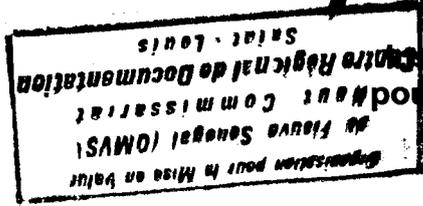


09475

OMVS

Organisation pour la
Mise en Valeur du Fleuve
Sénégal



IRD

Institut de Recherche
pour le Développement

P.O.G.R.

PROGRAMME D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

*Impacts potentiels de la gestion des ouvrages
et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur
la QUALITE DES EAUX*

*Rapport de synthèse
Version Provisoire 19/01/1999*

TOME 5.5

Mission Française de Coopération

09475

**Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du
Fleuve Sénégal sur la qualité des eaux**

Rapport de synthèse – Version Provisoire 15/12/1998

La question qui nous intéresse ici est celle de l'impact potentiel de la gestion des réservoirs du Fleuve Sénégal sur la qualité des eaux du Fleuve à la fois en terme de transport solide (matières en suspension et dépôts dans les retenues) et de transport dissous.

Cet impact est potentiellement de trois natures :

Les phénomènes de stockage des matières en suspension au niveau des deux retenues de Manantali et Diama

Les modifications de régime hydrologique qui ont des implications en terme de capacité de transport et d'érosion des eaux du Fleuve et peuvent modifier sur le long terme la géodynamique de la vallée

Les aménagements hydroagricoles qui modifient la qualité des eaux par les matières dissoutes (salinité, nitrates et fertilisants, produits phytosanitaires)

I. Connaissances sur le transport solide et en suspension du Fleuve

I.A. Les campagnes de mesure et les données existantes

Les flux de matières en suspension (matières particulaires) à l’embouchure du Fleuve ont été estimés à travers différentes études. Le tableau ci-dessous indique les campagnes de mesures qui ont été réalisées aux différentes stations.

Mesures de matières en suspension sur le Fleuve Sénégal

Année	Saint-Louis	Djama	Dagana	Podor	Matam	Bakel	Kayes	Manantali	Kidira (Falémé)	Fadougou
1950-1951										
1951-1952										
1952-1953										
1953-1954			Seguy 55			Seguy 55				Seguy 55
1954-1955										
1955-1956			Mandin 57			Mandin 57				Mandin 57
1956-1957			Mandin 57			Mandin 57				Mandin 57
1957-1958										
1958-1959										
1959-1960										
1960-1961										
1961-1962										
1962-1963										
1963-1964										
1964-1965										
1965-1966										
1966-1967										
1967-1968										
1968-1969							Sénégal - Consult			
1969-1970							Sénégal - Consult			
1970-1971										
1971-1972										
1972-1973										
1973-1974										
1974-1975										
1975-1976										
1976-1977										
1977-1978										
1978-1979										
1979-1980						Equesen 93			Equesen 93	
1980-1981						Equesen 93			Equesen 93	
1981-1982	Gac 86					Equesen 93			Equesen 93	
1982-1983	Gac 86					Equesen 93			Equesen 93	
1983-1984						Equesen 93			Equesen 93	
1984-1985						Equesen 93				
1985-1986						Equesen 93				
1986-1987						Equesen 93				
1987-1988						Equesen 93				
1988-1989						Equesen 93				
1989-1990		Equesen				Equesen 93				
1990-1991		Equesen				Equesen 93				
1991-1992		Equesen				Equesen 93				
1992-1993						Equesen 93				
1993-1994						Equesen 93				
1994-1995										
1995-1996										
1996-1997										
1997-1998										
1998-1999										

Les minéraux argileux dominant (kaolinite et smectite). L’expulsion de matière organique ne représente que quelques pour cents des transferts solides vers l’océan.

I.B. La dynamique et les mécanismes de transport en suspension

Mécanismes

On trouve dans Gac (1986) et Equesen (1993) une explication synthétique de la dynamique du Transport solide au fil de l'année :

Pour tous les cycles étudiés, l'évolution de la charge solide présente la même physionomie :

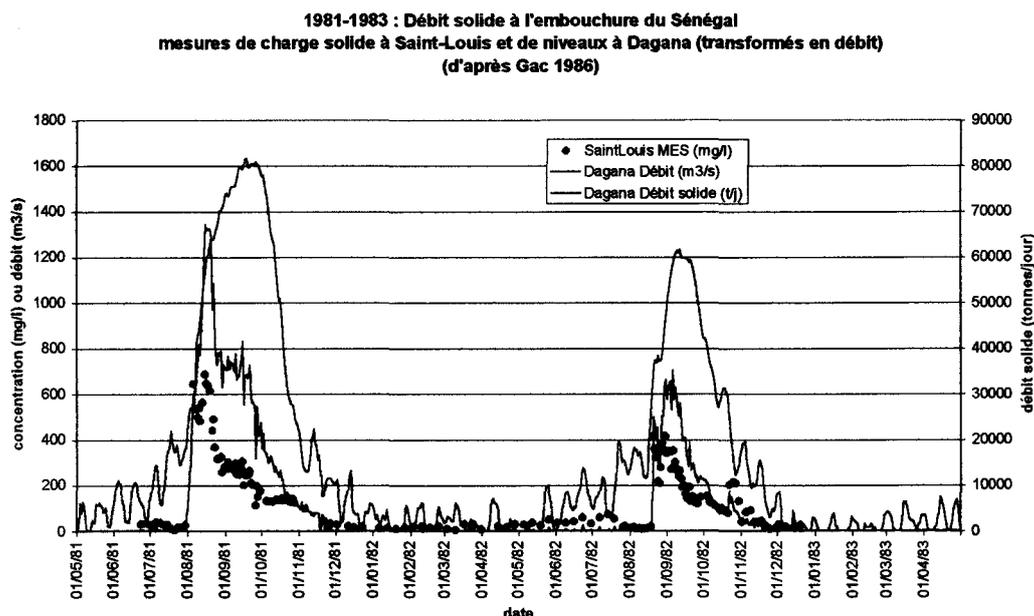
- une phase d'érosion précoce qui s'étend en général sur un mois
- une phase d'érosion et transport qui correspond au passage de la crue (en général sur deux mois)
- une période d'alluvionnement pendant laquelle le Fleuve perd sa capacité de transport solide et ne véhicule plus que des eaux faiblement turbides

Au cours de la première phase les variations de la charge solide sont importantes et rapides. Elles dépendent de la force érosive des averses, de la reprise des laissés de crue, et donc de l'état du bassin à la suite de la saison des pluies précédente. Par conséquent la réponse du Bassin au cours de la phase d'érosion précoce ne dépend pas seulement de la crue annuelle : elle est aussi fonction de l'empreinte de l'année antérieure. C'est pendant cette phase que l'on mesure les charges maximales. Elles sont, à l'embouchure du Fleuve Sénégal, de plusieurs centaines de milligrammes par litre

La seconde période est plus calme, l'amplitude des variations s'atténue. Elle traduit les possibilités réelles de la crue qui se déroule. La charge en suspension diminue dans le cours d'eau alors que les débits augmentent. Cette phase de transition correspond à la fin de l'érosion des versants et surtout à l'érosion des berges et du lit mineur. Une forte augmentation des écoulements dilue la charge solide.

La période d'alluvionnement se traduit par la diminution simultanée de la turbidité et des écoulements. Au cours de cette phase la rivière perd rapidement de sa capacité de transport et les matériaux décantent en partie dans le lit mineur.

La pointe de concentration et la pointe de débit solide précèdent la pointe de crue comme l'illustre la figure ci-dessous :



Ce décalage temporel entre pointe de transport solide et pointe de crue est lié :

- d'une part au fait que la majeure partie de l'érosion sur le Bassin Versant se produit en début de saison des pluies et que l'érosion des berges se produit principalement en phase de montée des eaux,
- d'autre part au fait que au sommet de la crue l'eau inonde le lit majeur où une partie des matières en suspension est déposée.

Concentration maximales

Le tableau ci-dessous illustre les valeurs maximum de concentrations de matières en suspension mesurées entre 1981 et 1993 à la station de Bakel et à l'aval (St Louis ou Dagana). On note un très net laminage des concentrations de l'amont vers l'aval.

Concentrations maximum de matières en suspension				
	Bakel		StLouis - Dagana	
	date	concentration (mg/l)	date	concentration (mg/l)
1981	20-juil	805		686
1982	17-juil	724		416
1983	10-juil	1852		
1984	22-juin	2728		
1985	06-juil	1935		
1986	14-juil	1205		
1987	04-août	1749		
1988	31-juil	1007		
1989	12-juil	1514	01-sept	741
1990	01-juil	1409	12-août	367
1991	14-juil	2091	04-sept	665
1992	11-juil	1027	15-sept	529
1993	01-juil	1008		

Estimation du tonnage de matières solides

Plusieurs estimations du tonnage exportés aux différentes stations ont été effectuées par les différentes études

MANANTALI

L'extrapolation à partir des mesures effectuées à Kayes en 1968 et 1969 (Gac 1986) amène à une estimation de débit solide à Manantali de l'ordre de 1 400 000 tonnes par an

KAYES

A Kayes, les mesures réalisées à la turbisonde en juillet-septembre 1968 et juillet-septembre 1969 indiquent un transport solide de l'ordre de 2 300 000 tonnes par an (Gac 1986)

BAKEL

Michel (1973), sur la base des mesures de la M.A.S., a estimé l'exportation détritique à :

2 800 000 tonnes en année de crue très forte

1 900 000 tonnes en année de crue moyenne

1 000 000 tonnes en année de crue faible

L'extrapolation à partir des mesures effectuées à Kayes en 1968 et 1969 (Gac 1986) amène à une estimation de 2 900 000 tonnes par an

La station de Bakel a été suivie régulièrement de 1979 à 1993 ce qui fournit 14 années de données sur le transport en suspension (Equesen 1993 Chapitre 5). L'estimation des flux annuels donne les résultats suivants :

Flux solide et liquide à Bakel			
	Flux solide 10 ⁶ t	Flux liquide 10 ⁹ m ³	Concentration moyenne (mg/l)
1979-1980	1.48	9.56	155
1980-1981	2.46	12.24	201
1981-1982	2.34	13.37	175
1982-1983	1.42	9.62	148
1983-1984	1.61	6.89	234
1984-1985	1.28	6.78	189
1985-1986	4.01	11.20	358
1986-1987	3.17	10.82	293
1987-1988	1.63	6.94	235
1988-1989	3.93	13.50	291
1989-1990	2.36	12.43	190
1990-1991	1.11	7.41	150
1991-1992	3.70	12.00	308
1992-1993	1.95	13.10	149
moyenne 79-92	2.32	10.42	222
moyenne 79-86	2.22	10.06	221
moyenne 87-92	2.45	10.90	225

EMBOUCHURE

Les mesures réalisées par Gac et Kane (mesures de concentration à Saint Louis, pondérées par les débits reconstitués à partir des niveaux mesurés à Dagana) donnent les estimations suivantes :

2 865 000 tonnes en 1981-1982

1 186 000 tonnes en 1982-1983

	Volume à l'aval (10 ⁹ m ³)	Module à l'aval	Flux annuel de matières particulaires à l'aval	Turbidité moyenne à l'aval	Volume à Bakel (10 ⁹ m ³)	Module Bakel	Flux annuel de matières particulaires à Bakel	Turbidité moyenne à Bakel
1981-1982	11.38	361 m ³ /s	2 865 000 t	251.7 mg/l	13.37	424 m ³ /s	2 340 000 t	175 mg/l
1982-1983	7.63	242 m ³ /s	1 186 000 t	155.5 mg/l	9.62	305 m ³ /s	1 420 000 t	148 mg/l

D'après Gac 1986

La confrontation de ces flux de matières en suspension à l'embouchure avec les flux enregistrés à Bakel montre que le comportement d'alluvionnement ou d'érosion entre Bakel et Saint Louis n'est pas trivial. En 1981-1982 le flux solide aval a augmenté par rapport au flux amont (érosion de 525 000 t entre Bakel et Saint Louis), alors qu'en 1982-1983, pour une crue plus faible, il se produit le phénomène inverse (alluvionnement de 234 000 t entre Bakel et Saint Louis).

EROSION DES BERGES

L'érosion des rives concaves dans les méandres les plus importants a été estimée à 1 à 1,5 m/an (Gac 1986).

EROSION DU BASSIN

En rapportant le flux solide à l'embouchure à la superficie totale du bassin on obtient des taux de dégradation spécifique de 10,6 t/km²/an en 1981-1982 et de 4,4 t/km²/an en 1982-1983.

Nature des sédiments

Différentes analyses ont été menées sur les matières en suspension dans le Fleuve Sénégal : analyses granulométriques, minéralogiques et chimiques.

Les sédiments ont une granulométrie homogène en cours d'année et essentiellement argileuse : 76% d'argile (<2 μ), 23,7% de limons (de 2 à 50 μ) et 0,3% de sables (> 50 μ). Il convient toutefois de noter que les méthodes de mesure ne permettaient pas d'apprécier le transport de matériaux sableux par charriage en fond de Fleuve, flux généralement très faible (quelques %) par rapport au flux en suspension.

La composition minéralogique des sédiments étudiée en détails pour la période 1981-1982 montre une forte dominante de kaolinite (50 à 75%) et de smectite (15 à 35%)

I.C. Effets de la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal sur le transport solide

Changements de régime de transport solide du Fleuve

La seule étude ayant abordé ce point est Equesen qui a suivi les flux de particules à Bakel de 1979 à 1993 et a ainsi pu comparer les flux de matière solide avant la mise en service du barrage (flux naturels) et après sa mise en service.

Une telle comparaison est bien sûr hasardeuse compte tenu de la très forte variabilité naturelle des flux solides d'une année à l'autre.

On note toutefois que les périodes 1979-1986 et 1987-1993 présentent des volumes moyens écoulés équivalents et des charges moyennes en sédiments également équivalentes.

Sédimentation dans les retenues

Etude bathymétrique de la retenue de Diama depuis Richard Toll (IRD janvier 1999).

II. Connaissances sur le transport dissous du Fleuve

III. Evolution de la salinité des sols et des eaux.

III.A. Les périmètres irrigués

III.B. Les effets induits du relèvement du Plan d'eau de Diama

Références bibliographiques

1986	Le Fleuve Sénégal : 1. Bilan hydrologique et flux continentaux de matières particulaires à l'embouchure Auteurs : Gac J.-Y. et Kane A. Bulletin des Sciences Géologiques, 39, 1, p. 99-130, Strasbourg	
1957	Rapport sur les mesures de débits solides à Dagana, Bakel et Fadougou Auteur : Mandin Bulletin de la Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal (M.A.S.), 44, 60 p.	
1985	L'invasion marine dans la basse vallée du Sénégal Auteurs : Gac J.-Y., Kane A., Saos J.-L., Carn M., Villeneuve J.E. Revue Hydrobiologie Tropicale, ORSTOM, Dakar, 38 pages	
1967	Les dépôts du Quaternaire récent dans la basse vallée du Sénégal Auteur : Michel P. Bulletin Inst. Fond. Afrique Noire, A, 29, 2, p. 853-860	
1973	Les bassin des Fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique Auteur : Michel P. Thèse Lettres, Université de Strasbourg 1970 et Mémoire ORSTOM, 63, 752 pages	
1984	Dynamique des paysages et aménagement de la vallée alluviale du Sénégal Auteurs : Michel P., Sall M. Mémoire ORSTOM, 106, p. 89-109	
1974	Monographie du Fleuve Sénégal Auteur : Rochette C. Monographies Hydrologiques de l'ORSTOM, 1, 391 p.	
1982	Dynamique et Morphogénèse actuelle du Sénégal Occidental Auteur : Sall M. Thèse Lettres, Université de Strasbourg, 604 p.	
1955	Rapport sur les mesures de débits solides du Fleuve Sénégal à Dagana (campagne 1955) Auteur : Seguy J. Bulletin de la Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal (M.A.S.), 42, 28 p.	