrogen and phosphorus compounds are the only nutrients controlling vegetable production in the Ebrié lagoon. Phosphorus is the

main controlling factor in the continental part of the lagoon while nitrogen is the controlling factor in the estuarine part. They concluded at this time that waste water treatment that eliminates the phosphorus would not solve excessive eutrophication. Ammonia is the main assimilated nitrogen source by lagoon algae (Guiral, personal communication). Denitrification which occurs rapidly within a few days in warm and anoxic waters enhance the vicious cycle of eutrophication linked to urban organic pollution.

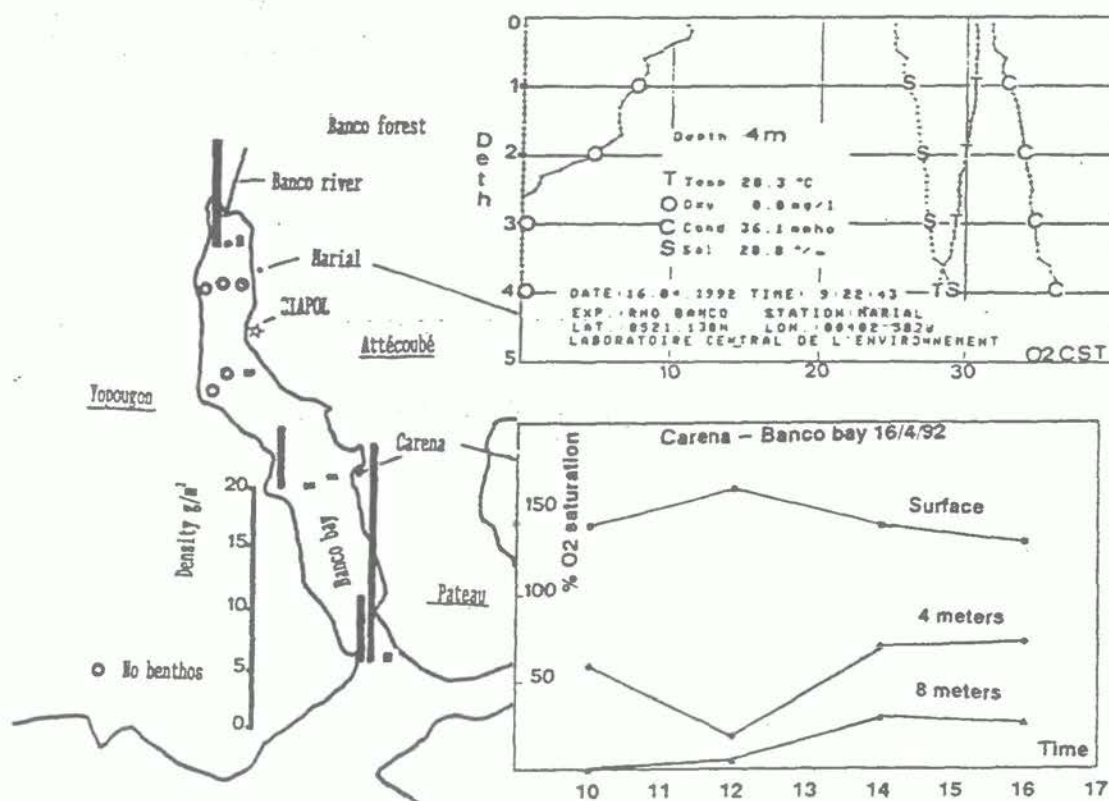


Fig. 3 Oxygen profiles and benthic population in the Baie de Banco.

Hydrocarbons in the lagoon sediments. During the period september 1991 - mars 1992, sediment samples were collected from different positions in lagoon Ebrié. Different levels were sampled to trace the "history" of the sites; the surface level (0 - 2 cm) was collected with a Van Veen grab; the levels 0-5, 10-15 and 18-43 correspond to 5 cm slices in these ranges of the core sample (fig. 4).

During the ten year period 1981 to 1991, five major oil spills have been reported in the vicinity of Abidjan. All of the five spills have taken place in relation to pipeline and refinery operations. The last four of them, from 1986 up to 1991 occurred at sea at the offshore loading and off-loading facilities - buoy or pipelines connected to refinery - while in 1981, due to a human failure, several thousand tons of pure oil were pumped out at the Baie de Biétry bay from an oil/water separation unit at the refinery.

As can be seen from fig. 4, very high total hydrocarbon (THC) concentrations are observed in the Baie de Biétry. The surface and the 5 top cm present the highest concentrations. Values from 10 to 100 ppm were found in Kuwait offshore sediments before the Gulf war (Literathy et al., 1990). In a zone where natural oil seepage were occurring off the coast in Kuwait THC concentrations reached 3000 ppm, almost comparable to the pollution level in the Baie de Biétry close to the refinery.

High concentrations in the surface levels seems to indicate increased chronic oil pollution these last years. However, whether this pollution originate from the accident in 1981 or from increased chronic oil pollution has not already been clarified. GC-FID (alternatively GC-MS) analysis together to sedimentation studies (deposition rates and/or sediment dating) would permit clarification of the main oil pollution origin. Chronic

anthropogenic inputs were at the same level in the Baie de Biétry and in other parts of the Abidjan lagoon at the time of sediment deposition in the 18 - 42 cm levels depths (table 2). Sedimentation rates data in the Baie de Biétry would give information for tracing the pollution.

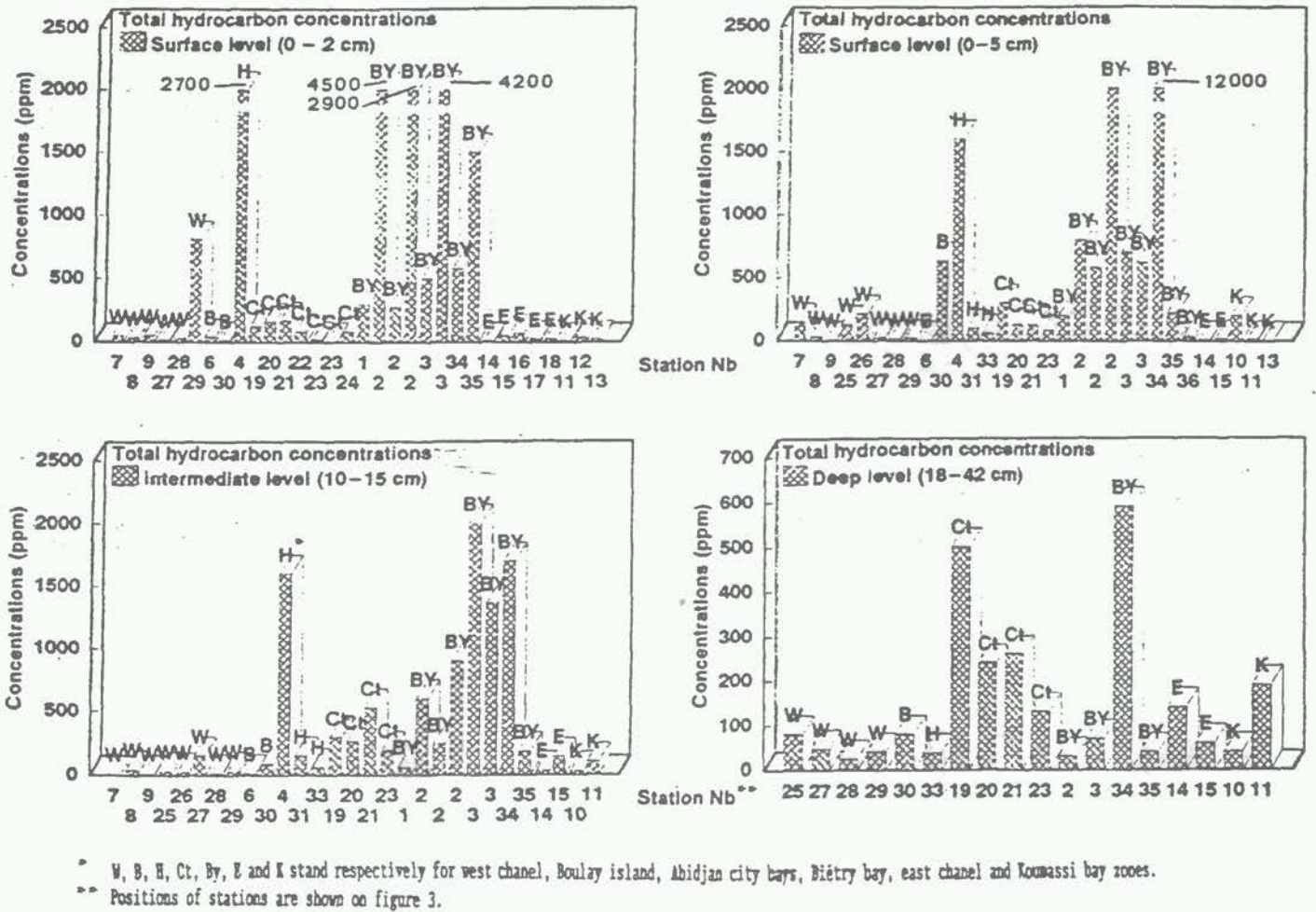


Fig. 4. Total hydrocarbon concentrations in sediment samples from the lagoon Ebrié.

TABLE 2 AVERAGE CONCENTRATIONS AND VARIATION COEFFICIENTS FOR TOTAL PETROLEUM HYDROCARBONS IN THE SEDIMENTS OF ABIDJAN ZONES

Level (cm)	Baie de Biétry		Other Abidjan zones	
	Average (ppm)	VC (%)	Average (ppm)	VC (%)
0 - 2	1844	90	192	285
0 - 5	1906	189	175	195
10 - 15	918	872	179	191
18 - 42	183	129	134	94

The 4th accident happened in october 1991, a leak occurred in the pipeline from the boy to the refinery while a tanker was loading heavy fuel oil. Between 1500 to 2000 m3 leaked to the sea. SSFS and GC-FID analysis were carried out to trace this pollution. SSFS was used as a fast method, sufficient in some cases to demonstrate the non - offshore origin of slicks identified in the lagoon. GC-FID fingerprinting of oil pollution on the beaches and at sea in december 1991 permitted to trace the Belier platform origin of the 5th oil spill.

Levels of heavy metals in the lagoon oysters

Heavy metals such as Cu and Zn are essential for the growth of living organisms, however higher levels than normally required may be of toxic effects to organisms. Table 3 shows the levels found in oysters from urban and rural zones of Côte d'Ivoire coastal lagoons.

Cu concentrations in edible tissues of oysters do not exceed WHO recommended maximum permissible limits in food. The higher levels are found in the urban zone of Abidjan, particularly in the Baie de Biétry (25.4 mg/kg) and the Baie de Banco (22.1 mg/kg). With exception to a relatively high concentration found at station 4 (12.7 mg/kg), levels in the rural zone do not exceed 10 mg/kg with estimated background levels in the range 1 - 2 mg/kg fresh weight (FW).

TABLE 3 METAL CONCENTRATIONS¹ IN CRASSOSTREA GASAR FROM CÔTE D'IVOIRE COASTAL LAGOONS SITES

Stations	Cu			Zn		
	10-11/92	07-08/92	10/93	10-11/92	07-08/92	10/93
1. Parc à bois	4.67	6.46	10.8	282	285	672
2. Lahou KPanda	3.68	6.08		40.2	93.8	208
3. Assinie Mafia	1.92	1.22		20.8	14.9	
4. Assouinde	12.7	0.960		101	108	
5. Cimetière bateaux	10.1	8.48	11.1	501	263	704
6. Azuretti Gbambélé	2.24	1.14	2.24	245	420	416
7. Baie de Cocody	12.5	3.68		1312	460	
8. Baie de Biétry	17.0	8.64	25.4	3400	2466	2400
9. Baie de Bingerville	6.40	2.13		197	132	208
10. Baie de M'badon	8.80	1.92		163	155	
11. East channel (Golf h.)	6.91	5.17		120	435	
12. Ile aux Serpents	7.68	5.94		190	285	
13. Baie de Koumassi	4.96	1.60		448	476	560
14. Baie d'Adiopodoumé	7.84	7.09		456	649	944
15. Baie de Marcory	15.2			510		
16. Baie de Banco	22.1			1112		
17. Diem - Jacqueline	0.992			279		
Median ²	7.68	4.42	10.8	279	285	616
Mean	8.57	4.32	11.5	552	446	764
VC (%) ³	65	63	67	143	132	96
WHO Limits		30			1000	

¹ Concentrations in mg/kg fresh weight (FW) calculated from dry weight (DW) results considering an average of water content of 84 %.

² More frequent value.

³ Variation coefficient in % ($100 * \text{standard deviation}/\text{mean}$).

Zn concentrations in edible tissues of oysters exceed WHO recommended maximum permissible limits in food, in the Baie de Biétry and from time to time in urban bays such as the Baie de Cocody and the Baie de Banco. Levels in the rural zones are generally lower than 200 and may be as low as 14.9 mg/kg FW.

Metongo (1991) analyzed *Crassostrea Gasar* oysters from three sites around Abidjan city, corresponding to our stations 5, 7 and 11 and from two rural sites, corresponding to our stations 3 and 4. Mean levels respectively found at these stations were 33.5, 17.5, 23.5, 16.0 and 14.5 mg/kg FW for Cu and 2115, 865, 608, 425 and 750 mg/kg FW for Zn. Zn and principally Cu reported values by this author are much higher than our results. Difference in size samples or in analytical procedure may be the reason and has to be investigated.

Cu / Zn average values of 5.80 / 628, 8.45 / 407 and 2.35 / 213 respectively found in *Crassostrea Gasar* in Nigeria (Okoye, 1991), in Cameroon (Mbone, 1988) and in South Africa (Watling and Watling, 1987) can be compared with our 1993 rainy seasons overall averages of 8.12 and 587 mg/kg FW for Cu and Zn respectively.

Comparing Côte d'Ivoire average values for Cu and Zn with other areas in the world is not alarming. In France, regular monitoring of oysters for commercial purpose since 1978, have shown average values of 133 and 2100 mg/kg DW for Cu and Zn (RNO-France, 1991) corresponding to 21.3 for Cu and to 336 for Zn mg/kg FW, considering a 84 % of water.

Variation coefficients (VC) show the dispersion of metal concentrations in the studied zone. For Cu, a % VC of about 65 % indicates less variability of Cu bioaccumulation than for Zn with % VC varying from 143% to 96%. This latest % VC is biased by the fact that oysters from rural zones (Sts. 3, 4 and 17) as well from remote urban zones (Sts 10, 11 and 12) have not been analyzed. Whether this difference is linked to higher bioaccumulation rates for Zn than for Cu or to higher contamination level by Zn has not been investigated by us. During his study Metongo (1991) postulated first hypothesis.

As no sampling reflecting dry season conditions have been made no discussion concerning seasonal variations can be made at this time. Further results will show effect of rainy season with high urban runoff compared with dry season.

Portmann et al. (1989) have reported that Cu and Zn concentrations in Korle lagoon in Accra (Ghana) were higher than levels in neighbourhood lagoons by at least an order of magnitude, reflecting industrial and sewage input. Marchand and Martin (1985) and Kouadio and Tréfy (1987) have reported hot spots higher heavy metals maximum values in the sediment from Ebrié lagoon than the ones reported by other authors in Nigeria and Ghana lagoons, which they attributed to the disposal of untreated sewage and industrial effluent.

Very high levels of Zn and relatively higher levels of Cu in the Baie de Biétry oysters suggest that effluent from SIR petroleum refinery are contributing significantly to the heavy metal pollution status of the bay.

As we have already seen in previous paragraph about hydrocarbon contamination, the Baie de Biétry is heavily contaminated by the petroleum refinery.

Microbiological conditions

A consequence of the discharge of untreated domestic sewage into the lagoon is the microbial contamination of water, sediment and fishery resources. The bacteriological state of water can be evaluated by counting of faecal coliforms (FC), faecal streptococci (FS) and clostridium perfringens (CP) germs.

Seasonal variation of faecal pollution in the lagoon surface waters. Fig. 5 represents annual variations of the FC, FS and CP germs.

There is a good correlation between the three tracers of faecal contamination. The bays of Abidjan city, particularly Marcory (St.8), Yopougon (St.3) and Cocody (St.6) are most of the time extremely polluted. The more polluted bays have their highest values of the faecal indicators during the period of the Harmattan

The other bays of the city, i.e. Biétry (St.2) and Banco (ST.5) show also at some period of the year very high contamination levels. Decrease of concentrations in the most polluted bays during the rainy season can be attributed to dilution effects while increase in concentrations of the less polluted sites is probably due to urban wash out. As expected the concentration ratio for FS:FC is 1:10 throughout the year. Considering European bathing standards ("bathing not recommended" if FS germs > 10/100 ml or FC germs > 100/100 ml and "bathing dangerous if FS germs > 100/100 ml or FC germs > 2000/100 ml) bathing is dangerous in Abidjan lagoon and should be forbidden. Incredible concentrations for natural waters of FS germs > 10,000 and FC germs > 200,000 are frequently exceeded. According to American standards (FC germs > 5000/100 ml) all the zone is unfit for any purpose, including fishing.

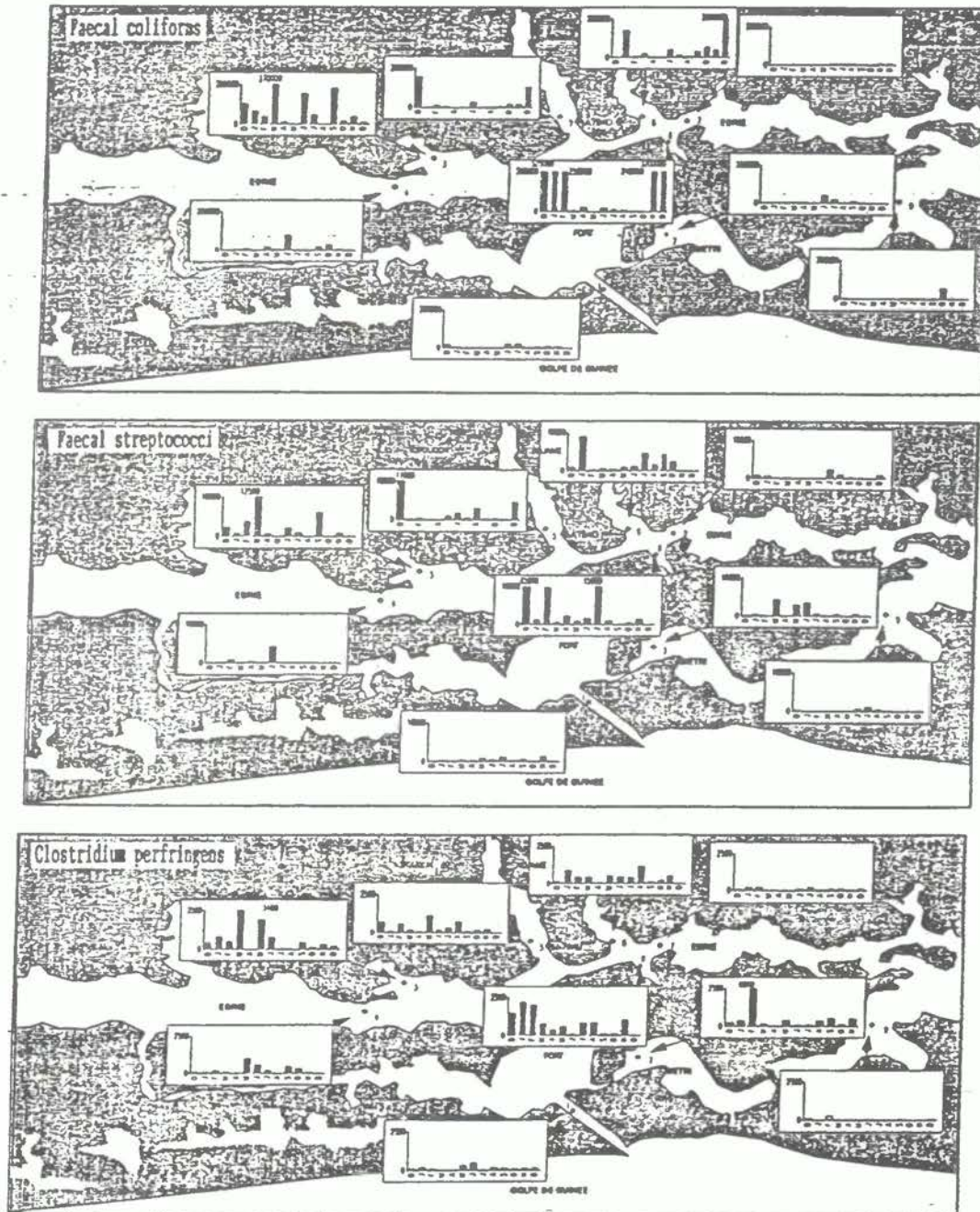


Figure 5. Seasonal variation of faecal pollution, faecal streptococci (a), faecal coliforms (b) and *Clostridium perfringens* (c).

Vibrio parahaemolyticus seasonal variation in the lagoon oysters. Neither salmonella or Shigellas were detected, nor was found *Vibrio cholera* (table 4). Whether this fact could be attributed for the two first

species to the method of direct enrichment in HAJNA has not been investigated. *Vibrio parahaemolyticus* was found in 3 of 10 samples during the first campaign and 13 of 15 samples during the second one. This species is probably endemic and its presence may be related to seasonal water parameters variations.

TABLE 4 PATHOGEN GERM CONTAMINATION IN LAGOON OYSTERS

Stations	Vibrio		Salmonella/shigella		Others	
	I	II	I	II	I	II
1. Baie de yopougon	NO ¹	P	NO	NO	-	-
2. Lahou Kpanda		P		NO		-
3. Assinie Mafia		P		NO		-
4. Assouindé		V+A		NO		-
5. Ile Boulay	P	P+A	NO	NO	-	-
6. Azuretti Gbambié		P+A		NO		-
8. Baie de Biétry	NO	P+A	NO	NO	H	-
9. Baie de Bingerville	V	P+A	NO	NO	H	-
10. Baie de M'Badon	F	P	NO	NO	-	-
11. East channel		A		NO		-
12. Ile aux serpents	V		NO		H	
13. Baie de Koumassi	V	P	NO	NO	H	-
14. Baie d'Adiopodoumé	P	P	NO	NO	-	-
15. Baie de Marcory	P	NO	NO	NO	-	H
16. Baie de Banco	NO	P+A	NO	NO	H	-
17. Diem - Jacqueville		P		NO		-

¹ I and II correspond to october 93 and march-april 94 sampling dates respectively.

² P, V, A, F, H and NO stand for *Vibrio Parahaemolyticus*, *Vibrio Vulnificus*, *Vibrio Alginolyticus*, *Vibro Fluvialis*, *Aeromonas Hydrophila* and no presence. In table 5 we have reported potential human diseases that could be provoked by the germs found in the analyzed oysters.

TABLE 5 POTENTIAL DISEASES PROVOKED BY GERMS

Germ	Disease	Symptom
<i>Vibrio Parahaemolyticus</i>	<i>Gastroenteritis</i>	<i>Diarrhea</i>
<i>Vibrio Vulnificus</i>	<i>Septicemy</i>	
<i>Vibrio Alginolyticus</i>	<i>May be pathogen</i>	<i>Skin infection</i>
<i>Aeromonas Hydrophila</i>	<i>May be pathogen</i>	

NATIONAL AND INTERNATIONAL STRATEGY FOR MARINE POLLUTION COMBATING

In the field of marine and lagoon exploitation and of maritime development the ministry of environment "Ministère de l'Environnement et du Tourisme (MET)" collaborates with other technical ministeries and with economical operators.

The "Ministère de l'Équipement et des Transports" and the MET represent Côte d'Ivoire at the conferences and meetings for conventions dealing with protection of marine ecosystem. The MET is in charge of the

control of the application of various conventions for the protection of the marine environment. In table are listed the different conventions signed by the Ivorian government.

TABLE 6 INTERNATIONAL CONVENTIONS AND TREATIES
FOR PRESERVATION AND COMBATING MARINE POLLUTION

Convention or treaty	Objectives	Date of membership/ date of application of Côte d'Ivoire
OILPOL 54	Prevention of sea pollution by hydrocarbons	17/03/1967 17/06/1967
Civil Liability Convention CLC	Compensation of accidental damage by oil pollution	21/06/1973 19/06/1975
Convention on maritime operation	Maritime operation in case of accident	08/01/1988 07/04/1988
FIPOL 71	Complement of CLC convention International funding for compensation in case of oil pollution	05/10/1987 03/01/1988
London Dumping Convention LDC 72	Protection of the marine environment against dumping of wastes and residues	09/10/1987 08/11/1988
MARPOL 73/78 Convention	Prevention against spills from handling of chemical substances and oil operations	05/10/1987 03/01/1988
WACAF Convention	Protection of marine, coastal and continental zones of West and Central African countries	23/03/1981 05/08/1984
OPRC Convention	International cooperation and coordination for pollution combating	In process

The CIAPOL is the nationally responsible authority in charge of the national oil spill contingency plan named Plan POLUMAR. This plan is based on three elements, a decree of 12 September 1985, an inter-ministerial decision of application of the decree in elaboration and an emergency technical plan in elaboration.

The CIAPOL is responsible for all matters related to marine oil and chemical spill contingency planning in Côte d'Ivoire. Operational and administrative work in connection with the implementation of the Plan POLUMAR as well as daily running of the contingency organization has been delegated to the CIPOMAR. The staff of the CIPOMAR has been trained in the use of the oil spill recovery equipment and alert procedures and communications have been introduced.

CONCLUSION

Cooperation project has permitted development of CIAPOL structure and implementation of an environmental monitoring network and of a pollution combating unit in Côte d'Ivoire.

LCE has reached one of his objectives, the evaluation of levels in lagoon, coastal and continental zones. Next objective will be to evaluate tendencies. Aquatic pollution from domestic sources is a crucial problem in Côte d'Ivoire lagoons. Monitoring programs have permitted tracing of origin and extent of pollution problems. In the future they will permit judging the efficiency of the sea water outfall project on the quality of the Ebrié lagoon water and to see the impact on the coastal seawater and shores.

The centre has acquired equipment, experience and manpower for environment monitoring and pollution combating. The CIPOMAR has efficient equipment to deal with pollution problems especially oil pollution. The LCE has analytical capabilities to carry out most of routine chemical water analyses and microbiological expertise. New methods will be adapted for other potential contaminants such as organophosphorus pesticides, surfactants, fluorides, cyanides and phenols. Intensive efforts have been put on adaptation of systematic analytical quality control principles and continuous struggle is devoted to install an efficient and lasting quality assurance program. Next goals are to promote LCE to reference laboratory standards and CIPOMAR to international oil pollution expertise capabilities. CIAPOL could act as the regional centre for the WACAF region. It will be LCE responsibility to adapt and develop needed methodologies to monitor new pollutants that might be introduced in the water environment. Its actual role is to inform authorities about pollution problems and to propose solutions. In the future CIAPOL should participate in programs for the adaptation of Low and Non-Waste Technologies (NWT) for industries.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are pleased to acknowledge the help of all participants in the project and particularly Mr. Henrik Thostrup, resident microbiology advisor, who helped in the preparation of this article; VKI-Denmark for proof reading and editing of the paper, the Ministère de l'Environnement de Côte d'Ivoire and DANIDA who financed the project.

REFERENCES

- Benschneider, K., Robinson, R.J. (1952). A new method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96.
- Chantraine, J.M., Dufour, P. (1984). *Réseau national d'observation de la qualité des eaux marines et lagunaires en Côte d'Ivoire, Etude de faisabilité, Octobre 1981 - septembre 1983*, Abidjan
- Dufour, P., Cremoux, J.L., Slepouhka, M. (1981). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 51, 247-267.
- Garfield, F.M. (1991). Quality assurance principles for analytical laboratories. Association of Official Analytical Chemists. *Library of Congress Catalog Card Number 91-22409*.
- Johansson, O., Wedborg, M. (1980). The ammonia-ammonium equilibrium in sea-water at temperatures between 5 and 25°C. *J. Solut. Chem.* 9 (1), 37-44.
- Koroleff, F. (1969). Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *ICES, C.M. 19697C : 9 Hydro. Comm.*
- Kouadio, I., Trefry, J.H. (1987). Sediment trace metal contamination in the Ivory Coast, West Africa. *Water Air Soil Pollut.*, 32, 145-154.
- Literathy, P., Morel, G., Zorba, M., Samhan, O., Al-Bloushi, A., Al-Hashash, H., Jacob, P.G. (1990). petroleum compounds in the marine environment of Kuwait. *EES 100 Final Report*, KISR, Kuwait.
- Marchand, M., Martin, J.-L., (1985). Pollution chimique de la lagune d'Abidjan. *Océanogr. trop.* 20 (1), 25-39.
- Mbome, L.I. (1988). Heavy metals in marine organisms from Cameroon. Accra, *WACAF/2 Workshop Report*, 11pp.
- Metongo, B.S. (1991). Concentrations en métaux toxiques chez *Crassostrea Gasar* (huitre de mangrove) en zone urbaine lagunaire d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan.* 1 (1), 33-45.

- Mořel, G., Samhan, O., Literathy, P., Al-hashash, H., Moulin, L., Saeed, T., Al-matrook, K., Martin-Bouyer, M., Saber, A., Paturel, L., Jarosz, J., Vial, M., Combet, E., Fashingier, C., Suptil, J. (1991). Evaluation of chromatographic and spectroscopic methods for the analysis of petroleum-derived compounds in the environment. *Fresenius J. Anal. Chem.* 339. 699-715.
- Murphy, J., Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27. 31-36.
- Okoyé, O. (1991). Cited in *A review of heavy metals in the African aquatic environment*. Committee for Inland Fisheries in Africa, Working Party on Pollution and Fisheries. 1991. Accra, Ghana, FAO Regional Office for Africa.
- Portman, J.E., Biney, C.A., Ibe, A.C., Zabi, S. (1989). State of the marine environment in the West and Central Abidjan region. *UNEP Regional Seas Report and Studies No. 108*. 43 pp.
- RNO-France (1991). *Surveillance du Millieu Marin, Travaux du RNO, Edition 1991*, Neuilly-sur-Seine, Ministère de l'Environnement.
- US-EPA (1985). *Ambient water quality criteria for ammonia - 1984*, Duluth, Minnesota, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development.
- Watling, H.R., Watling, R.J. (1982). Cited in *A review of heavy metals in the African aquatic environment*. Committee for Inland Fisheries in Africa, Working Party on Pollution and Fisheries. 1991. Accra, Ghana, FAO Regional Office for Africa.
- WHO (1986). *Environmental Health Criteria 54 - Ammonia*, Geneva, World Health Organization (IPCS International Programme on Chemical Safety).

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

RAPPORT NATIONAL DU MALI

MINISTERE DES MINES, DE L'ENERGIE
ET DE L'HYDRAULIQUE

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un But - Une Foi

DIRECTION NATIONALE
DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENERGIE

LABORATOIRE DE LA QUALITE
DES EAUX

RAPPORT SUR LA QUALITE DES EAUX
AU MALI

MARS 1995

1. INTRODUCTION

Le Mali pays continental d'une superficie de 1.240.000 km² compte 10.000.000 d'habitants. Les principales ressources sont l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'industrie.

Il est arrosé par les 2 grands fleuves de l'Afrique de l'Ouest : le Niger et le Sénégal.

Le Niger long de 4.200 km dont 1.700 km au Mali a pour affluents le Bani et le Sankarani.

Formé au Mali par la rencontre du Bafing et du Bakoye, le Sénégal compte 1.700 km (environ 300 km au Mali).

Toute menace sur la vie de ces 2 fleuves compromettra dangereusement l'économie des pays riverains en général et celle du Mali en particulier.

2. LA QUALITE DES RESSOURCES EN EAU

La sécheresse et la pollution ont incontestablement influé sur la quantité et la qualité des ressources en eau du Mali. Le Laboratoire de la Qualité des Eaux est chargé de déterminer, gérer et protéger la qualité des ressources en eau au Mali.

2.1. Les eaux de surface (voir en annexe quelques résultats)

La démographie galopante, l'industrialisation croissante et l'inexistence d'une politique adéquate d'assainissement constituent une menace pour la qualité des ressources en eau en général et des eaux de surface en particulier.

Cette dégradation de la qualité de l'eau de nos fleuves est caractérisée par :

- le rejet sans traitement des eaux usées domestiques des grandes villes riveraines du Sénégal (Kayes) ou du Niger (Bamako, Koulikoro, Ségou, Mopti, Tombouctou et Gao) ;
- le rejet sans traitement des différentes unités industrielles concentrées à Bamako, Koulikoro et Ségou : SOMAPIL, TAMALI, Abattoir Frigorifique, ITEMA, Huilerie, Savonnerie, COMATEX

etc... ;

- l'utilisation abusive et non contrôlée des intrants agricoles tout le long des fleuves : pesticides et engrais organiques. En Juillet 1993 les eaux des réseaux AEP de Bamako et Koulikoro ont été contaminées par les pesticides. Ceci obligea ainsi les habitants des 2 villes à se rabattre sur les eaux de puits ou de forages pendant une semaine (résultat voir annexe) ;
- le rejet des unités artisanales : les teintures.

Malgré toutes ces menaces qui pèsent sur les ressources en eau, les résultats obtenus sur le Niger par le Laboratoire de la Qualité des Eaux et certains laboratoires étrangers, montrent que les teneurs des éléments majeurs, mineurs et les éléments traces ne sont pas inquiétantes. Les teneurs de l'oxygène dissous varient entre 4 et 6 mg/l.

Cependant on observe une prolifération de plantes aquatiques aux lieux de rejet des eaux usées domestiques. A ce niveau la teneur en orthophosphate peut atteindre 2 mg/l. On assiste donc à un début d'eutrophisation.

2.2. Les eaux souterraines (voir an annexe quelques résultats)

On y distingue les nappes superficielles et les nappes profondes.

2.2.1 **Les eaux superficielles** : Ces eaux sont exploitées à partir des puits traditionnels qui tarissent entre les mois de Mars et Juillet.

Elles sont polluées à partir :

- des eaux usées domestiques des grandes villes : A Bamako on enregistre plus de 150 mg/l de NO_3^- , 100 mg/l de Cl^- dans l'eau de puits de certains vieux quartiers. A ce niveau également toutes les eaux font l'objet d'une contamination fécale ;
- des unités artisanales notamment les teintureriers et les savonneries

- des industries minières
- des graisses et des hydrocarbures Chemin de Fer du Mali, des stations d'essence, des garages.

2.2.2 Les nappes profondes : Ces eaux sont exploitées à partir des forages et des puits modernes. Elles présentent très peu de problèmes de qualité (pollution bactériologique 5 %). Les paramètres chimiques sont presque tous conformes aux normes OMS.

Cependant compte tenu de la formation géologique des régions Nord du Mali, on enregistre souvent des concentration très élevées de certains paramètres :

Na ⁺	:	(600 mg/l)	Cl ⁻	(500 mg/l)
Cond	:	3.700	μS/cm	
SO ₄ ⁻⁻	:	(1.137 mg/l).		

Dans le Mali Sud nous rencontrons des eaux très agressives 15 % à 20 %.

2.3. Les eaux de pluie

L'analyse des eaux de pluie a donné les résultats suivants :

Couleur	:	0	Haren
Turbidité	:	0	NTU
pH	:	6,9	
NO ₃ ⁻	:	0,01 mg/	

A-4.1 TENEURS EN PESTICIDES ORGANOCHLORES (ug/l)

POINT DE PREVELEMENT	ORGANOPHOSPHORES	ORGANOCHLORES
	DIAZINON SD= 0,01	LINDANE SD= 0,001
1 *	0,4	0,047
2 *	1,1	0,930
3 *	<SD	<SD
4 **	0,30	0,035
5 **	0,15	0,036

Organophosphores Seuil de détection

Malathion	0,03	<SD
DDVP	0,01	<SD
Guthion	0,01	<SD
Ethion	0,03	<SD
Naled	0,05	<SD
Methyl parathion	0,01	<SD
Phosdrin	0,01	<SD

resultat d'analyse
dans tout les 5
echantillons

Organochlores

BHC	0,001	<SD
Aldrine	0,001	<SD
Heptachlore	0,001	<SD
Dieldrine	0,002	<SD
Endrine	0,002	<SD
DDE	0,003	<SD
TDE	0,008	<SD
DDT	0,005	<SD

SD = Seuil de Détection

* = Echantillons 1-3 ont été prélevés à Bamako le 8 à 14 juillet 1993

** = Echantillons 4-5 ont été prélevés à Koulikoro 14 juillet 1993

A. 4.2 Analyses de l'eau à l'ouest du Niger.

Lieu de prélèvement	date	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Alca- linité	Dureté totale	Turbid- ité	con- leur	ph	cond	sol- ds dis- sous	I.R.
Dikoron (EDM)	07-06-94	4,01	2,43	5,6	1,6	0,10	11,5	3,0	0	32	0,20	26	20	5	15	7,4	93	70,53	12,47
Saraya milieu du fleuve	07-06-94	4,01	2,43	5,0	2,1	0,05	0,5	1,0	0	33	0,00	27	20	4	10	7,3	51	38,68	12,49
Kalibougou milieu du fleuve	07-06-94	4,01	2,43	5,2	2,4	0,03	0	3,0	0	33	0,60	27	20	3	15	7,2	53	40,19	12,59
Djotba milieu du fleuve	07-06-94	4,01	3,40	5,0	2,4	0,05	0	5,0	0	33	0,10	27	24	4	10	7,6	52	39,44	12,19
Kentouba milieu du fleuve	07-06-94	8,02	0,90	3,2	2,6	0,05	0	0,0	0	35	0,00	29	24	7	25	7,4	57	43,23	11,73
Deputa Niger-Sankarani	07-06-94	3,21	3,88	4,0	1,8	0,03	0	0,0	0	38	0,10	31	24	3	25	8,1	44	48,04	11,77
Deputa Niger milieu du fleuve	07-06-94	4,81	2,91	3,0	2,9	0,08	0	4,0	0	32	0,50	26	28	1	10	7,6	61	77,49	11,97
Banankoro milieu du fleuve	07-06-94	3,21	2,91	3,5	2,8	0,11	0	1,0	0	32	0,00	26	20	6	40	7,5	54	40,95	12,52
Djiboroni (EDM)	16-06-94	4,81	0,96	3,6	2,3	0,5	0	7,9	0	26	0,20	21	16	88	50	7,0	44	48,05	12,86
Saraya Saint Augustin	16-06-94	4,01	1,45	3,4	2,3	0,38	0	6,0	0	26	0,20	21	16	5	50	6,8	45	49,14	13,22
Kentouba milieu du fleuve	16-06-94	3,22	1,94	3,2	2,3	0,70	0	9,7	0	23	0,10	19	16	12	>50	7,1	40	45,68	13,19
Deputa Niger-Sankarani	16-06-94	4,01	1,45	3,6	1,8	0,13	0	4,0	0	27	0,10	22	16	4	35	7,4	43	46,95	12,58
Deputa Niger milieu du fleuve	16-06-94	4,01	0,48	3,2	2,3	0,75	0	9,0	0	22	0,20	18	12	14	>50	7,4	39	42,58	12,75
Banankoro milieu du fleuve	16-06-94	4,01	1,45	3,2	2,3	0,65	0	9,0	0	23	0,00	19	16	14	>50	7,3	39	42,58	12,79
Kerbabougou milieu du fleuve	16-06-94	3,21	2,91	2,1	1,3	0,28	0	0,0	0	26	0,20	21	20	2	35	7,2	44	48,05	13,01
Djiboroni (EDM)	05-10-94	4,00	0,49	2,0	1,4	0,6	0	0,0	0	22	0,1	18	12	3	10	6,9	36	39,31	13,24
Saraya Saint Augustin	05-10-94	4,01	1,45	1,8	1,5	0,07	1,5	3,25	0	18	0,2	13	16	4	15	6,9	47	51,32	13,41
Banankoro bord du fleuve	05-10-94	7,21	2,43	1,4	1,2	0,39	0	0,0	0	35	0,0	27	28	2	20	7,3	44	48,04	12,12
Saraya bord du fleuve	05-10-94	3,21	2,91	1,8	1,2	0,33	10	0,0	0	22	0,2	18	20	2	25	6,7	34	37,13	13,63
Montabougou bord du fleuve	05-10-94	3,21	0,97	2,0	1,4	0,75	0	0,5	0	22	0,0	18	12	7	25	6,8	35	36,04	13,53

VOORLOPIG

Pagina : 2 / 7
 Opdrachtnummer : 500170
 Productiedatum : 22/12/94
 Projektnummer : 5700116.001

Omschrijving : Verontreiniging Niger
 Analyseresultaten Oppervlaktewater(en)

Monstercode: 1 Opp.water monster

Monstercode 1

Parameter	eenheid	rapportagegrens
-----------	---------	-----------------

Monsternaamdatum

Fysisch chemisch onderzoek

pH	-	7,6
Geleidingsvermogen (20°C)	µS/cm	23
Bromide (HPLC)	mg/l	0,10 < 0,10
Chloride (HPLC)	mg/l	0,35 < 0,35
Nitraat als N (HPLC)	mg/l	0,04 < 0,04
Nitriet als N (HPLC)	mg/l	0,051 < 0,051
Sulfaat (HPLC)	mg/l	0,10 1,2
o-Fosfaat als (P) (HPLC)	mg/l	0,09 < 0,09
Fluoride (HPLC)	mg/l	0,05 < 0,05
TOC	mg/l	- < 5,0

Metalen (AAS, AES)

Arseen (Hydride techniek)	µg/l	2,0 < 2,0
Cadmium (ICP-USV)	µg/l	0,50 < 0,50
Calcium (Vlam)	mg/l	0,10 0,12
Chroom (ICP-USV)	µg/l	2,0 < 2,0
Kalium (Vlam)	mg/l	0,10 0,98
Koper (ICP-USV)	µg/l	2,0 < 2,0
Kwik (vlgs. NEN 6449)	µg/l	0,10 < 0,10
Lood (ICP-USV)	µg/l	5,0 < 5,0
Magnesium (Vlam)	mg/l	0,05 < 0,05
Mangaan (ICP)	mg/l	0,050 < 0,050
Natrium (Vlam)	mg/l	0,50 2,5
Nikkel (ICP-USV)	µg/l	5,0 < 5,0
IJzer (ICP)	mg/l	0,02 0,89
Zink (ICP-USV)	µg/l	5,0 < 5,0

Adviesbureau voor water en milieu

VOORLOPIG

Pagina : 3 / 7
 Opdrachtnummer : 500170
 Productiedatum : 22/12/94
 Projektnummer : 5700116.001

Omschrijving : Verantreiniging Niger
 Analyseresultaten Oppervlaktewater(en)

Monstercode: 1 Opp.water monster

Monstercode 1

Parameter eenheid rapportagegrens

 Monsternamedatum

Kwantitatieve GCMS analyse na vloeistofextractie (niet vluchtig)

Alkanen

C12 - C18	µg/l	0,10	< 0,70 1)
C18 - C24	µg/l	0,10	< 0,70
C24 - C30	µg/l	0,10	< 0,70

Polycyclische aromaten

Naftaleen	µg/l	0,05	< 0,05
Acenaftyleen	µg/l	0,05	< 0,05
Acenafteen	µg/l	0,05	< 0,05
Fluoreen	µg/l	0,05	< 0,05
Fenanthreen	µg/l	0,05	< 0,05
Anthraceen	µg/l	0,05	< 0,05
Fluorantheen	µg/l	0,05	< 0,15 1)
Pyreen	µg/l	0,05	< 0,18
Benzo(a)anthraceen	µg/l	0,10	< 0,45
Chryseen	µg/l	0,10	< 0,65
Benzofluorantheen	µg/l	0,10	< 1,4
Benzo(a)pyreen	µg/l	0,10	< 0,75
Dibenz(ah)anthraceen	µg/l	0,20	< 0,40
Benzo(ghi)peryleen	µg/l	0,20	< 0,60
Indeno(123cd)pyreen	µg/l	0,20	< 0,75

Fenolen

Fenol	µg/l	0,50	< 0,50
Methylfenolen(cresolen)	µg/l	0,20	< 0,20
2,4 Dimethylfenol	µg/l	0,20	< 0,20
4 Chloor 3 methylfenol	µg/l	0,50	< 0,50
Monochloorfenolen	µg/l	0,20	< 0,20

VOORLOPIG

Pagina : 4 / 7
 Opdrachtnummer : 500170
 Productiedatum : 22/12/96
 Projektnummer : 5700116.001

Omschrijving : Verontreiniging Niger
 Analyseresultaten Oppervlaktewater(en)

Monstercode: 1 Opp.water monster

Monstercode	1		
Parameter	eenheid	rapportagegrens	

Monsternamedatum			
Kwantitatieve GCMS analyse na vloeistofextractie (niet vluchtig)			

<u>Fenolen (vervolg)</u>			
Dichloorfenolen	µg/l	0,20	< 0,20
Trichloorfenolen	µg/l	0,20	< 0,20
Tetrachloorfenolen	µg/l	0,20	< 0,20
Pentachloorfenol	µg/l	0,10	< 0,10
<u>Chloorbenzenen</u>			
Trichloorbenzenen	µg/l	0,20	< 0,20
Tetrachloorbenzenen	µg/l	0,10	< 0,10
Pentachloorbenzenen	µg/l	0,10	< 0,10
<u>Chloorpestifiden</u>			
alfa HCH	µg/l	0,10	< 0,10
beta HCH	µg/l	0,10	< 0,10
gamma HCH	µg/l	0,10	< 0,10
delta HCH	µg/l	0,10	< 0,10
HCB	µg/l	0,10	< 0,10
Heptachloor	µg/l	0,10	< 0,10
Heptachlooroxide	µg/l	0,10	< 0,10
Aldrin	µg/l	0,10	< 0,10
Telodrin	µg/l	0,10	< 0,10
Isodrin	µg/l	0,10	< 0,10
Dieldrin	µg/l	0,10	< 0,10
Endrin	µg/l	0,20	< 0,20
alfa-Endosulfan	µg/l	0,20	< 0,20
beta-Endosulfan	µg/l	0,20	< 0,20
2,4 DDE	µg/l	0,10	< 0,10
4,4 DDE	µg/l	0,10	< 0,10



I'MACO IS INGESCHREVEN IN HET
 STERLAB REGISTER VOOR
 LABORATORIA ONDER NR. 51 VOOR
 GEBIEDEN ZOALS HADEN OMSCHRIJVEN
 IN DE ERKENNING.

QUALIFIED
 BY STERLAB

Adviesbureau voor water en milieu

VOORLOPIG

Pagina : 5 / 7
 Opdrachtnummer : 500170
 Produktiedatum : 22/12/94
 Projektnummer : 5700116.001

Omschrijving : Verontreiniging Niger
 Analyseresultaten Oppervlaktewater(en)

Monstercode : 1 Opp.water monster

Monstercode : 1

Parameter eenheid rapportagegrens

Monsternamenstatus

Kwantitatieve GCMS analyse na vloeistofextractie (niet vluchtig)

Chloorpesticiden (vervolg)

2,4 DDD	µg/l	0,10	< 0,10
4,4 DDD	µg/l	0,10	0,12
2,4 DDT	µg/l	0,10	< 0,10
4,4 DDT	µg/l	0,10	< 0,10
Hexachloor- γ butadieen	µg/l	0,10	< 0,10

PCB's

PCB no. 28	µg/l	0,20	< 0,20
PCB no. 52	µg/l	0,20	< 0,20
PCB no. 101	µg/l	0,20	< 0,20
PCB no. 118	µg/l	0,20	< 0,20
PCB no. 138	µg/l	0,20	< 0,20
PCB no. 153	µg/l	0,20	< 0,20
PCB no. 180	µg/l	0,20	< 0,20

Fosforpesticiden

Dichloorvos	µg/l	0,10	< 0,10
Mevinphos	µg/l	0,10	< 0,10
Dimethoaat	µg/l	0,10	< 0,10
Diazinon	µg/l	0,10	< 0,10
Disulfoton	µg/l	0,10	< 0,10
Parathion-methyl	µg/l	0,10	< 0,10
Malathion	µg/l	0,10	< 0,10
Fenthion	µg/l	0,10	< 0,10
Parathion-ethyl	µg/l	0,10	< 0,10
Chloorpyrifos-ethyl	µg/l	0,10	< 0,10
Bromophos-ethyl	µg/l	0,10	< 0,10

VOORLOPIG

Pagina : 6 / 7
 Opdrachtnummer : 500170
 Productiedatum : 22/12/94
 Projektnummer : 5700116.001

Omschrijving: Verontreiniging Niger
 Analyseresultaten Oppervlaktewater(en)

Monstercode 1 Opp.water monster

Monstercode 1

Parameter eenheid rapportagegrens

Monsternamedatum

Kwantitatieve GCMS analyse na vloeistofextractie (niet vluchtig)

Fosforpesticiden (vervoeg)

Bromophos-ethyl $\mu\text{g/l}$ 0,10 < 0,10

Stikstofpesticiden

Atrazine $\mu\text{g/l}$ 0,10 < 0,10

Propazine $\mu\text{g/l}$ 0,10 < 0,10

Simazine $\mu\text{g/l}$ 0,10 < 0,10

Terbutryn $\mu\text{g/l}$ 0,10 < 0,10

Ftalaten

Dimethylftalaat $\mu\text{g/l}$ 0,05 < 0,05

Diethylftalaat $\mu\text{g/l}$ 0,05 < 0,05

Di-n-butylftalaat $\mu\text{g/l}$ 0,05 < 0,05

RESULTATS GEMS/EAU : MARS 1993

I - EAU DE SURFACE

VILLAGES	N° LABO	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe+2	S. D.	U1-	SO4-2	CO3-2	HCO3-	NO3-	ATca.	Dure.	NH4+	NO2-	Turb.	Coul.	PO4-3	Ph	Cond.	92
KOULIKORO FLEUVE FACE I. P. R	77 C	5,6	0,48	3,2	1,3	0,02	4935	1,0	0,25	0,0	2,9	0,3	24	16	-	0,003	1	10	0,14	6,0	54	10
KOULIKORO FLEUVE FACE E. M. I. A	78 C	4,04	1,45	4,1	1,5	0,03	5248	0,25	0,0	0,0	2,7	0,4	22	16	-	0,004	1	10	0,07	6,1	48	7,2
KOULIKORO (SOUBAN) FLEUVE FACE CAMPEMENT	79 C	5,6	0,48	3,20	1,30	0,34	5460	0,25	0,0	0,0	2,7	0,5	22	16	-	0,007	1	750	0,08	6,3	50	7,2
ZAHAKO (MORIBABOUGOU) FLEUVE PRES CAMP GENDARMES	80 C	3,2	1,94	3,40	1,5	0,03	5242	0,75	0,0	0,0	2,4	0,4	20	16	-	0,004	0	15	0,08	6,2	48	7,3
ZAHAKO (SEBENIKORO) FLEUVE POINT DE VENTE SABLE	81 C	4,04	1,45	3,40	1,3	0,03	5132	0,5	0,0	0,0	2,3	0,4	19	16	-	0,01	0	10	0,06	6,2	47	8,2
ZAHAKO FLEUVE FACE VILLAGE KIBARU	82 C	3,20	1,45	3,6	1,3	0,09	5152	0,5	0,0	0,0	2,4	0,3	20	14	-	0,003	1	10	0,05	6,2	47	9,2
KENIEROBA FLEUVE FACE PIEZO. HYDROLOGIE	14 D	4,8	0,96	4,40	1,60	0,14	3944	0,5	0,0	0,0	2,9	0,51	24	16	-	0,01	1	15	0,06	6,5	52	9,3
BELINGUE FLEUVE CAR. MILIEU DU FLEUVE	26 D	4,0	1,45	2,0	0,60	0,06	5248	1,0	0,0	0,0	2,2	0,3	18	16	-	0,003	1	15	0,07	7,1	48	-
KANGARE FLEUVE SANKARANI-OUASSOULOU	27 D	4,80	0,97	3,20	1,40	0,09	5023	0,50	0,0	0,0	2,4	0,20	20	16	-	0,01	1	15	0,10	7,1	46	-
BELINGUE FLEUVE APRES BARRAGE	28 D	3,20	1,94	2,90	1,00	0,45	5023	0,50	0,0	0,0	2,1	1,4	17	16	-	0,01	1	30	0,06	6,5	46	-

RESULTATS GEMS/EAU : MARS 1993

II - EAU SOUTERRAINE

VILLAGES	N° LABO	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe+2	S.D.	Cl-	SO4-2	CO3-2	HCO3-	NO3-	Alca.	Dure.	NH4+	NO2-	Turb.	Cou1.	PO4-3	Ph	Cond.	IR
NOSSOMBORGOU POMPE SOLAIRE	112 C	200,4	23,50	41,0	1,0	0,02	19530	3,0	0,50	0,0	2,40	1,0	172	188	-	0,007	0	10	0,16	7,2	344	9,78
NOSSOMBORGOU PUITS TRADIT. ATIOU KARGOS	113 C	24,8	1798	14,0	2,7	0,01	20678	14,1	0,0	0,0	1,5	0,2	37	136	-	0,02	1	10	0,16	6,2	361	1194
BANAKO FORAGE UMPP Conces. Chinoise	115 C	41,6	4309	14,4	7,5	0,09	22511	13,5	0,25	0,0	226	0,3	185	158	-	0,022	0	10	0,09	7,4	393	8,80
BANAKO FORAGE SABALIBORGOU MARCHÉ	116 C	15,61	3,39	0,8	10,10	0,15	6220	0,75	0,0	0,0	1,4	0,3	36	28	-	0,15	0	5	0,19	5,6	82	13,68

RESULTATS GEMS/EAU : JUIN 1993

I - EAU DE SURFACE

VILLAGES	N° LABO	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe+2	S.D.	Cl-	SO4-2	CO3-2	HCO3-	NO3-	Alca.	Dure.	NH4+	NO2-	Turb.	Cou1.	PO4-3	Ph	Cond.	SR
KOULIKORO FLEUVE FACE I.P.R	30 F	3,20	2,97	4,10	2,0	0,03	38,67	0,5	0,0	0,0	27	0,9	22	20	-	0,012	0	10	0,05	6,8	51	6,2
KOULIKORO FLEUVE FACE E.M.I.A	31 F	3,20	2,91	4,10	2,0	0,05	39,43	0	0,0	0,0	27	0,9	22	20	-	0,003	0	15	0,09	6,8	52	6,4
KOULIKORO (SOUBAN) FLEUVE FACE CANPEMENT	32 F	4,80	1,94	4,10	2,0	0,06	54,60	2	0,0	0,0	27	1,0	22	20	-	0,007	0	15	0,01	6,8	50	6,6
BAWAKO (MORIBABOUGOU) FLEUVE PRES CAMP GENDARMES	33 F	4,40	1,69	4,10	2,0	0,07	53,51	0,5	0,0	0,0	27	0,5	22	20	-	0,004	0	25	0,07	6,6	49	5,3
BAWAKO (SEBENIKORO) FLEUVE POINT DE VENTE SABLE	35 F	4,008	2,42	4,10	2,0	0,15	54,60	1,0	0,0	0,0	27	0,5	22	20	-	0,006	0	25	0,01	6,6	50	8,0
BAWAKO FLEUVE FACE VILLAGE KIBARU	34 F	4,80	1,94	4,10	2,0	0,08	39,43	1,0	0,0	0,0	27	0,5	22	20	-	0,015	0	25	0,04	6,8	52	6,7
KENIEROBA FLEUVE FACE PIEZO.HYDROLOGIE	36 F	4,81	2,91	4,10	2,0	0,22	39,43	1,0	0,0	0,0	28	1,0	23	24	-	0,011	1	15	0,07	7,0	52	7,0
SELINGUE FLEUVE CAR.MILIEU DU FLEUVE	84 F	4,008	2,42	4,10	1,0	0,02	50,25	1,0	0,0	0,0	28	0,1	23	20	-	0,005	0	20	0,11	6,8	46	6,4
KANGARE FLEUVE SANKARANT-OUASSOULOU	85 F	4,008	2,42	3,0	1,0	0,03	48,05	1,0	0,0	0,0	26	0,2	21	20	-	0,004	0	20	0,03	6,8	44	7,5
SELINGUE FLEUVE APRES BARRAGE	86 F	3,20	2,43	3,7	1,4	0,03	49,14	0,25	0,0	0,0	27	0,2	22	18	-	0,006	0	25	0,10	6,8	45	6,6

RESULTATS GEMS/EAU : JUIN 1993

II - EAU SOUTERRAINE

VILLAGES	N° LABO	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe+2	S.D.	C1-	SO4-2	CO3-2	HCO3-	NO3-	Alca.	Dure.	NH4+	NO2-	Turb.	Cou1.	PO4-3	Ph	Cond.	IR
NOSSOMBOUGOU POMPE SOLAIRE	38 F	1923	3399	2,14	111	0,01	191,38	3,5	0,0	0,0	205	1	168	188	-	0,008	0	5	0,27	7,2	334	983
NOSSOMBOUGOU PUITS TRADIT. AITOU KARCOS	39 F	2081	2136	43,6	2,6	0,03	197,20	36,25	0,0	0,0	49	15	40	140	-	0,045	1	10	0,05	6,0	345	1222
BAMAKO FORAGE UNPP Conces. Chinoise	53 F	4,008	4370	14,15	8,0	0,04	279,38	1,4	0,50	1,0	229	0,6	192	190	-	0,001	0	5	0,19	8,4	383	989
BAMAKO FORAGE SABALIBOUGOU MARCHIE	52 F	7,21	534	1,2	10,5	0,7	72,81	0,5	0,0	0,0	57	0,3	47	40	-	0,001	3	10	0,13	7,5	96	1134

Annexe 10
ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995

RAPPORT NATIONAL DU NIGER

REPUBLIQUE DU NIGER
MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENVIRONNEMENT
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU

ATELIER GEMS/EAU

OUAGADOUGOU (Burkina Faso), du 20 au 24 mars 1995

Surveillance de la Qualité de l'Eau au Niger : Réseau Programme Gems/eau

SOMMAIRE

	pages
1. Généralités sur les ressources en eau du Niger	1
1.1 Contexte géographique et géologique	1
1.2 Ressources en eau de surface	2
1.3 Ressources en eau souterraine	3
1.3.1 aquifère du socle cristallin	3
1.3.2 aquifères des bassins sédimentaires	3
2. Politique nationale en matière d'hydraulique	4
3. Programme national de surveillance	5
3.1 Bilan des activités	5
3.2 Sources de pollution et de contamination	6
3.3 Aspects institutionnels actuel du contrôle de la qualité de l'eau	6
4. Réseau national GEMS/EAU	7
5. Contraintes et perspectives	8

1. GENERALITES SUR LES RESSOURCES EN EAU DU NIGER

1.1 Contexte géographique et géologique

Le Niger couvre une superficie de 1 267 000 km². Il est situé entre les méridiens 0° et 16° de latitude Est, et entre les parallèles 12° et 23° de longitude Nord. Il s'étend d'Est en Ouest sur 1 700 km et du Nord au Sud sur 1 300 km.

La grande partie du pays se trouve dans une tranche d'altitude comprise entre 150 et 500 m. En dehors du plateau de l'Ader Doutchi qui atteint 750 m dans le Sud-Est du département de Tahoua, seuls le massif de l'Aïr et les plateaux du Djado dépassent significativement cette altitude. Le point culminant se trouve dans l'Aïr à 2 020 m.

Comme dans tous les pays sahéliens, une vaste partie du territoire est désertique et la population se concentre dans la frange Sud du pays.

Le climat est caractérisé par une longue saison sèche, et une mousson de Juin à Octobre pour le Sud du pays et de plus en plus courte en allant vers le Nord et l'Est.

La géologie du pays est constituée de plusieurs bassins sédimentaires datant du Cambrien au Quaternaire, souvent masqués par des sables dunaires quaternaires ou des cuirasses latéritiques. Ces bassins reposent en discordance sur un socle cristallin précambrien.

Le socle cristallin, éruptif ou métamorphique, est de lithologie très variable. Il n'affleure que sur environ 10 % de la surface du pays. Il s'agit :

- du Liptako, au Sud-Ouest.
- des Grès voltaïens dans la zone Sud du fleuve Niger.
- du Sud Maradi, du Damagaram et du Mounio, au Sud.
- de l'Aïr, au Nord.
- du socle du Tafassasset et son prolongement sous le Djado, au Nord-Est. Il est recouvert de quelques dizaines de mètres de sable quaternaire (le Ténére du Tafassasset) et affleure de part et d'autre du bassin du Djado.

Les zones sédimentaires sont organisées en deux grands ensembles séparés par l'Aïr :

- à l'Ouest et au Sud de l'Aïr, le bassin synclinal des Iullemeden, relativement homogène, d'une épaisseur totale maximale d'environ 2 000 m. Les sédiments vont du Primaire (en bordure Ouest de l'Aïr) au Tertiaire. Ils sont marins ou épicontinentaux jusqu'au Carbonifère, puis continentaux ("Continental Intercalaire/Hamadien" du Secondaire, "Continental Terminal" du Tertiaire) jusqu'au Crétacé, où les dépôts d'une phase marine comprenant plusieurs transgressions séparent les deux grandes formations continentales.
- à l'Est de l'Aïr et du socle du Tafassasset, quatre bassins synclinaux se suivent et se chevauchent du Nord au Sud : le bassin primaire du Djado, le bassin secondaire de Bilma, le bassin tertiaire et quaternaire d'Agadem, et enfin le bassin tertiaire et quaternaire du Tchad.

Un rift Nord-Sud, large d'une centaine de kilomètres, dont la géométrie exacte est encore peu connue, entaille le socle du Tafassasset à l'Ouest des quatre bassins. Il est comblé par des milliers de mètres de sédiments d'âge secondaire à quaternaire, et sa profondeur atteindrait 10 000 m sous le lac Tchad. Les bassins d'Agadem et du Tchad sont en continuité avec le remplissage sédimentaire du rift vers le Sud, dans le département de Diffa. A l'Ouest du rift, les sédiments secondaires et tertiaires ont une structure monoclinale vers l'Ouest/Sud-Ouest.

Le seuil du Socle du Damergou sépare les deux grands domaines sédimentaires Est et Ouest du Niger. Il sépare aussi de ce fait leurs systèmes hydrauliques.

Les sédiments des bassins nigériens sont principalement continentaux ou marins littoraux. De ce

fait, ils présentent souvent de rapides variations latérales et verticales de faciès. Ils sont toujours peu consolidés, généralement sableux ou argileux, rarement calcaires ou schisteux.

1.2 Ressources en eau de surface

Le réseau hydrographique nigérien est divisé en deux grands ensembles : un bassin occidental, drainé par le fleuve Niger et ses affluents, et un bassin oriental, drainé par le lac Tchad, la Komadougou et la Korama, mais dont la structure hydrographique a été oblitérée par les dépôts sableux quaternaires.

Le fleuve Niger, long de 400 km dans le pays, est le seul écoulement de surface permanent. Tous les autres cours d'eau sont temporaires et leur régime dépend des pluies.

Le réseau hydrographique est encore relativement structuré. Cependant, il est souvent en voie de fossilisation et parfois obstrué par des dunes récentes ; certaines vallées importantes comme les Dallols Bosso et Maouri n'ont plus de lit mineur bien défini, mais plutôt une large vallée alluviale où les cours d'eau temporaires divaguent, souvent en bras multiples. Les principaux éléments du réseau hydrographique sont :

- - le fleuve Niger et ses affluents en rive droite : le Gorouol, le Dargol, le Goroubi, la Diamangou, la Sirba, la Tapoa, la Mekrou,
- - les vallées de l'Ouest de l'Air,
- - les dallols Bosso et Maouri,
- - la Maggia, la Tarka et les vallées de l'Ader Doutchi,
- - les Goulbi N'Maradi et N'Kaba,
- - la Korama,
- - la Komadougou Yobé,
- - la cuvette du lac Tchad.

En ce qui concerne le lac Tchad, les eaux se sont retirées de la partie nigérienne du lac et n'en réoccupent une faible surface qu'exceptionnellement. Dans la Korama, les écoulements pérennes connus dans les années cinquante et soixante disparus depuis plus de quinze ans, ont fait leur apparition en 1994.

Les volumes écoulés représentent un potentiel en eau non négligeable, en particulier pour le fleuve et ses affluents en rive droite : ceux-ci coulent presque partout sur une zone géologique de socle, qui ne peut fournir que des volumes réduits d'eau souterraine ; ces cours d'eau sont donc la seule ressource utilisable pour l'irrigation des terres cultivables qu'ils traversent.

Les volumes écoulés annuels moyens totalisent environ 33 milliards de m³. Ils se répartissent de la façon suivante :

- Fleuve Niger	:	30 000 millions de m ³
- Affluents rive droite	:	2 200 millions de m ³
- Dallols Bosso et Maouri	:	? (écoulement très diffus)
- Koris de l'Ader Doutchi	:	200 millions de m ³
- Goulbi N'Maradi	:	200 millions de m ³
- Korama	:	10 millions de m ³
- Komadougou	:	500 millions de m ³
- Koris de l'Air	:	100 millions de m ³

Pour la plupart des cours d'eau temporaires, l'écoulement maximum est généralement observé en Août. L'écoulement de base est en général faible, avec des crues brutales directement liées aux épisodes orageux. Ces crues modifient souvent le lit mineur du cours d'eau et entraînent une érosion intense, qui menace villages et terres cultivables. Ce phénomène est particulièrement actif dans l'Ader Doutchi, dont le relief accusé favorise le déclenchement de crues très violentes.

Pour la Komadougou, l'écoulement maximum se produit en Octobre ou Novembre. Pour le fleuve Niger, il a lieu en Janvier ou Février. Ce décalage est dû à la grande longueur du fleuve et au retard de la crue en provenance de Guinée.

La baisse générale de la pluviométrie au Sahel depuis trente ans s'est aussi traduite dans les débits des cours d'eau. On a même observé pour la première fois un écoulement nul du fleuve à Niamey en Juin 1985, ce qui a conduit les autorités à décider la réalisation du seuil de Goudel (réserve de 3 millions de m³) pour assurer l'approvisionnement en eau de la ville de Niamey.

De nombreuses mares existent dans la partie Sud du pays. Certaines sont permanentes : elles sont dans ce cas liées à un aquifère souterrain qui les alimente ; mais la plupart ne sont en eau que quelques mois par an grâce au ruissellement et/ou à la remontée saisonnière des niveaux phréatiques.

Toutes les mares sont utilisées pour abreuver le bétail, et pour la satisfaction des besoins de la population si l'eau souterraine est absente, de mauvaise qualité ou trop difficilement accessible. Les mares les plus importantes sont exploitées pour l'irrigation en décrue, mais seulement à un faible taux de leur potentiel. Les mares permanentes sont en général empoisonnées par les services Forêt et Faune. Des essais ont même été tentés, et le sont encore, pour introduire le capitaine dans certaines mares (Tabalak, Bagga, par exemple).

Le potentiel global des mares au Niger est encore assez mal connu, par manque de relevés topographiques et de suivi régulier des niveaux d'eau.

Les barrages jouent un rôle important dans les ressources en eau de surface au Niger. 19 barrages existants sont recensés, dont 10 dans la seule vallée de la Maggia. 12 barrages sont en projet, dont celui de Kandadji sur le Niger, entre Ayorou et Niamey. 48 sites favorables sont identifiés. Les caractéristiques de ces ouvrages sont détaillées dans l'ouvrage "Les eaux de surface et leur utilisation actuelle ou envisagée" (S. Ali, 1990). Le barrage de Kandadji permettrait, outre la régularisation du fleuve et la production d'électricité, l'irrigation d'environ 140 000 hectares. L'étude de cet ouvrage, selon diverses formules, est en cours depuis de nombreuses années, et se poursuit actuellement.

La construction de barrages au Nigeria sur certains cours d'eau frontaliers (Goulbi N'Maradi, Komadougou notamment) risque de réduire fortement à leur tour les écoulements de surface et donc la recharge des aquifères alluviaux correspondants au Niger. En particulier la mise au point d'un modèle de simulation de l'aquifère du Goulbi N'Maradi (Bazin, 1990) a montré l'influence prévisible très négative du barrage de Jibya sur la réalimentation de l'aquifère.

1.3 Ressources en eau souterraine

Les eaux souterraines constituent la principale source d'approvisionnement en eau au Niger. En effet, en dehors des ressources en eau de surface, la majeure partie des besoins en eau provient de l'exhaure des eaux souterraines.

Les principaux systèmes hydrogéologiques sont contenus dans les formations sédimentaires des bassins du Niger oriental et occidental. Néanmoins, le socle cristallophyllien possède probablement des ressources en eau assez intéressantes mais qui sont encore peu connues.

1.3.1 aquifère du socle cristallin

Se sont les formations du birrimien dans le Liptako-Gourma, de l'Air ou du Tertiaire plus récent dans le Damagaram-Mounio et le Sud de Maradi. Les ouvrages hydrauliques exploitants le socle, en général peu altéré et fracturé se sont révélés d'une faible productivité (débit inférieur à 3 m³/j). Cependant, grâce à l'utilisation de nouvelles méthodes d'investigation, il est prouvé aujourd'hui que ces formations (Damagaram et Liptako) peuvent contenir d'importantes quantités d'eau. Les caractéristiques hydrodynamique et géométrique de ces aquifères n'ont pas encore été bien déterminées, mais il semble qu'elles peuvent apporter une solution au problème d'eau dans les zone du socle.

1.3.2 aquifères des bassins sédimentaires

Des aquifères importants sont localisés dans plusieurs formations de ces bassins sédimentaires. Les captages réalisés depuis longtemps par les habitants de ces régions et les travaux hydrogéologiques ont permis d'avoir une connaissance quantitative de ces aquifères. En tenant compte de la série stratigraphique (Greigert, 1968), on distingue les principaux aquifères suivants :

1°) les réservoirs primaires

Ils sont contenus dans les formations primaires de la bordure Ouest de l'Aïr et dans le Djado. Six niveaux aquifères ont été identifiés. Ces nappes intéressent les zones désertiques et présentent un intérêt économique, mais actuellement leur connaissance est encore très limitée.

2°) les réservoirs du Continental Intercalaire/Hamadien

C'est dans ces formations qu'on rencontre les nappes ayant une importance économique immédiate : les nappes des grès du Tégama, les Argiles de Farak et le Continental Hamadien. La minéralisation des eaux de ces différentes nappes reste variable (700 à 5 000 mg/l).

3°) les réservoirs du Continental Terminal

Trois nappes dont la première phréatique et les deux autres captives ou semi-captives sont connues dans les formations du Continental terminal. Les eaux sont relativement peu chargées en sels dissous (20 à 600 mg/l).

4°) les réservoirs quaternaires

Il s'agit des nappes discontinues qui se localisent dans les alluvions des vallées du réseau hydrographique fossile ou récent et dans les formations du Tchad. De part leur facilité d'accès et l'excellente qualité de leurs eaux ces réservoirs sont très utilisés par les habitants, aussi bien dans les bassins sédimentaires que dans les zones de socle, tant pour leur alimentation que celle du bétail.

2. POLITIQUE NATIONALE EN MATIÈRE D'HYDRAULIQUE

La politique nigérienne en matière d'hydraulique est basée sur "*le droit à l'eau pour tous*". Pour cela, le Ministère chargé de l'Hydraulique (actuellement Ministère de l'Hydraulique et Environnement) s'est fixé les objectifs suivants :

- Fournir de l'eau en quantité suffisante et de qualité acceptable à toute agglomération humaine et à tout site pastoral aménagé ;
- Assurer le développement de l'agriculture par voie d'irrigation et satisfaire les besoins de l'industrie ;
- Aménager le Fleuve Niger et toute eau de surface disponible à des fins d'irrigation, de navigation, d'accroissement des ressources piscicoles, etc ;
- Former et perfectionner les cadres ;
- Promouvoir la recherche scientifique (appliquée ou fondamentale).

Une meilleure connaissance des ressources en eau et sa maîtrise en tant qu'élément essentiel d'aide à la décision doit être l'un des axes majeurs d'intervention des services de l'hydraulique. Pour

ce faire, le Niger s'est doté des structures ci-après:

Au niveau du village ou du campement : Comité Villageois de Gestion des Points d'Eau (C. V. P. E.). Il est chargé de l'entretien du point d'eau qui est la propriété du village. A ce titre, il est responsable de l'hygiène et de toutes les réparations ne dépassant pas les compétences locales. On note que la participation physique et/ou financière des bénéficiaires est exigée pour toute nouvelle création du point d'eau. De plus, les programmes prennent en compte depuis 1983 (séminaire national sur la maintenance des ouvrages hydrauliques) la formation et l'équipement d'artisans réparateurs de pompes et d'artisans plongeurs en vue de décentraliser la maintenance des points d'eau au niveau des populations rurales. La prise en charge effective des infrastructures hydrauliques par les bénéficiaires demeure une préoccupation permanente des responsables du Ministère chargé de l'Hydraulique. Plusieurs séminaires ont eu lieu dans ce sens afin de mieux organiser le monde rural et de le responsabiliser davantage pour assurer la pérennité des ouvrages qui demeurent leur propriété.

Au niveau départemental : le Fonds Régional de l'Eau (F.R.E). Les modalités pratiques de mise en oeuvre de ce type de fonds initié par le Conseil Régional de Développement de Zinder et approuvé par la Conférence Nationale sont à l'étude au niveau des tous les départements et doivent tenir compte des spécificités de chaque région. On note que c'est un fonds de solidarité dont les premiers bailleurs sont les populations bénéficiaires elles-mêmes.

Sur le plan institutionnel : les structures Régionales et centrales du Ministère chargé de l'Hydraulique ont été renforcées, par :

- la création des Directions Centrales et Départementales de l'Hydrauliques.
- la décentralisation des moyens au niveau des Directions Départementales et des Collectivités.
- la promotion de l'animation de la population et de la formation du personnel de l'hydraulique.

Le Ministère est structuré conformément à l'organigramme joint en annexe. Il assure la tutelle technique des Sociétés d'Etat, Etablissements Publics et Sociétés d'Economie Mixte dont la raison sociale s'inscrit dans le cadre de la politique sectorielle. Ce sont entre autres :

- l'Office des Eaux du Sous-Sol (O F E D E S),
- la Société Nationale des Eaux (SNE),
- le Haut Commissariat au Barrage de Kandadji (H.C.B.K.)
- le Service National de Participation (SNP).

Le Ministère chargé de l'Hydraulique travaille en étroite collaboration avec des institutions internationales, régionales, et sous régionales intervenants dans le domaine de l'eau.

3. PROGRAMME NATIONAL DE SURVEILLANCE

3.1 Bilan des activités

Au Niger on fait actuellement le constat suivant concernant les problèmes de l'eau : *L'urgence n'est pas seulement un problème de quantité, mais aussi de qualité.*

En effet une enquête CAP (Connaissance Attitude et Pratique) a été effectuée en Février 1989. Cette enquête a révélé que la plus part des maladies qui sévissent au Niger sont d'origine hydrique ou fécale.

On trouve entre autres maladies : la diarrhée, le choléra, le paludisme, la dracunculose, la fièvre typhoïde, l'hépatite, l'amibiase, l'ankylostomiase etc...

Cette situation s'explique par trois faits :

- les eaux de surface plus accessibles par la population rurale et moins coûteuses ne sont ni contrôlées, ni suivies encore moins traitées. Seule l'agglomération de Niamey alimentée par les

eaux traitées du fleuve dispose d'un système de contrôle bactériologique régulier.

- il n'existe qu'une analyse incomplète au moment de la mise en route des forages ou tout autre point d'eau. Il n'y a jamais de contrôle, encore moins de suivi. Il faut des conditions exceptionnelles (pollution provoquant des désordres sanitaires) pour que de nouvelles analyses soient refaites.
- il n'y a pas d'analyse bactériologique, bien qu'il soit fait obligation à l'entreprise de forage de fournir ce type d'analyse avant l'exploitation du point d'eau.

La même enquête a mis en évidence des pannes fréquentes des pompes à motricité humaine, suite aux effets destructifs des eaux sur le matériel, ce qui pousse la population à s'approvisionner de plus en plus à partir des eaux de surface ou des puits existants.

Les principales cibles sont l'ensemble de la population en particulier les jeunes enfants.

3.2 Sources de pollution et de contamination

Malgré les efforts accomplis dans le cadre de l'approvisionnement en eau potable des centres urbains et ruraux, la sécurité de l'eau en milieu rural et urbain n'est pas facile à obtenir. Elle est influencée par :

- le manque de conscience de la qualité hygiénique de l'eau, par la population ;
- les eaux des puits consommées directement sans subir aucun traitement ni contrôle périodique ;
- une partie de la population rurale consomme directement l'eau des cours d'eau en période de pluies ou en cas de panne de l'ouvrage hydraulique ;
- les caniveaux sont devenus des gîtes larvaires ;
- les eaux usées industrielles ou ménagères et les eaux de ruissellement sont rejetées directement dans les mares ou fleuves ;
- aucun système d'évacuation adéquat des ordures en milieu rural. En milieu urbain, les ordures ne subissent aucun traitement au préalable avant leurs rejets dans les cours d'eau ;
- l'agressivité et la corrosivité de l'eau dans beaucoup de localité provoque la détérioration de plus de 80% des ouvrages hydrauliques ;
- la contamination des eaux par les nitrates et les matières fécales prend de plus en plus d'ampleurs ;
- l'utilisation des engrais et des pesticides à des fins agricoles dans les pays du Sahel dont le Niger.

3.3 Aspects institutionnels actuel du contrôle de la qualité de l'eau

Dans le domaine de la qualité de l'eau, plusieurs institutions sont impliquées, quoi qu'à des différents niveaux :

- * Le Ministère de la Santé Publique : intervient dans le cadre de la santé de la population.
- * Le Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement est chargé d'une part de l'approvisionnement en eau potable de la population, de l'animation en matière d'hygiène des points d'eau et des récipients, du suivi de la qualité de l'eau et de son évolution ; et d'autre part des questions relatives à la pollution et aux nuisances.
- * Le Ministère des Mines et de l'Énergie s'occupe des rejets industriels.
- * Le Ministère de l'Équipement, de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire s'occupe l'évacuation des eaux usées ménagères et des égouts.
- * La Société Nationale des Eaux (SNE) s'occupe du traitement et de la surveillance de la qualité de eaux distribuées à la population dans les centres urbains et certains centres secondaires.

- * L'Office National des Produits Pharmaceutiques et Chimiques (ONPPC) ainsi que l'Hopital National de Niamey disposent de laboratoires agréés pour les analyses bactériologiques.
- * L'Office National des Ressources Minières (ONAREM) ainsi que le Département de Géologie de l'Université de Niamey disposent de laboratoires agréés pour les analyses physico-chimiques.

Le gouvernement du Niger a adopté en 1992 une ordonnance portant régime de l'eau au Niger. Cette ordonnance préparée par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement définit et réglemente le régime des eaux et détermine les conditions d'utilisation de cette ressource.

4. RESEAU GEMS/EAU

Le programme GEMS/EAU lancé en 1977 par le PNUE, l'OMS, l'UNESCO et l'OMM avait pour but la surveillance et l'évaluation de la qualité des eaux dans le monde afin de pouvoir en suivre l'évolution et ses incidences sur la santé et le développement socio-économique.

Il intéresse les types d'eaux suivants :

- les eaux de surface (rivières, lacs, ...),
- les eaux de barrages,
- et les eaux souterraines.

Dans ce programme, les pays participants fournissent régulièrement à l'OMS des données analytiques sur des points d'échantillonnage sélectionnés. La première phase du programme s'est terminée en 1990 et le lancement de la deuxième phase qui concerne la décennie 1990-2000, est intervenu en 1991.

L'Afrique subsaharienne est très peu représentée mis à part le Kenya et la Tanzanie dans la première phase du programme. En Afrique de l'Ouest seul le Sénégal fournit quelques données.

Un des objectifs du programme de la deuxième phase consiste en la mise en place avec les Etats Membres de nouveaux systèmes de surveillance de l'eau et au renforcement des systèmes existants. C'est pourquoi des missions d'identification conduites par des experts se sont rendues dans un certain nombre de pays, en particulier du Sahel, afin de mettre en place les mécanismes de leur participation au programme GEMS/EAU, dans le but d'améliorer la surveillance et le traitement des données.

La mission au mois de mai 1991 de Monsieur M. Dray (consultant OMS pour le programme GEMS/EAU) au Niger a permis de fixer trois sites de point d'eau à analyser. Au cours de cette mission, il a été décidé que la Direction des Ressources en Eau (DRE), soit chargée de rassembler les données analytiques et de les fournir à l'OMS-Niamey qui les transmettra à l'OMS-Genève.

Un programme d'échantillonnage adapté aux différents types de points d'eau a été élaboré.

1°) Trois points d'eau ont été choisis :

- a) le fleuve Niger à Goudel où tous les jours des analyses chimiques et bactériologiques sommaires sont effectuées par la S.N.E. ;
- b) la nappe alluviale du fleuve Niger à Niamey (Gawèye). Les analyses seront faites à l'Université de Niamey ;
- c) le plus important forage de la ville d'Agadez géré par la S.N.E. Les analyses seront réalisées par le laboratoire de la Direction Départementale de l'Hydraulique (DDH) d'Agadez avec l'appui du PHNS (Programme Hydraulique Niger-Suisse).

Il était envisagé d'y ajouter dès que possible les résultats analytiques des forages de Zinder

gérés par la S.N.E., dans la mesure où le laboratoire sur place de cette société fonctionnerait.

2°) Le pas de temps des prélèvements et des analyses est fixé par la DRE mais il ne devrait pas être très différent des recommandations faites dans le rapport "Défi à venir, OMS, 1991", à savoir :

- 1 analyse par mois pour le fleuve Niger.
- 1 analyse par trimestre pour la nappe alluviale de Niamey et celle d'Agadez.

3°) Tous les 3 mois la DRE rassemblera les résultats analytiques et les transmettra à l'OMS-Niamey qui les fera suivre sur Genève. La DRE qui assure la tutelle du programme au Niger (avec un coordonnateur national) est en outre chargée de veiller au bon déroulement de cette activité.

Dans le cadre du programme GEMS/EAU, la contrepartie nationale a tant bien que mal œuvré pour la réalisation des objectifs fixés au démarrage du projet. Ainsi, les résultats analytiques de la station de pompage de Goudel (alimentation en eau potable de la Communauté Urbaine de Niamey) ont régulièrement été transmis. Ces analyses physico-chimiques de l'eau brute du fleuve Niger concernent les paramètres suivants :

- * la température,
- * la turbidité,
- * la conductivité,
- * le pH,
- * le TAC,
- * la matière organique.

Le deuxième site, qui concerne la nappe alluviale d'Agadez comporte trois puits d'observation (puits Agriculture, puits SNE et puits Toudou garde). Les paramètres analysés sont les suivants : température, conductivité, pH, Oxygène dissous, bicarbonates, TAC, Calcium, Magnésium, Fer, Nitrates, Silice, Sulfates, Fluorures, Chlorures, Potassium et Sodium.

Le troisième site à savoir la nappe alluviale du fleuve Niger à Gawèye (C.U.N.) n'a pas fait l'objet de prélèvement ni d'analyse. L'enseignant-chercheur qui devrait s'occuper de cette activité a quitté l'Université de Niamey à la fin de son contrat en 1991.

5. CONTRAINTES ET PERSPECTIVES

La Direction des Ressources en Eau a pu mener les activités qui relèvent de son ressort parfois avec certes des difficultés, mais ceci n'a pas empêché que des résultats soient transmis à l'OMS-Genève pour leur exploitation. Les difficultés rencontrées sont de deux sortes :

au niveau de la coordination : les moyens de fonctionnement de la DRE ne lui permettent pas de collecter auprès des fournisseurs (SNE, Direction Départementale de l'Hydraulique d'Agadez) les données à transmettre.

au niveau des analyses : les analyses des eaux du fleuve Niger à Goudel ne sont pas complètes. Le point de prélèvement de Yantala n'a pas fait l'objet d'échantillonnage ni d'analyse. Le laboratoire d'analyse de la SNE à Zinder n'est toujours pas opérationnel. La DDH d'Agadez est le

plus souvent confrontée à un problème de rupture de produits d'analyse (réactif, solutions, ...)

Afin de sauvegarder les acquis et de permettre la poursuite dans les bonnes conditions les activités du programme, il paraît souhaitable que les actions suivantes puissent être entreprises :

- la participation des laboratoires concernés au contrôle de la qualité analytique (CQA).
- la participation des chefs de laboratoire et techniciens à des stages de recyclage à l'étranger.
- la mise à disposition d'un appui financier suffisant pour le fonctionnement de la coordination et la fourniture de matériel technique complémentaire pour les analyses physico-chimiques.
- la tenue des ateliers et séminaires de formation afin de permettre les échanges d'information entre les différents partenaires et d'harmoniser les formulaires de saisie des données sur l'eau.
- l'intégration d'autres points d'observation relatifs à d'autres nappes de grandes envergure.

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

RAPPORT NATIONAL DU SENEGAL

SONEES

DEPARTEMENT PLANIFICATION ET ETUDES

SERVICE LABORATOIRE

ETAT DE LA QUALITE DES EAUX DU SENEGAL

I - EAUX DE SURFACE

Ce sont les eaux des fleuves Sénégal et Gambie ,du lac de Guiers alimenté par le Fleuve Sénégal que nous traitons pour l'alimentation en eau potable.

Ces eaux brutes non traitées sont caractérisées par des valeurs de :

- Turbidité de 50 à 200 NTU
- Couleur de 70 à 350 mg/l de Pi/Co
- pH de 7.2 à 7.5

- Une minéralisation relativement faible avec des conductivités variant de 30 à 50 μ S/cm

- La présence de Fer à des valeurs dépassant 1 mg/l peut être observée.

- Les métaux toxiques à l'état de traces comme Hg, Cd, Cr,Pb sont absents ou très faiblement décelés (de l'ordre du 1/10 de nanogramme par litre).

- Du point de vue bactériologique, les eaux brutes renferment presque tous les germes test de contamination fécale avec des coliformes totaux >100 dans 100 ml.

II - EAUX SOUTERRAINES

Elles sont de caractéristiques variables avec :

- Une minéralisation plus ou moins forte de 400 à 3000 μ S/cm (et même plus).
- pH de 4 à 8.3

- Les eaux souterraines que nous exploitons sont généralement de qualité conforme aux critères de potabilité de l'OMS.

Cependant, certaines eaux peuvent renfermer des éléments minéraux à des teneurs assez élevées, pour nécessiter un traitement avant consommation.

Ce sont les eaux chlorurées et fluorées rencontrées dans certaines régions du pays, les eaux nitrées de quelques forages de la région de Dakar et de l'intérieur du pays.

- Les valeurs de nitrates dépassent quelquefois 200 mg/l.

- De l'hydrogène sulfuré est également décelé dans des eaux de forages au Sud du pays.
Ces eaux sont traitées avant distribution.

III - PROGRAMME GEMS/EAU

Notre réseau de mesures pour le programme GEMS était initialement constitué de quatre stations :

- Prise d'eau brute du Lac de Guiers
- Prise d'eau brute du fleuve Sénégal à Saint-Louis
- Eau brute de la nappe maestrichtienne au forage n° 6 de Pout Nord
- Eau brute de la nappe paléocène au forage n° 4 de Sébikotane

Depuis 1994, il est venu s'ajouter :

- Réserve de Ndiol à Saint-Louis
- Prise d'eau brute à Richard Toll
- " " Dagana
- " " Podor
- Forage n° 2 de Fatick
- Forage n°3 bis de Ziguinchor
- Forage n°2 Néma Ziguinchor

Mme Fatoumata NIANG
juin 1995

Annexe 12

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

RAPPORT NATIONAL DU TOGO

Contrôle de la Qualité de l'eau au Togo

Généralités

Localisation et extension géographique

Le Togo est une petite bande de terre qui s'étire du sud au nord sur 600 km et fait frontières avec au nord le Burkina Faso, au sud le Golfe de Guinée, à l'est la République du Bénin et à l'ouest le Ghana. Avec une superficie d'environ 56 000 km², le Togo est habité aujourd'hui par 3,5 millions d'âmes dont plus de 60% sont dans les zones rurales.

Le découpage administratif lui reconnaît cinq régions économiques - Maritime, des Plateaux, Centrale, de la Kara et des Savanes, 30 préfectures et deux sous-préfectures.

Climat

Le Togo bénéficie de deux types de climat:

- du sud jusqu'au 7ème parallèle, le climat du type équatorial guinéen caractérisé par deux saisons de pluies (d'avril-mai à juillet et de septembre à novembre) et deux saisons sèches. Les précipitations annuelles sont fortes et réparties de manière irrégulière. La pluviométrie croît du sud (800 à 1000 mm) au nord (1100 à 1500 mm). Les régions montagneuses sont les plus arrosées (2500 mm).
- du 7ème parallèle jusqu'au nord, climat de type soudanais avec une seule saison des pluies de mars à octobre, caractérisée par une forte variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps, et une seule saison sèche du Novembre à fin février. La moyenne des pluies est de l'ordre de 1100 mm.

Relief et hydrographie

Le relief togolais est dominé par la chaîne de l'Atacora qui prend le pays en écharpe. De direction nord-est, sud-ouest, la chaîne de l'Atacora dont le point culminant se situe à 980 m environ, divise le pays en deux parties au relief mou; au nord la plaine de l'Oti et au sud la plaine bénino-togolaise. Le réseau hydrographique est composé du Mono et ses principaux affluents, l'Anié en rive droite et l'Egon en rive gauche, l'Oti avec ses principaux affluents le Kunongon et la Kara et le Zio et le Halro.

Géologie et hydrogéologie

Le Togo est constitué d'une part par bassin sédimentaire côtier au sud et d'autre part par les formations de socle cristallin et cristallophyllien au nord.

Le bassin sédimentaire côtier qui occupe toute la façade maritime du Togo couvre 10% de la superficie du pays et s'étend sur une largeur moyenne de 40 km. Il comprend des terrains

allant du Crétacé au Quaternaire récent. Ces formations sont constituées de sables, grès, argiles et calcaires d'origine marine. Elles sont recouvertes par des dépôts sablo-argileux d'origine continentale.

Sur le plan hydrogéologique, les formations du bassin sédimentaire côtier constituent un vaste système aquifère composé de trois nappes qui se distinguent par des charges hydrauliques différentes :

- la nappe libre des sables et graviers du Continental Terminal;
- la nappe captive des sables et calcaires de l'Eo-paléocène;
- la nappe captive des sables du Crétacé (Maestrichtien).

Les formations du socle cristallin et cristallophyllien sont largement représentées et couvrent 90% du territoire. Elles sont constituées par les formations granito-gneissiques de la plaine bénino-togolaise, de l'unité structurale de l'Atawra, des formations du bassin sédimentaire ancien de l'Oti et des formations granito-gneissiques de Dapaong. Ces formations renferment des aquifères.

Caractéristiques des ressources en eau

Les ressources en eau du Togo sont constituées par les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les eaux de surface sont drainées par trois principaux bassins versants:

- à l'est de bassin du Mono d'une superficie de 25 400 km² et d'un débit moyen de 121 m³/s à Tsiémé.
- au nord le bassin de Oti d'une superficie d'environ 25 000 km².
- au sud le bassin du Zio et du Halio d'une superficie de 6 300 km². Les débits moyens du Zio à Kpédji et du Halio à Gali sont respectivement de 9,7 m³/s et 12,10m³/s.

Les eaux de surface sont relativement peu utilisées dans les programmes d'AEP au Togo et leurs caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques sont peu connues.

Les eaux souterraines sont constituées par les nappes du bassin sédimentaire côtier riches en ressources en eau les nappes de socle aux ressources faibles. La nappe du CT est la plus importante. Les eaux souterraines sont largement utilisées au Togo pour l'alimentation en eau potable des villes et des populations rurales. La capitale Lomé est alimentée à partir des nappes du bassin sédimentaire côtier.

Au plan physico-chimique les eaux restent acceptables pour la consommation domestique. Toutefois, on peut signaler la fréquente contamination bactériologique des eaux du CT, ainsi que leur détérioration par l'intrusion du biseau salé dans la partie côtière. Les teneurs en chlorures sont passées de 550 mg/l en 1978 à plus de 1 000 mg/l en 1982 !!.

Situation sanitaire

Actuellement, le département ministériel qui s'occupe de la santé est dénommé Ministère de la Santé, de la Population et de la Solidarité Nationale.

La mortalité infantile gravite autour de 45 à 115 ‰ et l'espérance de vie est en moyenne 50 ans; les maladies d'origine hydrique ou liées à l'hygiène du milieu occupent la première place avec 30%.

En matière d'hygiène du milieu, les activités d'assainissement se limitent à l'évacuation des excréta par des latrines en milieu rural. Dans les zones urbaines, les eaux pluviales sont drainées à 20-30%; la collecte et la disposition des déchets solides sont exécutés à 65% à Lomé, les autres centres ne bénéficiant d'aucune organisation; l'évacuation est réalisée à 30-35%.

En matière d'approvisionnement en eau, le milieu rural est couvert à 50%. Il s'agit de puits de grand diamètre ou de forages équipés de pompe à main ou à pédale ou encore des sources de surface aménagées à une distance raisonnable des consommateurs.

Ainsi en 1990 environ 7564 ouvrages ont été réalisés par le gouvernement et/ou les organisations internationales telles que CUSO, FED, USAID, etc.

La population urbaine est desservie à 45% et sur la vingtaine de villes, bénéficiant de l'eau courante, sept utilisent des eaux souterraines

La recherche des ressources en eau, d'une manière générale, est réalisée par la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie (DHE) et le Service des Mines, mais l'exploitation et la gestion sont confiées à la Régie Nationale des Eaux du Togo (RNET).

Contrôle de la qualité de l'eau

La notion du contrôle de la qualité de l'eau de consommation est née au Togo avec le déclenchement de la pandémie de choléra en 1970-71 où le Pr d'Almeida, actuellement à l'OMS, Codirecteur de l'Institut National d'Hygiène (INH) et Mr E. Amégee - le seul ingénieur sanitaire en ce temps, ont pris une part active dans le diagnostic épidémiologique.

L'INH, en raison de son caractère de Laboratoire Central de Santé Publique et de ses dispositions logistiques et techniques soutenu par les coopérants allemands est chargé du contrôle de la qualité de l'eau et couvre tout le territoire national. Ce contrôle concerne essentiellement les paramètres physico-chimiques et bactériologiques qui influent directement sur la potabilité de l'eau de consommation. L'INH fait partie de la Division des Laboratoires du Ministère de la Santé et collabore étroitement avec tous les services impliqués dans la recherche et la gestion des ressources en eau dans le pays, ainsi qu'avec les laboratoires susceptibles de lui apporter des soutiens techniques et parfois matériels :

- Direction de l'Hydraulique et de l'Energie pour le contrôle de la qualité des eaux souterraines.
- Régie Nationale des Eaux du Togo pour le contrôle de la qualité de l'eau distribuée.
- Institut National du sol pour le dosage de certains éléments - Na, K etc... pour lesquels l'INH n'est pas équipé.
- le laboratoire de la Chimie des eaux de l'Ecole des Sciences de l'Université du Bénin pour certains dosages.

Dans le cadre du conseil supérieur de la normalisation un programme de décentralisation est établi. Ainsi un laboratoire régional s'ouvre actuellement à Kaza. Tous les équipements ont été achetés par le PNUD.

De son côté, dans le cadre de son soutien au programme de la salubrité de l'environnement, l'OMS a acheté dix trousse portatives pour le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau et équipe le laboratoire régional d'assainissement de Sokode, dans la région centrale du pays. Le Togo actuellement ne dispose pas d'antenne GEMS, mais les potentialités existantes sont des indications favorables à l'installation d'une station GEMS/EAU. Cette station bien gérée permettra d'apporter un soutien aux services de l'Hydraulique dans sa politique de planification et gestion des ressources en eau du pays.

par Dr AGAMAH Yaovi, et ASSOUMA Derman
Institut National d'Hygiène et Direction de l'Hydraulique et de l'Energie

**ATELIER GEMS/EAU
OUAGADOUGOU
MARS 1995**

RAPPORT NATIONAL DU ZAIRE

REPUBLIQUE DU ZAIRE
POINT FOCAL GEMS/EAU ZAIRE
B.P. 16.312
KINSHASA 1
SECRETARIAT PERMANENT.-

RAPPORT NATIONAL DES ACTIVITES
DU SYSTEME MONDIAL DE SURVEILLANCE
CONTINUE DE L'ENVIRONNEMENT/QUALITE
DE L'EAU-ZAIRE

Document rédigé
Par
W.E. MUSUYI BAYIPOKE
Chef d'Evaluation des Activités

Pour

La Participation à
L'Atelier Sous-Régional du Gems/Eau OUAGADOUGOU
DU 20 AU 24 MARS 1995

= P R E A M B U L E =

Le Zaïre, berceau de l'humanité en ressource en eau et autres, félicite le programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE), l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), l'Organisation des Nations-Unies pour l'Education, la Science et la culture(UNESCO) et l'Organisation Mondiale de la Météorologie(OMM) d'avoir conçu ce système Mondial de Surveillance Continue de l'Environnement (GEMS) en général et GEMS qualité de l'eau en particulier.

Le point Focal Gems/Eau-Zaïre, remercie l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) par le biais de sa direction Régionale pour l'Afrique qui vient d'inviter pour la première fois le Gems/Eau-Zaïre à prendre part à cet atelier sous-régional Gems/Eau de Ouagadougou (Burkina-Faso).

I. I N T R O D U C T I O N

Pour satisfaire les besoins d'un milieu et d'une vie, on recourt habituellement aux ressources disponibles de la nature. Parmi ces nombreuses ressources, l'eau occupe la première place, car, elle décide l'existence ou la disparition de l'humanité. La protection, l'amélioration de la qualité de l'eau et la lutte contre la pollution des eaux s'avèrent indispensables.

I.1. I N T E G R A T I O N D U Z A I R E A U P R O G R A M M E G E M S / E A U

Le Zaïre qui dispose d'énormes ressources, parmi lesquelles figurent les eaux de surface, des lacs et retenus et des eaux souterraines, ne peut être indifférent au système de Surveillance Continue de l'Environnement en général et de la qualité de l'eau en particulier. C'est la raison de la participation du Zaïre au programme Gems, aux mouvements transfrontières des déchets toxiques; la biodiversité, les changements climatiques etc.. qui contribuent à l'exploitation et dégradation de la qualité de l'eau. Or, la gestion quotidienne et incontrôlée par l'homme peut provoquer de perturbation aux conséquences irréparables des eaux acquises par la volonté divine.

Gems comme programme s'occupant de l'air, climat, a été admis théoriquement au Zaïre en 1977 au Ministère de l'Environnement et Conservation de la Nature et Gems/Eau en 1984 à la suite de la mission du Dr. MARTIAL DRAY placé sous la tutelle de la Regideso et redémarré en 1992 sous forme d'un service spécialisé (point focal).

II. Généralités du Zaïre

II.1 Géographie

La République du Zaïre occupe une surface totale de 2.344.855 km². Ses voisins limitrophes immédiats sont respectivement: le Soudan et la République Centrafricaine au Nord, le Congo à l'Ouest, l'Angola et la Zambie au Sud, la Tanzanie, le Burundi, le Ruanda et l'Ouganda à l'Est.

Le pays est presque totalement enclavé et ne dispose que d'une façade de 40 km de côte sur l'océan Atlantique à l'embouchure du fleuve Zaïre. Le relief est généralement peu accidenté (77 % du territoire se trouve à moins de 1000 m d'altitude et 0,8 % seulement au dessus de 2000 m).

La forêt dense équatoriale s'étend sur l'Ouest et le centre du pays, tandis que la Région du Shaba au Sud est couverte de savane.

L'Est est parsemé de grands lacs avec de hautes terres fertiles.

II.2. Climat

L'immensité du Zaïre (1.239 km Est-Ouest et 2094 km Nord-Sud) fait que le climat y est très variable. Le Nord et le Sud ont un climat de type tropical, avec alternance de saison sèche et pluvieuse, dont les durées sont variables selon l'éloignement de l'équateur; tandis que la zone forestière centrale jouit d'un climat équatorial avec 140 à 160 jours de pluie par an (1.800 mm/P/3.000 mm). La température varie entre 20°C et 30°C dans la zone forestière et entre 15°C dans les hauts plateaux.

II.3. Hydrographie

L'hydrographie du Zaïre, très fournie en cours d'eau, fleuve, lacs et rivières fournit de l'eau pour l'énergie (Barrage Inga); la navigation et la consommation.

III. Point Focal Gems/Eau-Zaïre

III. 1. Objet du point focal

Le point focal Surveillance Continue de l'Environnement/qualité de l'eau-Zaïre ne fait pas obstruction aux attributions définies par le centre d'activité du programme (CAP)

et s'est assigné comme activités d'interpréter des données et d'apprécier les problèmes et l'évolution de la qualité de l'eau.

- Identification des différentes qualités d'eau existantes, et leurs utilisations respectives.

- Mener des études et énoncer des méthodes d'exploitation pour maintenir les équilibres hydrologiques et écologiques afin d'éviter la pollution des eaux.

- Sensibiliser la population pour mieux gérer et utiliser les eaux.

- L'évaluation de l'origine et de l'importance quantitative des matières en suspension et des matières dissoutes dans les cours d'eau et de la géomorphologie des cours d'eau dans la mesure où elle a des incidences sur l'état du rivage.

- La Surveillance continue de la qualité biologique et microbiologique des eaux utilisées à des fins récréatives, des eaux des parcs.

- Les études épidémiologiques sur la relation existant entre la qualité sanitaire des eaux et l'incidence des maladies propagées par l'eau.

Le Gems/Eau-Zaïre fonctionne avec la participation des organismes gouvernementaux, para-étatiques et les organisations non-gouvernementales.

Compte tenu des infrastructures prospectées depuis 1984, le point focal-Zaïre est appelé à fournir les données d'analyse ci-après de la qualité de l'eau:

- Température,
- P.H.,
- Conductivité électrique,
- Oxygène dissout,
- Nitrates
- Sodium,
- Potassium
- Chlorure,
- Alcalinité totale
- Strontium,
- Nombre total de Coliformes,
- Coliformes fécaux,

6 Arsenie (Regideseo),

page 131

- Amoniac,
- Calicium,
- Magnésium,
- Sulfate,
- Matières solides en suspension, phosphore total,
- Streptocoques fécaux,
- Plomb,
- Cuivre,
- Fer,
- Manganèse,
- Zinc,
- Carbon organique total et Aluminium (UniKin).

D'autres analyses sont à la compétence du laboratoire du Canada de Burlington, faute d'infrastructures.

III.2. Station Gens/Zaire.

Station de niveau mondial: trois stations de surveillance ont été choisies dont l'une est existante (station de Kinshasa fleuve-Zaire 0098001) et deux nouvelles: sur le lac Tanganyika et le fleuve Zaire à Kisangani.

Sur le plan national: 14 stations identifiées:
Sept stations des eaux de surface:

		<u>Ville</u>	<u>Région</u>
1. - Station sur rivière Lualaba à		UBUNDU	Haut-Zaire
2. - " " " Musonoi à		Kolwezi	Shaba
3. - " " " Kasai à		Kutu-Moke	Bandundu
4. - " " " Kasai et			
	Firi à	Mushie	Bandundu
5. - " " " Kwilu et			
	Kwango à	Bandundu	Bandundu
6. - " " " Serkuru à		Bena Dibeke	Kasai Occid.
7. - " " " Lulonga à		Bazankusu	Equateur

Quatre stations des eaux des lacs et retenus.

- 1. - Station sur lac Mobutu S.S. à Goza Nord Kivu
lac faisant partie du TCCOMILE.
- 2. - Station du lac Mai-Ndombe Bandundu
- 3. - Station du lac Ntumba Equateur
- 4. - Station des lacs shabiens Shaba

Compte tenu de l'importance de certains biefs de leur bassin versant et de leur approvisionnement en eau pour le besoin socio-économique, nous publions ci-dessous quelques résultats d'analyse de certaines eaux retenues pour servir de stations de surveillance de qualité de l'eau.

ANALYSE COMPLETE DE L'EAU BRUTE ET DE L'EAU POTABLE DE LA RIVIERE MUSONOI.

N°	ELEMENTS	'Eau BRUTE	'EAU POTABLE
01	P.H.	8,02	8,15
02	Durété totale	20,08	20,06
03	Durété Permanente	5,00	5,02
04	Durété Temporaire	15,6	15,4
05	Alcalinité à la PP (ml, hclO, 1N/l)	15,6	3,2
06	Alcalinité au MO	41,-	48,-
07	Residu sec à 105°C (mgr/l)	278,4	273,6
08	Cl-exprimé en Na cl mgr/l	55,8	54,6
09	SO ₃ mgr/l	14,5	16,1
10	Fe +++ mgr/l	0,07	-
11	Fe ++ mgr/l	0,06	0,01
12	CaO mgr/l	74,-	79,-
13	MgO "	36,2	36,5

Source: M.T.K. - Kolwezi - SMET

N.B.: Recherche du Colibacille sur 500 ml d'eau.

Echantillon prélevé le 27/06/73 et analysé le 04/07/73

ANALYSE DES EAUX DE MUSONOI EN AVAL (BARRAGE MUSONOI) EN JUILLET 1973.

N°	ELEMENTS DOSES	RESULTATS
1	T.A.	0°, F
2	T.A.C.	10° F
3	T.H.	11,5° F
4	S.O ₄	39 mg/l
5	CU	0,07mg/l
6	Zn	0,167 mg/l
7	Cd	0,008 mg/l

Trois Stations des eaux souterraines.	Ville	Région
1. - Station des pompes d'Idiofa	Idiofa	Bandundu
2. - Station des pompes de Mampu	Kinshasa Plateau	Batekes
3. - Station des eaux de Kafubu	Kipushi	Shaba

III.3. Quelques données existantes.

III.3.1. Données Hydriques du Zaïre.

Le Zaïre dispose d'une superficie d'eaux continentale d'environ 86.080 km². Il est doté de grands lacs prolongés au Sud par le lac Moero qui totalise une superficie de 48.000 km² dont environ 47 % font partie intégrante de la République du Zaïre.

Parmi ces lacs, le lac Tanganyka occupe une place de première importance avec au Zaïre une superficie de 16.000 km² représentant environ 33 % du système lacustre national. Avec une superficie de 8.000 km² au Zaïre, les lacs Moero, Mobutu, Idi Amin et Kivu totalisent 33 % du système lacustre national.

Cet important réseau lacustre est doublé d'un système fluvial qui couvre près de 34.000 km² à travers un réseau de plus de 33.000 km de fleuve et affluents principaux, le fleuve Zaïre et les rivières secondaires totalisent environ 12.000 km. Son plan d'eau est classé en 4 catégories à savoir:

- Les grands lacs de l'Est: (20.700 km²) comprennent le lac Tanganyka, lac Kivu, lac Idi Amin et lac Mobutu Sese Seko.
- Les lacs Shabiens: (5.800 km²) il s'agit des lacs artificiels du N'zilo et Tshangalele, de la dépression du Kamalondo (Upemba) et du complexe Luapula-Moero.
- Le système fluvial: (58.700 km²) formé du cours principal du fleuve zaïre, de ses affluents et des lacs Tumba et Mai-Ndombe.
- Le Triangle Maritime: (800 km²) avec l'estuaire du fleuve Zaïre à l'océan Atlantique.

' 8 '	Pb	'	0,016	mg/l	'
' 9 '	As	'	0,02	mg/l	'
' 10 '		'	0,01	mg/l	'
' 11 '	Si O ₂	'	13	mg/l	'
' 12 '	CO ₃	'	0		'
' 13 '	HCO ₂	'	10°	F	'
' 14 '	PH	'	7,95		'
' 15 '	OH	'	0		'
' 16 '	CO ₂	'	5,	mg/l	'
' 17 '	Rés. sec	'	250 ,	mg/l	'
' 18 '	Rés. calc.	'	97,	mg/l	'
' 19 '	Pertes au feu	'	153 ,	mg/l	'
' 20 '	Fe. tot	'	1	mg/L	'
' 21 '	Mat. en suspension	'	10,	mg/l	'
' 22 '	CaO	'	22	mg/l	'
' 23 '	MgO	'	25	mg/l	'
' 24 '	F	'	1	mg/l	'
' 25 '	Cl	'	Traces		'
' '		'			'

Source : SMET - Kolwezi

Les Resultats des Analyses Chimiques des Eaux
Souterraines du bassin versant de la Kafubu
Supérieur à Kipushi.

'Origine de L'eau'	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	HC O ₃	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻	Cond	°C
'Eau naturelle ,Non polluée	3,29	2,37	0,37	5,5	0,3	0,23	0,00	555	7,3
'Eau de la nappe 'polluée	5,86	5,66	5,93	5,4	5,17	5,17	0,002	1417	7,1

IV. Difficultés Rencontrées.

Les premières difficultés évoquées en 1984 depuis la participation du Zaïre au programme Gems/eau n'ont jamais été résolues, et, jusqu'à ce jour aucune infrastructure dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'eau a été acquise.

- Le personnel n'a jamais bénéficié d'une quelconque formation aux problèmes de la surveillance de qualité d'eau.

- Le manque des matériels et documentations appropriés pour la collecte des données fiables constituent un handicap majeur pour le fonctionnement.

- L'absence d'une législation nationale et l'ignorance de la population et des Organismes exerçant des activités dans le domaine de la salubrité des ressources en eau, par l'exploitation abusive, contribue à la pollution de cours d'eau. (exemple; les rejets des immondices par les services de voirie dans le cours d'eau servant de captage d'eau potable en aval, de même pour les services d'épuration des fosses septiques).

VI. Suggestions.

- Pour ce qui concerne l'assainissement (les services spécialisés) doivent construire des latrines pour verser les déchets polluants qui après leurs fermentations serviront plutôt aux engrais.

- Les représentations nationales de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) doivent organiser auprès des organismes visuels et audio-visuels des émissions d'information sur la surveillance de la qualité de l'eau, et mettre au point des programmes éducatifs appropriés de sorte que la population prenne mieux conscience des problèmes liés à l'eau.

- Accorder un budget conséquent aux point focaux pour le fonctionnement administratif et technique.
- Equiper les points focaux de matériels appropriés aux besoins du service.
- Promouvoir et financer la formation du personnel en matière technique et en matière de gestion dans le domaine de l'hygiène du milieu et de la surveillance des ressources en eau.
- Construire des digues de retenues d'eau polluée , des étangs de décantation en bétonnant les fonds des drains pour verser les déchets des minerais épargneraient la pollution des rivières avoisinantes et de la nature.
- Etudier et imposer des normes pour les rejets des effluents des déchets des eaux industrielles et minières dans le réseau hydrographique.

C O N C L U S I O N

Nous avons pu nous rendre compte que la gestion et la surveillance de ressources en eau est une activité multiple. Il faut inventorier, satisfaire les besoins et maintenir les équilibres hydrologiques et écologiques. Trouver des solutions aux problèmes présents sans hypothéquer l'avenir, car, plusieurs régions du monde se trouvent dans une situation dont le bilan est négatif. (la pollution et le tarissement des eaux).

Malgré le manque des infrastructures adéquates et matériels techniques et scientifiques le point focal Zaïre conjugue des efforts pour conserver ses ressources et par ce rapport lance un appel à certains services qui lui assureront un bon fonctionnement.