



EXPERTISE HYDROLOGIQUE
SUR 11 SITES
DE BASSE ET MOYENNE
CASAMANCE

Jean ALBERGEL

NOVEMBRE 1987

EXPERTISE HYDROLOGIQUE SUR 11 SITES
DE BASSE ET MOYENNE CASAMANCE

Jean ALBERGEL

Hydrologue
Chargé de recherches de l'ORSTOM

Dans le cadre du projet USAID "Gestion de l'eau en CASAMANCE", il m'a été demandé une expertise hydrologique sur 11 sites retenus pour des aménagements hydro-agricoles de petites dimensions. Cette expertise comprend:

- La délimitation des bassins versants contrôlés par l'aménagement projeté et une cartographie sommaire des zones contributives au ruissellement.

- Une étude statistique des pluies à l'échelle annuelle et journalière.

- La prédétermination pour chaque site des volumes écoulés.

- La prédétermination de la crue d'étude et de la crue de projet en vue de dimensionner l'ouvrage d'évacuation d'eau. Il a été demandé la prédétermination du débit maximum de la crue qui a une période de retour 25 ans.

- La détermination des niveaux d'eau maximum ou minimum, des amplitudes extrêmes dues aux marées et susceptibles d'intéresser le projeteur.

- Quelques données sur les aquifères et la qualité des eaux.

Ce travail réalisé du 9 au 30 Novembre 1987 est basé sur:

- L'analyse des données hydrologiques existantes dans la banque de données ORSTOM.

- Les différentes études hydrologiques menées en CASAMANCE: travaux fondamentaux réalisés par l'ORSTOM, résultats publiés par des bureaux d'étude: LOUIS BERGER, COYNE et BELIER, BCEOM, SOGREAH.

- Sur des observations prises au cours d'une mission de terrain sur l'ensemble des sites.

1. Paramètres physiques des bassins versants à aménager

Les figures de l'annexe 1 donnent les limites et la situation des 11 sites. Les cartes topographiques au 1/50000 ont permis de délimiter les zones basses inondables des versants et plateaux. Le tableau N°1 résume les principales caractéristiques de ces bassins.

Tableau n°1

Caractéristiques des bassins à aménager.

:BASSIN	:SURF. TOTALE:	SURF. BASSE:	SURF. HAUTE:	CL. RELIEF:	CL. PERM.:
:	: Km ²	: Km ²	: Km ²	: (1)	: (1)
:ESSOM	: 125	: 22	: 103	: R2	: P3-P4
:MADINA	: 316	: 9.4	: 307	: R3	: P4
:TANAF	: 445	: 30	: 415	: R2	: P3-P4
:TOUMIATABA:	31	: .9	: 30.1	: R2	: P3-P4
:SANSAKOUTO:	13.4	: .7	: 12.7	: R2	: P3-P4
:SAMINE	: 122	: 31	: 91	: R3	: P4
:NDIAMA	: 170	: 15	: 115	: R3	: P3-P4
:BONKILING	: 203	: 8	: 195	: R3	: P3-P4
:DIATOK	: 11.9	: 2.7	: 9.2	: R2	: P4
:BALINGOR	: 21.0	: 6.7	: 14.3	: R2	: P4
:DJIMANDE	: 6.5	: 1.2	: 5.3	: R2	: P4

(1) Classification RODIER - AUVRAY (1965)

R2: pentes faibles inférieures à .5% ce sont les bassins de plaines.

R3: pentes modérées comprises entre .5% et 1%, ce sont les terrains intermédiaires entre la plaine et les zones à ondulation de terrain.

P3: bassins assez imperméables comportant des zones perméables d'étendues notoires.

P4: bassins assez perméables.

La perméabilité mesurée sur différents sites des interfluves du Continental Terminal en basse CASAMANCE est comprise entre $.5 \cdot 10^{-5}$ et $11 \cdot 10^{-7}$ m/s (rapport géotechnique BCEOM Aménagement de la plaine de Baïla, 1985).

2. Etude de la pluviométrie

Le régime pluviométrique de la CASAMANCE est celui du climat sub-guinéen maritime caractérisé par deux saisons bien marquées: une saison des pluies d'environ 5 mois et d'une saison sèche de 7 mois. La pluviométrie annuelle montre une composante latitudinale et une composante maritime, il en résulte des isohyètes parallèles de direction NW-SE qui se resserrent près de l'océan. (Cf. carte des isohyètes annexe N°2).

Après une critique des données pluviométriques (méthode des doubles cumuls) quatre stations de référence ont été retenues pour une analyse statistique de la pluviosité de basse et moyenne CASAMANCE.

POSTE	:	Période où les observations sont homogènes
ZIGUINCHOR	:	1922-1986
SEDHIOU	:	1922-1986
DIOULOLOU	:	1950-1986
BIGNONA	:	1954-1986

2.1. Statistique des pluies annuelles

De nombreux auteurs démontrent la non stationarité des séries de pluviométries annuelles dans toute l'Afrique tropicale concernée par le dernier épisode de sécheresse 1969-1986. La moyenne des observations sur la période antérieure à 1969 est statistiquement différente de celle calculée sur la période postérieure. (CARBONNEL et HUBERT 1985, SNIDJERS 1986, MUSY 1987). Le tableau N°2 réunit les valeurs des estimations des hauteurs de pluie pour les années excédentaires et déficitaires de récurrences 10, 25, 100 ans aux quatre stations de référence. Nous donnons une valeur pour un ajustement statistique sur les observations de la période antérieure à 1969 et une autre valeur pour un ajustement sur les observations 1969-1986. Le projeteur choisira l'une des deux valeurs en fonction de la nature du risque contre lequel il veut se prémunir: déficit ou excédent pluviométrique; aucun critère ne permettant de préjuger sur la durée de l'épisode de sécheresse actuel.

Les valeurs des pluviométries de différentes récurrences sont obtenues à partir d'un ajustement automatique de 10 lois statistiques et du choix du meilleur ajustement en prenant comme critère le test de BRUNET MORET. Ce test favorise l'ajustement aux valeurs extrêmes (minimisation des surfaces comprises entre la courbe théorique et la courbe de la distribution expérimentale).

L'annexe N°3 illustre l'utilisation de cette méthode sur la station de ZIGUINCHOR.

Si l'on avait considéré la série observée à ZIGUINCHOR comme stationnaire, on observerait entre 1969 et 1986 six années où la pluviométrie serait inférieure à la décennale sèche. La probabilité pour observer, dans une série stationnaire six fois une valeur inférieure à la décennale sèche est égale à:

$$P = C \binom{6}{6} (.9)^6 (.1)^0 = 5.2 \cdot 10^{-3}$$

Cette probabilité est assez faible pour ne pas retenir l'hypothèse de la stationarité de la série.

Tableau N°2:
Statistique des pluies annuelles.

POSTE	Période considérée	EXCEDENTAIRE			
		100 Ans	25 Ans	10 ans	Médiane
		mm	mm	mm	mm
ZIGUINCHOR	< 1969	2194	2050	1926	1550
(1)	> 1969	1624	1527	1442	1168
SEDHIOU	< 1969	2150	1925	1758	1362
(2)	> 1969	2013	1634	1400	993
BIGNONA	< 1969	2393	2148	1950	1433
(1)	> 1969	1671	1497	1358	998
	> 1969	2505	2261	2057	1487
DILOULOU	< 1969	1615	1490	1383	1073

Tableau N°2 (Suite).

POSTE	Période considérée	DEFICITAIRE			
		100 Ans	25 Ans	10 ans	Médiane
		mm	mm	mm	mm
ZIGUINCHOR	< 1969	798	1010	1130	1550
(1)	> 1969	533	750	832	1168
SEDHIOU	< 1969	830	944	1044	1362
(2)	> 1969	698	741	787	993
BIGNONA	< 1969	784	889	1005	1433
(1)	> 1969	560	628	705	998
	> 1969	605	775	944	1487
DILOULOU	< 1969	523	640	750	1073

(1) Loi de Goodrich.

(2) Loi de Galton

2.2. Statistique des pluies journalières

Les études statistiques sur les pluies journalières (ALBERGEL, 1986) ont montré que la sécheresse n'a pas affecté la probabilité d'occurrence des événements pluvieux journaliers extrêmes. Le tableau N°3 donne les valeurs estimées de la pluie journalière pour les récurrences : 1 fois par an, 1 fois en 10 ans 1 fois en 25 ans.

Les hauteurs pluviométriques journalières observées aux stations de référence ont été analysées en loi GAMMA incomplète (BRUNET MORET, 1970).

Tableau N°3:
Statistique des pluies journalières.

: POSTE	HAUTEURS PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES		
	: 1*par an	: 1* en 10 ans	: 1* en 25 ans
:	: mm	: mm	: mm
:ZIGUINCHOR	: 103	: 170	: 200
:SEDHIOU	: 95	: 143	: 170
:DIOULOLOU	: 95	: 145	: 160
:BIGNONA	: 95	: 140	: 165

2.3. Début, fin, durée de la saison des pluies

La saison des pluies est unique de cinq mois en pratique, Juin, Juillet, Aout, Septembre, Octobre. Dans 70% des cas, le mois d'Aout reçoit le total mensuel le plus élevé de l'année, dans 20% des cas, c'est le mois de Septembre et dans 10% des cas le mois de JUILLET.

L'annexe N°4 reproduit les abaques de BRUNET MORET (1970) donnant les dates médianes de début et de fin de saison des pluies ainsi que les dates observées correspondant aux probabilités 25 et 75%. Sur la même figure est reportée la durée médiane de la saison des pluies (143 jours quelque soit le poste), ainsi que les durées de probabilité 25% et 75%.

L'examen des années récentes ne montre pas de modification sensible de ces résultats avec la sécheresse.

3. Prédétermination des volumes écoulés annuels

Les études hydrologiques effectuées par l'ORSTOM sur les bassins de BIGNONA (OLIVRY et CHOURET, 1981) et sur les bassins du marigot de BAILA (OLIVRY et DACOSTA, 1984) ont permis d'effectuer une évaluation assez précise des coefficients d'écoulement selon les zones observées.

Pour la zone exondée, plateaux, versants, terrasses, le coefficient d'écoulement est de .17% en année décennale sèche (valeur mesurée); il est de 6% en année médiane. Le BCEOM (1985) propose à partir d'une extrapolation des écoulements observés à KOLDA un coefficient de 10% pour la valeur de pluviométrie en année décennale excédentaire.

Pour les zones basses, la quasi permanence de la submersion leur confère un coefficient d'écoulement très fort, il est évalué dans les études citées plus haut à 80%. Ce coefficient ne varie guère quelque soit l'année.

La répartition des surfaces entre zones basses et zones hautes est donnée dans le tableau N°1. Le tableau N°4 donne les coefficients d'écoulements et les volumes correspondant pour chaque site.

Tableau 4:
Volumes écoulés annuels.

:	: DECENNALE SECHE :		: MEDIANE :		: DECENNALE HUMIDE :	
	: BASSIN :	: KE % :VE Mm3 :	: KE % :VE Mm3 :	: KE % :	:VE Mm3 :	: KE % :VE Mm3 :
: ESSOM :	14 :	13.1 :	18 :	25.3 :	22 :	38.4 :
: MADINA :	2 :	6.3 :	8 :	27.2 :	12 :	51.9 :
: TANAF :	5 :	19.5 :	11 :	49.4 :	15 :	88.9 :
: TOUMIATABA :	2 :	.6 :	8 :	2.5 :	12 :	5.1 :
: SANSAKOUTO :	4 :	.5 :	10 :	1.3 :	14 :	2.5 :
: SAMINE :	20 :	19.7 :	24 :	30.5 :	28 :	46.0 :
: NDIAMA :	7 :	6.9 :	11 :	19.1 :	14 :	31.9 :
: BONKILING :	3 :	4.8 :	9 :	18.2 :	13 :	35.1 :
: DIATOK :	18 :	1.5 :	23 :	2.7 :	27 :	4.4 :
: BALINGOR :	25 :	3.8 :	30 :	6.2 :	32 :	9.2 :
: DJIMANDE :	15 :	.7 :	20 :	1.3 :	23 :	2.0 :

KE : Coefficient d'écoulement.

VE : Volume écoulé.

Les volumes écoulés ont été calculés à partir des pluviométries annuelles estimées sur les observations postérieures à 1969 (période plus défavorable). Malgré les fortes évaporations (ETP moyen = 515mm pour la période pluvieuse, Juin à Octobre les volumes écoulés devraient être suffisants pour ne pas poser de problèmes de remplissage aux petites retenues envisagées.

Remarque: En CASAMANCE, sont disponibles des données sur l'évaporation en station climatologique, notamment à DJIBELDR, mais aucune étude (à notre connaissance) n'a été faite pour transposer ces observations aux vallées inondées. Ces milieux présentent vis à vis de l'évaporation les particularités suivantes:

- Salure des eaux.

- Couverture végétale variable en fonction des cultures et de la date dans la saison des pluies.

- Disposition de la vallée par rapport aux vents dominants.

- Influence des variations des plans d'eau voisins (marées).

Il faut noter que l'évaporation est l'une des variables du climat les plus sujettes aux "conditions locales". Sa quantification dans des milieux très particuliers tels que les vallées inondées de CASAMANCÉ nécessiterait une étude.

4. Prédétermination de la crue d'étude et de la crue de projet

"La crue d'étude est la crue provoquée par une lame précipitée sur le bassin, de récurrence décennale; toutes les autres conditions étant moyennes" (RODIER et RIBSTEIN, 1986). Sa détermination a été faite en utilisant la méthode de RODIER et AUVRAY, 1964.

La crue de projet est un indicateur du risque naturel. Il a été demandé dans le cadre de cette étude d'estimer le débit maximum de la crue de période de retour 25 ans. Il a été calculé en multipliant le débit maximal de la crue d'étude par le rapport:

$$\text{pluie ponctuelle de retour 25 ans} / \text{pluie ponctuelle de retour 10 ans.}$$

Le tableau N°5 réunit les paramètres de la crue d'étude pour chaque site et le tableau N°6 donne les débits maximums de la crue de projet.

Tableau N°5:
Crue d'étude (Décennale)

	: AVERSE DECENNALE:	LR	: Tm	Tb	: Q10	: q10	:
: BASSIN	: Hauteur:	Abat.	: mm	: heure	: m3/s	: l/s/Km²:	:
: ESSOM	: 143	: .85	: 9.7	:10	:>50	: 17	: 136
: MADINA	: 143	: .75	: 7.5	:10	:>50	: 26	: 85
: TANAF	: 143	: .70	: 6.0	:15	:>50	: 30	: 67
: TOUMIATABA:	143	: .95	: 10.8	: 7.5:38	: 9.5	: 306	:
: SANSAKOUTO:	143	: 1	: 11.8	: 5 :20	: 8.0	: 597	:
: SAMINE	: 143	: .85	: 9.7	:10	:>50	: 16	: 131
: NDIAMA	: 143	: .80	: 9.1	:12	:>50	: 18	: 106
: BONKILING	: 140	: .75	: 7.6	:13	:>50	: 22	: 108
: DIATOK	: 140	: 1	: 11.9	: 4.7:20	: 7.5	: 630	:
: BALINGOR	: 140	: .95	: 10.6	: 6.5:30	: 8.5	: 405	:
: DJIMANDE	: 140	: 1	: 11.9	: 4 :15	: 6.0	: 923	:

- Abat : coefficient d'abattement d'une pluie ponctuelle.
- LR : Lame ruisselée.
- TE : Temps de base TM : Temps de montée.
- Q10 : Débit maximum de la crue décennale.
- q10 : Débit spécifique maximale de la crue décennale.

La méthode de RODIER et AUVRAY est limitée aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 200 km²; nous l'avons extrapolé à des surfaces allant jusqu'à 400 km². OLIVRY et DACOSTA (1984), extrapolent cette méthode pour des bassins dépassant 1000 km² sur le marigot de BAILA. Les débits spécifiques obtenus par cette méthode sont légèrement supérieurs à ceux donnés par la courbe expérimentale proposée par LOUIS BERGER (1985) (débit maximum spécifique en fonction de la surface pour les bassins de basse CASAMANCE).

Tableau N°6:
Crue de projet (25 ANS)

: BASSIN :	H10 mm	H25 mm	K	Q10 m /s	Q25 m /s
: ESSOM :	143	165	1.15	17	20
: MADINA :	143	170	1.18	26	31
: TANAF :	143	170	1.18	30	35
: TOUMIATABA :	143	170	1.18	9.5	11.2
: SANSAKOUTO :	143	170	1.18	8.0	9.4
: SAMINE :	143	170	1.18	16	19
: NDIAMA :	143	170	1.18	18	21
: BONKILING :	140	165	1.18	22	26
: DIATOK :	140	165	1.18	7.5	8.9
: BALINGOR :	140	165	1.18	8.5	10.0
: DJIMANDE :	140	165	1.18	6.0	7.1

Q10 : Débit maximum de la crue décennale.

Q25 : Débit maximum de la crue de retour 25 ans.

Remarque: La crue de projet estimée comme pour un bassin continental ne correspond pas au débit à évacuer par l'ouvrage dans la mesure où l'ancien bief soumis à marée en amont du barrage va jouer le rôle de réservoir amortisseur; elle en est tout au plus la limite supérieure (pour l'événement de récurrence 25 ans). L'évacuation des crues devient un problème de gestion en fonction des niveaux maximums que l'on se fixe en amont (cultures) et des niveaux à l'aval de l'ouvrage (marée haute ou basse).

5. Etude de la marée

L'onde de marée qui se produit devant l'embouchure d'un fleuve donne naissance à une onde dérivée qui remonte le fleuve vers l'amont. Il s'agit d'un phénomène hydraulique plus complexe que celui de la marée qui est à son origine, car le débit fluvial, la pente et la forme du lit interviennent. Cette onde de marée dans le fleuve CASAMANCE a été étudiée par BRUNET MORET (1970) qui fournit un abaque donnant les amplitudes maximales des marées mensuelles et semi-diurnes (annexe N°5). Un abaque identique a été établi pour le marigot de BIGNONA (OLIVRY et CHOURET, 1981) et pour le marigot de BAILA (LOUIS BERGER, 1981).

Le tableau N°7 donne ces amplitudes à la hauteur des sites étudiés, nous n'avons pas pu établir ces données pour les sites se trouvant sur la rivière ZOUNGROUGROU.

Tableau N°7:
Amplitudes des marées

:	: AMPLITUDE DES MAREES			: AMPLITUDE DES MAREES			:
	: BASSIN	: SEMI-DIURNES. cm		: SEMI-MENSUELLES .cm			
:	: Max.	: Moy.	: Min.	: Max.	: Moy.	: Min.	:
: ESSDM (1):	92	40	7	33	12	6	:
: MADINA (2):	34	27	15	14	6	2	:
: TANAF (2):	22	13	5	16	9	4	:
: TOUMI. (2):	22	13	5	16	9	4	:
: SANSAK. (2):	22	13	5	16	9	4	:
: SAMINE (2):	23	14	7	16	9	4	:
: NDIAMA	-	-	-	-	-	-	:
: BONKILING	-	-	-	-	-	-	:
: DIATOK (3):	65	-	21	52	42	31	:
: BALING. (3):	65	-	21	52	42	31	:
: DJIMAN. (3):	65	-	21	52	42	31	:

(1) Abaque marigot de BAILA (LOUIS BERGER)

(2) Abaque fleuve CASAMANCE (BRUNET MORET)

(3) Abaque marigot de BIGNONA (OLIVRY et CHOURET)

6. Aquifères et qualité des eaux

La succession d'années sèches observées depuis 1969 et surtout depuis 1979 a modifié le fonctionnement hydrogéologique des vallées de CASAMANCE. Il a été noté des baisses de 10m (OLIVRY, 1987).

Dans la région étudiée on distingue un aquifère superficiel et des aquifères profonds. Des aquifères profonds, seul celui des formations argilo-sableuses de l'Eocène supérieur est exploité.

Les aménagements envisagés peuvent concerner l'aquifère superficiel pour lequel nous avons réunis les données générales suivantes. Une étude pour chaque bassin à aménager nécessiterait une intervention beaucoup plus longue.

La nappe superficielle se trouve dans les différentes formations mises en évidence par la géomorphologie: sables rouges des plateaux, couche latéritique de la base des sables rouges, sables des terrasses. Le niveau imperméable est constitué par les argiles jaunes du Continental Terminal.

L'observation des cartes piézométriques réalisées sur quelques vallées semblables à celles à aménager amène les remarques suivantes:

- La surface piézométrique reflète fidèlement la morphologie du terrain avec des gradients très faibles sous la surface des plateaux, et une accentuation de la pente vers les versants.

- Le marigot draine la nappe, la ligne de contact entre l'aquifère et le bas-fond drainant suit toutes les ramifications des marigots.

- De part et d'autre des lignes de séparation des eaux, la largeur de nappe qui s'écoule est relativement faible, l'aquifère général se subdivise en éléments longilignes étroits et sinueux.

Le schéma (annexe N°6) résume le fonctionnement de cet aquifère superficiel.

De ce fonctionnement découle la qualité des eaux du bas fond:

- Les eaux souterraines douces s'écoulent vers les affluents latéraux sur la quasi totalité des berges et "rivalisent" sur un front continu avec les eaux salées. On remarquera que des rizières longent toutes les berges.

- En fonction de la pluviométrie, les écoulements d'eau douce sont plus ou moins importants et surtout durent plus ou moins longtemps. OLIVRY montre sur le marigot de BAILA l'évolution de la salinité en fonction de la recharge des nappes (Annexe N°7)

Un suivi des niveaux piézométriques et de la salinité des eaux après aménagement devrait permettre une meilleure gestion des ouvrages anti-sel.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL, J. (1986) Evolution de la pluviométrie en Afrique Soudano Sahélienne. Exemple du Burkina Faso. Col. CIEH, OUAGADOUGOU.

BCEOM, (1987) Projet de développement de la vallée de BAILA

BCEOM, (1985) Aménagement de la plaine de BAILA.

BRUNET MORET Y. (1970) Etudes hydrologique en Casamance. Cah. ORSTOM, ser. Hydrol. PARIS vol XII-2

CARBONEL, J.P., HUBERT, P. (1985). Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du BURKINA FASO. C.R. Acad. sc., tome 301 n°13 pp 941-944.

LOUIS BERGER INTERNATOINAL (1981). Programme de développement de la vallée de BAILA en CASAMANCE. DAKAR.

LOUIS BERGER, COYNE ET BELLIER (1985). Etude des possibilités de stockage des eaux de ruissellement au SENEGAL. DAKAR.

MUSY, A. MEYLAN, P. (1987). Modélisation d'un processus non stationnaire - Application à la pluviométrie de la zone semi aride. col. AISH, The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources. pp 287-301

OLIVRY, J.C. CHOURET, A. (1981). Etude hydrologique du marigot de BIGNONA. Quelques aspects intéressants de mesures réalisées en 1970-1971. ORSTOM DAKAR

OLIVRY, J.C. DACOSTA, H. (1984). Le marigot de Baila. Bilan des apports hydriques et évolutin de la salinite. ORSTOM DAKAR.

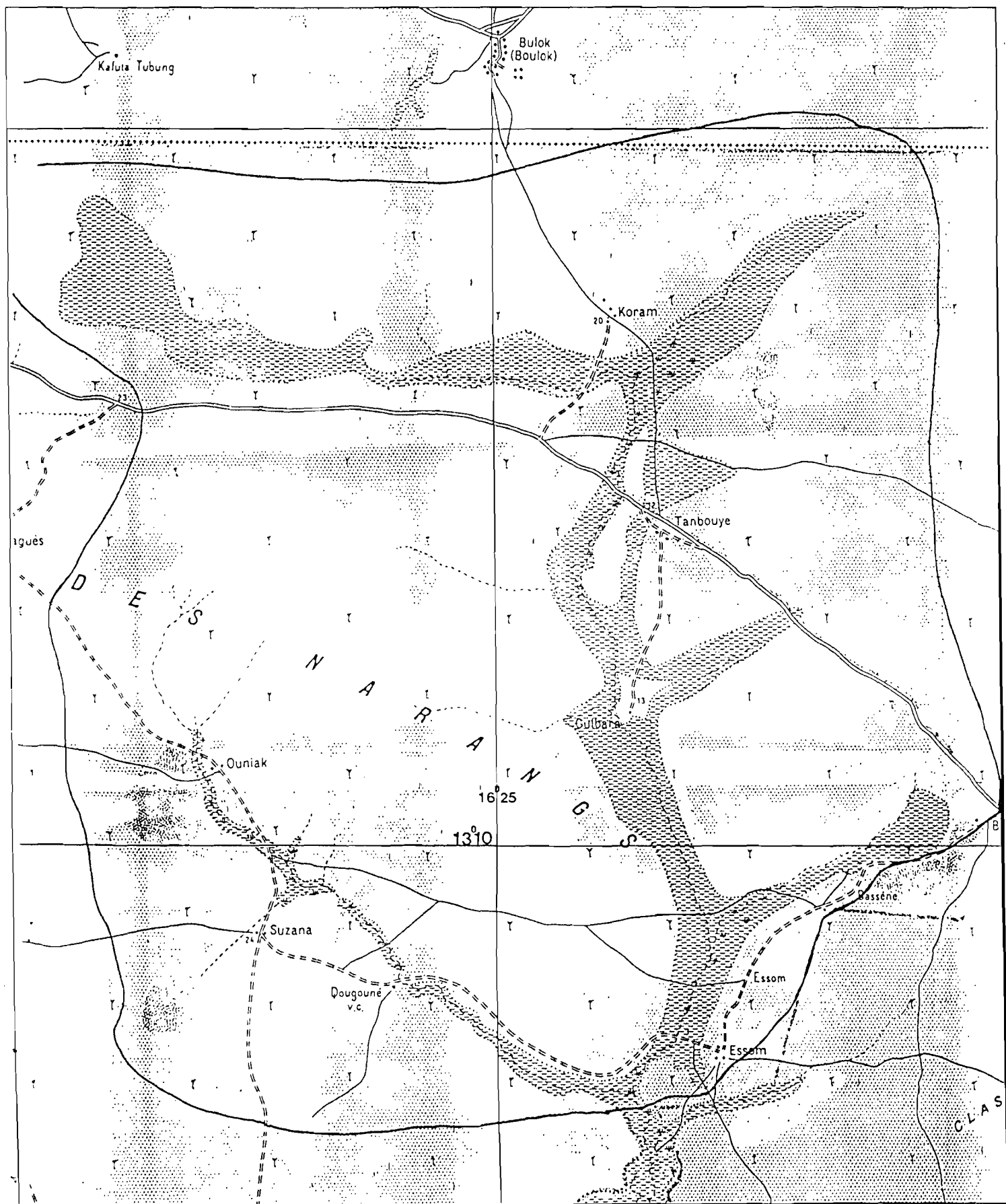
OLIVRY, J.C. (1987) Les conséquences durables de la sécheresse actuelle sur l'écoulement du fleuve Sénégal et l'hypersalinisation de basse CASAMANCE. col. AISH, The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources. pp 501-513.

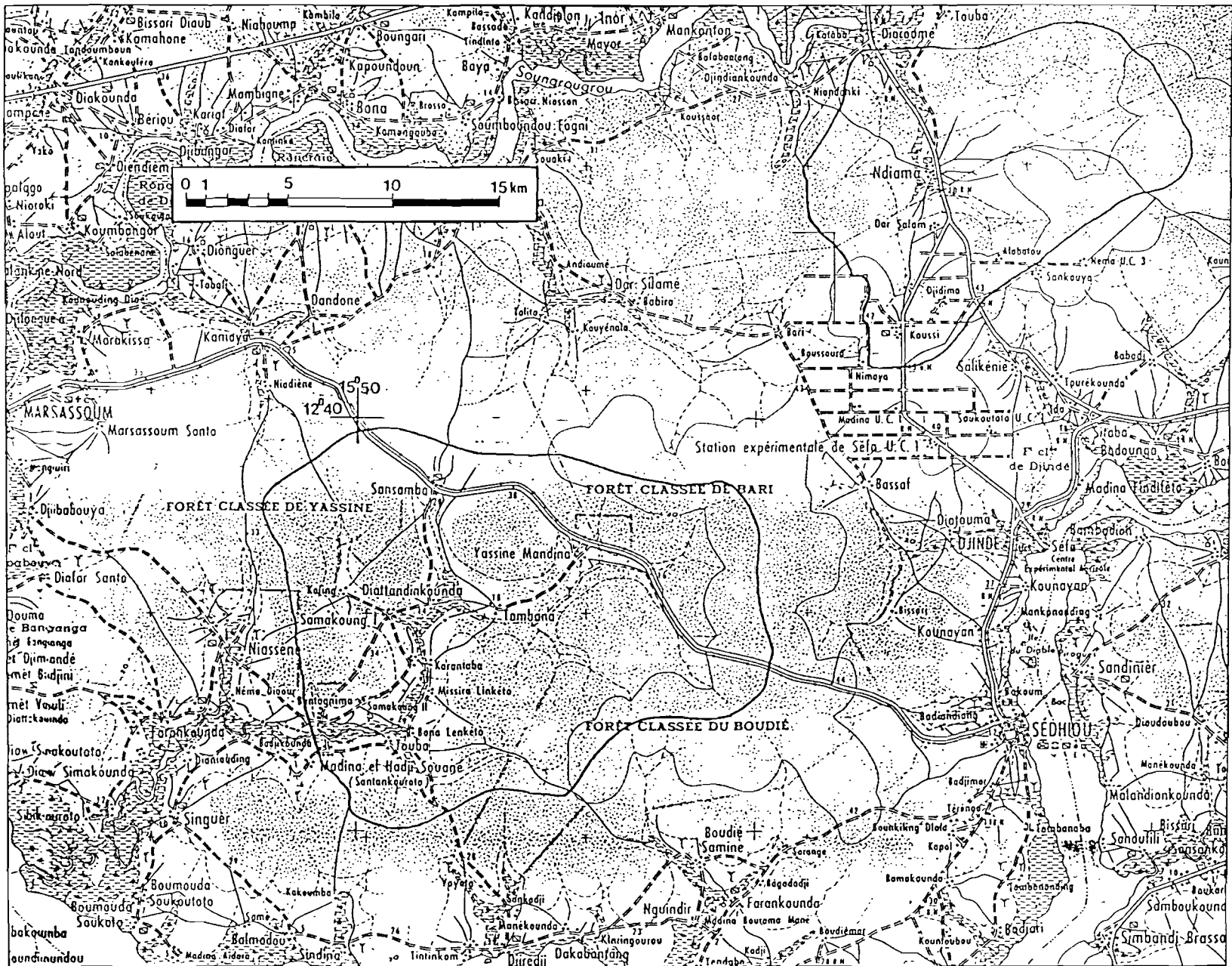
RODIER J. AUVRAY C. (1964) Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 Km² en Afrique Occidentale. ORSTOM PARIS.

RODIER J. RIBSTEIN, P. (1986) Transposition des données hydrologiques, utilisation des bassins représentatifs pour la détermination des crues et l'estimation des apports au Sahel. Col. CIEH, OUAGADOUGOU.

SNIDJERS, T.A.B (1986). Interstation correlations and non stationarity of BURKINA FASO rainfall. Journ. of climate and applied meteorology vol. 25 pp (524-531).

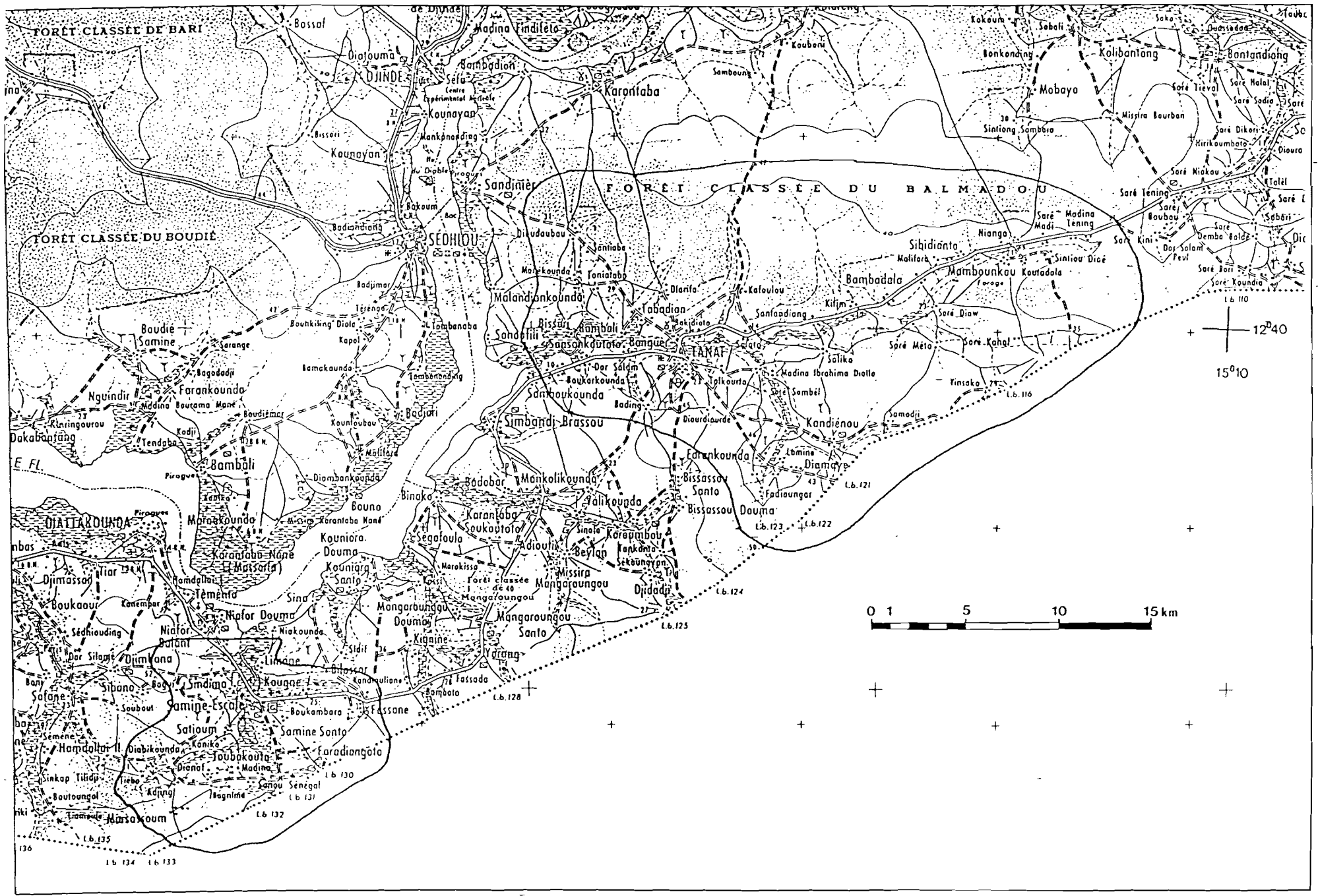
Annexe 1 : BASSIN D'ESSOM



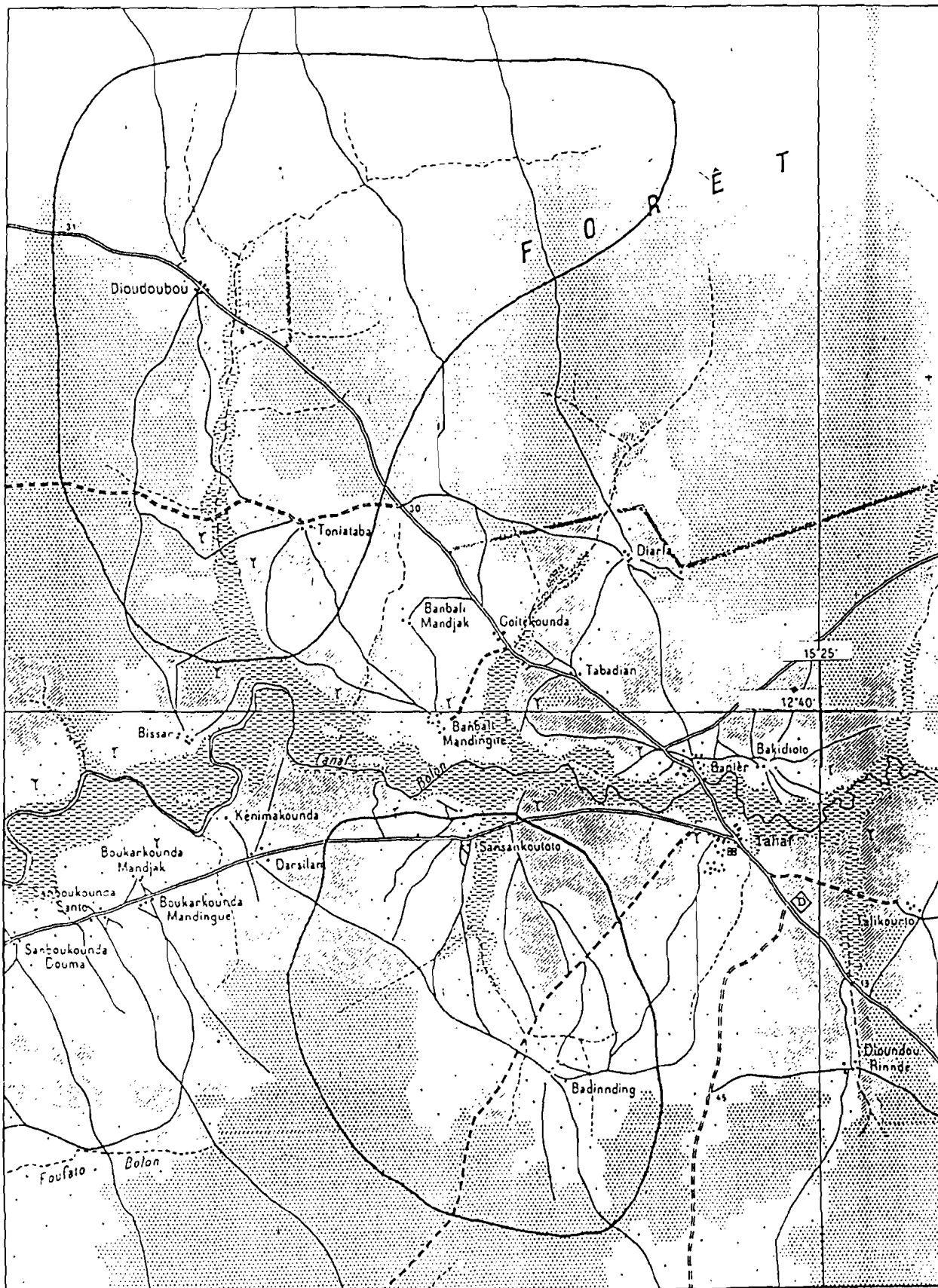


Annexe 1 : BASSIN DE MADINA et DE NDIAMA

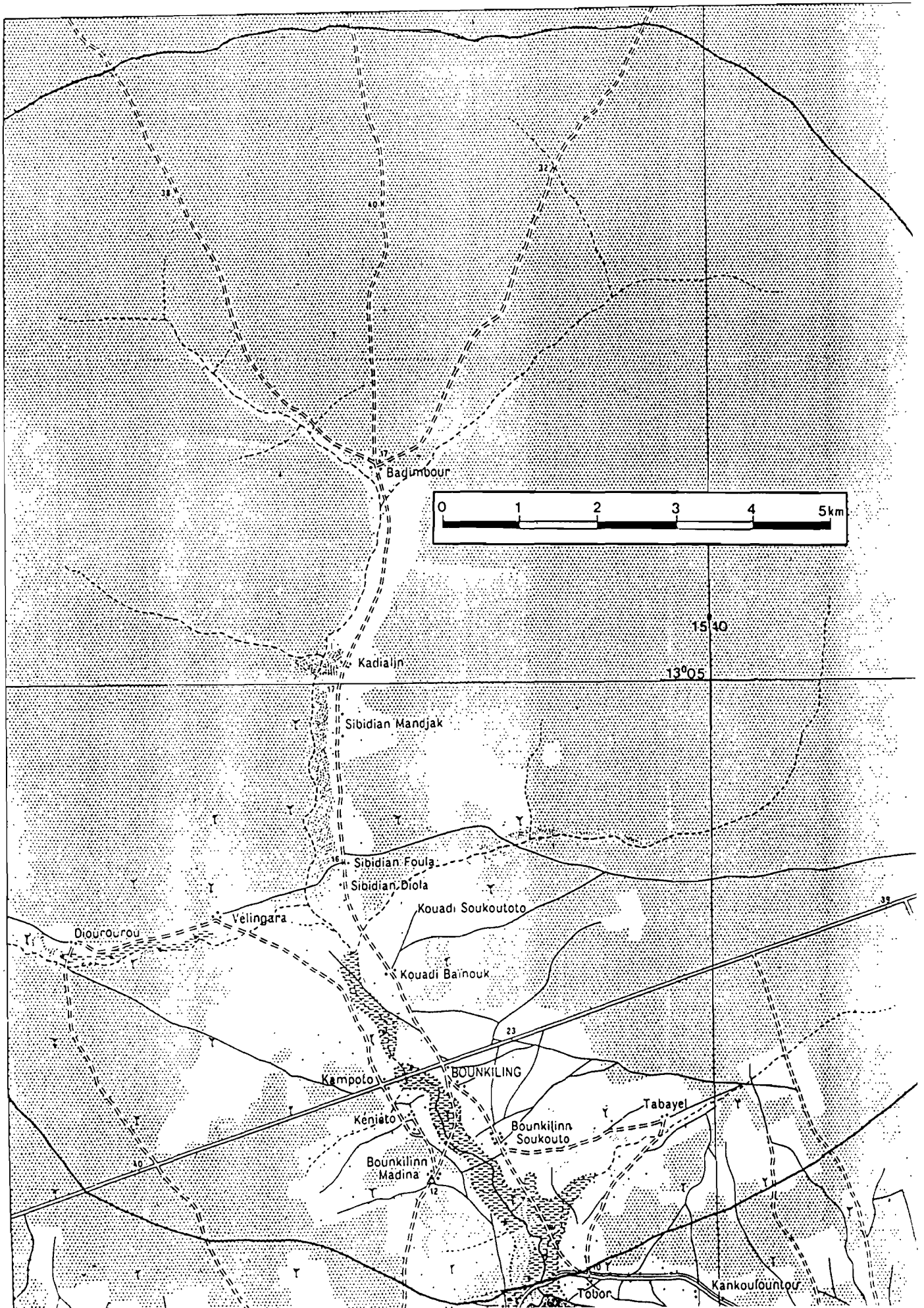
Annexe 1 : BASSIN DE TANAF et DE SAMINE-ESCALE



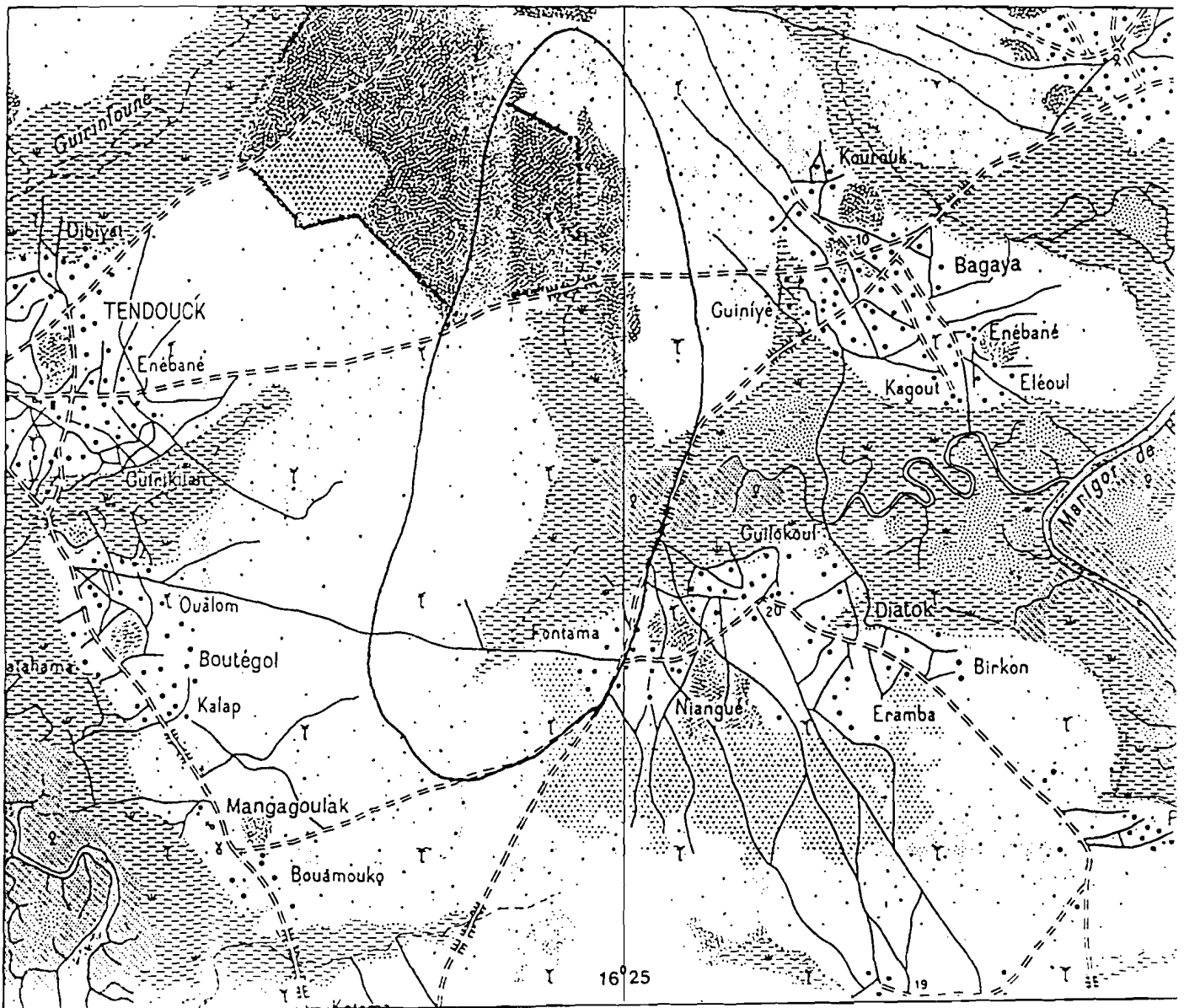
Annexe 1 : BASSIN DE TONIATABA et DE SANSKOUTOTO

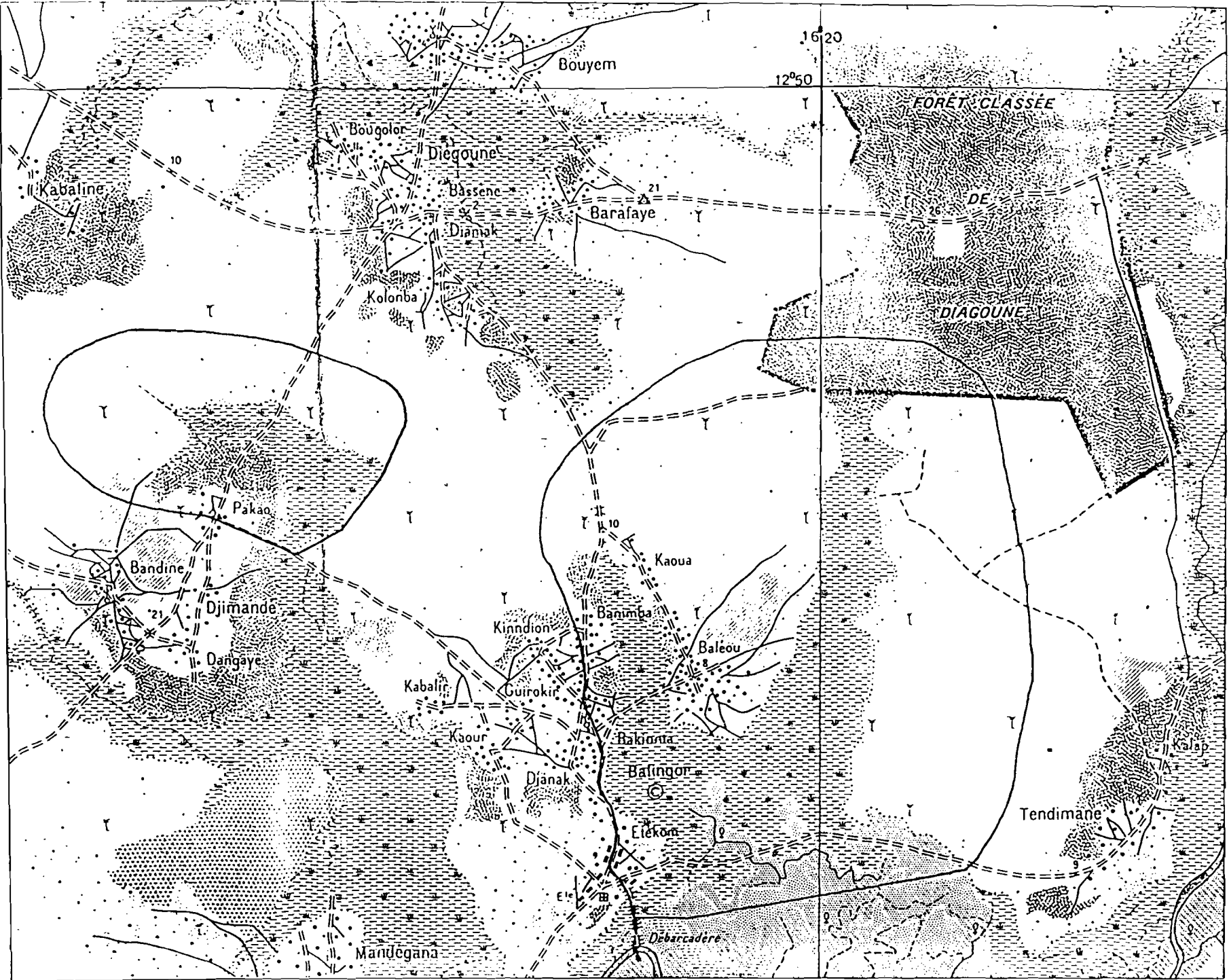


Annexe 1 : BASSIN DE BOUNKILING



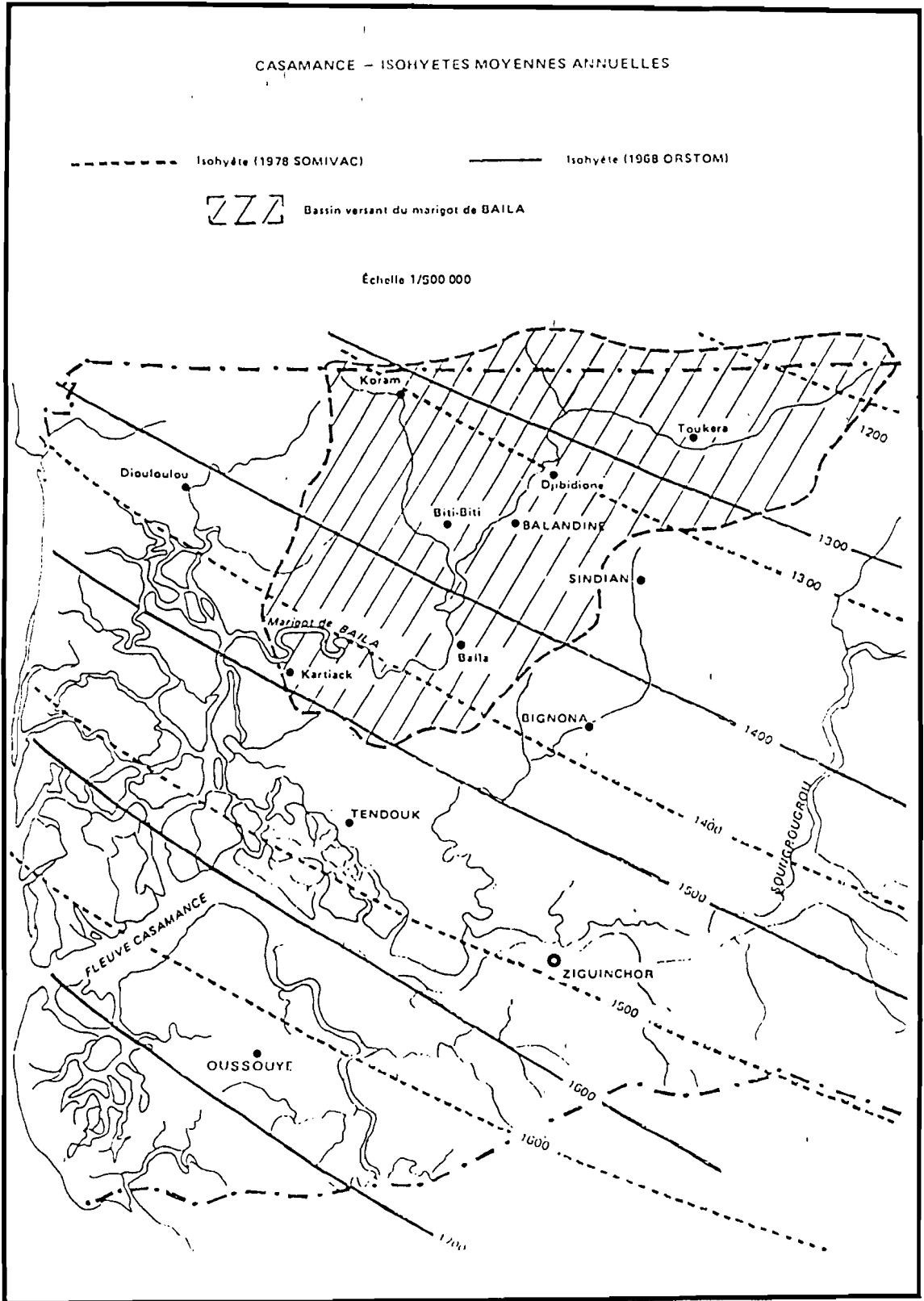
Annexe 1 : BASSIN DE DIATOK



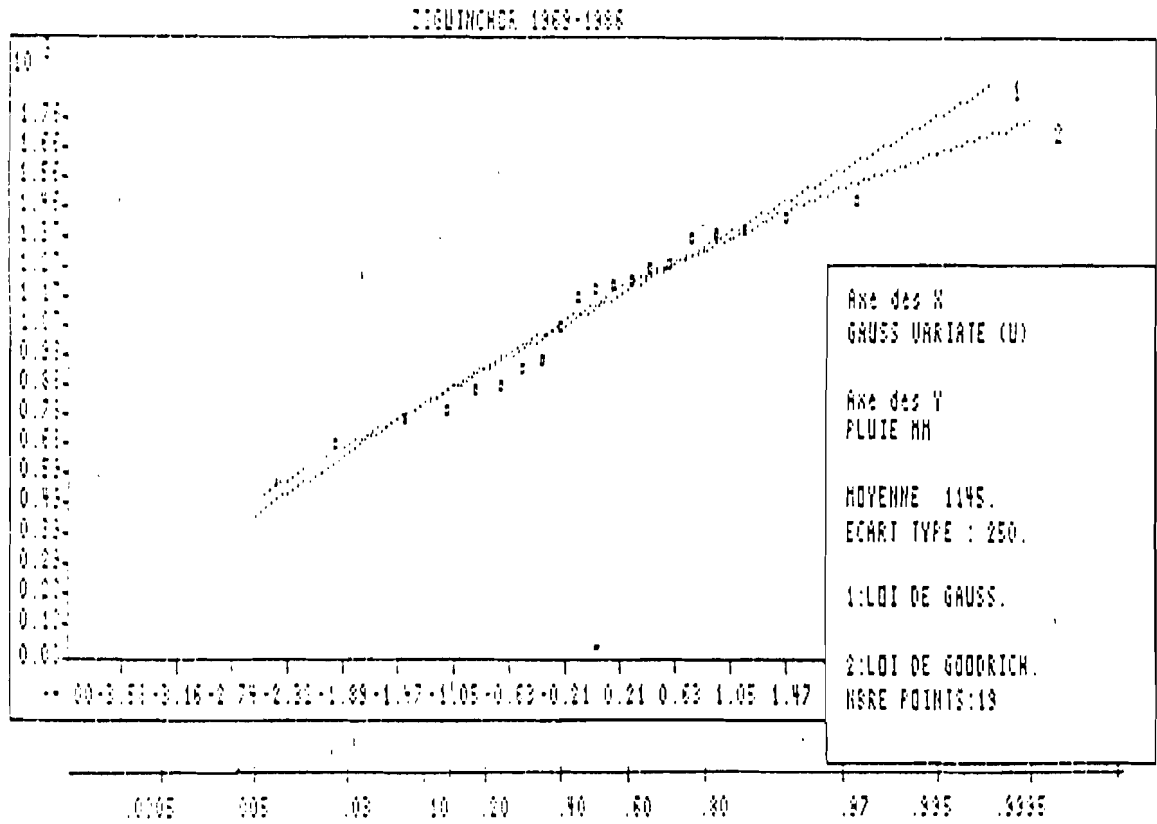
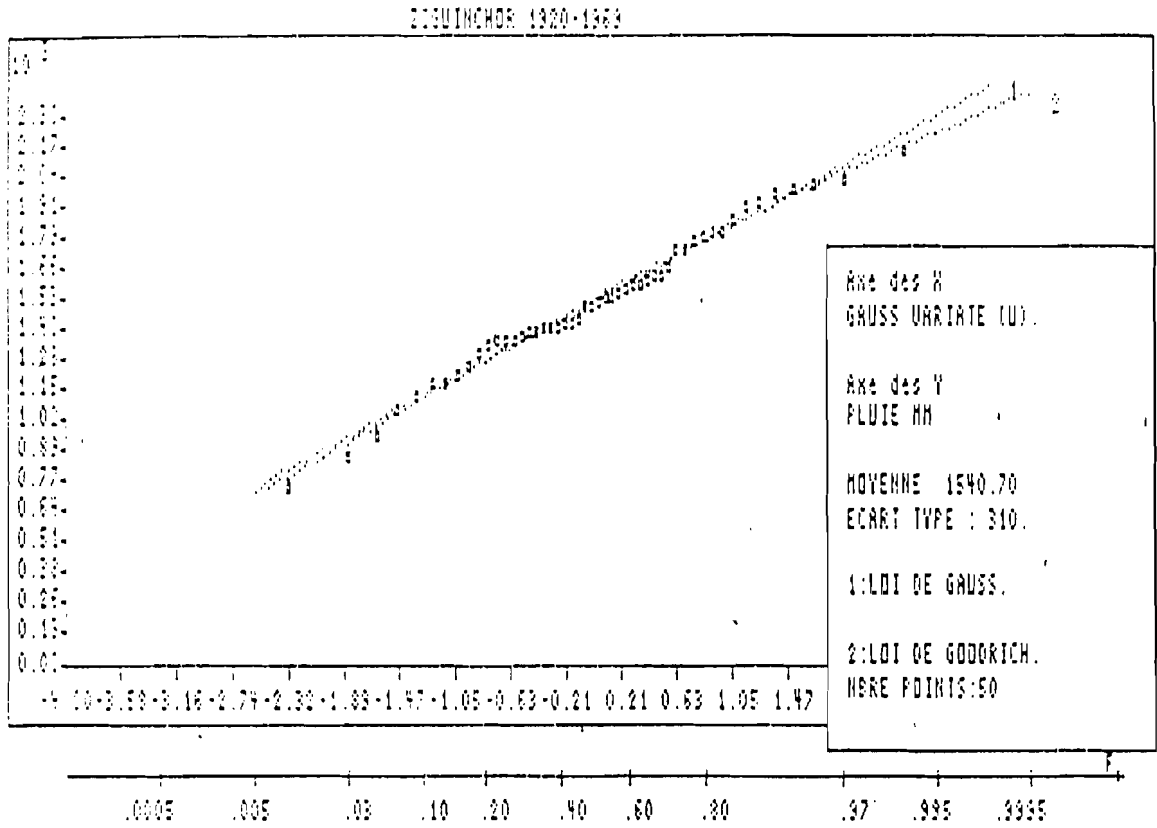


Annexe 1 : BASSIN DE BALINGOR et DE DJIMANDE

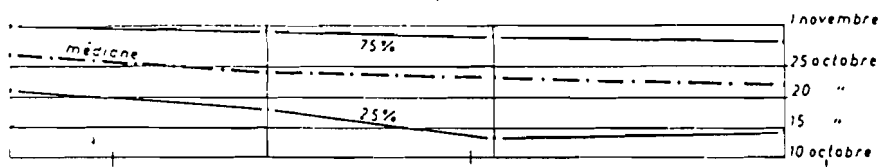
Annexe 2 : CARTE DES ISOHYETES SUR LA BASSE ET MOYENNE CASAMANCE (OLIVRY et DACOSTA, 1983)



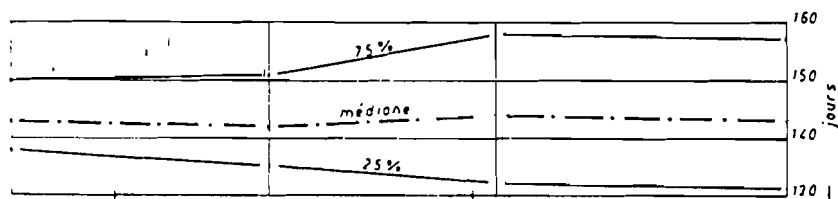
Annexe 3 : Ajustement statistique sur les pluviométries annuelles à ZIGUINCHOR.



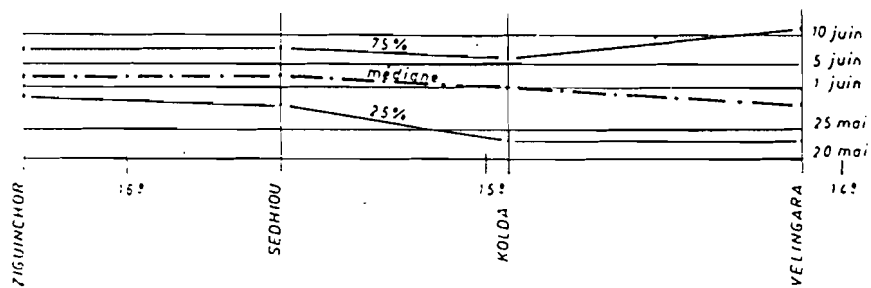
_ Date de la fin de la saison des pluies _



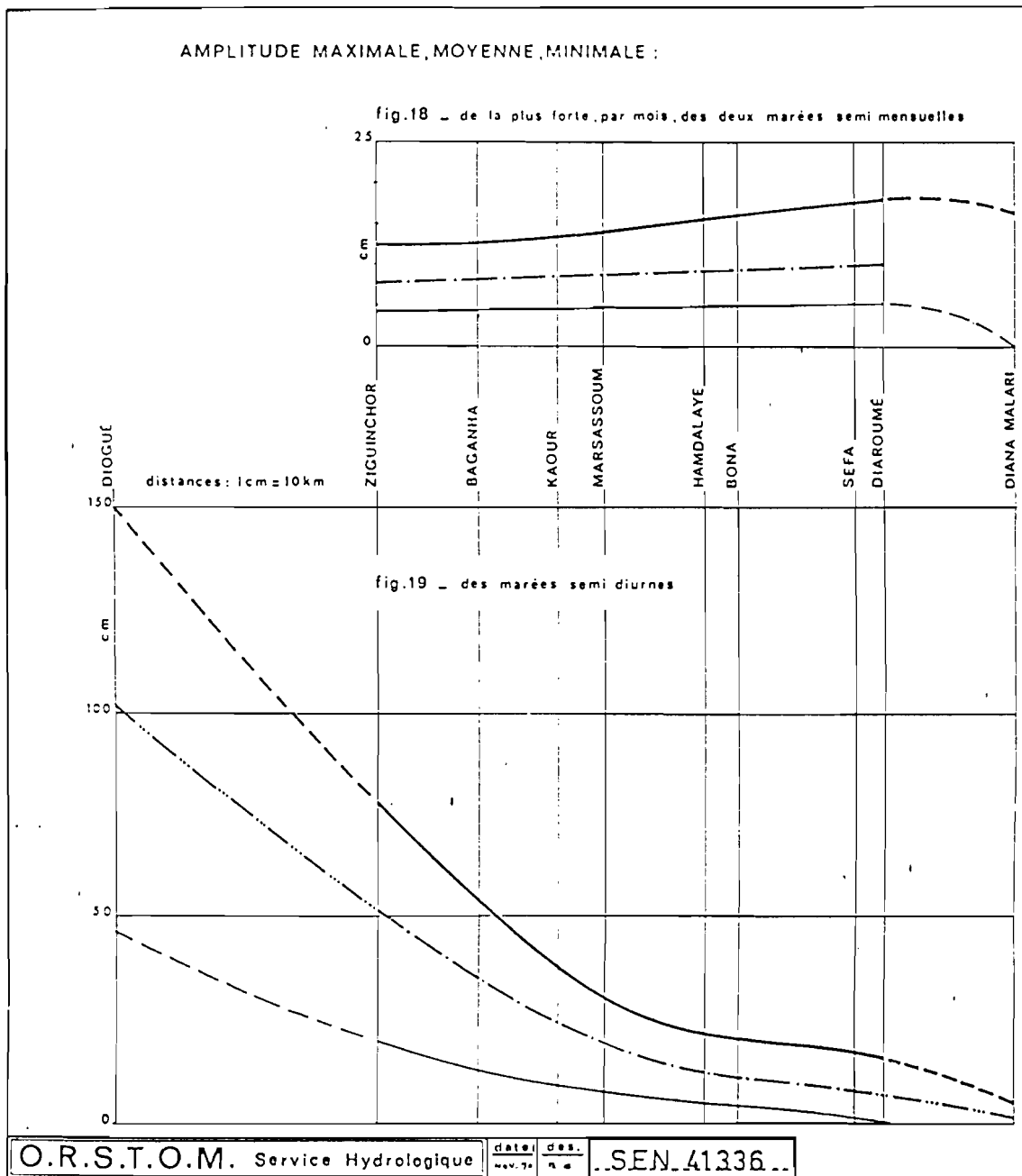
_ Durée de la saison des pluies _



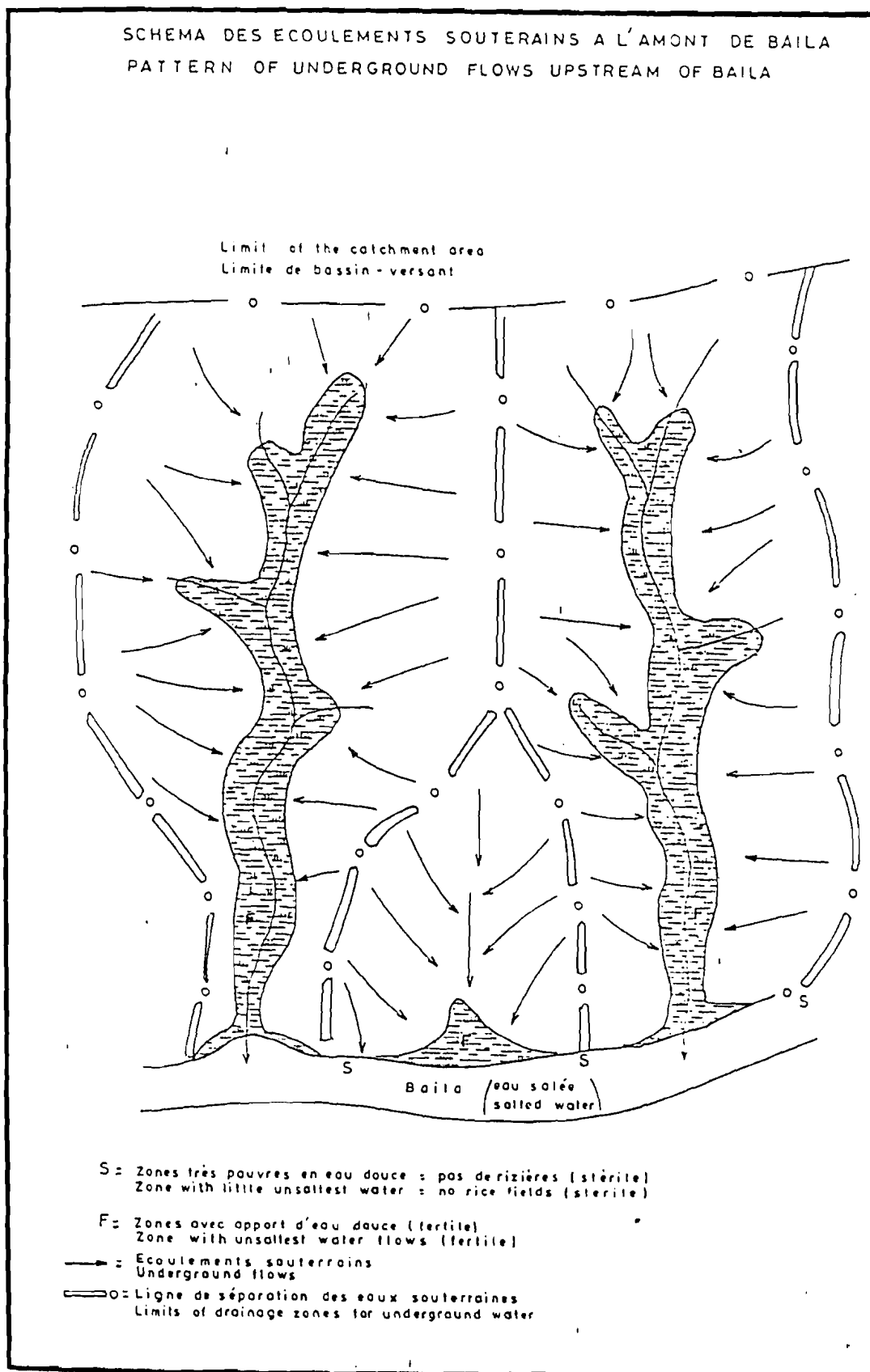
_ Date du début de la saison des pluies _



Annexe 5 : Amplitudes des marées (BRUNET MORET, 1970)



Annexe 6 : Schéma de fonctionnement de l'aquifère superficiel. (LOUIS BERGER, 1981)



Annexe 7 : Concentration saline en fin de saison sèche pour des années où la recharge des nappes a été plus ou moins bonne (OLVRY, 1987)

