

REPUBLIQUE DU SENEGAL

17.300,50N

J 32 b

MINISTRE DE L'EQUIPEMENT

DIRECTION DE L'EQUIPEMENT RURAL

AMENAGEMENT RIZICOLE DE LA VALLEE
DU SOUNGROUROU

NOTE PRELIMINAIRE N°1

PREMIER DIAGNOSTIC SUR LES RESSOURCES EN EAU
ET PROGRAMME D'OBSERVATIONS ET DE MESURES

1^{ere} PARTIE

CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

17.300,50N



SONED AFRIQUE



SOGREAH

NOTE PRELIMINAIRE N° 1

sur les conditions de l'été 1954

STATISTIQUE

CLIMATOLOGIE ET METEOROLOGIE



REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT

DIRECTION DE L'EQUIPEMENT RURAL

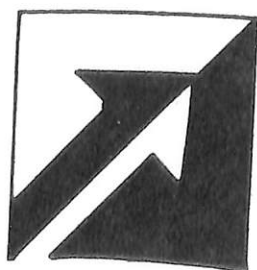
AMENAGEMENT RIZICOLE DE LA VALLEE
DU SOUNGROUROU

NOTE PRELIMINAIRE N°1

PREMIER DIAGNOSTIC SUR LES RESSOURCES EN EAU
ET PROGRAMME D'OBSERVATIONS ET DE MESURES

1^{ere} PARTIE

CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE



SONED AFRIQUE



S O M M A I R E

1.	PRESENTATION	1
2.	PLUVIOMETRIE	2
3.	EVAPORATION	5
4.	BILAN HYDRIQUE	6
5.	HYDROLOGIE DE SURFACE	7
	5.1 Campagne hydrologique Orstom dans le Soungrougrou 1966-67	8
	5.2 Station de Saré Fodé sur le Soungrougrou	10
	5.3 Stations limnimétriques de la Casamance	10
	5.4 Essai de synthèse de l'hydrologie de surface du Soungrougrou	12
6.	SALINITE DES EAUX DE SURFACE	14
7.	PREMIER DIAGNOSTIC SUR L'HYDROLOGIE DU SOUNGROUGROU	16
8.	CAMPAGNE DE MESURES HYDROLOGIQUES	18

8.1	<i>Pluviométrie</i>	18
8.2	<i>Evaporation</i>	19
8.3	<i>Stations limnimétriques</i>	19
8.4	<i>Jaugeages différentiels sur le Soungrougrou</i>	21
8.5	<i>Salinité des eaux de surface</i>	21

oOo

1. PRESENTATION

Cette note préliminaire a pour objet de présenter un premier diagnostic sur les ressources en eau du bassin du Soungrougrou.

Au cours des deux mois de Novembre et Décembre 1978, les hydrologues de SONED-SOGREAH ont effectué les opérations suivantes :

- a. Rencontres avec les principaux organismes concernés par les études de mise en valeur de la région de Casamance ;
 - . Services techniques du Génie Rural,
 - . Département Etudes et programmation (D.E.P),
 - . SOMIVAC,
 - . Projet Rural de Sedhion (P.R.S),
 - . Institut Sénégalais de recherche agronomique (I.S.R.A),
 - . ORSTOM.

- b. Examen des études hydrologiques déjà réalisées dans la région et des données de mesures disponibles ;
 - . Rapport hydrologique sur les vallées de la Nyassa et de la Guidel.
Dépouillement des campagnes hydrologiques 1962-63 - ILACO - Mai 1965,
 - . Aménagements hydro-agricoles en Casamance et Haute-Gambie
GERCA - Groupement d'études rurales en Casamance - ILACO/SCET
COOP. 5 Tomes - 1962-63,
 - . Etudes hydrologiques en Casamance - Brunet-Moret - ORSTOM :
 - Etudes hydrologiques de petits bassins - Campagne 1966,
 - campagne 1967-68 - Rapport provisoire 1968,
 - ✓ - rapport définitif - 1970.
 - . Annaires hydrologiques du Sénégal - ORSTOM.

- c. Reconnaissance de terrain et organisation de la campagne de mesures hydrologiques complémentaires.

Il y avait très peu de mesures hydrologiques dans le bassin du Soungrougrou et il a paru indispensable de réaliser en 1979 des mesures complémentaires de climatologie (pluviométrie et évaporation), de limnimétrie (mesures de niveaux, jaugeages de débits) et de salinité. Ces deux mois ont été consacrés à la définition des mesures à entreprendre, à l'installation du matériel de mesure et à l'organisation de la campagne de mesures qui sera réalisée au cours du prochain hivernage.

- d. Etude de premier diagnostic sur la climatologie et l'hydrologie du bassin du Soungrougrou.

Sans attendre les résultats des mesures complémentaires, il était nécessaire, à l'issue des opérations précédentes et en s'appuyant sur les connaissances déjà acquises, de faire une première présentation des principales caractéristiques hydrologiques du bassin du Soungrougrou et de présenter un premier diagnostic sur les ressources en eau de la région. Les résultats de cette analyse font l'objet de la note préliminaire n° 1.

2. PLUVIOMETRIE

Il existe quatre postes dans le bassin de la Casamance où les observations sont de longue durée. Des valeurs de pluies moyennes annuelles ont été établies par l'ORSTOM en 1969 sur la base des données disponibles à l'époque. Ce sont :

- . Ziguinchor, 50 ans d'observation, moyenne annuelle : 1 557 mm,
- . Sedhiou, 48 ans d'observation, moyenne annuelle 1 370 mm,
- . Kolda, 48 ans d'observation, moyenne annuelle 1 235 mm,
- . Velingara, 36 ans d'observation, moyenne annuelle .. 1 093 mm.

Une carte des isohyètes moyennes annuelles avait été établie, qui situait le bassin du Soungrougrou entre les isohyètes 1 200 mm au nord et 1 400 mm au sud. La pluie moyenne annuelle sur le bassin du Soungrougrou se situait à environ 1 300 mm.

La pluviométrie des années 1968 à 1978 a été très inférieure à celle des 50 années précédentes ;

- . Pluie moyenne 1968-77 à Ziguinchor 1 182 mm,
- . Pluie moyenne 1968-77 à Kolda 1 042 mm.

Nous avons noté dans le tableau 1 les pluies annuelles à Ziguinchor et Kolda, postérieures à 1950 et la moyenne mobile sur 9 années, qui décroît régulièrement sur la période considérée. Cette baisse très sensible de la pluviométrie a considérablement modifié le comportement hydrologique de la région.

Dans le bassin du Soungrougrou, nous disposons des mesures pluviométriques faites par le P.R.S (Projet Rural de Sedhion) depuis 1972.

Le P.R.S exploite un assez grand nombre de pluviomètres qui sont regroupés par secteur. Nous avons pris en compte les pluies moyennes mensuelles des secteurs qui couvrent chacun une partie du bassin du Soungrougrou et calculé la pluie moyenne annuelle par secteur et pour l'ensemble du bassin (Tableau 1).

Pour les 7 années de 1972-78 les moyennes s'établissent ainsi :

- . Pluie moyenne Bassin du Soungrougrou 1 055 mm
- . Ziguinchor 1 212 mm.

La corrélation année par année entre la pluie à Ziguinchor et la pluie sur le bassin du Soungrougrou est manifeste et la période de sécheresse 1968-78 a affecté toute la Casamance.

On peut en déduire que la pluviométrie des 7 dernières années sur le bassin du Soungrougrou subit le même déficit relatif par rapport aux 50 années antérieures que le poste de Ziguinchor. Ceci conduit à estimer la pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin du Soungrougrou, pour les 50 années antérieures à 1968, à environ 1 300 mm.

On peut donc estimer que depuis 1968 le bassin du Soungrougrou a reçu un apport pluviométrique annuel inférieur de 250 mm à ce qu'il était dans la période antérieure. Avec 3 années particulièrement sèches en 1968, 1972 et 1977 où la pluie n'a été que de 700 mm.

Les phénomènes naturels que sont le ruissellement des rivières et le dessalement saisonnier du Soungrougrou par les apports pluviaux, ont dû en être considérablement modifiés.

PLUVIOMETRIE ANNUELLE
(mm)

Tableau 1

Date	Kolda		Ziguinchor		Bassin du Soungrougrou : données PRS				
	Année P _{mm}	Moyenne 9 ans	Année P _{mm}	Moyenne 9 ans	Secteur de Bona	Secteur de Boumkiling	Secteur de Diarouané	Secteur de MarsasoumN	Moyenne bassin Pmm
1950			1824						
51			1413						
52	1372		1632						
53	1356		1394						
54	1232		1595	1652					
55	1289		1939	1577					
56	1221	1384	1758	1560					
57	1629	1366	1546	1551					
58	2152	1350	1832	1568					
59	1139	1374	1145	1565					
1960	1115	1364	1273	1486					
61	1206	1359	1549	1486					
62	1216	1305	1568	1492					
63	1440	1202	1429	1506					
64	1200	1160	1223	1477					
65	1178	1192	1757	1498					
66	1147	1175	1604	1481					
67	1219	1193	2007	1429					
68	760	1130	883	1376					
69	1410	1127	1461	1333					
1970	1046	1109	1398	1326					
71	1383	1114	1099	1305					
72	873	1081	952	1226	723	731			
73	1172	1068	1289	1216	1027	1074	704	692	710
74	1019		1240	(1220)	1094	1177	-	1098	1070
75	1188		1417		1366	1306	1305	1245	1200
76	920		1297		1162	1307	1174	1423	1315
77	648		790		624	712	1213	1117	1200
78			(1500)		1229	1068	619	828	700
							1277	1212	1200

La répartition mensuelle des pluies dans le bassin du Soungrougrou est en moyenne la suivante :

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Année
Pourcentage (%)	1	7	26	34	24.	7	1	100
Année moyenne longue durée (mm)	10	85	340	445	320	90	10	1300
Année moyenne 1972-1978 (mm)	8	67	280	360	260	75	5	1055

Les cinq mois de décembre à avril sont pratiquement nuls. Les trois mois de juillet - août - septembre représentent 85 % de l'apport pluvial annuel.

3. EVAPORATION

Les stations synoptiques de Ziguinchor et Kolda mesurent depuis respectivement 1919 et 1922 la pluviométrie, l'humidité relative, l'insolation, l'évaporation, la température et les vents. Elles sont équipées d'évaporomètre Piche. Des mesures d'évaporation sont faites depuis 1974 à Djibélor et à Séfa, équipés d'un bac classe A.

. Evaporation Piche

- Ziguinchor (1951-76) 1 388 mm
- Kolda (1951-76) 1 879 mm

. Evaporation Bac Classe A

- Djibélor (1974-76) 1 817 mm.

L'estimation de l'E.T.P. ne peut se faire que par des formules empiriques utilisant la mesure des facteurs climatiques (Turc, Penman) où à partir des mesures en Bac réduites à 70 %. Nous retiendrons les valeurs proposées par la SOMIVAC :

. E.T.P.

- Ziguinchor 1 307 mm
- Sedhiou 1 475 mm
- Kolda 1 605 mm.

On peut estimer pour le bassin du Soungrougrou une valeur de l'E.T.P. de 1 400 mm environ, avec la répartition mensuelle suivante :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
ETP	120	135	150	170	160	135	85	75	80	85	100	105	1400

4. BILAN HYDRIQUE

Ces bilans ont pour objet d'expliquer le comportement hydrologique d'une région et en particulier le régime des écoulements des rivières à partir des données climatiques essentielles, pluie et E.T.P.

Le calcul du bilan se fait en comparant mois par mois la pluie moyenne sur le bassin et l'E.T.P. du même mois :

- Si la pluie du mois est supérieure à l'E.T.P., l'évapotranspiration réelle est égale à l'E.T.P. ; l'excédent est emmagasiné dans le sol jusqu'à ce que la réserve facilement utilisable (R.F.U) soit reconstituée. Quand la saturation est atteinte l'excédent se partage en ruissellement de surface et en infiltration vers la nappe phréatique ;
- Si la pluie du mois est inférieure à l'E.T.P., il y a pompage dans la réserve du sol (R.F.U) pour combler le déficit et dans ce cas il n'y a ni excédent ni déficit. Lorsque la réserve devient insuffisante l'évapotranspiration réelle est inférieure à l'E.T.P. et il y a un déficit en eau.

Des modèles mathématiques permettent de simuler le bilan hydrique d'un bassin versant et grâce au réglage de certains paramètres, dont la valeur de la R.F.U., de reconstituer le régime des rivières à partir des données climatiques P et E.T.P. Mais ce réglage implique la connaissance des débits des rivières pendant quelques années et ne peut être entrepris actuellement sur le Soungrougrou. Cependant le simple calcul de la différence mois par mois de $P - E.T.P.$ permet de comprendre le régime hydrologique du bassin. La pluie n'excède l'E.T.P. que pendant les mois de juillet, août et septembre. L'excédent se situe en année moyenne à 870 mm. Une partie de cet excédent recharge la R.F.U. en juillet et comble le déficit des mois d'octobre, novembre. Les mois de décembre à juin sont déficitaires.

Le bassin du Soungrougrou est très plat, pentes très faibles, avec une végétation abondante. A la réserve facilement utilisable doit s'ajouter une forte rétention superficielle avec le remplissage du réseau hydrographique et par conséquent une bonne partie de l'excédent pluvial est retenu en surface ou dans le sol pour être repris par évaporation. Si l'on estime cette rétention à 200 mm, l'excédent réellement dégagé pour le ruissellement et l'alimentation de la nappe phréatique, se situe pour une année de pluviosité moyenne de 1 300 mm à une valeur voisine de 670 mm.

Mais le bilan hydrique est très sensible à une variation de la pluie annuelle. Pour la période 1972-78 où la pluie moyenne annuelle est de 1 050 mm, l'excédent disponible tomberait à 400 mm et pour une année sèche de 700 mm de pluie comme 1972 ou 1977, l'excédent serait ramené à 150 mm.

Ceci explique que le comportement hydrologique du bassin du Soungrougrou, comme de toute la Casamance, puisse être fort différent depuis 1968 de ce qu'il était auparavant et que le régime des eaux de surface est totalement différent en année sèche de ce qu'il est en année moyenne. Selon le schéma précédent les ressources en eau pour le ruissellement et l'alimentation des nappes ne seraient pour l'année 1977 que 20 % à 25 % des ressources de l'année 1975 dans le bassin du Soungrougrou.

5. HYDROLOGIE DE SURFACE

Le régime des eaux de surface est totalement conditionné par le bilan hydrique. La montée des eaux se fait en juillet ou en août après que les premières pluies aient reconstitué la réserve de rétention et l'écoulement est concentré sur les mois d'août, septembre et octobre. Le ruissellement des nappes provoque un débit de tarissement d'importance et de durée variable. Sur les bassins où la nappe est importante et pour une année assez pluvieuse, un certain écoulement peut se poursuivre jusqu'à l'hivernage suivant ; sur les bassins moins favorisés et pour les années moins pluvieuses, le tarissement peut se produire dès le mois de décembre.

Un autre facteur intervient qui est la concentration des séquences pluvieuses. Une pluie mensuelle bien répartie est plus profitable aux cultures et à l'infiltration et provoque un ruissellement réduit alors que de fortes averses concentrées sur quelques jours provoquent une crue de courte durée. Parfois l'essentiel de l'écoulement annuel est constitué de quelques crues entre juillet et octobre.

5.1 CAMPAGNE HYDROLOGIQUE ORSTOM DANS LE SOUNGROUGROU 1966-67

Les seules mesures hydrologiques réalisées dans le bassin du Soungrougrou ont été effectuées par l'ORSTOM en 1966-67. Nous résumons ci-dessous les mesures réalisées aux stations de Diango et Bounkiling.

5.1.1 Bassin de Diango

Superficie : 135 km².

	1966							1967				
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
P _{mm}	121	116	366	394	258							
Q _{m³/s}	0,03	0,06	0,79	1,87	2,47	1,02	0,56	0,26	0,08	0,03	0,013	0,007

- Pluie totale de l'hivernage 1966-67 1 255 mm
- pluie moyenne interannuelle 1 300 mm.

L'écoulement a duré toute l'année. Il passait 20 l/s en fin mai 1966 après une saison des pluies excédentaires et 5 l/s en fin mai 1967 après une saison des pluies de hauteur moyenne.

Le débit maximal observé est 5,5 m³/s le 9 octobre 1966. Le débit croît tout au long de la saison des pluies. Les très fortes averses provoquent des pointes de crues relativement faibles et très aplaties.

Le volume écoulé a été de 19 Mm³, soit une lame d'eau équivalente de 140 mm.

- Lors de notre première visite, le 25.11.78, pour une cote de 0,68, le débit mesuré au flotteur était d'environ 70 l/s,
- la pluie de 60 mm des 30.11 et 1.12 a remonté le niveau de 0,68 à 0,78 m ; le débit était alors d'environ 600 l/s,
- en résumé, on peut donner le tableau suivant, les mesures de vitesse ayant été faites au flotteur :

Date	25.11.78	2.12.78	4.12.78	6.12.78	9.12.78	11.12.78
Cote à l'échelle	0,68	0,78	0,75	0,71	0,67	0,66
Débit (l/s)	70	580	540	280		0

5.1.2 Bassin de Bounkiling

Superficie : 200 km².

	1966							1967				
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
P _{mm}	174	113	409	330	314							
Q _{m³/s}	0,005	0,02	0,22	0,47	1,09	0,16	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	0

- . Pluie totale de l'hivernage 1966-67 1 357 mm
- . pluie moyenne interannuelle 1 200 mm.

L'écoulement cesse en saison sèche. Il a repris le 16 juin 1966 pour durer jusqu'au 4 mai 1967 environ.

Le débit maximal observé est 4,5 m³/s le 13 octobre 1966 après 12 jours de pluies abondantes et ne doit être dépassé que très exceptionnellement. Le volume écoulé a été de 5,8 Mm³, soit une lame d'eau équivalente de 29 mm.

- . Lors de notre première visite, le 25.11.78, pour une cote de 0,49 m à l'échelle, le débit n'était pas mesurable, probablement inférieur à 10 l/s,
- . la pluie de 60 mm des 30 novembre et 1er décembre a fait remonter le plan d'eau de 0,48 m à 0,60 m ; le débit est passé à 20 l/s environ,
- . le 4.12.78 pour h = 0,55 m, Q = 15 l/s
- . le 6.12.78 pour h = 0,52 m, Q ≠ 0.

Les écoulements de 1978 sont donc très inférieurs en ces deux stations à ce qu'ils étaient à la même époque de 1966, bien que la pluviométrie de 1978 soit inférieure de 100 mm seulement à celle de 1966.

Le déficit d'écoulement du bassin de Bounkiling est très supérieur à celui constaté pour le bassin de Django. Il n'est pas impossible qu'une partie de la nappe phréatique du bassin s'écoule vers le Nord, sous la ligne de crête du bassin.

5.2 STATION DE SARE FODE SUR LE SOUNGROUGROU

C'est la station principale qui contrôle le bassin amont du Soungrougrou, d'une superficie de 2 000 km². Une station limnigraphique y a été implantée par l'ORSTOM le 11.5.78. Deux jaugeages y ont été effectués :

- . Le 10 août 1978 pour : $h = 2,35$ m, $Q = 630$ l/s
- . le 11 septembre 1978 pour $h = 1,80$ m, $Q = 15$ l/s.

L'écoulement a débuté le 3 août, avec une pointe très marquée le 8 août à 2,96 m suivie d'une décroissance régulière.

L'écoulement était nul dès notre première visite le 18.11.78 pour une cote de 1,70 m. Malgré la pluie des 30/11 et 1/12 qui était d'environ 60 mm, l'écoulement est resté nul ; le niveau du plan d'eau est cependant monté de 1,64 à 1,70 m, ce qui illustre le phénomène de rétention superficielle par remplissage d'un réseau hydrographique très peu pentu.

Au vu du limnigramme et sous réserve d'une meilleure définition de la courbe de tarage, on peut estimer qu'il est passé à la station un débit moyen de 150 l/s pendant les 4 mois d'août à novembre 1978, ce qui représente une lame d'eau équivalente sur le bassin versant de 8 mm.

Par contre il doit y avoir des résurgences de la nappe entre Saré Fodé et Bani comme en témoignent les mesures faites le 7.12.78 :

- . Saré Fodé $Q = 0$
- . 4 km en aval par la piste $Q = 15$ l/s
- . Dialaba (6 km en aval) $Q = 40$ l/s.

Il n'en reste pas moins que toute la partie amont du bassin de Soungrougrou jusqu'à Saré Fodé, qui représente 2 000 km² de superficie contre 4 500 km² au droit de Marsasoum, et qui reçoit un apport pluvial annuel moyen de l'ordre de 1 200 mm, contre 1 300 mm pour la moitié aval du bassin, ne fournit qu'un apport fluvial extrêmement réduit.

5.3 STATIONS LIMNIMETRIQUES DE LA CASAMANCE

L'insuffisance de mesures dans le bassin du Soungrougrou incite à rechercher une corrélation avec les stations voisines situées dans le bassin de la Casamance, notamment celles de Fafakourou et Saré Koutayel dont les bassins versants sont assez comparables à celui du Soungrougrou. Nous avons reporté sur le tableau 2 les modules annuels et lames d'eau correspondantes pour les années de fonctionnement de ces stations.

La station de Kolda a un écoulement permanent avec une lame d'eau ruisselée moyenne sur 10 ans (1967-77) de 32 mm. Il s'agit des 10 années récentes beaucoup plus sèches que la période antérieure à 1967. Les variations interannuelles sont fortes avec 76 mm pour l'année légèrement excédentaire de 1967 et 9 mm pour l'année sèche de 1972.

STATIONS LIMNIMÉTRIQUES EN CASAMANCE

Tableau 2

4/p

Station	Bassin versant (km ²)	Année hydrologique	Module (m ³ /s)	Lame d'eau (mm)	P (mm)
Fafakourou	700	1968-1969	0,522	23,6	750
		1969-1970	0,370	16,7	750
		1974-1975	0,160	7,2	700
		1975-1976	0,382	17,3	1150
		1976-1977	0,096	4,3	800
Sare Kontayel	640	1969-1970	0,433	21,4	1200
		1974-1975	0,140	6,8	880
		1975-1976	0,234	11,6	1100
		1976-1977	0,067	3,3	850
Sare Sara	815	1967-1968	2,70	105,5	1250
		1968-1969	0,67	25,8	800
		1969-1970	3,04	117,5	1400
		1975-1976	1,75	67,9	1250
		1976-1977	0,94	36,3	1000
Madina Omar	385	1967-1968	0,89	72,8	1250
		1968-1969	0,30	25,0	780
		1969-1970	0,65	53,3	1000
		1974-1975	0,16	13,2	1250
		1975-1976	0,76	62,6	1000
		1976-1977	0,35	28,7	1000
Kolda	3700	1967-1968	8,78	75,7	1200
		1968-1969	1,95	16,2	750
		1969-1970	7,07	60,3	1100
		1970-1971	2,98	25,3	950
		1971-1972	3,64	31,0	1000
		1972-1973	1,07	9,1	750
		1973-1974	2,09	17,8	900
		1974-1975	2,30	19,4	1000
		1975-1976	4,89	41,8	1200
		1976-1977	2,38	20,3	950
Diango	135	1966-1967	0,610	140	1255
Boukiling	200	1966-1967	0,180	29	1340
Sare Fodé	1970	1979-80	1,2	1030	1050
		1978-79	1,6	900	900
		1979-80	0,55		

.031
.022
.010
.015
.005
.018
.068
.011
.004
.084
.032
.084
.054
.036
.058
.032
.053
.050
.029
.063
.022
.055
.027
.031
.012
.020
.019
.035
.021
.112
.022
.0012
.0015
.0006

1/ SOGREAH - Sept 80

Les deux bassins de Madina Omar et Saré Sara, plus arrosés, ont des lames d'eau supérieures aux bassins de Fafakourou et Saré Koutayel. Ces deux derniers bassins, qui ont une pluviosité assez semblable à celle du Soungrougrou à l'amont de Saré Fodé, ont écoulé des lames d'eau qui oscillent entre 25 mm pour une année proche de la normale et 4 mm pour une année sèche.

Les années de mesures complémentaires de 1974 à 1977 confirment ce qui avait été détecté par l'ORSTOM à l'issue de la période de mesures de 1967 à 1970 et nous pouvons reprendre les résultats présentés dans le rapport de Brunet-Moret, qui déclarait qu'on pouvait admettre en année de pluviométrie moyenne :

- . Sur les bassins du type Saré Sara de superficie supérieure à 100 km², une lame d'eau écoulee de l'ordre de 110 mm pour une pluviométrie de 1 250 à 1 300 mm ;
- . sur les bassins du type Bounkiling, Saré Koutayel et de superficie supérieure à 100 km², une lame d'eau écoulee de 20 à 30 mm pour une pluviométrie de 1 200 à 1 300 mm ;
- . sur les bassins intermédiaires, tels que ceux de Kolda, Madina Omar, Fafakourou, une lame écoulee allant de 60 à 80 mm pour des pluviométries allant de 1 100 à 1 300 mm.

On peut aujourd'hui préciser cette première approche en constatant que Fafakourou serait plutôt à rapprocher du type Saré Koutayel et surtout que les lames d'eau indiquées s'entendent pour une année de pluviométrie moyenne telle que cela s'entendait à l'époque. Les lames d'eaux peuvent être beaucoup plus faibles si la pluviométrie vient à baisser et c'est justement ce qui s'est produit au cours de la décennie 1968-78.

5.4 ESSAI DE SYNTHÈSE DE L'HYDROLOGIE DE SURFACE DU SOUNGROUGROU

5.4.1 La partie amont du bassin du Soungrougrou, bassins versants de Saré Fodé et de Bounkiling, est à rapprocher d'une zone homogène plus vaste comprenant les bassins de Saré Koutayel et de Fafakourou.

Pour une pluviosité annuelle de l'ordre de 1 200 mm (moyenne des 50 années antérieures à 1968), la lame d'eau écoulee serait d'environ 30 mm.

Mais pour une pluviosité annuelle de l'ordre de 1 000 mm (moyenne des 10 dernières années), la lame d'eau peut être d'environ 15 mm et elle peut même descendre à moins de 5 mm pour une année sèche de pluviosité 700 mm.

Par ailleurs sur le bassin amont du Soungrougrou il doit y avoir une rétention et une infiltration importantes vers la nappe de sorte que tout l'écoulement ne transite pas par la station de Saré Fodé mais réapparaisse sous forme de drainage différé entre Saré Fodé et Bani.

5.4.2 La partie aval du bassin, notamment les bassins de Diango et Diakounda ont un rendement meilleur, à rapprocher du type Saré Sara, Madina Omar.

Pour une pluviosité annuelle de l'ordre de 1 300 mm (moyenne des années antérieures à 1968), la lame d'eau écoulee serait d'environ 100 à 120 mm

Mais pour une pluviosité annuelle de l'ordre de 1 100 mm (moyenne des 10 dernières années), la lame écoulee peut être d'environ 60 mm et pourrait même descendre à 20 mm pour une année sèche de pluviosité 700 mm

Bien entendu ces estimations sont fragiles car basées sur des observations très réduites et ce sera l'objet de la campagne de mesures de permettre de les confirmer ou de les corriger. Mais deux conclusions sont évidentes :

a. Les ressources en eaux de ruissellement du bassin du Soungrougrou sont assez faibles.

Ce bassin de dimension assez réduite (4 700 km² au confluent), de relief assez plat (l'altitude ne dépasse pas 50 m aux confins amont) ne profite pas, contrairement à la Casamance des apports d'un bassin amont au ruissellement important (environ 5 m³/s à Kolda). On peut, malgré l'absence de mesures, avancer un ordre de grandeur et considérer que les apports d'eau de ruissellement au Soungrougrou sont moins de 100 millions de m³ par an en année de pluviosité moyenne de 1 300 mm. Ce pourrait être la situation jusqu'en 1968.

b. Le régime des eaux de ruissellement est très variable d'une année à l'autre et fortement réduit par un déficit de pluviosité.

La situation s'est ainsi fort dégradée au cours de la dernière décennie qui comporte 3 années de sécheresse exceptionnelle et aucune année normale à part 1975. Pendant ces 10 années les ressources en eaux de ruissellement ont dû baisser de 50 % en moyenne et même de 80 % pour les années 1968, 1972 et 1977.

L'équilibre précaire qui existait entre eaux douces et eaux salées a été modifié, la salinité des nappes et du Soungrougrou lui-même ont fortement augmenté et les espoirs de dessaler le Soungrougrou grâce aux apports d'eau douce peuvent en être compromis.

6. SALINITE DES EAUX DE SURFACE

Trois stations de marégraphie sont installées sur le cours du Soungrougrou à Marsasoum, Bona et Diaroumé. Des mesures de salinité y sont entreprises régulièrement. Depuis 1975 le P.R.S. fait des mesures de salinité à Diendiem, Birvon, Inor et Diaroumé.

L'extrémité du bief maritime se situe à Diaroumé où les marées annuelles semi-annuelles et semi-diurnes se font encore sentir. La salinité du Soungrougrou est minimale vers début octobre quand les apports pluviaux et les eaux de ruissellement ont repoussé les eaux marines. Ensuite l'absence d'apports d'eau douce et l'évaporation font croître la salinité jusqu'à une valeur maximale fin juin ou début juillet au début du nouvel hivernage.

Nous avons noté dans le tableau 3 les maxi et mini de salinité observés en différents points du Soungrougrou.

Tableau 3

Salinité (gr/l)						
Maximum et Minimum annuels						
Périodes	Marsasoum	Diendiem	Birvon	Bona	Inor	Diaroumé
Décembre 1967	0,85			0,36		
Juillet 1968	25,50			9,1		0,18
Octobre 1968	9,9			4,8		0,73
Juillet 1969	38,6			23,8		0,60
Octobre 1969	1,9			0,07		8,14
Janvier 1975		10,0	10,0			0,05
Juin 1975		26,0	26,0		6,0	7,0
Septembre 1975		6,0	6,0		20,0	21,0
Janvier 1977		8,0	8,0		2,0	1,0
Juillet 1977		34,0	30,0		7,0	7,0
20 Déc. 1977		11,7	12,1		28,0	22,0
26 Juin 1978		29,3	29,0		11,0	11,2
18 Août 1978		17,1	18,2		24,8	26,2
24 Nov. 1978	22,6				18,2	11,2
11 Déc. 1978						17,8
						16,0

En année de pluviosité normale, c'est-à-dire jusqu'en 1967, la salinité restait inférieure à 1 gr/l à Diaroumé toute l'année, et le Soungrougrou était totalement dessalé en fin d'hivernage (0,85 g/l à Marsasoum en décembre 1967 ; 1 gr/l en octobre 1969). L'examen des mesures faites à Diaroumé montre à quel point la situation s'est dégradée au cours des 10 dernières années. La salinité maximale atteint les 20 gr/l en fin de saison sèche et les apports d'eau douce sont devenus insuffisants pour dessaler le Soungrougrou à Diaroumé en fin d'hivernage (7 gr/l en janvier 75 et 77 ; 11 gr/l en décembre 77 et août 78). Les nénuphars qui couvraient autrefois le lit de la rivière à Diaroumé ont complètement disparu et les tannes vifs font leur apparition sur les rives.

La salure du Soungrougrou est due à l'intrusion d'eau salée sous l'effet des marées. La section mouillée de la rivière n'est que de 900 m² à Marsasoum et le volume transité pendant une phase montante ou descendante de la marée est de l'ordre de 5 millions de m³. Une sursalure se produit du fait de l'évaporation à la surface des eaux libres, surtout entre mai et juin.

Soungrougrou de Diaroumé à Marsasoum :

- . Distance 67 km
- . surface eaux libres et marécages 125 km²
- . surface eaux libres 49 km²
- . volume des eaux libres 55 millions m³.

En saison sèche qui dure 7 mois, novembre à mai, l'évaporation sur les eaux libres représente 1 000 mm, soit environ 50 Mm³. Par contre en saison humide qui dure 5 mois, il tombe 1 300 mm de pluie sur les 125 km² d'eau libre en amont de Marsasoum. Avec une évaporation de 700 mm, il y aurait un excédent de 600 mm, soit de 75 millions de m³, du même ordre de grandeur que le volume libre en amont. Le dessalement saisonnier des eaux du Soungrougrou est dû autant à la pluie qui tombe directement sur les surfaces d'eaux libres qu'au ruissellement sur l'ensemble du bassin versant.

Les mesures de salinité effectuées lors de notre mission montrent à quel point l'intrusion de la salinité dans le bassin du Soungrougrou s'est aggravée au cours des dernières années.

Designation		24.11.1978	11.12.1978
Sur le Soungrougrou	Marsasoun	22,6 g/l	
	Bona		24,4
	Diaroumé	17,8	16,0
	Bakadadji	17,2	
	Bissari	15,6	16,0
	Bani	17,0	
	Fourche km 16	16,4	14,9
	Dialaba	8,0	6,4
	4 km aval Saré Fodé		0,43
	Saré Fodé	0,04	0,04
Sur les affluents	Mampolago	15,6	
	Diango	5,0	1,3
	Diakounda	9,8	4,7
	Bissari Dioub	0,04	
	Boukiling	5,0	2,5

La salinité qui traditionnellement était inexistante à l'amont de Diaroumé, remonte aujourd'hui jusqu'à Bani et l'on trouve aussi des eaux saumâtres à Dialaba, Django, Diakounda et Boukiling.

7. PREMIER DIAGNOSTIC SUR L'HYDROLOGIE DU SOUNGROUGROU

Sous réserve d'un examen plus approfondi à l'issue de la campagne de mesures qui va être entreprise au cours du prochain hivernage, nos premiers commentaires à l'issue de la reconnaissance de terrain et de l'étude préliminaire sont les suivants :

L'évaporation sur le plan d'eau est importante et peut créer une baisse de niveau et une sursalure à l'amont du barrage. En années sèches les apports d'eau douce seront insuffisants à assurer l'équilibre et il faudra accepter une réintroduction d'eau salée derrière le barrage.

- 7.5 Cependant le volume relativement faible des eaux libres du Soungrougrou en amont de Marsasoum et l'importance du volume pluvial tombant directement sur la surface des eaux libres et s'ajoutant aux apports de ruissellement peuvent suffire à assurer un certain équilibre derrière un barrage de protection. Il n'est pas possible dans l'état actuel des connaissances ni d'assurer l'efficacité d'un barrage anti-sel ni de rejeter complètement cette alternative.

Cette première analyse conduit cependant à émettre des réserves sur les potentialités en eaux douces nécessaires à un dessalement du Soungrougrou et justifie pleinement la campagne de mesures hydrologiques complémentaires qui va être entreprise en vue de permettre une meilleure connaissance de l'hydrologie du bassin.

8. CAMPAGNE DE MESURES HYDROLOGIQUES

Elle portera essentiellement sur l'hivernage de juillet à octobre 1979 car il n'y a actuellement ni pluies, ni écoulement. Un réseau de stations de mesures a été mis en place permettant de contrôler la pluviométrie, l'évaporation, les eaux de surface, la salinité des eaux de surface.

8.1 PLUVIOMETRIE

Un accord a été conclu avec le P.R.S. qui assurera l'exploitation d'une dizaine de pluviomètres à lecture directe plus précis que les pluviomètres type "potasse d'Alsace" actuellement utilisés. Nous fournissons les pluviomètres, le P.R.S. disposant d'"encadreurs" dans certains villages. Les sites retenus sont :

- Secteur de Marsasoum { Marsasoum
Sansamba
- Secteur de Bona { Bona
Diakoundé
Nionvam
Boukilins
Kadiakéle
- Secteur de Diaroumé { Diaroumé
Siloya Silakounda
- Secteur de Tankon { Tankon
Saré Demba Dialo

De plus un pluviographe fourni par SONED -SOGREAH doublera le pluviomètre de Bona.

Sur le haut bassin où le P.R.S. n'a pas de stations, nous installerons 3 pluviomètres aux endroits suivants :

- . Tieti,
- . N'Dorma,
- . Pata.

8.2

EVAPORATION

Quatre stations anciennes fournissent des données sur l'évaporation :

- . Ziguinchor et Kolda (Météo Nationale) équipés d'évaporomètres Piche,
- . Séfa, Djibélor (I.S.R.A.) équipés d'un bac classe A.

Deux bacs à évaporation type colorado seront installés par SONEDE-SOGREAH et relevés par des agents du P.R.S. :

- . Bona,
- . Silaya Silakounda.

8.3

STATIONS LIMNIMETRIQUES

Quatre stations ont été équipées, deux sur le Soungrougrou, deux sur des affluents de rive droite,

8.3.1

Saré Fodé sur le Soungrougrou

C'est la station principale qui contrôle le bassin amont de 2 000 km². Elle a été équipée par l'ORSTOM le 11.5.78 d'un limnigraphe à flotteur et de 4 éléments d'échelle (1 à 5 m). Nous avons relevé le profil en travers de la section et les abords ont été dépouillés de la végétation. Des jaugeages seront entrepris au cours de l'hivernage pour établir la courbe de tarage.

8.3.2 Dialaba sur le Soungrougrou

Située à 6 km par la piste en aval de Saré Fodé, cette station est bonne hydrauliquement :

- . Nous en avons relevé le profil en travers ; deux éléments d'échelle (1 à 3 m) ont été installés sur la rive gauche le 7.12.78,
- . l'agent du P.R.S. résidant à Touba Morikounda pourra se charger des lectures d'échelles,
- . un jaugeage effectué le 7.12.78 a donné 40 l/s pour une cote de 1,04 m ; les vitesses étaient de l'ordre de 5 cm/s.

8.3.3 Boukiling sur le marigot de Boukiling

C'est une station qui a été étudiée par l'ORSTOM pendant l'hivernage de 1966 :

- . Nous avons installé le 4.12.78 deux mètres d'échelle (0 à 2 m) ; le zéro de l'échelle se trouve 2,51 m sous le téton du macaron IGN scellé sur le pont ; la cote 6 m de l'échelle ORSTOM (élément unique 6 - 7 m) se trouvait à 2,32 m sous le macaron IGN, donc 0,19 m plus haut.

8.3.4 Diango sur le marigot de Diango.

C'est également une ancienne station de la campagne de mesures effectuée par l'ORSTOM en 1966 :

- . Nous avons installé le 4.12.72 deux mètres d'échelle (0 à 2 m) ; le zéro de l'échelle est à 2,48 m sous le téton du macaron IGN scellé sur le pont ; la cote 1 m de l'échelle ORSTOM (élément unique de 1 à 2 m) se trouvait à 2,05 m sous le macaron, donc 0,43 m plus haut ;
- . un support de limnigraphe (gaine et abri) a également été installé au pont ; il recevra un limnigraphe OTTX fourni par les services de l'hydraulique de Ziguinchor ; cet appareil sera équipé d'un mouvement de 32 jours et sera posé avant la saison des pluies.

8.4 JAUGEAGES DIFFERENTIELS SUR LE SOUNGROUGROU

Il ne paraît pas possible de faire des mesures différentielles pendant les mois de juillet, août et septembre. A cette époque en effet :

- . Le débit de surface sera important et l'imprécision sur les débits sera du même ordre de grandeur que les apports de la nappe ;
- . il y aura des ruissellements latéraux, pratiquement impossibles à mesurer.

Par contre, lorsque le débit du Soungrougrou sera retombé à 200 ou 300 l/s et que les ruissellements latéraux auront cessé, il sera possible de faire des jaugeages différentiels entre Saré Fodé et un point situé, par la piste, à environ 15 km à l'aval de Saré Fodé. Plus en aval, la section s'élargissant, les vitesses ne seraient plus mesurables. Nous pouvons avoir une idée des apports de la nappe par les comparaisons suivantes faites le 7.12.78 :

- . Saré Fodé Q = 0
- . 4 km en aval par la piste Q = 15 l/s
- . Dialaba (6 km en aval) Q = 40 l/s

8.5 SALINITE DES EAUX DE SURFACE

Nous avons sélectionné 12 points où des prélèvements seront effectués régulièrement pour contrôler l'évolution de la salinité dans le temps et dans l'espace.

- . Marsasoum,
- . Diango (Marigot de Diango),
- . Mampalago (Marigot de Diakounda),
- . Diakounda (Marigot de Diakounda),
- . Bona,
- . Bounkiling (Marigot de Bounkiling)
- . Diaroumé,
- . Bani (ou Kimbouto selon la rive accessible),
- . 15 km aval de Saré Fodé (ou Diambati sur l'autre rive),
- . Dialaba,
- . 4 km aval de Saré Fodé,
- . Saré Fodé.

A l'issue de cette campagne de mesures, c'est-à-dire en novembre 79, les données acquises permettront de situer statistiquement l'année hydrologique par rapport aux autres, de mieux préciser les relations entre la pluviométrie et les écoulements qu'elle engendre, de préciser et de localiser les ressources en eau du bassin et le régime des tributaires du Soungrougrou.

Le matériel installé, climatologique et limnimétrique, sera laissé en place et mis à la disposition du maître d'oeuvre pour permettre de poursuivre les mesures au cours des années suivantes par le Département Etudes et Programmation.