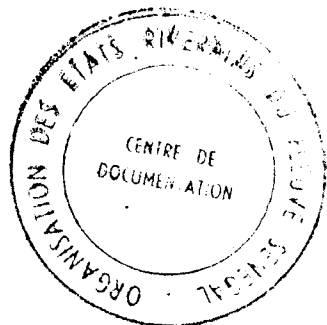
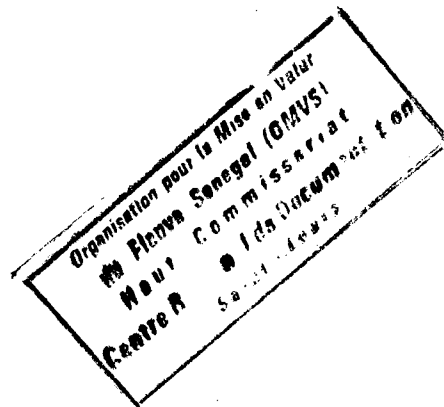


**Organisation pour la Mise en Valeur
du Fleuve Sénégal
(O. M. V. S.)**



**EVALUATION DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT
d'aménagements prévus
DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL**

**Rapport Partiel
sur
Flore Aquatique**

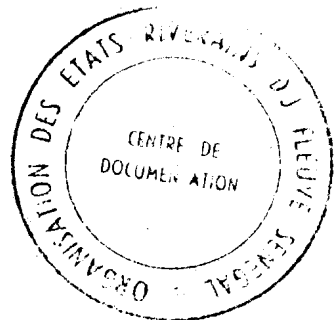


**Gannett Fleming Corddry and Carpenter, Inc.
Harrisburg, Pennsylvania, USA**

In association with

**ORGATEC Societe Africaine d'Etudes Techniques
Dakar Sénégal**

09552
7956



FLORE AQUATIQUE

Les coûts d'une intervention biologique partielle sont indiqués ci-après, demeurant entendu qu'une réglementation assurant une protection intégrale du lamantin est un préalable indispensable :

Estimation des coûts de lutte biologique **

Coûts annuels

Un conservateur - Mali	846.000 CFA *
Un conservateur - Mauritanie	846.000 CFA *
Deux conservateurs - Sénégal	1.692.000 CFA *
Fourniture (essence, etc..).....	470.000 CFA
	<hr/>
	3.854.000 CFA

Frais initiaux

4 véhicules	9.400.000 CFA
-------------------	---------------

* Les conservateurs auront à assurer d'autres tâches dans leurs services respectifs (par exemple : Eaux et Forêts).

** Ces chiffres supposent que l'organisme de lutte a été identifié dans le cadre d'un autre programme.

Coût annuel

Manantali	5000 ha x 23.500 CFA = 117.500.000 CFA/2 ans = 58.750.000
Aftout-es-Sahel	5000 ha x 23.500 CFA = 117.500.000 CFA/2 ans = 58.750.000
Lac R'Kiz	1200 ha x 23.500 CFA = 28.200.000 CFA/2 ans = 14.100.000
Lac de Guiers	2500 ha x 23.500 CFA = 58.750.000 CFA/2 ans = 29.375.000
Diama	5000 ha x 23.500 CFA = 117.500.000 CFA/2ans = 58.750.000
	<hr/>
	CFA = 219.725.000

Les coûts d'enlèvement des plantes flottantes sont inclus.

E.1.4.3. Lutte manuelle

Cette méthode lente et coûteuse est très exigeante en main-d'oeuvre et ne peut s'appliquer qu'à l'arrachage des espèces aquatiques flottantes (Pistia) et au râclage des Ceratophyllum sur les hauts fonds.

Le budget s'établit comme suit :

- coûts d'investissement
- 1 radeau motorisé pour chacun des lacs (lac de Guiers, et de R'Kiz, Aftout-es-Sahel, retenues de Diama et de Manantali).

211.500CFA/Radeau x 5	1.057.500 CFA
Equipement (râteaux, seaux, pelles, etc).....	705.000 CFA

Total des coûts d'investissement	<hr/> 1.762.500 CFA
----------------------------------	---------------------

- coûts annuels :

3 hommes/radeau à raison de 564.000 chacun	= 8.460.000 CFA
Carburant/an.....	= 705.000 CFA

Total des coûts annuels	<hr/> = 9.165.000 CFA
-------------------------------	-----------------------

CHAPITRE F.

PLAN D'ACTIONF.1. Introduction

Les projections à partir de notre étude révèlent que, par suite de la réalisation du programme de mise en valeur du bassin du fleuve Sénégal, l'impact de la flore aquatique sur l'environnement demeurera minime. Partout dans le monde, l'envahissement des lacs artificiels par les plantes aquatiques est un problème endémique caractéristique des régions tropicales et sub-tropicales, auquel vient s'ajouter celui de la complexité de l'écosystème aquatique. Les services gouvernementaux habilités devraient être chargés de la réalisation d'un programme suivi de lutte contre les mauvaises herbes qui pourrait, s'il y a lieu, être appliqué bien avant que le seuil critique ne soit atteint. Si le programme de lutte n'est mis en oeuvre qu'après le dépassement de ce seuil, les moyens financiers et humains ainsi que le temps nécessaires seront beaucoup plus considérables.

Si le développement des plantes aquatiques atteint le seuil de nuisance, les impacts secondaires (par exemple : dissémination des vecteurs de maladie, perte d'eau par évapotranspiration) risquent de dépasser de loin les dommages que leur obstruction dans les cours d'eau pourrait occasionner. Avant que les moyens mis en oeuvre ne parviennent à maîtriser le développement des mauvaises herbes, les dépenses engagées pour amortir les impacts secondaires risquent d'être bien supérieures au coût de mise en oeuvre d'un programme de lutte rationnel et bien dirigé. Enfin, les divers programmes de contrôle pourraient être facilement intégrés dans un programme général de contrôle de la qualité des eaux et de gestion des pêches.

F.2. Programme de maîtrise et de lutte contre la végétation aquatique.

Un programme de gestion bien conçu permet une évaluation intégrale et continue de l'écosystème aquatique, une évaluation des diverses méthodes possibles de lutte contre les mauvaises herbes aquatiques et de leurs effets secondaires, et la mise en oeuvre progressive des moyens disponibles (Sanders et Decell, 1977).

Ce programme devrait se dérouler en cinq phases :

- Phase I - Identification des problèmes et description du système.
- Phase II - Collecte des données et leur analyse.
- Phase III - Sélection des techniques de lutte.
- Phase IV - Mise au point du plan des opérations.
- Phase V - Mise en oeuvre du plan des opérations et actions de suivi.

F.2.1.

- Phase I. Identification des problèmes et description du système.

Le présent document comporte déjà une évaluation des conditions actuelles, une étude de la répartition et une identification des espèces aquatiques ainsi que des habitats dans la région du projet où le développement peut atteindre le seuil de nuisance. Cela couvre donc déjà en partie le programme de phase I.

Dans la mesure où nous avons pu identifier et les régions et les espèces incontestablement susceptibles de poser un problème, nous avons compulsé la documentation existante afin de recenser les moyens et méthodes de lutte applicables. Les différents chercheurs étant d'avis que le problème de nuisance par les plantes aquatiques n'est pas immédiat, on peut aborder l'étape suivante qui consiste à formuler et à appliquer un programme de collecte de données.

F.2-2 Phase II. Collecte et Analyse des données

La mise en place d'un plan de lutte à long terme contre les mauvaises herbes aquatiques exige une connaissance de la distribution spatiale de la flore et du taux de croissance de toutes les espèces végétales, présentes dans le bassin et pouvant être cause de nuisance. Il faut également disposer de certaines données pour pouvoir sélectionner les moyens de lutte et pour évaluer la relation entre les plantes aquatiques et leur milieu afin d'identifier les éventuels impacts secondaires des moyens mis en oeuvre sur les autres composantes du milieu aquatique.

Cette partie de l'étude devra débiter par la mise au point d'un plan de collecte des données et par sa mise en application. Il convient donc d'identifier les données utiles et les méthodologies de collecte, de conservation et d'analyse des échantillons prélevés. Les analyses des échantillons de sol devraient préciser la distribution des espèces et fournir certaines données sur la biomasse, ainsi que sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau. Des survols aériens périodiques de la région permettront au biologiste de mieux discerner les conditions actuelles et serviront de support aux études terrestres.

A partir des données recueillies et de leur analyse, les biologistes et les responsables des prises de décisions cerneront mieux les réalités et seront davantage en mesure de décider d'appliquer un plan de lutte avant que le seuil de nuisance ne soit atteint. S'il est établi qu'un plan de lutte est indispensable, les données sur la qualité de l'eau et la spécificité des espèces visées guideront le choix des méthodes et des moyens.

F.2-3 Phase III. Sélection des Techniques de lutte.

Au cours de cette phase, l'analyse des données sur les espèces visées, sur les moyens potentiels de lutte, sur les exigences des utilisateurs, et sur les conditions du milieu, devrait aboutir au choix de la méthode de lutte. Une analyse systématique à partir de quatre listes des éléments d'iden-

tification des diverses variantes possibles devrait déboucher sur le choix définitif des moyens.

Ces quatre listes comprendront :

- 1) - Identification des moyens de lutte contre les espèces aquatiques visées, en se basant sur les expériences du passé.
- 2) - Classement des méthodes potentielles de lutte en fonction des contraintes qualitatives du milieu.
- 3) - Un classement des moyens potentiels de lutte en fonction de leur efficacité.
- 4) - Combinaison des points 2 et 3 pour classer les moyens de contrôle en fonction de leur efficacité et des contraintes imposées par le milieu.

A partir de ce classement on peut aboutir à un bilan final compte tenu de toutes les contraintes et procéder à la sélection des moyens, en ne perdant pas de vue la possibilité d'une lutte intégrée faisant intervenir plusieurs ~~des moyens identifiés~~ à la 4ème liste. On peut citer par exemple une lutte combinant les fluctuations du niveau de l'eau et l'application d'herbicide. Des essais préalables sur le terrain sont indispensables tant pour les moyens unitaires que pour les moyens combinés ; ces essais devraient être complétés par des analyses coûts/bénéfices. On pourrait ensuite choisir en connaissance de cause la méthode applicable à grande échelle.

F.2.4. Phase IV - Mise au point du plan des opérations

La sélection d'une méthode de lutte étant acquise, il faut à présent élaborer le plan détaillé des opérations pour garantir l'application rationnelle des moyens de lutte aux époques et dans les lieux voulus. Il faudra disposer d'une cartographie de contrôle pour les zones de traitement, ainsi que d'un état prévisionnel détaillé précisant les dates, modes, et dose d'application et les équipements nécessaires à la réalisation du plan.

Le budget du programme devra être établi ; son détail sera soumis pour accords aux autorités concernées. Cette

phase s'achèvera par la commande du matériel et le recrutement de la main-d'oeuvre.

F.2.5. Phase V - Mise en oeuvre du plan des opérations et actions de suivi.

Si le développement des plantes aquatiques n'atteint pas le seuil critique, cette phase fera directement suite à la phase II, qui consiste en un programme d'actions de suivi, mis en oeuvre à titre préventif.

Par contre si la prolifération des plantes est telle que le seuil de nuisance est atteint, cette phase fera suite à la phase IV, qui consiste en l'élaboration du plan d'intervention des divers moyens sélectionnés et de contrôle des effets des traitements. A ce stade la réponse de l'écosystème aux moyens mis en oeuvre est un facteur primordial. Il est en particulier essentiel de contrôler la baisse du taux d'oxygène dissous étant donné l'accroissement possible de la consommation biologique d'oxygène par les végétaux soit en cours de destruction, soit en décomposition sous l'effet du traitement, sans compter certains effets secondaires qui pourraient être désastreux, comme par exemple la destruction des populations ichthyologiques. Le système de gestion adopté devrait autoriser certains correctifs au niveau de l'application des moyens de lutte sélectionnés en fonction de la réponse de l'écosystème. Durant ces actions de suivi, il sera possible d'analyser les avantages et les inconvénients du plan des opérations et d'en évaluer les résultats. Enfin on disposera, et c'est là un élément appréciable, d'un moyen d'intervention immédiat lors de tout futur changement naturel ou causé par l'homme et qui risquerait d'être préjudiciable à l'environnement, et par conséquent à l'homme.

CHAPITRE G.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdel-Malek, S.A 1972. Food and Feeding Habits of Some Egyptian Fishes in Lake Quarun. I. Tilapia zillii (Cerv.) C. according to Different Sexes. Bull. Inst. Océonagra. Fish., Vol. 2 (WRSIC abstr. W75-00350), pp. 239-259.
- Adam, J.G. 1966. La Végétation de l'Aftout es Sahel (Mauritanie occidentale). Bulletin de l'I.F.A.N., T XXVIII, Ser. A, No. 4, pp. 1293-1307.
- _____. 1965. La Végétation du Delta du Sénégal en Mauritanie. Bulletin de l'I.F.A.N. T. XXVII, Ser. A, No. 1, pp. 121-138.
- _____. 1961. Contribution à l'étude de la Végétation du Lac de Guiers (Sénégal). Bulletin de l'I.F.A.N., T. XXXVII, Ser. A, No. 1, pp. 1-72.
- _____. 1960. Quelques Plantes Adventices des Rizières de Richard Toll. Bulletin de l'I.F.A.N., T. XXII, Ser. A, No. 2, pp 361-384.
- _____. 1958. Eléments pour l'Etude de la Végétation des Hauts Plateaux du Fouta Djalon. Gouvernement Général de l'A.O.F.
- _____. 1976. Environmental Effects of Pa Mong. Committee for Coordination of Investations of the Loxer Mekong Basin. Bangkok
- _____. 1973. Some Prospects for Aquatic Weed Management in Guyana. Workshop on Aquatic Weed Management and Utilization. Nat. Sci. Res. Council of Guyana and Nat. Academy of Sciences, U.S.A.
- Bailey, W.M. 1972. Arkansas' Evaluation of the Desirability of Introducing the White Amur (Ctenopharyngodon idella, Val.) for Control of Aquatic Weeds. Paper, 102nd annual meeting, American Fisheries Soc. and International Assoc. Game and Fish Commissioners.
- Berhaut, J. 1971-1976. Flore Illustrée du Sénégal, T. I-V. Gouv. du Sénégal, Ministère du Dév. Rural et de l'Hydraulique. Dakar
- Blackburn, R.D., Satton, D.L., and Taylor, T. 1971. Biological Control of Aquatic Weeds. J. Irrigation and Drainage Div. ASCE, Vol 97 (IR3), pp. 421-423.

- Chokder, A.H. 1968. Further Investigations on Control of Aquatic Vegetation in Fisheries. Agr. Pakistan Vol. 19(1), pp. 101-118.
- Coulson, J. R. 1974. Potential Environmental Effects of the Introduction of the Argentine Water Hyacinth Weevil, Neochetina eichhorniae, into the United States. In Gangstad, E.O., et al. Biological Control of Water Hyacinth with Insect Enemies. Aquatic Plant Control Program, Tech. Rep. No. 6, Army Eng. Waterways Exp. Sta., Vicksburg, Miss., (NTIS AD-775 408/8), pp. F3-F15.
- Das, R.R. 1969. Proc. Indian Sci. Congr., Vol. 6.
- De Graft-Johnson, K.A.A. 1977. Some Studies on the Weeds of the Densu Reservoir. Institute of Aquatic Biology. Achimota, Ghana.
- DeLoach, C. J. 1975. Search for and Importation of Insect Enemies of Aquatic Weeds. U.S. Dep. Agr. Entomology Res. Div., Buenos Aires. Notice of Research Project Smithsonian Science Information Exchange, Washington, D. C. SIE No. GY-1739.
- DeLoach, A.D. and Cordo, H.A. 1975. Neohydronomus pulchellus, a Weevil Attacking Pistia stratiotes in South America - biology and host specificity. Entomol. Soc. Amer., Vol. 69(5), pp. 830-834.
- Doroshev, S.I. 1963. The Survival of White Amur and Tolstolobik Fry in Sea of Azov and Aral Sea Water of Varying Salinity. Problems of the Fisheries Exploitation of Plant-eating Fishes in the Water Bodies of the USSR. Ashkhabad. pp. 144-149.
- Edelbrock, J. 1975. Manatees, Sirens of the Seas. Oceans, Vol. 8(6), pp. 66-69.
- FAO. 1975. Introduction of Carp into the Sudan. Bulletin 7(1-2).
- Freeman, P.H. 1974. The Environmental Impact of a Large Tropical Reservoir. Office of Environmental Programs, Smithsonian Institution, Washington, D. C.
- Grabau, W.E. 1977. A Management Procedure for the Introduction of Biological Agents for Control of Aquatic Plants. Miscellaneous Paper A-77-2. U.S. Army Corps of Engineers. Waterways Exp. Station.
- Lahser, C.W. 1967. Tilapia mossambica as a Fish for Aquatic Weed Control Program. Prog. Fish Cult., Vol. 29, pp. 48-50.
- Lamara, V.A., Jr. 1975. Digestive Activities of Carp as a Major Contributor to the Nutrient Loading of Lakes. Verh. Int. Verein. Limnol., Vol. 19, pp. 2461-2468.

- Lawson, G.W. 1967. Sudd Formation on the Volta Lake. Bulletin de l'I.F.A.N. T. XXIX, No. 1.
- _____. Petr, T., Biswas, S., Biswas, E.R.I. and Reynolds, J.D. 1969. Hydrobiological Work of the Volta Basin Research Project, 1963-1968. Bulletin de l'I.F.A.N., T. XXXI, Ser. A, No. 3, pp. 265-1001, 976-1003.
- McClure, T.T. 1974 The Registration of Aquatic Herbicides. Aquatic Plant Control Program, Technical Report 7. Aquatic Use Patterns for 2,4-D dimethylamine and integrated control. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station. pp. C3-11.
- Mulligan, H.G. 1969. Management of Aquatic Vascular Plants and Algae. Eutrophication: Causes, Consequences and Correctives. Nat. Acad. Sci., Washington, D.C.
- National Science Research Council. 1974. An International Center for Manatee Research: Report of Workshop. February 7-13, 1974, Georgetown, Guyana. NTIS PB-240 244/4GA.
- _____. 1973. Some Prospects for Aquatic Weed Management in Guyana. Proc. Workshop on Aquatic Weed Management and Utilization. NTIS PB-228 660.
- NIKOLSKY, G.V. 1965. Fishes of the Amur Basin. Vest. Akad. Nauk. (Academy of Science of the USSR), pp. 540-555. (In Russian).
- Odei, M.A. 1973. Observations on Some Weeds of Malacological Importance in the Volta Lake. Bulletin de l'I.F.A.N., T. XXXV, Ser. A, No. 1, pp. 58-78.
- _____. 1972. Some Preliminary Observations on the Distribution of Bilharzia Host Snails in the Volta Lake. Bulletin de l'I.F.A.N., T. XXXIV, Ser. A, No. 3, pp. 535-543.
- Paperna, I. 1972. Habitat Selection and Population Changes of Bulinid Snails in the Volta Lake, Ghana. Bulletin de l'I.F.A.N., Vol. XXXIV, Ser. A, No. 1, pp. 828-851.
- _____. 1969. Aquatic Weeds, Snails and Transmission of Bilharzia in the New Manmade Volta Lake in Ghana. Bulletin de l'I.F.A.N., T. XXXI, Ser. A, No. 2, pp. 486-499.
- Philipose, M.T. 1968. Present Trends in Control of Weeds in Fish Culture of Asia and the Far West. FAO Fish Rep., Vol. 44(5), pp. 26-52.
- Pruginin, Y. 1968. Weed Control in Fish Ponds in the Near East. FAO Fish Rep., Vol. 44(5), pp. 18-25.

- Reizer, C. 1974. Definition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un ecosysteme aquatique complexe par l'etude de son environnement abiotique, biotique et anthropique. 2-environnement biotique. Ph. D. Dissertation, Univeristy of Luxembourg.
- Sculthrope, C.D. 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold Ltd. London.
- Schuytema, Gerald S. 1977. Biological Control of Aquatic Nuisances - A Review. EPA-600/3-77-084. USEPA, ORD,
- Smirnov, N.N. 1960. Nutrition of Galerucella nymphaeae L. (Chrysomelidae), Mass Consumer of Water Lily. Hydrobiolgea Vol. 15(3), pp. 208-224.
- Stevenson, J.H. 1965. Observations of Grass Carp in Arkansas. The Progressive Fish Culturist, Vol. 24(4), pp. 203-206.
- Thomas, J. D. 1966. Some Preliminary Observations on the Fauna and Flora of a Small Man-made Lake in the West African Savanna. Bulletin de l'I.F.A.N. T. XXVIII, Ser. A, No. 2, pp. 542-562.
- van der Lingen, M.I. 1968. Control of Pond Weeds. FAO Fisheries Rep. Vol. 44(5), pp. 53-60.
- Yeo, R.R. 1967. Silver Dollar Fish for Biological Control of Submersed Aquatic Weeds. Weeds, Vol. 15, pp. 27-31.

E.1.3. Lutte chimique

Les herbicides permettent une lutte immédiate contre les mauvaises herbes. Cette méthode est efficace tant à court terme, dans le cadre d'interventions ponctuelles, qu'à long terme comme moyen de lutte permanent, mais elle entraîne des dépenses toujours renouvelées pour couvrir les approvisionnements, la main-d'oeuvre et l'équipement. Enfin, il est essentiel de déterminer avec précision les utilisations de l'eau dans laquelle les produits chimiques seront déversés.

Les herbicides chimiques posent toujours le problème de leurs effets secondaires sur les organismes aquatiques, sur les cultures irriguées, sur le bétail et sur les populations. Une étude approfondie de la documentation existante devrait toujours précéder le choix d'un herbicide afin d'en préciser la toxicité non spécifique, tandis que des essais biologiques permettraient de déterminer cette toxicité pour les poissons et organismes aquatiques vivant dans le fleuve Sénégal.

E.1.4. Moyens physiques de lutte

E.1.4.1. Le court terme

Il importe en premier lieu de bien délimiter les emplacements où les mauvaises herbes aquatiques risquent de s'établir dans la région. Arbres et arbustes devraient être supprimés avant le remplissage des réservoirs. Le risque d'établissement végétatif semble moindre pour le lac de Guiers, l'Aftout es Sahel et le lac R'Kiz. Dans la retenue de Manantali, même les arbres de plus haute taille restés sur pied seront recouverts d'une forte épaisseur d'eau. En outre, les pentes raides sur les rives du lac gêneront les futurs peuplements, et sont, en tout état de cause, peu arborées. Néanmoins, les zones les plus boisées peuvent constituer un habitat pour les espèces du genre Pistia et devront donc être éclaircies avant la construction du barrage. On estime que le coût de ces travaux s'élèvera à 100.000 dollars E.U.

E.1.4.2. Lutte mécanique

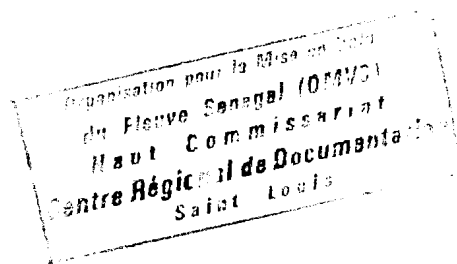
La méthode la plus pratique, mais néanmoins onéreuse et exigeante en main-d'oeuvre, consiste à couper les mauvaises herbes et à les évacuer du site. Cette méthode ne permet cependant pas la suppression du système racinaire, d'où des résultats très provisoires, parfois le temps d'un ou de deux cycles de croissance. Une lutte par la récolte des macrophytes n'aura pas d'impact majeur sur l'environnement. A l'exception de quelques poissons et insectes piégés dans la végétation, et qui sont enlevés avec elle, rien n'est supprimé, ni fondamentalement modifié. Le taux de turbidité du lac demeure inchangé et la baisse d'oxygène dissous qui aurait résulté de la décomposition des mauvaises herbes est ainsi évitée. Le problème de mortalité des poissons, suite à cette baisse, ne se pose donc pas.

Les coûts d'une intervention mécanique sont estimés à 100 dollars par hectare. En partant de cette hypothèse de coût et d'une double récolte annuelle, les coûts pour le bassin du fleuve Sénégal s'établissent comme suit (en supposant que 10 % des retenues d'eau sont constitués par leurs zones de rivages) :

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES



- A. Introduction
- B. Objectifs, Etendue et Organisation de l'Etude
- C. Inventaire
 - C.1. Flore aquatique du bassin du fleuve Sénégal
 - C.1.1 Flore aquatique du delta du fleuve
 - C.1.2 Flore aquatique du cours moyen du fleuve Sénégal
 - C.1.3 Flore aquatique du lac de Guiers
 - C.1.4 Flore aquatique de l'Aftout-es-Sahel
 - C.1.5 Flore aquatique dans le bassin supérieur du fleuve Région du Fouta Djallon
 - C.2. Problèmes posés par la flore aquatique dans d'autres régions de lacs artificiels.
 - C.3 Pertes d'eau imputables à une trop forte densité de végétation aquatique.
- D. Impacts sur Environnement
 - D.1 Introduction
 - D.1.1 Lac de Guiers
 - D.1.2 Aftout-es-Sahel
 - D.1.3 Lac R'Kiz
 - D.1.4 Retenue d'eau de Diama
 - D.1.5 Réservoir de Manantali
 - D.1.6 Irrigation
 - D.1.7 Végétation du delta
 - D.2 Résumé

- E. Mesures visant à amortir les Impacts
 - E.1 Introduction
 - E.1.1 Fluctuation du niveau de l'eau dans les lacs ou dans les retenues d'eau.
 - E.1.2 Lutte biologique
 - E.1.3 Lutte chimique
 - E.1.4 Moyens physiques de lutte

- F. Plan d'Action
 - F.1. Introduction
 - F.2. Programme de maîtrise et de lutte contre la végétation aquatique.
 - F.2.1 Phase I - Identification des problèmes et description du système.
 - F.2.2 Phase II - Collecte et analyse des données
 - F.2.3 Sélection des techniques de lutte
 - F.2.4 Phase IV - Mise au point du plan des opérations
 - F.2.5 Mise en oeuvre du plan des opérations et actions de suivi.

- G. Bibliographie

LISTE DES TABLEAUX

- C.1-1 Espèces végétales présentes dans le Delta et recouvertes en permanence soit d'eau douce, soit d'eau salée (selon la saison)
- C.1-2 Espèces végétales présentes dans le Delta, recouvertes périodiquement soit d'eau douce, soit d'eau salée (selon la saison).
- C.1-3 Flore aquatique du fleuve Sénégal
- C.1-4 Flore aquatique du lac de Guiers
- C.1-5 Principaux Groupes Végétaux Riverains du lac de Guiers
- C.1-6 Flore des zones du Fouta Djallon soumises à des inondations périodiques.
- C.2-1 Algues ayant proliféré massivement dans certains lacs d'Afrique.
- C.2-2 Plantes aquatiques pouvant s'agglutiner en îlots flottants
- C.2-3 Végétation aquatique dans les cours d'eau et les lacs de l'Afrique de l'Ouest.
- C.2-4 Plantes aquatiques posant des problèmes dans les lacs d'Afrique.
- D.2-1 Cycle de développement de la proie dans les futures retenues d'eau après la réalisation du programme de l'OMVS.

LISTE DES FIGURES

- C.1-1 Transec phytosociologique du lit majeur du lac de Guiers.
- C.1-2 Lac de Guiers - Point d'observation N° 1
- C.1-3 Lac de Guiers - Point d'observation N° 2
- C.1-4 Lac de Guiers - Point d'observation N° 3
- C.1-5 Lac de Guiers - Point d'observation N° 6
- C.1-6 Lac de Guiers - Point d'observation N° 8
- C.1-7 Lac de Guiers - Point d'observation N° 9
- C.1-8 Lac de Guiers - Point d'observation N° 10
- C.1-9 Croquis panoramique du cordon littoral

INTRODUCTION

Le fleuve Sénégal ainsi que sa plaine d'inondation sont déjà exploités à des fins multiples et cette exploitation ira s'intensifiant à l'avenir. Or il y a souvent conflit entre les diverses utilisations envisagées et l'utilisation actuelle par les espèces aquatiques et animales vivant dans la région.

Compte tenu de ces fonctions utilitaires concurrentielles, il convient de considérer le fleuve et sa plaine d'inondation en tant que ressource à buts multiples, dont la gestion doit viser la maximisation des rendements de ses différentes composantes, ce qui exige une connaissance approfondie de son comportement sous diverses conditions d'exploitation.

Cette partie de l'évaluation de l'environnement a pour objectif de déterminer dans quelle mesure les espèces végétales et animales vivant dans le bassin fluvial seront affectées par la construction des deux barrages de Diama et de Manantali, et par l'extension des superficies irriguées et l'intensification du trafic fluvial qui en résulteront.

C'est ainsi que les futurs barrages peuvent entraîner une modification du régime des crues et même leur suppression, et ce au détriment des plantes et des animaux. Les espèces végétales et animales terrestres détruites dans la région par la création des retenues d'eau peuvent ne pas être remplacées par des espèces aquatiques. Les futurs endiguements, conçus pour maintenir les écoulements dans le lit du fleuve, peuvent empêcher la submersion des zones forestières par les crues annuelles, d'où l'élimination concomitante des essences forestières et des espèces animales qui s'y abritent. Les projets d'irrigation, qui provoqueront une intensification des activités agricoles, risquent de poser le

problème d'évacuation de résidus toxiques préjudiciables non seulement aux animaux aquatiques mais également à toutes les espèces ornithologiques, sous l'effet du processus biologique. En outre, le lessivage des engrais agricoles peut favoriser une prolifération de plantes aquatiques dans le fleuve, d'où une possible désoxygénation diurne au détriment de la respiration des êtres aquatiques invertébrés et vertébrés, augmentant d'autant le taux d'eutrophisation. Le programme d'amélioration de la navigation exige la création d'escaliers fluviales et l'aménagement du chenal navigable, ainsi que des travaux de maintenance ce qui, ajouté à l'intensification du trafic fluvial, peut causer de graves dommages aux plantes et aux animaux notamment par la pollution de l'eau due aux fuites de carburants et à la purge des bateaux. Lorsqu'elles sont applicables, des mesures visant à atténuer les impacts défavorables sur l'environnement sont proposées, et s'accompagnent dans la mesure du possible, d'un plan d'action.

Le présent rapport se compose de cinq sections :

Volume 1	Section 1	Végétation Aquatique
	Section 2	Forêts
Volume 2	Section 3	Ichtyologie - Pêches
Volume 3	Section 4	Mammalogie - Herpetologie
	5	Ornithologie

CHAPITRE A

INTRODUCTION

Du fait de la forte baisse du débit pendant la longue saison sèche, la végétation aquatique n'a jamais posé de problème dans le fleuve Sénégal. Par contre il est prévisible que les futurs barrages de Diama et de Manantali ainsi que leurs retenues d'eau auront une incidence sur le régime du fleuve, d'où une profonde modification de ses caractéristiques.

Les lacs artificiels sont souvent un lieu de colonisation par les plantes aquatiques flottantes qui prolifèrent rapidement à la surface de ces nouveaux plans d'eau stagnante. C'est ainsi que Mitchell (1973) signale le développement spectaculaire de Salvinia molesta dans le lac Kariba, d'Eichornia crassipes au barrage de Djebel Aulia et dans les lacs Brokondo, Apana, et Rio Lempa, ainsi que les problèmes posés par Pistia stratiotes (laitue d'eau) dans le lac Volta.

Le type de plante aquatique pouvant se fixer est généralement déterminé par la profondeur du plan d'eau et l'importance des fluctuations de son niveau, bien que pour les espèces flottantes, il n'existe aucune corrélation entre leur fixation d'une part et la nature du sol sous-jacent ou les variations du niveau de l'eau d'autre part, d'où un danger plus grand d'une prolifération excessive. La végétation aquatique exerce un effet défavorable sur les plans d'eau : elle obstrue les canaux et les pompes d'irrigation, elle gêne la production hydroélectrique, elle gaspille l'eau par évaporation, elle fait obstacle au trafic fluvial et gêne également la pêche et la pisciculture. Ces problèmes sont particulièrement sensibles dans les pays tropicaux où le développement des plantes aquatiques est favorisé par la température élevée de l'eau et les progrès de l'irrigation. Par ailleurs les plantes aquatiques abritent un mollusque d'eau douce, hôte intermédiaire du schistosome, agent pathogène des bilharzioses

et, plus indirectement, les moustiques vecteurs de certaines maladies telles que le paludisme et l'encéphalite. Mais par contre les plantes aquatiques sont une source de nourriture pour de multiples animaux et constituent l'habitat de différentes espèces de poissons qui à leur tour servent de nourriture à l'homme et à de nombreux animaux.

CHAPITRE B

OBJECTIFS, ETENDUE ET ORGANISATION DE L'ETUDE

L'objectif global de la présente étude est d'identifier et d'évaluer l'incidence que la réalisation du programme de mise en valeur du bassin du fleuve Sénégal aura sur la flore aquatique. Ce rapport formule certaines recommandations et suggère diverses méthodes afin de réduire les impacts négatifs provoqués par cette flore.

Les données de base nécessaires à notre étude ont été recueillies dans la documentation existante et au cours d'observations sur le terrain. Les données documentaires proviennent principalement des Centres de documentation de l'OMVS de Dakar et de St. Louis, des services de l'ORSTOM à Thiary et de l'IFAN à l'Université de Dakar.

Les observations sur le terrain ont été effectuées dans la future zone d'inondation du réservoir de Diama, dans le delta et la basse vallée, ainsi qu'au lac de Guiers. Un survol du bassin nous a permis d'observer l'ensemble de la région fluviale, y compris le lac de Guiers, l'Aftout-es-Sahel et le lac R'Kiz. Nos observations terrestres ont plus particulièrement porté sur les sites des deux futurs réservoirs, sur le lac de Guiers ainsi que sur certains lieux spécifiques le long du fleuve.

Lors d'un voyage au Ghana nous avons pu étudier le projet du lac Volta et nous entretenir avec les responsables locaux des problèmes posés par les plantes aquatiques après l'aménagement du lac.

Nous n'avons tenté aucune recherche spécifique dans le cadre du projet mais avons établi des projections à partir des impacts observés par le passé ou actuellement, dans des projets similaires de création de lacs artificiels en Afrique.

En conclusion, le rapport propose différentes méthodes visant à amortir les effets négatifs de la flore aquatique.

CHAPITRE C

INVENTAIRE

C-1 La flore aquatique du bassin du fleuve Sénégal

La flore aquatique du fleuve Sénégal et de la rivière Bafing est assez pauvre, le retrait annuel des eaux en saison sèche empêchant l'établissement définitif de nombreuses espèces. Dans le lac de Guiers et le marigot de Lampsar on trouve fréquemment des colonies de Pistia stratiotes flottant à la surface de ces eaux calmes. Néanmoins les plantes aquatiques observées sont le plus souvent saisonnières. Leur densité de population est particulièrement élevée en saison des pluies et immédiatement après, tandis qu'en saison sèche, la végétation est relativement éparsée. Par contre, dans le fleuve Sénégal et dans la rivière Bafing, dont le courant gêne l'établissement d'une végétation permanente, aucune Pistia n'a été inventoriée. Le lac de Guiers renferme également certains macrophytes flottants, notamment Echinochloa stagnina, et il a été établi que Vossia cuspidata, une herbe racinée émergente, s'y est également implantée. (Reizer, 1974).

Etant donné la situation géographique du Lac de Guiers (en amont de l'Aftout-es-Sahel et du site de Diama, et en face du lac R'Kiz) il est important d'en connaître la flore aquatique si l'on veut prévoir quels seront les impacts dans cette future zone d'inondation.

Nous étudierons successivement la flore aquatique propre au delta (section C-1), à la moyenne vallée (section C-1-2), au lac de Guiers (section C-1-3), à l'Aftout-es-Sahel (section C-1-4), et au haut bassin (le Fouta Djallon en particulier) (section C-1-5).

C-1-1 Flore aquatique du delta du fleuve

Les plantes aquatiques présentes dans le delta sont adaptées aux conditions de forte variation du taux de salinité des eaux, allant de l'eau de mer pure (35 ppm de salinité) à l'eau douce pure (0,0 ppm). L'eau entourant l'île de Thiong, au nord de St. Louis, en rive droite et dans le cours inférieur du fleuve, a fait l'objet d'une étude par Adam (1965); il a noté que cette eau est généralement saumâtre, mais devient douce en période de crues (juillet à octobre). Il signale 19 espèces végétales recouvertes en permanence (cf. Tableau C-1-1) et 13 espèces recouvertes périodiquement (cf Tableau C-1-2), par les eaux alternativement douce et salées.

Tableau C.1-1 Espèces végétales présentes dans le delta et recouvertes en permanence soit d'eau douce, soit d'eau salée (selon la saison).

Aeschynomene indica

Avicennia africana (halophyte) * (palétuvier blanc)

Brachiaria mutica

Cyperus articulatus

Cyperus auricomus

Diplachne fusca

Echinochloa colona

Echinochloa pyramidalis

Fimbristylis ferruginea (halophyte)

Paspalum vaginatum (sub-halophyte)

Phragmites vulgaris (roseau)

Pycnus polystachyos laxiflorus (sub-halophyte)

Rhizophora racemosa (halophyte) (palétuvier rouge)

Scirpus maritimus (sub-halophyte)

Scirpus littoralis (sub-halophyte)

Sesbania sesban

Sporobolus virginicus (halophyte)

Typha australis (jonc des marais)

Vigna vexillata

* On désigne sous le nom d'halophytes ("qui aime le sel") les plantes pouvant tolérer de fortes salinités, et sous le nom de sub-halophytes celles tolérant de moins fortes concentration de sels.

Source : Adam, 1965

Tableau C-1-2 Espèces végétales présentes dans le delta, recouvertes périodiquement soit d'eau douce, soit d'eau salée (selon la saison).

Borassus aethiopum

Chloris gayana

Conocarpus erectus

Cynodon dactylon

Fimbristylis obtusifolia

Heleocharis caribaea

Indigofera oblongifolia

Ipomoea asarifolia

Kyllinga peruviana

Mariscus ligularis

Phloxerus vermiculatus

Phyla nodiflora

Pluchea ovalis

Source : Adam 1965

C.1-2 Flore Aquatique du cours moyen du fleuve Sénégal

On trouve dans le cours moyen du fleuve Sénégal, tout comme dans son cours inférieur, des plantes aquatiques fixes et flottantes.

Le Tableau C.1-3 a été établi, à partir d'entretiens avec des fermiers sénégalais sur certaines espèces nominativement désignées comme terrestres mais qui deviennent périodiquement aquatiques lorsque le niveau de l'eau dans le fleuve est suffisamment élevé pour les submerger, auquel cas elles servent de nourriture aux lamantins et aux poissons. Indirectement, elles sont également utiles aux poissons comme zone d'alevinage ou comme source d'apport de périphyton qui se développe sur les tiges et les racines submergées.

TABLEAU C.1-3

FLORE AQUATIQUE DU FLEUVE SENEGAL
 (Région du Fleuve, département de Matam)

Nom Scientifique

Heliotropium bacciferum

Nymphaea sp (Nénuphar)

Cyperus iria, C. leucocephalus

Panicum lactuna

Paspalum vaginatum

Andropogon gayanus

Vetriveria nigritana

Panicum anabaptistum

Echinochloa sp

Oryza barthii

Pennisetum pedicellatum

C.1-3 Flore aquatique du lac de Guiers

Nous présentons au Tableau C.1-4 les plantes aquatiques présentes dans le lac de Guiers et décrites par Adam (1964). La répartition de certaines d'entre elles est représentée à la Figure C-1-1, tandis que la Tableau C-1-5 (Reizer, 1974) précise leurs inter-relations avec les différents types de sol.

Pendant la période des hautes eaux (août-novembre) d'autres plantes en bordure du lac sont inondées; on peut, entre autres, citer Cynodon dactylon, Paspalum vaginatum, Paspalum germinatum, Echinochloa colona et Cyperus maculatus. Ces plantes, pendant la durée de leur submersion, deviennent des plantes aquatiques. Les schémas qui suivent (Adam 1964) montrent la répartition générale et saisonnière (périodes de crue et d'étiage) d'une partie de la flore du lac (Figures C-1-2 à C-1-8)

Tableau C.1-4 Flore aquatique du lac de Guiers.

<u>Plantes</u>	<u>Remarques</u>
<u>Pistia stratiotes</u>	Plante flottante
<u>Nymphaea lotus</u>	Flottante, mais fixe
<u>Pycnus mundtii</u>	" "
<u>Jussieua repens</u>	" "
<u>Echinochloa stagnina</u>	" "
<u>Vossia cuspidata</u>	" "
<u>Cyperus articulatus</u>	" "
<u>Neptunia sp</u>	" "
<u>Diplachne fusca</u>	" "
<u>Oryza barthii</u>	" "
<u>Brachiaris mutica</u>	" "
<u>Polygonum senegalense</u>	" "
<u>P. lanigerum</u>	" "
<u>Ceratophyllum sp</u>	" "
<u>Typha australis</u>	Plante fixe
<u>Phragmites vulgaris</u>	"
<u>Phaseolus adenanthus</u>	"
<u>Ipomoea lilacina</u>	"

Figure. C. 1-1

TRANSEC PHYTOSOCIOLOGIQUE DU LIT MAJEUR DU LAC DE GUIERS
 LITTORAL TRANSECTION OF THE MAJOR BED OF LAC DE GUIERS

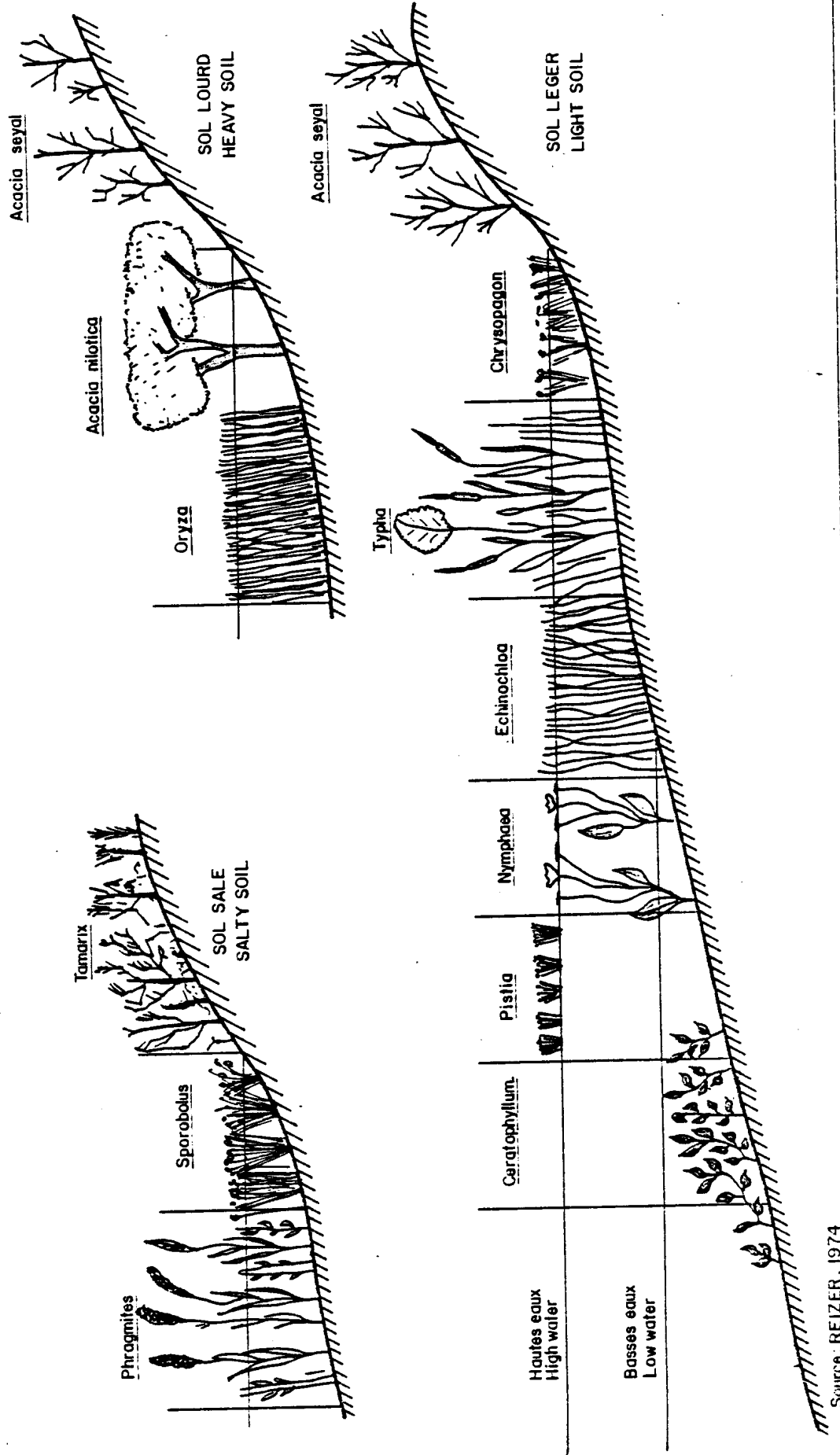


TABLEAU C.1-5

Principaux Groupes Végétaux Riverains du Lac de Guiers

Zone	Groupe No.	TYPE DE SOLS	
		Sols légers	Sols lourds
			Sols salés
A	1	<u>Ceratophyllum</u> - <u>Utricularia</u> - <u>Najas</u> - <u>Limnophila</u>	
	2	<u>Pistia stratiotes</u> L. - <u>Lemna</u> - <u>Wollfia</u> - <u>Azolla</u> - <u>Rotala</u> - <u>Spirogyra</u> - <u>Eichornia</u>	
	3	<u>Nymphaea lotus</u> L. et <u>Nymphaea micrantha</u> GUILL. et PERR.	
B	4	<u>Echinochloa stagnina</u> (RETZ) BEAUV. - <u>Vossia cuspidata</u> (ROXB.) GRIFF - <u>Ludwigia stolonifera</u> (GUILL. et PERR. RAVEN)	
	5	<u>Typha australis</u> (SCHUM.) GRABNER <u>Ipomaea lilacina</u> SCHRANK <u>Cyperus mundtii</u> (NEES) KUNTH <u>E. pyramidalis</u> (LAM.) HITCHC. et CHASE <u>Neptunia</u>	<u>Phragmites mauritianus</u> KUNTE <u>Brachiaria mutica</u> (FORSK) STAPP <u>Ipomaea repens</u> ROB <u>Diplachne fusca</u> BEAUV. <u>Paspalum</u>
	6	<u>Chrysopogon zizanioides</u> (L.) ROB. var. <u>nigritanus</u> (BENTH.) (parfois <u>Cynodon</u>)	<u>Sporobolus robustus</u> KUNTH <u>Sporobolus spicatus</u> (VAHL) KUNTH
C	7	<u>Acacia seyal</u> DEL. - <u>Acacia raddiana</u> SAVI (1830) <u>Balanites aegyptiaca</u> DEL.	<u>Tamarix</u> sp.

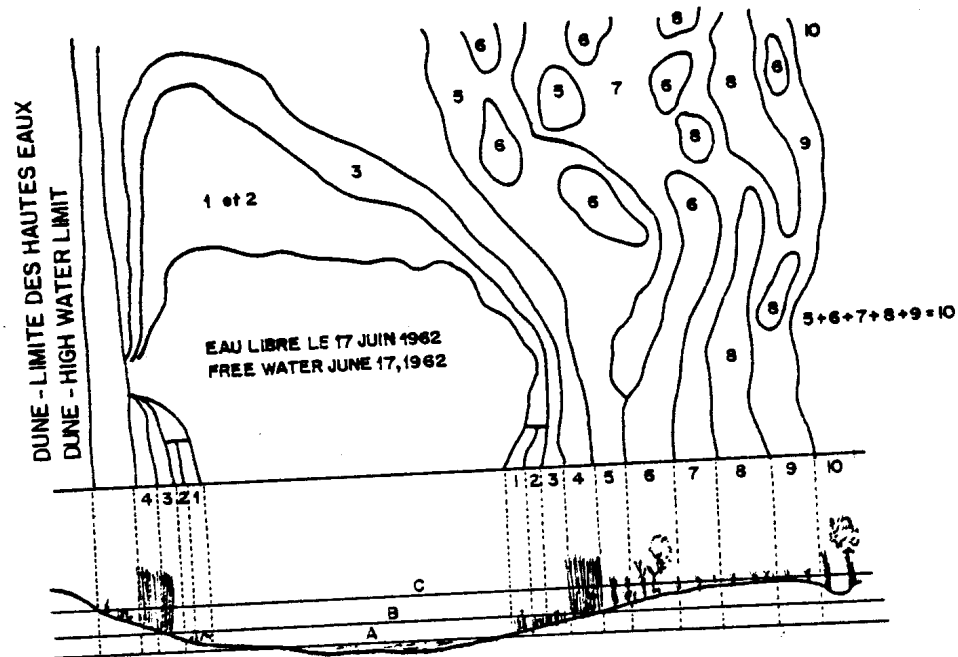
LEGENDE : Milieux : A = Inondation permanente

B = Sols inondables - exondables

C = Sols exondés en permanence (= limite des plus hautes eaux).

Les groupements sont cités en partant de l'eau libre à l'assec permanent. Les espèces soulignées sont les caractéristiques des groupements.

POINT D'OBSERVATION N° 1. KEUR MOMAR SARR (17 JUIN 1962)
 POINT OF OBSERVATION N° 1. KEUR MOMAR SARR (JUNE 17, 1962)



A = ETAGE
 LOW WATER MARK

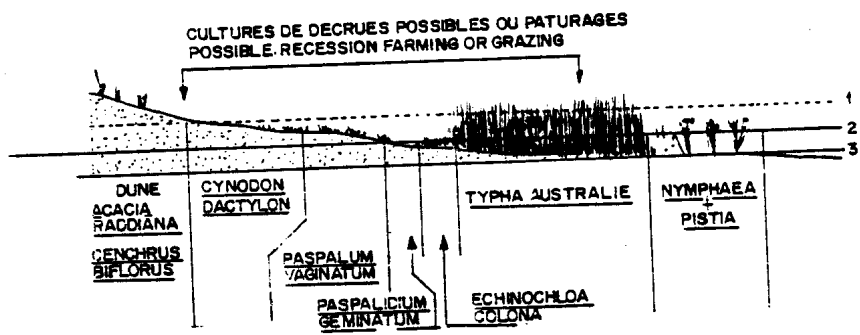
B = EAU LE 17 JUIN 1962
 WATER LEVEL ON JUNE 17., 1962

C = HAUTES EAUX
 HIGH WATER MARK

PREDOMINANCE DE :
 PREDOMINANT SPECIES :

- 1 = PISTIA
- 2 = NYMPHAEA
- 3 = PYCREUS MUNDTII + JUSSIEUA REPENS
- 4 = TYPHA + IPOMACA LILACINA
- 5 = TYPHA + TAMARIS
- 6 = PARKINSONIA + CYNODON
- 7 = TYPHA + CYNODON
- 8 = SPOROBOLUS ROBUSTUS + CYNODON
- 9 = PHILOXERUS + CRESSA
- 10 = MOSAIQUE DE 5 A 10 AVEC SALVADORA + ACACIA NILOLICA ADANSONIANA
 MOSAIC OF FROM 5 TO 10, INCLUDING SALVADORA + "

Figure: C. 1 - 3

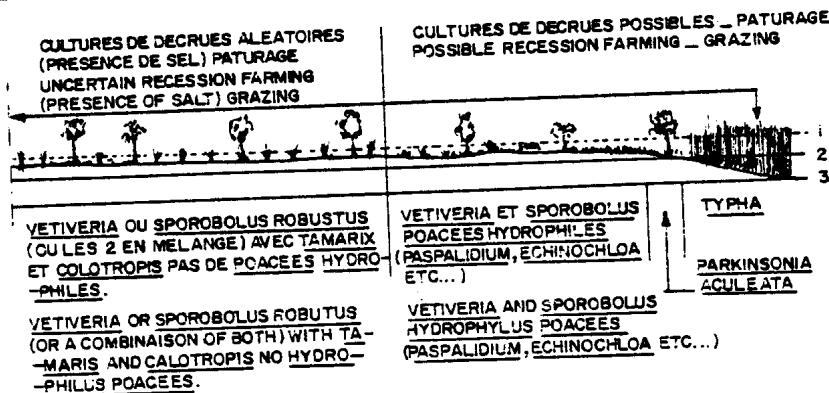


POINT D'OBSERVATION N° 2
POINT OF OBSERVATION N° 2

1 = HAUTES EAUX 2 = EAUX LE 9 FEVRIER 1962. 3 = ETIAGE
1 = HIGH WATER 2 = LEVEL ON 9 FEBRUARY 1962. 3 = LOW WATER

Source: ADAM, 1964

Figure: C. 1 - 4

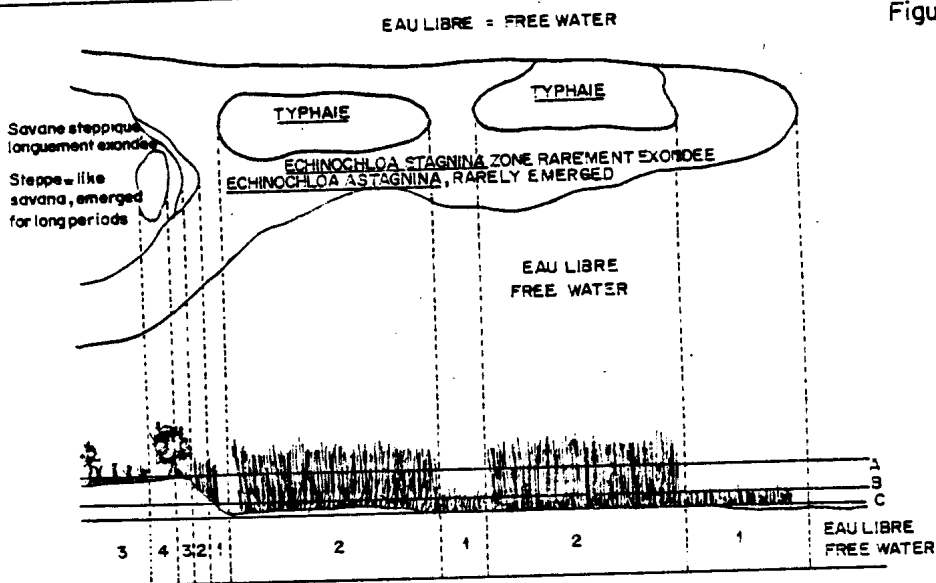


POINT D'OBSERVATION N° 3
POINT OF OBSERVATION N° 3

1 = HAUTES EAUX 2 = EAUX LE 9 FEVRIER 1962 3 = ETIAGE
1 = HIGH WATER 2 = LEVEL ON 9 FEBRUARY 1962 3 = LOW WATER

Source: ADAM, 1964

Figure: C. 1 - 5



POINT D'OBSERVATION N° 6
POINT OF OBSERVATION N° 6

A = NIVEAU AUX HAUTES CRUES B = NIVEAU LE 19 JUI 1962 C = NIVEAU A L'ETIAGE
A = HIGH WATER LEVEL B = LEVEL ON JUNE 19, '62 C = LOW WATER LEVEL

- 1 = ECHINOCHLOA STAGNINA ARBUSTIVE A ORYZA
- 1 = ECHINOCHLOA STAGNINA FOREST WITH ORYZA
- 2 = TYPHA
- 3 = SAVANE STEPPIQUE NON INVENTORIEE
- 3 = NON LISTED STEPPE SAVANNA
- 4 = SAVANE ARBUSTIVE A SALVADOR + MAYETENUS + ACACIA NILOTICA ADANSONIANA
- 4 = SALVADOR SAVANNA FOREST + MAYETENUS + ACACIA NILOTICA ADANSONIANA

Source: ADAM, 1964

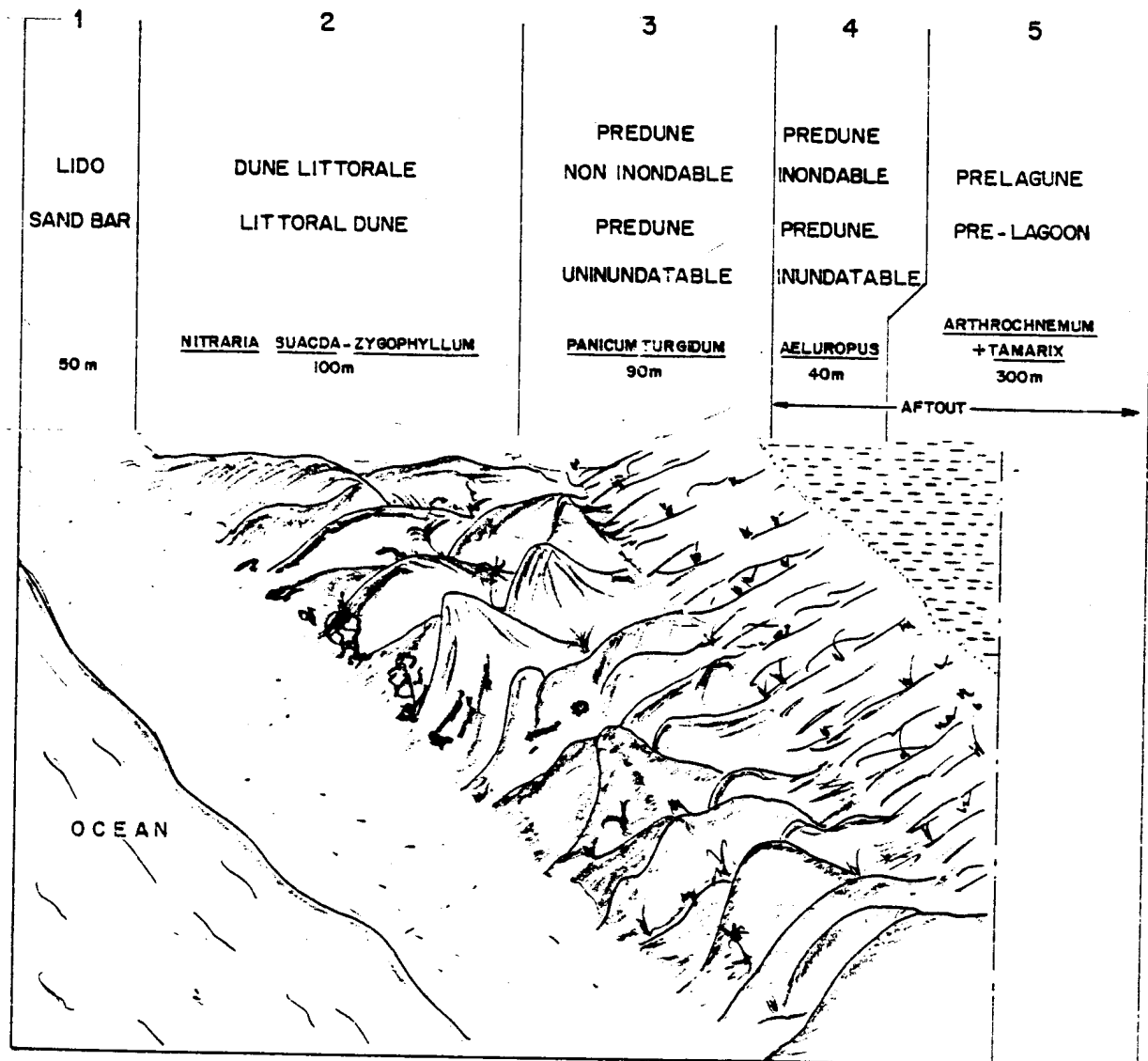
C.1.4. Flore aquatique de l'Aftout-es-Sahel

L'inondation de l'Aftout-es-Sahel a lieu selon la fréquence de la crue décennale. La superficie inondée peut s'étendre du fleuve Sénégal jusqu'à Nouakchott lorsque la crue est d'une amplitude exceptionnelle. Selon Adam (1966), parmi les plantes caractéristiques de l'Aftout-es-Sahel, et que l'on trouve derrière les dunes littorales, dans les dépressions remplies d'eau de crue ou de pluie, figurent Tamarix senegalensis, Aeluropus littoralis et Cyperus bulbosus. (Figure C.1-9)

La vie végétale dans ces dépressions peu profondes et proches de l'océan est influencée par le sel transporté par les vents du large jusqu'à l'intérieur des terres ; le taux croissant de la salinité de leurs eaux, dû à l'accumulation des sels et à l'évaporation, ne favorise pas l'établissement des nombreuses plantes aquatiques qui auraient pu être transportées dans l'Aftout-es-Sahel à l'occasion d'une crue décennale.

En décembre 1977, le survol de l'Aftout-es-Sahel nous a permis de constater une succession de mares et non un seul grand lac, ce qui est certainement imputable aux faibles crues des années précédentes.

**CROQUIS PANORAMIQUE DU CORDON LITTORAL A TRAVERS AFTOUT ES SAHELI
A PANORAMIC DIAGRAM OF THE COASTAL INSHORE ZONE
TROUGH THE AFTOUT ES SAHELI**



C.1.5. Flore aquatique dans le bassin supérieur du fleuve -
Région du Fouta Djalou

Pour établir l'inventaire de la flore aquatique présente dans le bassin supérieur du fleuve Sénégal, nous nous sommes basés sur la documentation existante. A partir de ces données, il est aisé de prévoir les différentes espèces qui pourront se fixer dans la future retenue d'eau de Manantali. Nous n'avons pu nous procurer qu'une seule étude sur la végétation du massif du Fouta Djalou, à savoir l'étude faite par Adam en 1958. Bien que la région étudiée ne soit pas vraiment celle du projet, elle en est suffisamment proche pour supposer une végétation identique dans ces deux zones. Adam signale la présence de Oryza, Helocharis, Saccolopsis spp. aeschyonomene, Setaria et Xyris dans les mares temporaires sur les sols argileux. Sur les sols inondés, constitués d'argile et de calcaire, on trouve Xyris barteri et Eriochrysis brachypogon. Dans les petits cours d'eau, les espèces présentes sont, entre autres, Anubias lanceolata, Pandanus candelabrum et Meson themum radicans. Enfin, dans les zones marécageuses à l'abri des courants, on trouve Pistia stratiotes et Nymphaea maculata.

Le tableau C.1.6. donne une liste supplémentaire de plantes présentes dans les zones du Fouta Djalou soumises à des inondations périodiques.

Tableau C.1.6. Flore des zones du Fouta Djalon soumises à des inondations périodiques.

<u>Aconopus flexuosus</u>	<u>Hypoquinium spathiflorum</u>
<u>Aeschynomene indica</u>	<u>Impatiens irvingii</u>
<u>Anadelphia sp.</u>	<u>Juncellus pustulatus</u>
<u>Anubias lanceolata</u>	<u>Jussiaea linearis</u>
<u>Burmannia bicolor</u>	<u>Kyllinga senegalensis</u>
<u>Cyperus distans</u>	<u>Laurembergia villosa</u>
<u>C. haspan</u>	<u>Leersia drepanothrix</u>
<u>Dignitaria sp.</u>	<u>Lindernia senegalensis</u>
<u>Dissotis elliotii</u>	<u>Loudetia coractata</u>
<u>Drosera indica</u>	<u>L. phragmitoides</u>
<u>Eleocharis plantaginea</u>	<u>Lycopodium cernum</u>
<u>Eriocaulon latifolium</u>	<u>Melochia sp.</u>
<u>E. plumale</u>	<u>Micrargeria filiformis</u>
<u>Floscopa spp.</u>	<u>Nerophila gentianoides</u>
<u>Fuirena glomerata</u>	<u>Neurotheca loeselioides</u>
<u>F. umbellata</u>	<u>Octodon filiformis</u>
<u>Helocharis fistulosa</u>	<u>Oryza sativa</u>
<u>H. mutata</u>	<u>Pandiaka heudelotii</u>
<u>H. plantaginea</u>	<u>Panicum parvifolium</u>
<u>Heteranthoecia guineensis</u>	<u>Paspalum scrobiculatum</u>
<u>Hygrophila odora</u>	<u>Phyllanthus sp.</u>
<u>H. senegalensis</u>	<u>Polygala arcnaria</u>
<u>Hypparrhenia rufa</u>	<u>P. lecardii</u>
<u>H. subplumosa</u>	<u>Pycreus monostachyus</u>
<u>Rhamphicarpia longiflora</u>	<u>Scirpus briziformis</u>
<u>Rhynchospora corymbosa</u>	<u>Scleria spp.</u>
<u>R. testia</u>	<u>Swertia coerulea</u>
<u>Schizachyrium brevifolium</u>	<u>Utricularia spiralis</u>
<u>Schwenkia americana</u>	<u>Vetiveria nigritana</u>

C.2. Problèmes posés par la flore aquatique dans d'autres régions de lacs artificiels

L'aspect et la qualité de l'eau d'une retenue est imputable à divers facteurs, soit simultanés, soit consécutifs.

Freeman (1974) a traité, de façon générale, du cycle probable de l'activité biologique ayant une incidence sur l'eau d'une retenue. Les eaux d'inondation déversent d'importantes quantités de minéraux provenant de forêts inexploitées, de la végétation terrestre et même du sol. Par ailleurs, au fur et à mesure du remplissage d'un lac artificiel, la faune aquatique peut se nourrir des parties les plus tendres des végétaux. Il en résulte une augmentation des concentrations d'azote, phosphate et potasse.

Lorsque les eaux deviennent plus riches en substances nutritives, on peut assister à un développement massif des algues, phénomène qui s'accroît au fur et à mesure que l'eau du lac vieillit. Or, étant donné les variations diurnes concomitantes de la teneur en oxygène, la décomposition des algues mortes et des arbres et arbustes submergés se trouve freinée par la raréfaction de l'oxygène. Ces résidus se déposent sur le fond. Dans les eaux plus profondes, on constate une stratification des températures et de l'activité chimique. En dessous de la zone euphotique, la réduction des taux d'oxygène peut provoquer une décomposition anaérobie d'où une libération de gaz d'acide sulfhydrique. Dans l'hypolimnion, l'extrême raréfaction de l'oxygène peut entraîner un processus de réduction qui favorise la mobilisation du fer. Le tableau C.2.1. donne la liste des algues ayant proliféré massivement dans certains lacs d'Afrique.

La couche superficielle relativement riche en oxygène, continue à favoriser la production de plancton et de macrophytes. Une seule ou plusieurs espèces d'herbes aquatiques (dont une liste est donnée au tableau C.2.2.) risquent de s'agglutiner en flots qui dérivent au vent, et qui peuvent s'accumuler dans des poches et des anses non abritées, ou dans les hauts fonds

Tableau C.2.1. Algues ayant proliféré massivement dans certains lacs d'Afrique.

<u>Famille</u>	<u>Genre</u>	<u>Endiguement</u>
Myxophyceae	<u>Macrocystis</u>	Lac Kainji
	<u>Anabaena</u>	Lac Kainji
	<u>Microcystis</u>	Volta, Kariba
	<u>Anacystis</u>	Lac Kariba
Chlorophydeae	<u>Volvox</u>	Kainji, Volta
Bacillariophyceae	<u>Meliorisa</u>	Kainji
	<u>Synedra</u>	Volta
Dinophyceae	<u>Gymnodinium</u>	Volta
	sans nom	Kainji

Tableau C.2.2. Plantes aquatiques pouvant s'agglutiner en
flots flottants.

<u>Végétaux</u>	<u>Remarques</u>
<u>Scirpus cubensis</u>	présent au Sénégal
<u>Ludwigia spp</u>	présent au Sénégal, voir <u>Jussiaea</u>
<u>Vossia cuspidata</u>	présent au Sénégal
<u>Ceratophyllum sp</u>	<u>Ceratophyllum demersum</u> présent au Sénégal.
<u>Utricularia inflexa</u>	Présence d' <u>Utricularia</u> , mais pas de l'espèce <u>inflexa</u>
<u>Polygonum sp.</u>	8 espèces de <u>Polygonum</u> sont présentes au Sénégal.
<u>Cyperus Papyrus</u>	présent au Sénégal
<u>Echinochloa spp.</u>	8 espèces d' <u>Echinichloa</u> sont présentes au Sénégal.
<u>Phragmites sp.</u>	présence de <u>Phragmites vulgaris</u> au Sénégal.
<u>Typha sp.</u>	2 espèces de <u>Typha</u> sont pré- sentes au Sénégal
<u>Jussiaea repens</u>	présent au Sénégal.

où la végétation émergente freine tout mouvement. Ces flots constituent les habitats privilégiés de certains vecteurs de maladies, tels surtout *Bullinus* (le bullin), hôte intermédiaire du schistosome, dont l'habitat de prédilection est un lit de Ceratophyllum, herbe aquatique commune en Afrique de l'Ouest et qui peut s'établir en quelques années dans un lac artificiel après la mise en eau, et à des profondeurs qui rendent son éradication plus difficile (cf. Rapport de Santé Publique.)

Dans la succession naturelle, les vraies espèces végétales aquatiques n'apparaissent qu'après l'établissement du phytoplancton et le développement des algues (Lawson et al., 1969). Odei (1973) a établi une liste assez exhaustive de la flore aquatique présente dans les lacs d'Afrique de l'Ouest, tandis que Lawson et al. (1969) et Lawson (1966) indiquent les plantes susceptibles d'y apparaître à l'avenir (cf. Tableau C.2.3.). Parmi les plantes aquatiques les plus communes, on peut citer : Typha australis, Pistia stratiotes, Echinochloa pyramidales, Ipomaea aquatica, Althernanthera sessilis, Utricularia inflexa, les nénuphars Nymphaea lotus, et Nymphaea micrantha, et les lentilles d'eau Lemna paucicostata, Wolefia arrhiza, Azolla africana et Salvinia nymphellula.

L'expérience acquise en Asie du Sud-Est (retenue sur les affluents du Mekong) révèle que le développement de la flore aquatique peut ne constituer qu'un phénomène provisoire, donc sans impact réel et prolongé (US.AID, 1976). Au lac Volta (Ghana), dix ans après leur apparition, les plantes aquatiques n'ont pas encore proliféré de façon excessive (Lawson et al, 1969) ; seule l'espèce flottante Pistia stratiotes a posé quelques problèmes (Ewer et White, dans Mitchell, 1973). On trouvera au Tableau C.2.4. la liste des plantes aquatiques ayant posé certains problèmes dans les lacs d'Afrique.

Tableau C.2.3. Végétation aquatique dans les cours d'eau et les lacs d'Afrique de l'Ouest

Espèces	Remarques
<u>Aeschynomene elaphroxylon</u>	Arbre poussant dans les cours d'eau.
<u>Aldrovanda vesiculosa</u>	Petite herbe, pouvant facilement passer inaperçue.
<u>Alternanthera sessilis</u>	S'établissent à partir de graines durant le retrait des eaux sur les bords des lacs.
<u>Avicennia sp.</u>	Palétuvier blanc se trouvant à l'embouchure du fleuve Sénégal.
<u>Azolla africana</u>	
<u>Ceratophyllum demersum</u>	Mauvaise herbe submergée non-enracinée. Habitat favori des hôtes intermédiaires de la bilharziose urinaire.
<u>Ceratopteria cornuta</u>	
<u>Cyclosorus striatus</u>	
<u>Cyperus articulatus</u>	Fréquent dans le fleuve Sénégal près de Richard Toll
<u>Cyperus mundtii</u>	Plante émergente présente dans le lac de Guiers ; utilisée pour couvrir les toits.
<u>Echinochloa pyramidalis</u>	Espèce d'herbe.
<u>Echinochloa stagnina</u>	Espèce d'herbe.
<u>Ficus congenis</u>	Espèce d'arbre à racines aériennes. Pourrait se trouver dans le Bafing.
<u>Ipomaea aquatica</u>	De nombreuses espèces terrestres d' <i>Ipomoea</i> ont été trouvées dans des zones humides.

Tableau C.2.3. (suite).

Espèces	Remarques
<u>Jussiaea repens</u>	Trouvée en bordure des lacs, s'établit à partir de graines durant le retrait des eaux.
<u>Lemna paucicostata</u>	Minuscule plante de surface, aux feuilles minces et étalées.
<u>Leersia hexandra</u>	
<u>Ludwigia leptocarpa</u>	
<u>Najas</u> spp.	Genre récemment signalé en Afrique de l'Ouest.
<u>Nymphaea lotus</u>	Nénuphar, s'étale en grandes colonies denses qui arrêtent la lumière.
<u>Nymphaea micrantha</u>	Nénuphar, s'étale en grandes colonies denses qui arrêtent la lumière.
<u>Nymphoides</u> sp.	
<u>Oryza longistaminata</u>	Riz sauvage, quelquefois cultivé dans les zones marécageuses.
<u>Pistia stratiotes</u>	Laitue d'eau, flottant librement et répandue. Commune dans le marigot Lampsar et le lac de Guiers. Forme des colonies denses dérivant avec le vent. Provoque un fort abaissement du taux d'oxygène.
<u>Polygonum senegalense</u>	Herbe aquatique répandue se reproduisant à partir de graines au bord des lacs.
<u>Rhizophora</u> sp.	Palétuvier rouge, présent à l'embouchure du fleuve Sénégal.
<u>Salvinia nymhellula</u>	Forme d'épais enchevêtrements, provoque un fort abaissement du taux d'oxygène.
<u>Scirpus cubensis</u>	L'une des principales composantes des flots herbacés.
<u>Spirodela cubensis</u>	Plante pionnière flottant librement et formant d'épais tapis.
<u>Typha australis</u>	Jonc de marais, commun dans le fleuve Sénégal près de Rosso et Richard Toll.

Tableau C.2.3. (suite).

Espèces	Remarques
<u>Utricularia inflexa</u>	Espèce d'herbe racinée poussant en eau peu profonde, commune dans
<u>Vossia cuspidata</u>	
<u>Wollfia arrhiza</u>	

Tableau C.2.4. Plantes aquatiques posant des problèmes dans les lacs d'Afrique.

<u>Espèces végétales</u>	<u>Lacs d'Afrique</u>
<u>Pistia stratiotes</u>	Lac Volta
<u>Eichornia crassipes</u>	Djebel Aulia
<u>Salvinia auriculata</u>	Lac Kariba
<u>Salvinia molesta</u>	Lac Kariba

C.3. Pertes d'eau imputables à une trop forte densité de végétation aquatique.

Lorsque la zone d'inondation d'une retenue d'eau est largement recouverte de végétation, il peut en résulter une perte d'eau supplémentaire due à l'évapotranspiration. Selon certains biologistes, ces pertes peuvent être quatre fois supérieures à celles d'un couvert végétal normal (Penfound et Earle, dans White, 1973), alors que d'autres auteurs situent ces pertes à un taux nettement plus élevé pour certaines plantes (Sculthorpe, 1967 ; Das, 1969).

Cette situation peut entraîner une baisse du niveau de l'eau, suffisante pour poser des problèmes tant en ce qui concerne la production hydroélectrique que l'irrigation.

CHAPITRE D

IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENTD.1. Introduction.

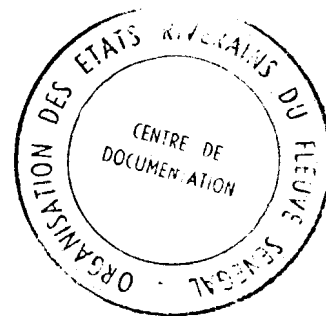
La réalisation du programme de mise en valeur aura pour effet de créer de nouvelles retenues d'eau ou d'agrandir les plans d'eau existants ; en outre, le régime actuel du fleuve sera modifié. Ces changements provoqueront un développement de la végétation aquatique dans les zones inondées. Cette végétation sera une source de nourriture pour diverses espèces animales aquatiques (invertébrés et mammifères aquatiques, poissons) et ornithologiques, et constituera l'habitat de nombreux vertébrés et invertébrés de petite taille.

Les hôtes de certaines espèces végétales sont parfois des vecteurs de maladies. On peut citer les mollusques et moustiques porteurs d'agents pathogènes de la bilharziose et du paludisme. Une végétation excessive peut également perturber la navigation et la pêche et poser des problèmes de qualité de l'eau, notamment du fait d'une importante variation diurne des taux d'oxygène qui pourrait accroître la mortalité des poissons ou d'autres organismes aquatiques très exigeants en oxygène dissous.

Les impacts bénéfiques sont peu importants et résultent surtout de l'augmentation des plans d'eau. On peut mentionner, entre autres, une plus grande disponibilité en aliments primaires sous forme de plantes fixes ou flottantes et de phytoplancton, qui procurent une nourriture et un habitat à de nombreux organismes aquatiques et sont la principale source d'oxygène dissous. Ces impacts diffèrent en intensité d'une retenue à l'autre, mais demeurent limités. Aussi ne seront-ils pas détaillés plus avant dans ce rapport.

Les impacts négatifs, plus importants, ne constituent néanmoins pas un danger, bien qu'ils soient source de nuisance, particulièrement pour les pêcheurs, et à un degré moindre pour les

bateaux de faible tonnage. Dans les paragraphes qui suivent, nous étudierons les problèmes posés par (1) les plantes aquatiques fixes, (2) les plantes aquatiques flottantes et le phytoplancton, (3) les habitats de certains vecteurs de maladies et ce, respectivement pour le lac de Guiers, l'Aftout-es-Sahel, le lac de R'kiz, les retenues de Diama et de Manantali, les réseaux d'irrigation, et enfin, le delta.



D.1-1 Lac de Guiers

D.1-1-1 Introduction

La création des retenues des barrages de Diama et de Manantali aura pour effet d'augmenter la surface du lac de Guiers de plusieurs milliers d'hectares. Une fois ces deux barrages devenus opérationnels, la recharge, et par conséquent le niveau d'eau du lac devraient demeurer plus constants.

Les mouvements des eaux du lac seront, en général, activés du fait de leur utilisation accrue pour assurer l'alimentation en eau de Dakar, du complexe sucrier de Richard Toll dont les besoins augmenteront, et des futurs aménagements agricoles dans la région voisine du lac. Le développement industriel (notamment agro-industriel) et celui de l'urbanisme sur les rivages augmenteront les apports au lac de substances nutritives provenant surtout des déchets industriels et agricoles, d'où une lente augmentation du taux d'eutrophisation, c'est-à-dire un enrichissement plus rapide des eaux dans la mesure où les substances nutritives sont transformées en matières organiques, par les plantes d'abord, puis par les animaux. Toutefois les matières organiques ainsi produites ne seront pas utilisées en totalité, et les organismes qui auront péri, qu'ils s'agissent d'espèces végétales ou animales, se déposeront sur le fond. On assistera donc à la construction progressive du fond du lac, d'où une diminution graduelle de l'épaisseur de la couche aquatique et par conséquent une plus forte eutrophisation. Néanmoins cela ne devrait poser aucun problème dans l'avenir immédiat car le développement de l'industrie et de l'urbanisme s'étalera sur de nombreuses années.

D.1-1-2 Plantes aquatiques fixes

Le développement de la végétation aquatique inondée en permanence ou pendant de longues périodes sera favorisé par l'extension de la superficie du lac. Pour ce qui est de la végétation sur les rives, elle sera identique à celle d'aujourd'hui, laquelle n'a jamais posé de problème et devrait, par conséquent ne pas en poser à l'avenir.

D.1-1-3 Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

La plante aquatique flottante Pistia stratiotes gênera, comme elle le fait actuellement, les activités de la pêche, sans toutefois les empêcher malgré les difficultés de pose des filets dans les zones à forte densité de Pistia. Le développement du phytoplancton ne devrait pas non plus poser de problèmes supplémentaires dans la mesure où la turbidité des eaux gêne la pénétration de la lumière et par conséquent freine le développement du phytoplancton.

D.1.1.4. Habitat pour les vecteurs de maladies

L'accroissement de la superficie du lac se traduira par une extension de l'habitat dans les masses végétales fixes et flottantes (Pistia) pour les mollusques et moustiques porteurs de maladies. L'abaissement du niveau de l'eau dans le lac par suite d'évaporation ou de prélèvements limitera considérablement ce grave danger de santé publique.

D.1-2 Aftout-es-Sahel

D.1-2-1 Introduction

La recharge de l'Aftout es Sahel n'a lieu qu'une fois tous les dix ans, à l'occasion d'une crue suffisante du fleuve Sénégal. Lorsque le barrage de Manantali sera devenu opérationnel la surface d'inondation de l'Aftout-es-Sahel devrait atteindre 90 000 hectares; néanmoins, sans recharge supplémentaire cette superficie sera progressivement réduite à 50 000 hectares en moyenne sous l'effet de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Par ailleurs du fait

de la proximité de l'océan, l'Aftout es-Sahel recevra des dépôts de sels transportés par les brises maritimes chargées d'humidité à forte concentration de sels.

D-1-2-2 Plantes aquatiques fixes

Un fort développement de la végétation aquatique est à prévoir sur les futures rives du lac et principalement des espèces résistantes ou semi-résistantes au sel, notamment les Phragmites et Sporobelus. Ce développement végétatif sera cependant limité du fait d'une recharge seulement décennale de la dépression, suivie d'une longue période de rétrécissement progressif de sa superficie sous l'effet de l'évaporation.

D.1-2-3 Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

On trouvera d'importantes colonies de Pistia stratiotes à cause des faibles échanges, car aucun prélèvement n'est prévu qui risquerait d'abaisser le niveau de l'eau. En outre le développement de la flore sera favorisé après les premières années de recharge de la dépression du fait des forts apports en substances nutritives présentes dans les sols inondés. Tout comme pour le lac de Guiers, Pistia gênera les activités de pêche (surtout après le remplacement des pirogues par des bateaux à moteur) sans toutefois les empêcher. Cet impact est donc peu important. Il en sera de même pour l'impact sur les algues dont le développement sera limité par la salinité de l'eau.

D.1-2-4 Habitat pour les vecteurs de maladies

Les espèces végétales résistantes au sel se développeront et constitueront un habitat pour différents vecteurs de maladies. En ce qui concerne les mollusques et les agents pathogènes qu'ils abritent, aucun problème ne se posera lorsque le taux de salinité sera supérieur à 5,0 ppm. Néanmoins des études seront nécessaires pour déterminer le seuil de tolérance des mollusques porteurs de schistosomes. Selon des données non encore publiées et recueillies par l'équipe chargée de l'étude de Santé Publique pour l'OMVS,

il semblerait que les mollusques ne survivent pas après un brusque transfert d'un milieu d'eau douce ou légèrement saline, à une immersion de courte durée dans une eau dont le taux de salinité est supérieur à 5,0 ppm. Par contre il peuvent s'acclimater progressivement à des eaux salines dont le taux est de 7,0 ppm. Des mollusques hôtes intermédiaires potentiels de schistosomes ont été identifiés dans des eaux à salinité de 2,5 ppm. Cependant ces mollusques ne devraient pas poser un problème de santé publique compte tenu du délai decennal de recharge de l'Aftout-es-Sahel et de l'évaporation qui y fait suite

D.1-3 Lac R'Kiz

D.1-3-1 Introduction

Le lac R'Kiz, qui n'est plus inondé depuis plusieurs années déjà par les crues du fleuve Sénégal, bénéficiera d'une recharge lorsque les barrages de Diama et de Manantali seront devenus opérationnels.

D.1-3-2 Plantes aquatiques fixes

Après sa recharge, le lac R'Kiz aura une végétation aquatique similaire à celle du lac de Guiers; les semences végétales seront apportées par les eaux de crue. On devrait assister à un fort développement des espèces du type Ceratophyllum, Nymphaea, Echinochloa, Typha et Chrysopogon dans les sols les plus légers en bordure du rivage. Du fait de l'évaporation, cette végétation ne posera aucun problème.

D.1-3-3 Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

L'espèce Pistia stratiotes sera abondante et risque de poser un problème étant donné le peu d'échanges dans ce lac de dimension réduite, si ce n'est les courants provoqués par les vents. A plus long terme ces échanges seront plus prononcés car l'eau du lac pourrait être utilisée pour l'irrigation.

D.1-3-4 Habitat pour les vecteurs de maladies

Les mollusques susceptibles d'abriter des schistosomes bénéficieront d'un nouvel habitat à la suite du développement de certaines espèces végétales sur les rives du lac, et plus particulièrement des Ceratophyllum. Mais l'évaporation continue et le retrécissement de la superficie du lac limiteront tout danger.

D.1-4 Retenue d'eau de Diama

D.1-4-1 Introduction

La future zone d'inondation de la retenue de Diama est recouverte d'une végétation très clairsemée, et il est prévu d'exploiter la totalité des essences forestières avant la mise en eau du réservoir. A cause de l'absence de relief dans la région, la retenue de Diama sera en saison sèche un lac aux eaux calmes, si ce n'est les courants provoqués par le passage des eaux au-dessus de l'évacuateur de crues (sauf en période de très basses eaux). Bien que ces mouvements de l'eau dans la retenue auront quelque incidence sur le type de plantes aquatiques qui s'y établiront, l'impact de cette végétation sur la qualité de l'eau et sa teneur en oxygène ainsi que sur la navigation sera minime.

D.1-4-2 Plantes aquatiques fixes

Les espèces aquatiques émergentes racinées devraient se développer dans les hauts fonds qui cependant ne seront pas affectés par les prélèvements annuels; les espèces Typha australis, Nyphaea lotus et Nymphaea micrantha devraient pouvoir se développer le long de la frange littorale, dans les anses ou les poches d'eau relativement calmes et peu profondes. D'autres espèces, telles Echinochloa stagnina, Vossia cuspidata, Scirpus cubensis, Cyperus spp. et Ceratophyllum demersum, déjà présente au lac de Guiers, devraient être transportées au site de Diama par le vent ou les oiseaux. Cependant cette végétation aquatique n'aura aucune incidence sur la qualité de l'eau et n'affectera pas la navigation.

D.1-4-3 Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

La végétation flottante agglutinée en ilots posera un problème, quoique de moindre importance, si l'on ne procède pas au débroussaillage du site de la retenue d'eau de Diama préalablement à son remplissage. Lawson (1957) a signalé la présence d'importants ilots de végétation flottante sur le lac Volta qui s'étaient intercalés entre les nombreux branchages submergés dans les hauts fonds; l'espèce largement dominante de ces ilots était Scirpus cubensis, également présente dans le bassin du fleuve Sénégal. Cet amalgame de plantes aquatiques et de branchages morts rendent impossible en certains endroits du Lac Volta, le passage même de petits bateaux. Des ilots de Pistia dérivant librement à la surface, posent également des problèmes périodiques. Pour ce qui est de la retenue de Diama, les ilots près de l'évacuateur seront déversés par-dessus l'ouvrage, ce qui empêchera leur accumulation; par conséquent leur formation ne présentera que peu d'inconvénients. Quant aux algues, leur développement restera très limité.

D.1-4-4 Habitat pour les vecteurs de maladies

Les mollusques porteurs de schistosomes s'établiront dans la végétation aquatique, fixe ou flottante, mais ce développement sera limité à son minimum du fait de l'évacuation des trop-pleins par dessus l'ouvrage de décharge et des pertes d'eau par évaporation ou des prélèvements pour les besoins de l'irrigation.

D.1-5 Réservoir de Manantali

D.1-5-1 Introduction

Les forêts en amont du futur barrage de Manantali seront en grande partie coupées avant la mise en eau du réservoir (Groupement de Manantali, 1977), mais une partie demeurera sur pied, l'abattage étant rendu impossible en certains endroits trop escarpés. La zone inondée contiendra peu de matières ligneuses susceptibles de se minéraliser rapidement lors de l'inondation, étant donné la végétation

forestière très clairsemée et la pratique locale d'un brûlis-annuel. Par conséquent la décomposition des végétaux augmentera la teneur en matières organiques de la retenue d'eau ce qui mettra à la disposition des plantes de nouveaux apports nutritifs, favorisant directement leur développement végétatif et indirectement la croissance des espèces animales et ce, pendant une période de cinq à dix années.

Les arbres submergés restés sur pied ne feront pas obstacle à la navigation étant donné leur faible taille comparativement à la hauteur d'eau du lac artificiel.

D.1.5.2. Plantes aquatiques fixes

Les importants soutirages annuels d'eau de la retenue (correspondant à un rabattement de 10 à 15 mètres) pour les besoins de la navigation et de l'irrigation gêneront l'établissement permanent d'une végétation aquatique fixe dans la zone de rivage. Pour peu que le niveau de l'eau chute d'un mètre ou deux, on assistera à un dessèchement prononcé, aggravé par les pentes raides qui bordent le lac, ce qui ne favorisera pas l'établissement d'espèces aquatiques racinées.

D.1.5.3. Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

Dans les lacs de type oligotrophique (lacs récents par exemple), on observe rarement un développement d'algues, car les apports nutritifs sont trop limités. Si les conditions dans le futur lac de Manantali ne correspondent pas à celles des lacs de formation naturelle, elles seront par contre très semblables à celles de la plupart des lacs artificiels, à savoir une abondance de débris végétaux dans l'eau, ainsi qu'à un moindre degré, certains déchets d'origine animale. Ces matières subiront une décomposition et leurs composantes seront progressivement libérées (au cours des cinq à dix années après la mise en eau du réservoir) et seront alors utilisables par les plantes. Du fait de la forte pente des rives du lac, les seules espèces végétales importantes qui pourront être transportées d'amont jusqu'au lac, sont les espèces flottantes Pistia stratiotes et les algues. Les Pistia ne présenteront que peu d'inconvénients pour la pêche si ce n'est qu'elles s'agglutineront aux filets, ce qui n'aura pas de conséquences majeures. Pour les algues, on assistera à une certaine prolifération dans les premières années de remplissage du réservoir. Les algues non consommées périront. Leur masse en décomposition, qui peut atteindre des volumes considérables, ira se déposer au fond du lac. Cela créera des conditions benthiques anaérobies car les quantités d'oxygène dissous nécessaires à la décomposition de ces matières seront supérieures aux quantités disponibles à ce niveau. Au bout de quelques dix années, il y aura diminution de la production d'algues au fur et à mesure que les réserves en

substances nutritives s'épuiseront dans le lac. La structure mesotrophique du lac se précisera, la présence d'algues devenant plus rare.

Le risque d'une prolifération végétale massive est toujours latent et bien que le développement des plantes se maintienne pendant plusieurs années à un niveau sensiblement égal, il suffit de la conjugaison de plusieurs facteurs favorables (température, luminosité, niveau de l'eau) pour déclencher le processus. C'est ainsi que pendant quelques 30 années, on n'a presque pas observé d'herbes aquatiques dans le réservoir de Densu (Ghana), puis subitement, en quelques quatre à cinq années, leur développement est devenu préoccupant (de Graft, Johson, 1977).

Mais comme déjà souligné, le problème du développement des Pistia ou des algues ne devrait pas se poser dans le réservoir de Manantali.

D.1.5.4. Habitat pour les vecteurs de maladies

Les espèces aquatiques fixes ne présentent aucun risque étant donné les fluctuations du niveau de l'eau dans le réservoir, et par conséquent, le problème des mollusques vecteurs de maladies ne se posera pas. Par contre, ces mollusques pourraient trouver refuge dans les colonies de Pistia ; néanmoins la prolifération de ces herbes ne sera que saisonnière et elles seront entraînées en aval par suite des divers soutirages d'eau.

D.1.6. Irrigation

D.1.6.1. Introduction

La flore aquatique peut poser de sérieux problèmes à l'irrigation notamment les espèces appartenant aux groupes des Neptunia, Nymphaea, Salvinia utricularia et les laïches, y compris les Cyperus.

D.1.6.2. Plantes aquatiques fixes

Un fort développement des plantes aquatiques racinées peut gêner l'écoulement de l'eau. Par exemple, les petites canalisations peuvent être obstruées à 75 %, ce qui rend inopérant tout le réseau d'irrigation. De plus, la consommation d'eau par les plantes aquatiques réduit d'autant les volumes disponibles pour l'irrigation. Une trop grande abondance d'herbes aquatiques dans les canalisations provoque un dépôt de sédiments qui réduit l'écoulement de l'eau du fait d'une hausse du fond du chenal (l'élévation peut être de 30 cm/an si l'on se réfère à un rapport de 1973 publié par "Science Research Council of Guyana"). Enfin la présence d'herbes aquatiques dans les canalisations peut également provoquer des pertes d'eau par infiltration, des dégâts aux parois, l'obstruction des grilles, siphons, vannes, buses d'arrosage, etc...(Bates, 1954).

Au cours de notre étude, nous avons pu observer les réseaux d'irrigation de Dagana et de Nianga et avons constaté la présence de mauvaises herbes dans les canalisations, ce qui est préjudiciable au rendement du réseau. Si le niveau actuel d'entretien des canalisations laisse présager ce que sera le système de maintenance à l'avenir, il faut s'attendre, avec l'extension des périmètres hydro-agricoles, à une baisse de rendement des réseaux d'irrigation due à la prolifération des plantes aquatiques. Par contre, un entretien régulier des canalisations est une garantie contre les mauvaises herbes. Cet aspect est étudié plus en détail dans le rapport consacré au développement de l'agriculture.

D.1.6.3. Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

La présence de plantes aquatiques flottantes peut poser un problème de pertes d'eau par évapotranspiration, et si par exemple, les canalisations sont envahies par Pistia, les pertes pourraient être huit fois supérieures à celles d'une nappe d'eau libre. Nous n'avons pas constaté la présence de Pistia dans les canaux d'irrigation; par conséquent, pas plus que les algues, elle n'y posera de problèmes.

D.1.6.4. Habitat pour les vecteurs de maladies

Si l'on ne lutte pas contre le développement des herbes aquatiques dans les canalisations, cela favorisera la création d'un nouvel habitat pour les mollusques porteurs de schistosomes. Or la présence de ces mollusques a été constatée dans les périmètres irrigués de Nianga. Cependant il semble que la bilharziose est peu fréquente dans cette région. On peut considérer que si les mauvaises herbes aquatiques sont éliminées de la zone des périmètres irrigués, il y aura simultanément éradication des mollusques vecteurs et par conséquent de la maladie. Les risques de propagation de la bilharziose dans le bassin du fleuve Sénégal par suite de la réalisation des projets de l'OMVS, sont étudiés en détail dans le rapport sur la Santé Publique.

D.1.7. Végétation du delta

Après la construction des deux barrages qui changera la salinité des eaux, on devrait assister à une légère modification de la flore des plantes aquatiques fixes. Dans l'estuaire, le taux de salinité augmentera, étant donné la dérivation d'une partie de l'eau du fleuve vers la retenue et les diverses nappes d'eau et vers les périmètres irrigués, sans compter les effets secondaires imputables aux taux accrus d'évaporation et d'évapotranspiration.

D.1.7.2. Plantes aquatiques fixes

Le nouveau régime des eaux sera plus favorable aux plantes halophytes qu'aux plantes sub-halophytes. On devrait assister à l'élimination progressive des espèces ne tolérant que de faibles concentrations de sels et uniquement pendant une courte période (par exemple Phragmites vulgaris) et leur remplacement par des plantes résistant bien à une forte salinité. En outre, certaines parties du delta ne seront plus inondées et la végétation actuelle sera remplacée par des plantes pouvant résister à des périodes de sécheresse plus ou moins prolongées (par exemple Cyperus maritimus et Scaevola plumieri). Tous ces changements seront progressifs et à plus ou moins long terme. La réduction de la végétation submergée se traduira par une diminution de matières organiques dans l'estuaire, et par conséquent des substances nutritives disponibles pour les animaux qui y vivent, et qui se nourrissent de détritus végétaux. Ces pertes auront, à terme, un impact primaire minime pour les populations de poissons vivant dans l'estuaire, et un impact secondaire pour les êtres humains. L'impact négatif le plus important sera en fait la disparition même de l'estuaire, ce qui aura les conséquences les plus notables pour toutes les espèces ichthyologiques de cette zone (cf. rapport sur les Pêches).

D.1.7.3. Plantes aquatiques flottantes et phytoplancton

On ne prévoit aucun impact sur les plantes aquatiques flottantes ni sur le phytoplancton.

D.1.7.4. Habitat pour les vecteurs de maladies

Les futurs aménagements dans le delta n'auront pas pour effet d'augmenter l'habitat utilisé par les vecteurs de maladies.

deux moyens de lutte n'ont qu'une efficacité limitée. Les espèces aquatiques à rhizomes et à tubercules peuvent résister à de longues périodes de sécheresse et redevenir une nuisance dès l'immersion suivante.

Ce mode de lutte intervient de façon naturelle au lac de Guiers, sous l'effet de l'évapotranspiration et des soutirages d'eau pour l'agriculture ou les collectivités. Bien maîtrisée, cette méthode pourrait y être maintenue et également appliquée à l'Aftout-es-Sahel et au lac de R'Kiz. Bien que les problèmes posés par Pistia stratiotes soient demeurés à un niveau acceptable, il ne faut pas perdre de vue que des nuisances par les plantes aquatiques flottantes restent du domaine des possibilités. Pour ce qui est du futur réservoir de Manantali, les soutirages d'eau pourraient fortement contribuer à la lutte contre les herbes aquatiques fixes et émergentes installées le long du rivage.

E.1.2. Lutte biologique

Les moyens biologiques permettent de lutter de façon plus économique et plus définitive contre la végétation aquatique (Mulligan, 1969 ; World Farming, 1972). Ce mode de lutte n'a pas nécessairement pour objectif l'élimination d'une espèce donnée, mais plutôt de ramener sa population à un taux de densité inoffensif (Schuytema, 1977). Pour parvenir à ce résultat, il est nécessaire que l'agent biologique introduit, ainsi que l'espèce visée (la plante aquatique cause de nuisance) puissent s'intégrer dans l'écosystème sans y créer de perturbations (Blackburn et al. 1971), mais en y maintenant l'équilibre et en y rétablissant la stabilité d'avant l'apparition du niveau critique de nuisance par l'espèce en cause (Coulson, 1974).

Avant d'introduire un agent biologique de lutte contre les mauvaises herbes, il faut prévoir une période d'études préliminaires que l'on pourrait découper en 4 phases d'action, à savoir :

- 1) - phase de recherches et d'évaluations préliminaires.
- 2) - évaluation de l'agent biologique envisagé.

- 3) - évaluation de l'intervention.
- 4) - planification de l'intervention.

Ces quatre phases devraient permettre d'identifier un agent biologique à génération naturelle qui, une fois introduit dans le milieu concerné, s'attaquera à l'espèce végétale nuisible tout en n'ayant qu'un impact défavorable minime sur l'environnement. Lorsque la lutte biologique fait intervenir un agent pouvant survivre de façon pérenne, les coûts de l'opération ne représentent que les capitaux investis pour l'identification de l'agent biologique, son évaluation et sa diffusion dans le milieu. Il convient d'évaluer cette méthode de lutte comparativement à d'autres programmes qui eux requièrent une intervention constante (c'est le cas notamment pour les luttes chimiques et mécaniques) et qui peuvent se traduire par des coûts annuels de plusieurs millions de dollars.

Les méthodes de lutte biologique les plus courantes sont celles qui aboutissent à la destruction des mauvaises herbes par absorption ou prédation, et plus particulièrement le contrôle des macrophytes par les poissons (Schuytema, 1977). Néanmoins, les agents de lutte biologique ne sont pas toujours sélectifs et risquent de causer des dégâts à des composantes bénéfiques de l'écosystème. Toutes les espèces du type Tilapia présentes dans le bassin du fleuve Sénégal sont des poissons indigènes. Tilapia mossambica a été utilisé en divers pays tropicaux ou sub-tropicaux pour lutter contre les algues et les mauvaises herbes aquatiques, notamment Lemna et Azolla (Lasher, 1967) qui, dans la région du projet, présentent un risque potentiel en tant que nuisance. Tilapia zillii (à génération naturelle dans le bassin du fleuve Sénégal) a été utilisé en Egypte pour la lutte contre les macrophytes aquatiques (Abdel Malek, 1972). Enfin Tilapia melanopleura a joué un rôle important dans la lutte contre les mauvaises herbes au Kenya (Van der Lingen, 1968).

L'introduction de la carpe commune (Cyprinus carpi) et de la carpe israélienne (variante de la carpe commune) est envisagée au Soudan non seulement comme moyen de lutte biologique, mais

D.2. RESUME

Tableau D.2.1. Cycle de développement de la flore dans les futures retenues d'eau après la réalisation du programme de l'OMVS.

1979			
1980			
1981			
1982			
1983			
1984	Fermeture du barrage de Diama	(5) le lac de Guiers reçoit un supplément d'eau.	
1985	Mollusques	Fermeture du barrage de Manantali.	
1986		Recharge de l'Aftout.	Recharge du R'Kiz.
1987			
1988	(2) Développement de plantes à Manantali.	(1) Développement de plantes à Diama - multiplication des mollusques suite au développement de <u>Pistia</u> et d'flots de végétaux.	
		(3) Développement de plantes (Aftout).	
		(4) Développement de plantes (R'Kiz)	
1989			
1990			
1991			
1992	Jusqu'en 1992 à Manantali.		
1993			
1994			
1995			
1996			
1997			
1998			
1999			
2000			
2028	(1) Développement annuel de plantes de taille moyenne grâce à un apport annuel de substances nutritives.		
	(2) Le développement des plantes posera un problème dans la retenue d'eau de Manantali pendant 5 ans jusqu'à stabilisation de l'apport nutritif des arbres et arbustes immergés.		
	(3) Développement de plantes d'un type différent dans l'Aftout à cause de la forte dureté de l'eau, et éventuellement de la faible salinité.		
	(4) Développement de plantes d'eau douce, d'où un problème dans le lac R'Kiz à cause d'échanges réduits ou inexistants.		
	(5) Nuisance annuelle due au développement des plantes dans le lac de Guiers.		

CHAPITRE E

MESURES VISANT A AMORTIR LES IMPACTSE.1. Introduction

Les impacts sur l'environnement imputables aux changements intervenus dans la flore aquatique par suite de la réalisation du programme de mise en valeur du bassin, seront minimes. Néanmoins, si la végétation aquatique venait à devenir une nuisance dans le fleuve Sénégal ou dans les diverses retenues d'eau, il conviendrait d'envisager des mesures correctives.

Il existe plusieurs méthodes de lutte contre les mauvaises herbes aquatiques, dont quatre sont exposées dans les sections qui suivent et qui consistent en :

- 1) - des fluctuations du niveau de l'eau dans les lacs ou les retenues d'eau.
- 2) - une lutte biologique.
- 3) - une lutte chimique.
- 4) - l'éradication des plantes nuisibles par des moyens physiques.

E.1.1. Fluctuation du niveau de l'eau dans les lacs ou dans les retenues d'eau

On peut en partie limiter le développement des plantes aquatiques en créant un environnement défavorable. Une méthode couramment pratiquée consiste à faire fluctuer le niveau de l'eau dans les réservoirs et les bassins de façon à ce que la végétation aquatique près des rives soit exposée à l'air. De plus les boues de fond s'oxyderont à l'air et libéreront dans l'eau des substances nutritives lors d'une immersion ultérieure. Cet enrichissement de l'eau provoque souvent des proliférations d'algues, d'où un certain degré d'opacité de l'eau qui freine par ailleurs la croissance des espèces aquatiques à racines. Ces

également comme source de protéines (FAO, 1975). Lamarra (1975) a découvert que par digestion, la carpe régénère le phosphore contenu dans les sédiments, ce qui pourrait favoriser le développement du phytoplancton qui, à son tour, exerce un contrôle secondaire sur la végétation aquatique en faisant écran à la lumière. Parmi les autres poissons susceptibles de contribuer à la lutte biologique contre les mauvaises herbes aquatiques, on peut citer Cnetopharyngodon idella originaire d'Asie, Netynnis roosevelt et Mylossoma argentum, originaire d'Amérique du Sud, (Yeo, 1967), Osphornemus gorami, originaire d'Asie (Philippine, 1968) et Puntius javicans du Pakistan Oriental (Choker, 1968).

Le lamantin (Trichechus manatus) peut s'avérer utile dans les régions tropicales où la prolifération des mauvaises herbes aquatiques gêne l'irrigation et le drainage ainsi que la navigation (Conseil National de la Recherche Scientifique, 1974). En Guyane par exemple, il se nourrit de 36 genres de macrophytes. Cet animal aquatique, qui peut atteindre 3 mètres de long et un poids de 900 kg, consomme chaque jour jusqu'au quart de son poids de plantes aquatiques (Conseil National de la Recherche Scientifique de Guyane, 1973). Néanmoins, le recours au lamantin est limité, s'agissant d'une espèce exposée au danger de prédateurs y compris l'homme, et compte tenu du peu de données sur sa reproduction et sa physiologie (Edelbrock, 1975).

Le lamantin Trichechus senegalensis est présent dans le bassin du fleuve Sénégal, et sous réserve de mesures de protection appropriées, il pourrait se multiplier suffisamment pour contribuer à la lutte contre les mauvaises herbes aquatiques.

Au cours des dernières années, divers agents biologiques ont pu être identifiés. Au Cameroun, on a employé avec succès Myocaster cayper (un mammifère) contre les espèces végétales aquatiques Eichinachloa (Van der Lingen, 1968) et Typha (Pruginin, 1968), deux plantes indigènes dans le bassin du fleuve Sénégal. Les insectes aquatiques sont également largement utilisés dans le monde. Les espèces présentant un intérêt pour la région du projet sont : Galerucella nymphaeae (un coleoptère) pour lutter contre les nenuphars, Nymphaeae candida et Nuphar luteum utilisés en Russie (Smirnov, 1960) et Neohydronolus pulchelus utilisé en

Amérique du Sud (Deloach et al. 1976) pour lutter contre Pistia stratiotes ; Samea multiplicalis (de Trinidad) a été introduit en Afrique dans la région du lac Kariba pour lutter contre Salvinia (Deloach, 1975).

Enfin, parmi les autres animaux utilisés comme agents biologiques de lutte, on peut citer les oiseaux, les mollusques, les tortues, certains animaux domestiques tels que le buffle (Conseil National de Recherche Scientifique de Guyane, 1973), ainsi que certains organismes pathogènes des plantes, lesquels font l'objet de recherches intensives à l'Université de Floride, Département de Phytopathologie (Schuytema, 1977). Enfin, il convient de signaler une nouvelle méthode de lutte, la biomanipulation, qui étudie les interactions biotiques à l'intérieur d'un écosystème afin d'en maîtriser l'eutrophisation. Au niveau de l'application, on augmente notamment, grâce à une stimulation chimique, les populations zooplanctivores (Schuytema, 1977). Néanmoins cette recherche demeure encore au stade expérimental.

Par les exemples ci-dessus, nous avons voulu établir une relation, dans le cadre de la lutte biologique contre les mauvaises herbes, entre la flore présente dans le bassin du fleuve Sénégal et celle que l'on trouve dans d'autres régions tropicales et sub-tropicales. Notre intention n'est nullement de recommander l'introduction d'organismes exotiques comme moyen de lutte dans la région du projet. Il est en effet indispensable de procéder au préalable à une étude exploratoire pour déterminer si des organismes similaires n'existent pas localement dans les mêmes habitats que ceux des organismes mentionnés plus haut. Ce n'est que lorsque aucun agent biologique indigène n'existe que l'on peut envisager l'introduction d'agents d'origine exotique, et à titre expérimental seulement, afin de mieux discerner l'impact que cette introduction aura sur le système biologique local, éminemment fragile. De ce qui précède, il apparaît à l'évidence que la lutte biologique est une entreprise de longue haleine, ne pouvant donc résoudre les problèmes immédiats de lutte contre les mauvaises herbes lorsque la situation devient critique.