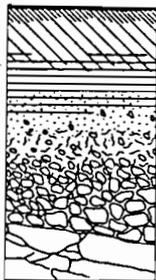


Didier BRUNET

DESSALEMENT DES SOLS  
DE LA VALLEE DE DJIGUINOUM  
(Basse Casamance)

Estimations des débits hydrique et salin  
de l'hivernage 1988



MARS 1989

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

- CENTRE DE DAKAR-11ANN —



Institut Français de  
Recherche Scientifique pour  
le Développement en Coopération

-----  
centre ORSTOM de DAKAR

DESSALEMENT DES SOLS  
DE LA VALLÉE DE DJIGUINOUM

Estimations des débits hydrique et salin  
de l'hivernage 1988

D. BRUNET

Mars 1989

## 1 - Avant-propos

Comme l'ensemble des vallées de basse Casamance, la vallée de Djiguinoum subit une contamination saline, conséquence de la sécheresse sahélienne actuelle.

En 1983, le PIDAC (\*), alors maître d'oeuvre des barrages anti-sel, construisait une digue équipée d'un tel barrage dans la vallée de Djiguinoum afin de stopper désormais toute intrusion d'eau de mer.

Cette vallée de 150 hectares, située à 15 km au nord-est de Ziguinchor, débouche directement sur le fleuve Casamance. Son étude pédologique (BRUNET, 1988) a montré qu'elle est représentative de l'ensemble des petites vallées de la région.

Le système anti-sel, conçu et réalisé par le PIDAC, se révélait dès les premières années peu fonctionnel, notamment en raison du manque de maniabilité du système d'évacuation de la retenue (à batardeaux), si bien que, s'il assurait la fermeture de la vallée, il y eut peu d'évacuations des eaux chargées accumulées dans la vallée au cours des hivernages.

Aussi, en 1987, nous décidions, en accord avec le PIDAC, de remplacer les batardeaux par une porte coulissant verticalement à l'aide d'un levier à chaîne.

Ce système présente le double avantage d'être facilement manoeuvrable, et, le remplissage de la vallée se faisant par remontée de la nappe, d'assurer l'évacuation par le bas de la lame d'eau retenue. Dans l'hypothèse de l'existence d'un gradient de salinité dans les eaux de la retenue, ceci implique l'évacuation des eaux les plus chargées par le bas.

En 1988, avec la collaboration du département *Systèmes Agraires* de l'ISRA de Djibélor, nous établissions un protocole portant sur l'étude du dessalement de la vallée.

## 2 - Le site

Issus d'une ancienne mangrove, les sols de la vallée se divisent en 2 groupes (BRUNET, 1988):

- les sols hydromorphes, qui sont les plus étendus,
- les sols sulfatés acides situés de part et d'autre du marigot.

L'acidification de ces sols déjà acides (pH <4) se poursuit. Ainsi la présence de jarosite, non observée en 1984 (BOIVIN, communication orale), est désormais bien marquée en 1988.

---

\* Projet Intégré de Développement Agricole en Casamance

Sur les 150 hectares de la vallée, 85 étaient salés en mars 1988, avec une conductivité électrique (CE) sur extrait aqueux 1/5 supérieure à 2 mS/cm.

Ces dernières années, les zones traditionnellement rizicultivées étaient peu à peu abandonnées.

Exceptés les sols du haut de la vallée, non ou très peu contaminés par la salure, deux zones, à l'est près du village de Djiguinoum, et à l'ouest près de Djilakoun, sont encore aménagées en rizières.

Ainsi, cette vallée présentait tous les atouts pour une expérimentation de dessalement des sols par des évacuations répétées d'eau retenue durant l'hivernage avec le nouveau système de fermeture de la vallée.

### 3 - L'expérimentation

#### 1) Objectif

L'expérimentation consistait à suivre l'évolution de la salinité et de l'acidité de la retenue en fonction de la fréquence d'évacuation.

Il semble logique que pour obtenir un dessalement correct, deux conditions doivent être réunies:

- éviter toute intrusion d'eau de mer durant la saison sèche par la fermeture permanente du barrage. Le risque d'acidification est caduc puisque les sols sont déjà acides.

- effectuer des évacuations de l'eau retenue pendant l'hivernage, en fonction de la pluviométrie, par une ouverture du barrage lors des marées basses.

#### 2) Protocole suivi

##### a) *Périodicité des lâchers*

La pluviométrie (cf emplacement des pluviomètres et les précipitations en annexe) déterminait la périodicité et la fréquence des lâchers d'eau.

Durant l'hivernage 1988, 24 vidanges furent effectuées, la première le 29 juillet après 262 mm de pluies, la dernière le 10 octobre après 1386 mm. de pluies cumulées.

Des prélèvements d'eau et des observations furent réalisées au cours de 13 d'entre elles.

##### b) *Prélèvements: méthode et moyen utilisés*

Lors d'un lâcher, dont la durée variait de 6 à 8 heures (approximativement égale à celle de la marée basse), 4 prélèvements de la retenue d'eau étaient effectués près du barrage, à l'aide d'un préleveur d'échantillons dont on trouvera une fiche descriptive en annexe:

- le premier prélèvement à l'ouverture de la porte du barrage,

à 3 hauteurs différentes: en surface, à 50 cm et à la base de la lame d'eau, soit environ 80 cm,

- le deuxième prélèvement au premier tiers temps de l'ouverture, à la base de la lame,
- le troisième prélèvement au deuxième tiers temps de l'ouverture, également à la base,
- le quatrième prélèvement à la fermeture de la porte, aux mêmes hauteurs qu'à l'ouverture.

Cela représentait donc 8 échantillons par lâcher sur lesquels le pH était mesuré *in situ*. Chaque échantillon était ensuite filtré et mis dans un tube sous vide pour les analyses au laboratoire.

#### c) Observations

Les observations ont porté sur les heures d'ouverture et de fermeture du barrage, ainsi que sur les hauteurs d'eau en amont et en aval du barrage, au début et à la fin de chaque lâcher.

## 4 - Résultats

### 1) Estimation du débit hydrique

Aux premiers lâchers, l'écoulement étant partiellement noyé, bien que la vitesse moyenne d'écoulement puisse être évaluée avec une précision correcte, il n'en est pas de même de la section intéressée par cette vitesse. Par conséquent, le débit ne peut être calculé d'une manière satisfaisante.

Considérant la hauteur moyenne entre celle de l'ouverture de la porte et le niveau moyen du régime aval établi loin de la porte (tableau 1), on peut estimer un ordre de grandeur du débit de 1500 m<sup>3</sup>/h (+ ou - 10%).

Les quantités évacuées seraient de l'ordre de 8 à 10 000 m<sup>3</sup> par lâcher.

Pour les derniers lâchers, l'écoulement étant noyé, le débit peut être calculé, avec une précision suffisante, selon la formule  $Q = mSV\sqrt{2g\Delta h}$  (Mémento de l'adjoint technique des travaux ruraux, 1977). Les quantités vidangées seraient de l'ordre de 20 à 25 000 m<sup>3</sup> par lâcher.

Il est à noter que ces chiffres ont été obtenus lorsque les mouvements des marées étaient de faible intensité.

### 2) Evolution de l'acidité et de la salinité de la lame d'eau

Pour suivre l'évolution des facteurs les plus contraignants (acidité et salinité), sur chaque échantillon ont été systématiquement mesurés le pH, l'aluminium et la conductivité électrique.

Sur 4 lâchers d'eau, ceux des 08 et 31 août, du 19 septembre et du 10 octobre, des analyses plus complètes (ions majeurs) ont été réalisées.

Les résultats obtenus, quelles que soient la période et la hauteur de prélèvement, montrent qu'ils sont, dans l'ensemble, peu dispersés et proches de la moyenne calculée pour chaque lâcher (tableaux 2 et 3). Aussi, nous baserons-nous sur cette dernière valeur pour leur interprétation.

#### a) *L'acidité*

Le pH: de la fin juillet jusqu'au mois d'octobre, le pH *in situ* a peu varié (fig.1) et est resté acide, avec des valeurs comprises entre 3.0 et 3.5.

L'aluminium: facteur d'acidité important dans cet environnement, ce taux, élevé début août avec 33.7 mg/l (fig.2), chute pour se maintenir ensuite dans une fourchette comprise, globalement, entre 15 et 20 mg/l après la mi-août, soit après 617 mm de pluie. Puis nous notons en fin d'hivernage, lors de la dernière vidange, le 10 octobre, une augmentation notoire de ce taux qui sera confirmée sur des prélèvements de la retenue effectués ultérieurement.

#### b) *La salinité*

S'il y a une stratification de la salinité dans la lame d'eau retenue, cette campagne de prélèvements n'a pas permis de la mettre en évidence.

En effet, la hauteur de la retenue est relativement faible (1 m. maximum) pour y observer des différences nettes de salinité.

En outre, la technique de prélèvement a provoqué des perturbations qui ont pu homogénéiser celle-ci.

Remarquable au cours des premières vidanges, la chute de la C.E. se poursuit régulièrement jusqu'au 31 août (fig. 1), après un total pluviométrique de 972 mm. Ensuite, celle-ci se stabilise à un faible niveau (0.8 à 1.7 mS/cm).

Les sels solubles: après un mois de vidanges répétées, la teneur en ces éléments se retrouve à un seuil inférieur à 25 méq/l (fig.3) qui demeure ensuite relativement stable.

Comme le montre le tableau 4, les rapports établis entre les différents sels solubles ne varient pas ou peu durant l'hivernage, excepté le rapport  $SO_4/Cl$ , où la teneur en sulfates augmente comparativement aux chlorures.

#### 3) *Estimation du débit salin*

Au regard de l'estimation du débit hydrique établie précédemment, les quantités de sels évacuées (en tonnes) par lâcher d'eau, au cours de cette saison des pluies, sont, pour les éléments les plus dosés, d'après une moyenne calculée sur les

premiers lâchers (08 août) et sur les derniers lâchers (10 octobre):

	premiers lâchers	derniers lâchers
Cl <sup>-</sup>	17.4 t.	6.3 t.
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	8.4 t.	5.7 t.
Na <sup>+</sup>	9.0 t.	3.7 t.

Le tableau 5 dresse un bilan plus complet des quantités de sels évacuées.

## 5 - Conclusion

Cette campagne de mesures de dessalement des sols a permis une approche chiffrée des vidanges effectuées tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Ce qui constitue une première en Casamance, cette opération étant la première en son genre menée au niveau d'un petit barrage anti-sel.

Des améliorations peuvent être apportées notamment dans la gestion du barrage. Le retour à une pluviométrie proche de la normale en 1988 (1 400 mm à Djilakoun) d'une part, la faible section de la porte du barrage d'autre part ont provoqué des débordements de la retenue d'eau dont nous tirerons les enseignements pour les années suivantes.

Une des conséquences sera d'ajouter, en 1989, deux portes au barrage, fonctionnant sur le même principe, et qui permettront d'effectuer des lâchers d'eau plus importants aux moments propices, et donc d'intervenir plus efficacement dans la gestion de la lame d'eau retenue.

Les quantités de sels évacuées sont très importantes. En effet, la recolonisation des tannes vifs par *Heleocharis mutata* en début de saison sèche est bien la preuve évidente d'un bon dessalement.

## BIBLIOGRAPHIE

- BRUNET (D.), 1988 - Etude pédologique de la vallée de Djiguinoum (basse Casamance). ORSTOM Dakar, 40 p. + 2 cartes.
- Mémento de l'adjoint technique des travaux ruraux, 1977. Coll. Techniques rurales en Afrique. Ed. Ministère de la Coopération, p. 131-133.

## SOMMAIRE

- 1 - Avant-propos
- 2 - Le site
- 3 - L'expérimentation
  - 1) Objectif
  - 2) Protocole suivi
    - a) Périodicité des lâchers
    - b) Prélèvements: méthode et moyen utilisés
    - c) Observations
- 4 - Résultats
  - 1) Estimation du débit hydrique
  - 2) Evolution de l'acidité et de la salinité de la lame d'eau
    - a) L'acidité
    - b) La salinité
  - 3) Estimation du débit salin
- 5 - Conclusion

## ANNEXES

18° 12'

# VALLEE DE DJIGUINOUM

Emplacement des pluviomètres

12° 41'

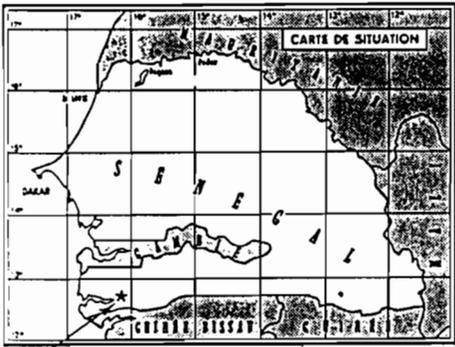
12° 41'



0 100 200 300 400 mètres

12° 40'

12° 40'



\* Fegroum

\* Djiouinoum

\* Djiakoun

Barrage

18° 12'

PLUVIOMETRIE DE LA VALLEE DE DJIGUINOUM EN 1988  
Pluviomètre de Djiguinoum

DATE	N° jour	Pluies journalières (en mm.)	Pluies cumulées (en mm.)	Pluies mensuelles (en mm.)
5/26/88	147	12	12	12
6/ 5/88	157	27.5	39.5	
6/12/88	164	8.5	48	
6/17/88	169	29.5	77.5	
6/18/88	170	12.7	90.2	
6/20/88	172	8.6	98.8	
6/23/88	175	1.9	100.7	
6/24/88	176	4.8	105.5	93.5
7/ 6/88	188	1.8	107.3	
7/ 9/88	191	.1	107.4	
7/11/88	193	1.4	108.8	
7/13/88	195	53	161.8	
7/20/88	202	10.9	172.7	
7/21/88	203	3	175.7	
7/22/88	204	2.9	178.6	
7/28/88	210	81.5	260.1	
7/29/88	211	20.6	280.7	
7/30/88	212	6.8	287.5	
7/31/88	213	31.4	318.9	182
8/ 1/88	214	1.3	320.2	
8/ 2/88	215	50.8	371	
8/ 4/88	217	10.2	381.2	
8/ 8/88	221	56.3	437.5	
8/ 9/88	222	18.6	456.1	
8/14/88	227	21.8	477.9	
8/15/88	228	87.4	565.3	
8/16/88	229	30.3	595.6	
8/17/88	230	2.2	597.8	
8/18/88	231	19.7	617.5	
8/19/88	232	83	700.5	
8/20/88	233	53.9	754.4	
8/22/88	235	77.3	831.7	
8/27/88	240	58.2	889.9	
8/28/88	241	5.6	895.5	
8/29/88	242	25.9	921.4	
8/30/88	243	39.4	960.8	673.3
9/ 1/88	245	18.5	979.3	
9/ 2/88	246	21.9	1001.2	
9/ 4/88	248	70.8	1072	
9/ 6/88	250	2.1	1074.1	
9/ 7/88	251	30.7	1104.8	
9/ 8/88	252	1.5	1106.3	
9/ 9/88	253	5.7	1112	
9/12/88	256	60.2	1172.2	
9/15/88	259	35.1	1207.3	
9/18/88	262	25	1232.3	
9/22/88	266	8.5	1240.8	
9/23/88	267	7.7	1248.5	
9/26/88	270	2.6	1251.1	
9/27/88	271	2.8	1253.9	
9/29/88	273	37.1	1291	
9/30/88	274	20.3	1311.3	330.2
10/ 2/88	276	78.7	1390	
10/ 3/88	277	31.7	1421.7	
10/ 7/88	281	14.2	1435.9	
10/22/88	296	16.6	1452.5	161.5

Pluviomètre de Djilakoun

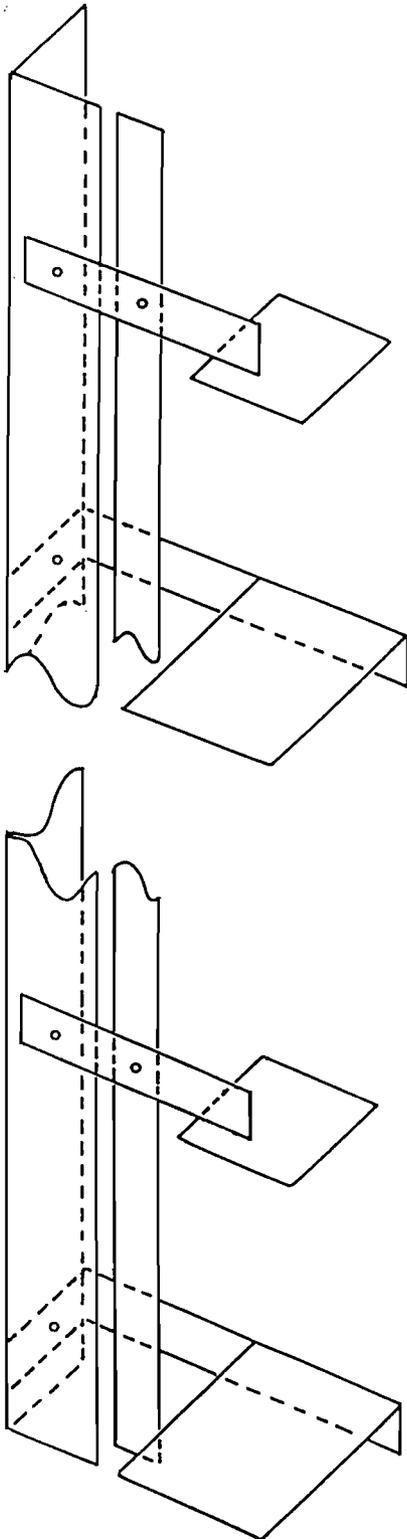
DATE	N° jour	Pluies journalières (en mm.)	Pluies cumulées (en mm.)	Pluies mensuelles (en mm.)
5/26/88	147	19.7	19.7	19.7
6/ 5/88	157	22.6	42.3	
6/12/88	164	7.8	50.1	
6/17/88	169	26.5	76.6	
6/18/88	170	10.7	87.3	
6/20/88	172	8	95.3	
6/23/88	175	1.9	97.2	
6/24/88	176	7.6	104.8	85.1
7/ 6/88	188	1.2	106	
7/ 9/88	191	1.9	107.9	
7/11/88	193	3	110.9	
7/13/88	195	55.6	166.5	
7/20/88	202	9.1	175.6	
7/21/88	203	3.6	179.2	
7/22/88	204	.2	179.4	
7/28/88	210	66.5	245.9	
7/29/88	211	16.2	262.1	
7/30/88	212	8.4	270.5	
7/31/88	213	36.6	307.1	165.7
8/ 1/88	214	5	312.1	
8/ 2/88	215	56.3	368.4	
8/ 3/88	216	.1	368.5	
8/ 4/88	217	7.6	376.1	
8/ 5/88	218	2	378.1	
8/ 7/88	220	10.6	388.7	
8/ 8/88	221	57.7	446.4	
8/ 9/88	222	18.7	465.1	
8/14/88	227	13.6	478.7	
8/15/88	228	97.5	576.2	
8/16/88	229	38.8	615	
8/17/88	230	2.4	617.4	
8/18/88	231	20	637.4	
8/19/88	232	73.5	710.9	
8/20/88	233	59.7	770.6	
8/21/88	234	.9	771.5	
8/22/88	235	75	846.5	
8/26/88	239	41.7	888.2	
8/27/88	240	23.5	911.7	
8/28/88	241	6.5	918.2	
8/29/88	242	28.9	947.1	
8/30/88	243	24.8	971.9	701.4
9/ 1/88	245	19.1	991	
9/ 2/88	246	18.4	1009.4	
9/ 4/88	248	49.9	1059.3	
9/ 7/88	251	29.2	1088.5	
9/ 8/88	252	1.7	1090.2	
9/ 9/88	253	8	1098.2	
9/13/88	257	37.1	1135.3	
9/14/88	258	19.2	1154.5	
9/15/88	259	14.7	1169.2	
9/18/88	262	26.7	1195.9	
9/21/88	265	12	1207.9	
9/23/88	267	8.8	1216.7	
9/26/88	270	7.2	1223.9	
9/27/88	271	5.9	1229.8	
9/28/88	272	24	1253.8	
9/29/88	273	6.7	1260.5	
9/30/88	274	23.7	1284.2	288.6
10/ 2/88	276	71.5	1355.7	
10/ 3/88	277	27.6	1383.3	
10/ 6/88	280	2.7	1386	
10/22/88	296	23.6	1409.6	149.1

Pluviomètre de Fégroum

DATE	N° jour	Fluies journalières (en mm.)	Fluies cumulées (en mm.)	Fluies mensuelles (en mm.)
5/26/88	147	10.8	10.8	10.8
6/ 5/88	157	23.3	34.1	
6/12/88	164	6	40.1	
6/17/88	169	40	80.1	
6/18/88	170	12.4	92.5	
6/20/88	172	12.3	104.8	
6/23/88	175	1.9	106.7	
6/24/88	176	5.6	112.3	101.5
7/ 6/88	188	15.6	127.9	
7/11/88	193	4.5	132.4	
7/13/88	195	50	182.4	
7/20/88	202	9.8	192.2	
7/21/88	203	3.6	195.8	
7/22/88	204	2.3	198.1	
7/28/88	210	96.2	294.3	
7/29/88	211	18.2	312.5	
7/30/88	212	7.7	320.2	
7/31/88	213	33	353.2	207.9
8/ 1/88	214	.3	353.5	
8/ 2/88	215	34.3	387.8	
8/ 4/88	217	11.9	399.7	
8/ 8/88	221	35.6	435.3	
8/ 9/88	222	19.4	454.7	
8/14/88	227	19.7	474.4	
8/15/88	228	88.5	562.9	
8/16/88	229	38.4	601.3	
8/17/88	230	2.4	603.7	
8/18/88	231	21	624.7	
8/19/88	232	65.8	690.5	
8/20/88	233	51.9	742.4	
8/22/88	235	95.8	838.2	
8/27/88	240	46.7	884.9	
8/28/88	241	9	893.9	
8/29/88	242	21	914.9	
8/30/88	243	51.7	966.6	646.4
9/ 1/88	245	3.9	970.5	
9/ 2/88	246	24.9	995.4	
9/ 4/88	248	64	1059.4	
9/ 6/88	250	2.2	1061.6	
9/ 7/88	251	26.9	1088.5	
9/ 8/88	252	1.8	1090.3	
9/ 9/88	253	10.7	1101	
9/12/88	256	30	1131	
9/15/88	259	31.7	1162.7	
9/18/88	262	24.6	1187.3	
9/22/88	266	13.8	1201.1	
9/23/88	267	10.7	1211.8	
9/26/88	270	4.6	1216.4	
9/27/88	271	2.5	1218.9	
9/29/88	273	39.1	1258	
9/30/88	274	9	1267	291.4
10/ 2/88	276	46	1313	
10/ 3/88	277	23.1	1336.1	
10/ 7/88	281	12.8	1348.9	
10/22/88	296	20.5	1369.4	111.4

# Préleveur d'échantillons d'eau

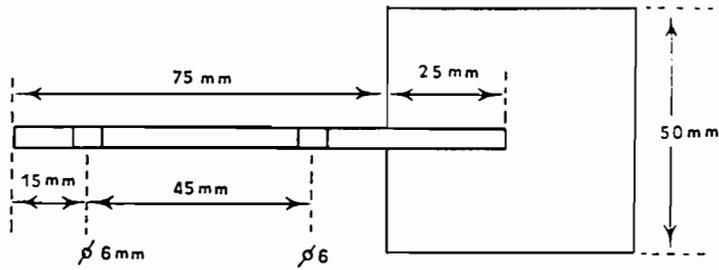
Conception et réalisation: D. BRUNET  
P. ZANTE



## Matériaux utilisés

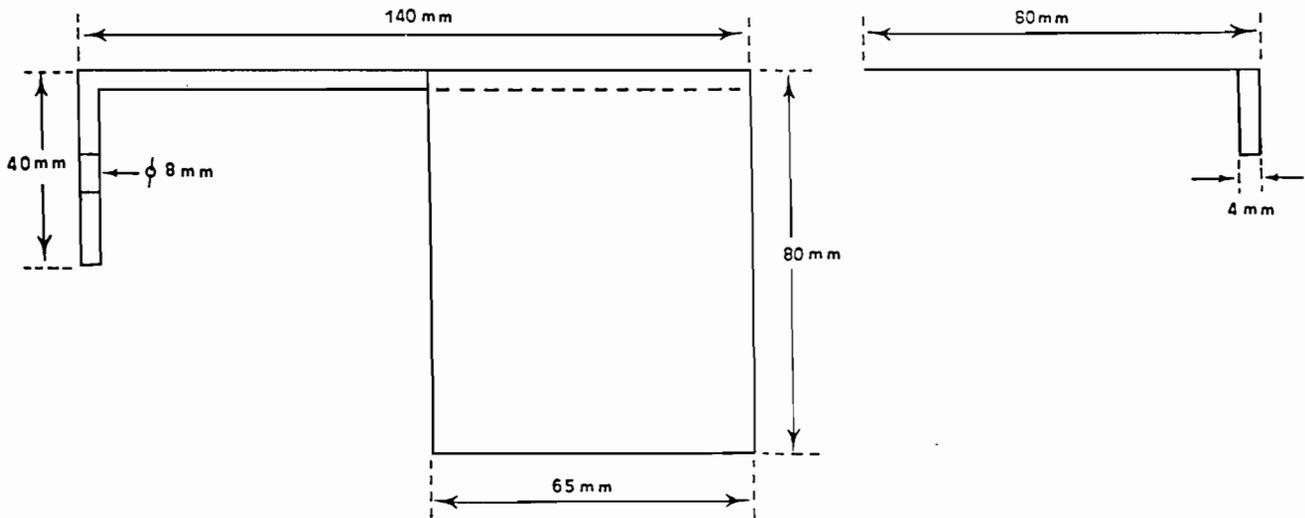
- 1,50 m. de cornière ajourée  
Plum de 40
- 3 m. de fer plat de 16/4
- 8 boulons 6x25 et 16 écrous
- 4 boulons et écrous 8x25
- 4 morceaux de tôle noire 10/10  
de 10 x 6,5 cm.
- 4 morceaux de tôle noire 10/10  
de 5 x 5 cm.
- 0,50 m. de joint mousse de 25  
x 5 cm.

### Clapet

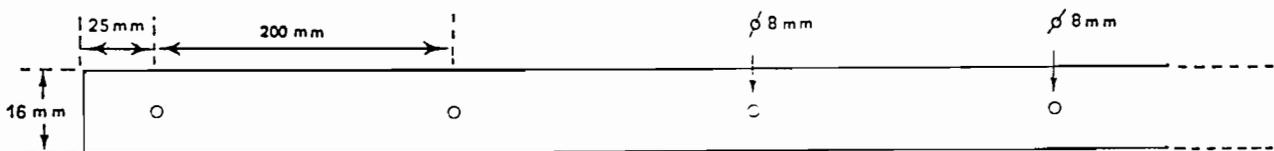


Echelle 2/3

### Support de flacon



### Tige de déplacement des clapets ( 1,50 m. en fer plat de 16/4 )



### Fixation des flacons par chambre à air

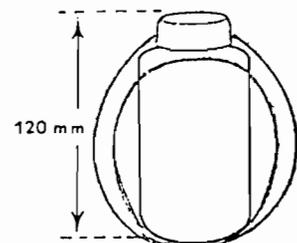


Tableau 1 :

## Fonctionnement du barrage

Dates des lâchers	Durée de l'ouvert.	Baisse (cm) du niveau de la retenue après un lâcher	Différentiel du niveau d'eau amont-aval	
			ouvert.	fermet.
06-08-88	5 h.	3	49	48
09-08-88	6 h.	5	28	25
10-08-88	5 h.50	2	53	54
11-08-88	5 h.30	3	60	2
12-08-88	6 h.15	2	42	0
17-08-88	6 h.45	2	26	49
18-08-88	7 h.05	4	24	30
31-08-88	8 h.	2	29	32
01-09-88	8 h.	2	27	30
06-09-88	8 h.	1	30	51
14-09-88	8 h.	4	39	30
15-09-88	8 h.	5	23	28
19-09-88	8 h.	-	-	-
03-10-88	-	3	37	43
10-10-88	-	3	75	33

Tableau 2: ACIDITE, CONDUCTIVITE ELECTRIQUE  
dans les lâchers d'eau

Date de prélèvement	pH i. s.	Al mg/l	CE mS/cm	Date de prélèvement	pH i. s.	Al mg/l	CE mS/cm
29-07-88	3.50	-	12.91	12-08-88 (14 j.)	3.35	21.9	5.27
08-08-88 (10 j.)*	3.11	26.9	5.99		3.35	22.7	5.45
	3.12	27.9	5.98		3.31	22.7	5.58
	3.13	27.9	5.94		3.25	26.3	5.81
	2.81	60.9	8.80		3.16	25.6	5.18
	2.92	40.0	7.45		3.30	23.0	5.36
	3.12	28.4	6.02		3.31	23.6	5.43
	3.10	29.4	6.06		3.21	24.2	5.46
	3.11	27.9	5.92		3.28	23.7	5.44
	3.05	33.7	6.52		17-08-88 (19 j.)	3.17	24.2
09-08-88 (11 j.)	3.25	19.5	4.65	3.20		24.2	5.25
	3.29	19.5	4.68	3.20		23.6	5.24
	3.18	25.3	5.75	3.27		17.4	4.10
	3.06	29.3	5.83	3.27		17.2	4.04
	3.06	28.9	5.65	3.30		15.8	3.81
	3.10	25.3	5.10	3.34		16.6	3.90
	3.08	26.0	5.29	3.35		16.8	3.96
	3.09	24.3	5.29	3.26	19.5	4.44	
	3.14	24.8	5.28	18-08-88 (20 j.)	3.23	17.2	3.86
10-08-88 (12 j.)	3.20	20.0	5.00		3.25	17.2	3.78
	3.20	20.0	4.99		3.27	17.3	3.83
	3.20	20.3	4.99		3.25	18.7	3.87
	3.00	30.2	5.69		3.35	15.7	3.77
	2.94	32.8	6.14		3.41	12.8	3.59
	3.17	17.9	4.78		3.33	12.5	3.57
	3.07	21.1	4.86		3.40	12.2	3.56
	2.96	33.3	6.17	3.31	15.4	3.73	
	3.09	24.5	5.33	31-08-88 (33 j.)	3.37	12.4	1.25
11-08-88 (13 j.)	3.19	25.3	5.58		3.40	15.8	1.58
	3.21	25.3	5.37		3.42	15.4	1.31
	3.20	24.6	5.25		3.42	13.6	1.14
	3.17	23.3	5.13		3.51	10.4	1.20
	3.20	26.7	5.75		3.58	9.7	1.22
	3.25	19.3	4.68		3.58	9.5	1.21
	3.22	21.6	5.13		3.61	9.3	1.22
	3.19	28.2	5.91		3.49	12.0	1.27
		3.20	24.3		5.35		

01-09-88 (34 j.)	3.16 3.14 3.12 3.25 3.29 3.39 3.46 3.45 3.28	15.2 15.2 17.3 16.3 15.2 12.9 13.2 12.9 14.8	1.21 1.51 1.57 1.20 1.19 1.29 1.28 1.25 1.31	03-10-88 (66 j.)	3.13 3.17 3.11 3.40 3.34 3.31 3.34 3.33 3.27	15.8 15.7 14.7 12.3 13.6 18.1 18.3 18.6 15.9	2.08 2.13 2.44 1.35 1.41 1.42 1.43 1.44 1.71	
06-09-88 (39 j.)	3.44 3.33 3.39 3.44 3.38 3.43 3.34 3.36 3.39	17.6 18.4 18.4 18.4 18.6 18.1 18.7 18.9 18.4	0.82 0.87 0.84 0.85 0.83 0.81 0.85 0.86 0.84	10-10-88 (73 j.)	3.41 3.33 3.36 3.30 3.29 3.55 3.60 3.34 3.40	26.6 26.9 26.9 23.1 14.3 22.5 22.2 24.0 23.3	1.93 1.95 1.93 1.67 1.25 1.25 1.29 1.44 1.59	
14-09-88 (47 j.)	3.33 3.38 3.36 3.39 3.44 3.26 3.38 3.38 3.37	15.3 15.9 15.3 15.2 16.2 13.9 13.7 13.7 14.9	1.43 1.42 1.42 1.27 1.56 1.16 1.16 1.16 1.32					
15-09-88 (48 j.)	3.34 3.26 3.35 3.49 3.45 3.42 3.43 3.50 3.41	16.6 16.8 16.3 14.1 13.3 14.1 14.1 14.1 15.0	1.58 1.62 1.48 1.17 1.16 1.13 1.16 1.18 1.31					
19-09-88 (52 j.)	3.40 3.54 3.36 3.55 3.42 3.55 3.50 3.31 3.45	20.9 19.9 20.0 18.3 17.9 17.4 17.3 18.2 18.8	1.63 1.63 1.64 1.25 1.26 1.46 1.30 1.24 1.43					

Tableau 3: SELS SOLUBLES dans les lâchers d'eau  
(még/l)

Date de prélèvement	Cl	SO4	Ca	Mg	K	Na
08-08-88 (10 j.)*	49.3	17.8	4.0	11.3	1.1	38.5
	48.8	17.8	4.0	11.1	1.1	38.5
	48.8	17.8	4.0	11.3	1.1	37.7
	71.7	25.8	6.4	17.8	1.4	58.6
	59.7	21.2	5.3	14.8	1.2	49.4
	49.8	17.8	4.0	11.3	1.1	38.5
	49.8	16.7	4.0	11.3	1.1	39.2
	48.8	17.3	4.0	11.3	1.1	38.8
	<b>54.7</b>	<b>19.5</b>	<b>4.6</b>	<b>12.9</b>	<b>1.2</b>	<b>43.7</b>
31-08-88 (33 j.)	7.2	4.6	1.4	1.9	0.3	7.0
	9.5	4.9	1.0	2.5	0.2	8.9
	7.2	4.6	0.9	1.9	0.2	6.6
	6.1	4.1	0.8	1.6	0.2	5.7
	6.9	3.5	0.7	1.8	0.2	6.5
	7.5	3.4	0.7	1.9	0.2	7.1
	7.3	3.4	0.7	1.9	0.2	7.1
	7.5	3.3	0.7	1.9	0.2	7.1
	<b>7.3</b>	<b>4.0</b>	<b>0.8</b>	<b>1.9</b>	<b>0.2</b>	<b>6.9</b>
19-09-88 (52 j.)	9.4	5.7	1.2	2.6	0.2	8.3
	9.7	5.5	1.3	2.6	0.2	8.6
	9.4	5.4	1.2	2.6	0.2	8.3
	6.6	4.7	0.8	1.8	0.2	6.3
	6.8	4.8	0.8	1.9	0.2	6.4
	8.8	4.4	0.8	2.4	0.2	8.3
	7.3	4.7	0.8	2.0	0.2	6.8
	6.9	4.7	0.7	1.9	0.2	6.5
	<b>8.0</b>	<b>4.9</b>	<b>0.9</b>	<b>2.2</b>	<b>0.2</b>	<b>7.3</b>
10-10-88 (73 j.)	10.0	5.7	1.3	2.6	0.3	9.2
	9.7	6.0	1.3	2.7	0.3	9.2
	10.3	6.0	1.3	2.6	0.3	9.2
	8.9	5.4	1.2	2.2	0.3	8.2
	5.9	4.7	0.8	1.4	0.2	5.3
	6.4	4.6	0.9	1.6	0.2	5.9
	6.3	4.9	0.9	1.6	0.2	5.9
	7.4	5.3	1.0	1.8	0.2	6.6
	<b>8.0</b>	<b>5.3</b>	<b>1.1</b>	<b>2.0</b>	<b>0.2</b>	<b>7.3</b>

\* indique le nombre de jours depuis le premier lâcher.

Par lâcher, les chiffres donnent dans l'ordre, par ligne, les résultats:

- à l'ouverture du barrage: en surface, à 50 cm., à 80 cm.
- au premier tiers temps de l'ouverture, à 80 cm.
- au deuxième tiers temps " " "
- à la fermeture du barrage: en surface, à 50 cm., à 80 cm.
- en chiffres gras, la moyenne.

Fig.1: pH et conductivité électrique  
(moyenne par lâcher d'eau)

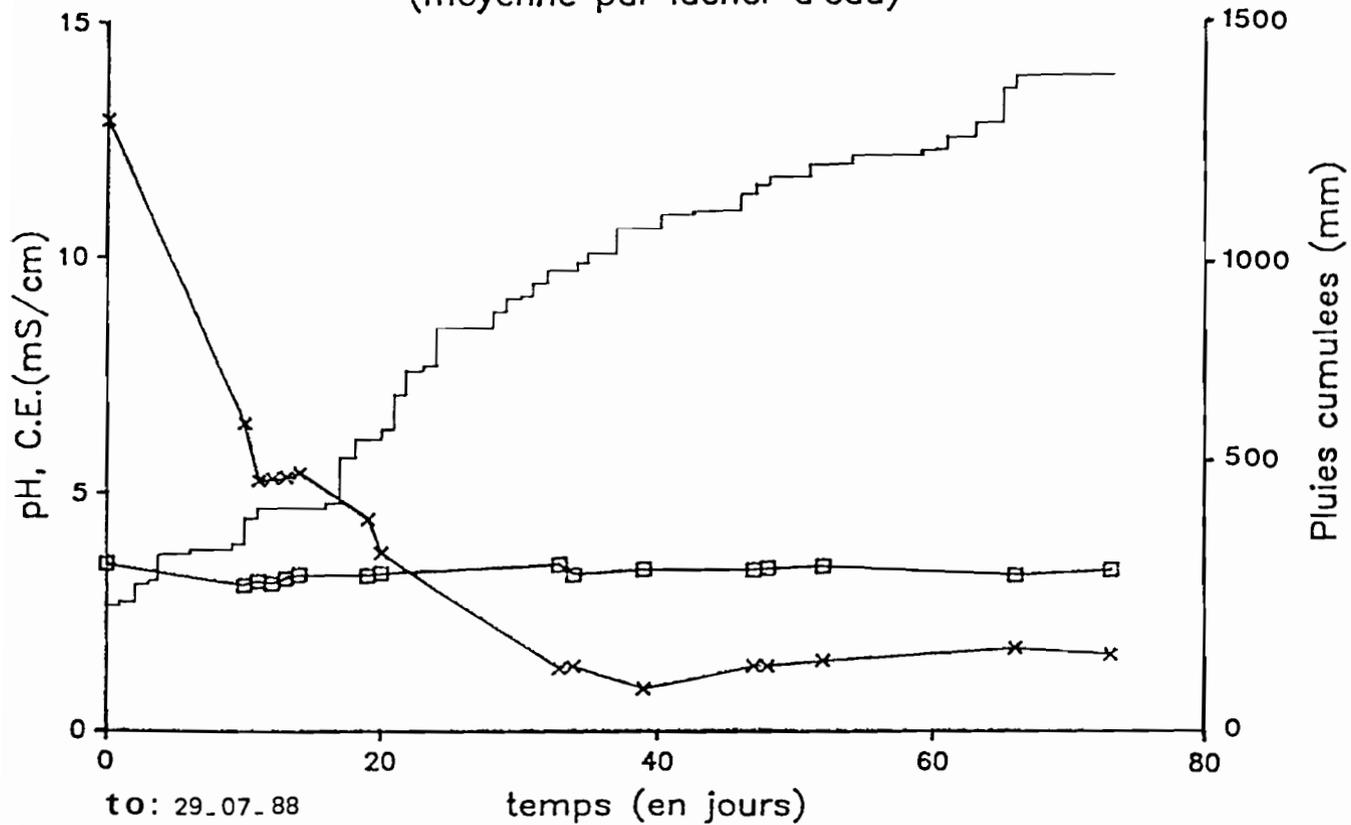


Fig.2: teneur en aluminium  
(moyenne par lâcher d'eau)

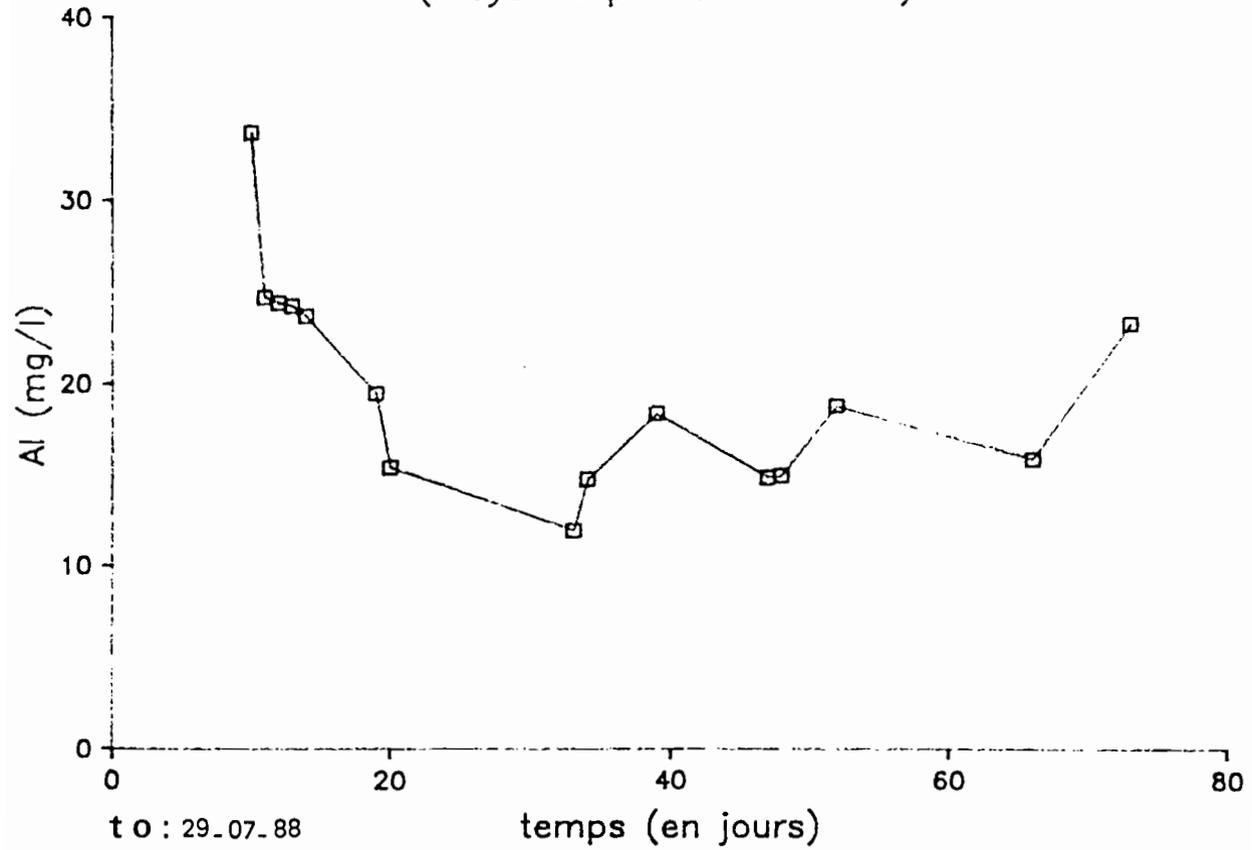


Fig.3: sels solubles  
(moyenne par lâcher d'eau)

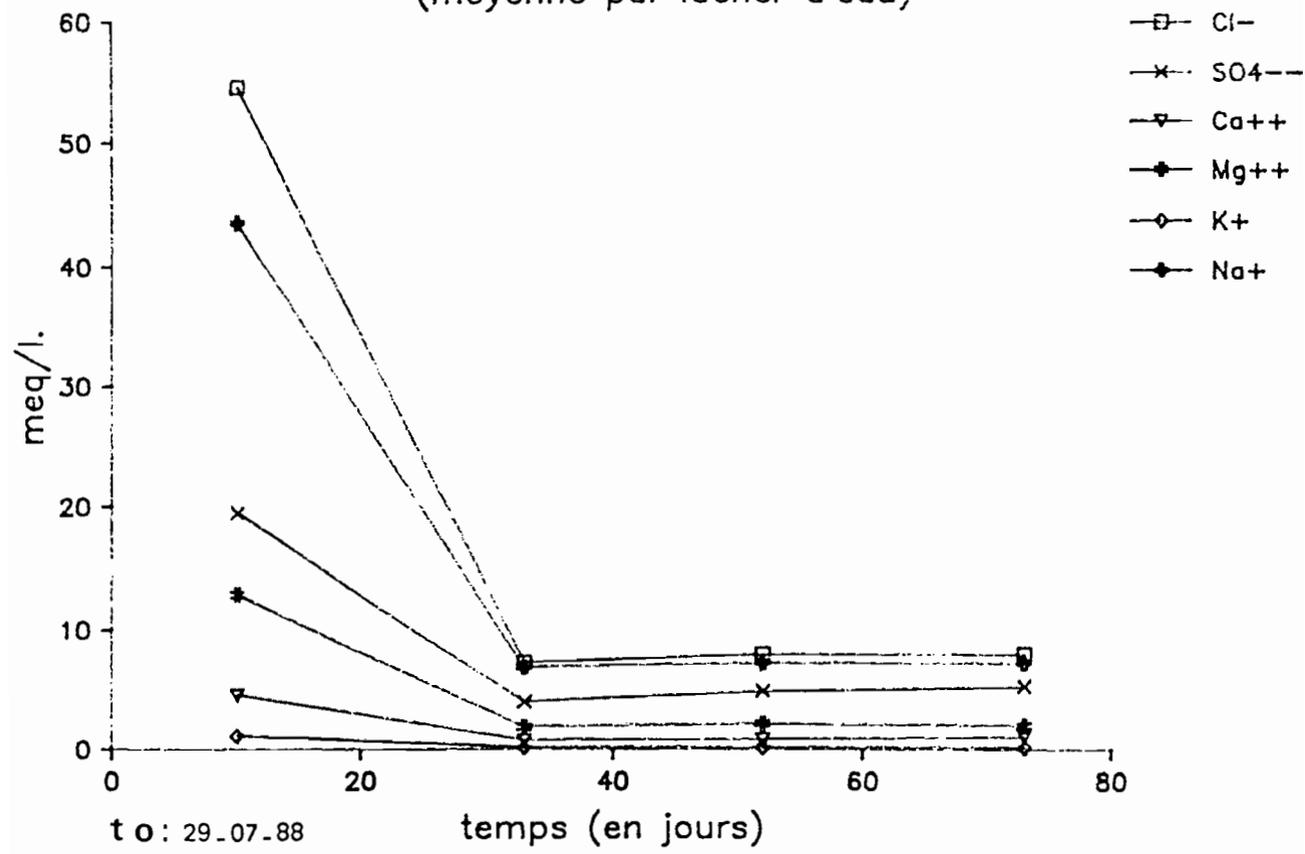


Tableau 4: Rapport de quelques paramètres

Date	SO <sub>4</sub> /Cl	Na/Cl	Mg/Cl	K/Cl	Ca/Cl	Ca/Mg	Na+K Ca+Mg
08-08-88	0.35	0.80	0.23	0.022	0.084	0.36	2.6
31-08-88	0.55	0.94	0.26	0.027	0.116	0.45	2.6
19-09-88	0.61	0.91	0.27	0.025	0.112	0.41	2.4
10-10-88	0.66	0.91	0.25	0.025	0.137	0.55	2.4

Tableau 5: Estimation du débit salin  
(en tonnes par lâcher)

	Premiers lâchers		Derniers lâchers	
	8 000 m <sup>3</sup>	10 000 m <sup>3</sup>	20 000 m <sup>3</sup>	25 000 m <sup>3</sup>
Cl <sup>-</sup>	15.5	19.4	5.7	7.0
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	7.5	9.4	5.0	6.4
Ca <sup>++</sup>	0.7	0.9	0.4	0.5
Mg <sup>++</sup>	1.2	1.6	0.5	0.6
K <sup>+</sup>	0.4	0.5	0.1	0.2
Na <sup>+</sup>	8.0	10.0	3.4	4.2