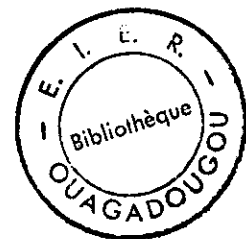


MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

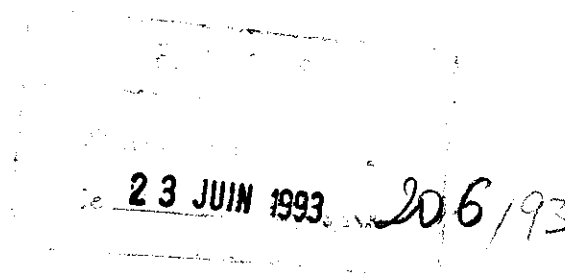


Présenté par :

Jean - Aimé MEZUI

THEME :

**LES INONDATIONS D'AOUT 1992 DANS LA PROVINCE
D'OUBRITENGA : MECANISMES PHYSIQUES, DOMMAGES
SURVENUS ET MOYENS DE PROTECTION.**



Directeur de Mémoire :

F. DEGARDIN

Date de Soutenance :
Juin 1993

Directeur des Recherches
et de l'Ingénierie
E.I.E.R.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire :

- A ma regrettée grand-mère "feue" Martine MBANG qui n'a pas eu la longévité nécessaire pour assister à la consécration d'une oeuvre qu'elle a entamée :

Que son âme repose en paix.

- A mon Père et à ma Mère qui ont fait de moi ce que je suis, qu'ils trouvent ici le fruit de leur peine :

- A mon Epouse Lucie M.
qu'elle trouve le résultat de l'amour et du soutien qu'elle m'apporte :

- A mes Enfants vous trouverez ici l'exemple à suivre :

- A mon Oncle Daniel Ella MEZANG et sa regrettée Epouse "feue" Cécilie Zang Zué qui ont toujours su me guider dans ma vie
Que leur amour soit récompensé :

- A tous mes Frères et Soeurs
qui n'ont jamais cessé de m'apporter leur soutien moral :

- A mon Frère Daniel ONDO NDONG et son épouse Mélanie pour leur soutien indéfectible, qu'ils trouvent la marque de ma profonde reconnaissance et de mes remerciements.

REMERCIEMENTS

Je ne saurais commencer cet exposé sans exprimer mes sincères remerciements à mon Directeur de mémoire Monsieur Francis DEGARDIN, Directeur des Recherches et de l'Ingénierie à l'E.I.E.R pour sa disponibilité, son dévouement, son soutien et ses précieux conseils, qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude :

Mes remerciements vont également :

- A la Direction et au personnel de l'E.I.E.R qui a su mettre à ma disposition les éléments nécessaires à l'élaboration de ce travail :

- A tout le Corps professoral de l'E.I.E.R qui m'a guidé pendant toute ma formation :

- Madame D. Mariama pour son soutien et sa collaboration pour l'établissement de ce document :

- A mon cher Ami Jules OUEDRAOGO pour son assistance permanente, qu'il trouve la marque de ma profonde reconnaissance.

SOMMAIRE

Pages

RESUME

I. <u>INTRODUCTION</u>	01
II. <u>Objectifs du Sujet</u>	02
III. <u>Présentation des dommages survenus dans la Zone d'étude</u>	2..
3.1. Bilan des endommagements survenus au BURKINA	4
3.2. Organisation des secours.....	13
3.2.1. Secours d'urgence.....	13
3.2.2. Secours d'ordre social	14
3.3. Recommandations générales sur l'organisation des secours.....	17
3.3.1. Dispositifs.....	17
3.3.1.1. Plan ORSEC.....	17
3.3.1.2. Plan Rouge.....	18
IV. <u>Analyse Pluviométrique</u>	20
V. <u>Répartition des pluies</u>	22
VI. <u>Analyse des mécanismes d'endommagement</u>	24
6.1. <u>SITE DE ZINIARE</u>	24
6.1.1. Présentation du site	24
6.1.2. Description de l'inondation du mois d'Août 1992.....	24
6.1.3. Evacuation des Eaux.....	25
6.1.4. Interprétation des résultats.....	26
6.1.5. Remarques.....	28
6.1.6. Moyens de protection.....	31

6.2. SITE DE KOLOGHIN-GUESSE.....	36
6.2.1. Généralités.....	36
6.2.2. Situation du périmètre après l'inondation.....	37
6.2.3. Etude.....	38
6.2.4. Réfection des travaux.....	41
 6.3. <u>SITE DE ZIGA</u>	 42
 VII. <u>CONCLUSION</u>	 44
 VIII. <u>NOTE DE CALCUL</u>	 46
7.1. Annexe 1 : Analyse du phénomène pluviométrique.....	47
7.2. Annexe 2 : Etude Hydrologique du bassin versant de ZINIARE.....	65
7.3. Annexe 3 : Etude Hydrologique du bassin versant de Kologhin-GUESSE...	76
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	
 <u>ILLUSTRATIONS</u> :.....	
 <u>CONCLUSION GENERALE</u>	 89

R E S U M E

La submersion des terrains, des barrages et de la route OUAGADOUGOU-KAYA, due à la crue d'Août 1992 dans la province d'OUBRITENGA a occasionné des dégâts importants. Ces dégâts sont de plusieurs ordres : humains, matériels, agricoles....etc. C'est ainsi qu'il a été enregistré des morts d'Homme, des destructions d'habitations, des barrages et des périmètres irrigués. Des secours ont été organisés pour venir en aide aux populations sinistrées.

Du fait que les aléas de la pluie créent la désolation des populations, c'est aux différents spécialistes qu'il revient de se pencher sur ce problème en vue d'aboutir à des moyens de défense efficaces pour une grande maîtrise de l'eau. Ce mémoire se voudrait être une série de recherches et de réflexions en vue de la maîtrise de l'eau sur certains sites représentatifs de la province d'Oubritenga.

L'analyse statistique des données de base sur quatre stations pluviométriques a consisté d'étudier, à l'aide de la loi statique de Gumbel, applicable aux pluies maximales, la fréquence de retour de cette pluie d'Août 1992. Il s'en est ressorti que c'est un phénomène très rare de durée de retour au moins millénaire. Par ailleurs, l'observation de la répartition de cette pluie démontre une mauvaise distribution. Ce sont des averses tropicales assez localisées. La recherche des mécanismes d'endommagement sur trois sites types a donné des résultats qui traduisent : l'exposition au **risque** de nature hydraulique et des aménagements urbains sur l'existant.

Les moyens de protection proposés visent essentiellement à prévenir toute aggravation de la vulnérabilité des zones inondées et de limiter autant que faire se peut la vulnérabilité des biens et activités existants dans la zone inondable. Les mesures adoptées portent sur l'interdiction de nouvelles activités et sur l'interdiction d'habiter les lieux les plus fréquemment inondés, sur la protection des biens et des personnes. Dans les deux cas, les dispositions constructives permettent d'obtenir une bonne stabilité des constructions pendant l'occurrence des crues. Les mesures visant le second oeuvre ou les équipements collectifs limitent l'importance des dégâts et empêchent les risques induits (pollution, rupture de digues, remontée d'eau...).

Enfin, nous avons proposé des mesures hydrauliques proprement dites destinées à favoriser le bon **écoulement** des eaux dans les zones inondables et à obtenir un abaissement des côtes maximales atteintes lors des crues extrêmes. Ces mesures sont associées à des travaux d'endiguement ou de protection. Leur inconvénient est de mettre en cause des ouvrages importants existants et de déclencher des effets induits très dangereux.

INTRODUCTION

En Août 1992, des inondations sont survenues dans la province d'Oubritenga. Ces inondations ont entraîné des conséquences néfastes sur la vie des populations : les pertes en vie humaine, les dégâts matériels, la destruction des infrastructures et des récoltes. L'envergure de ces dégâts a suscité des inquiétudes, des réflexions visant à rechercher une stratégie de défense. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'intérêt de ce travail. Son objectif est de proposer des solutions dans le but de minimiser, voire enrayer les méfaits de ce phénomène, dans l'avenir. Il est vrai que nous ne disposons d'aucune logique pour déceler à l'avance les inondations : cependant nous pouvons préconiser des moyens de défense et de conservation des eaux. Ne dit-on pas que "mieux vaut prévenir que guérir" ?

Pour ce faire, nous nous proposons de partir de l'examen des données pluviométriques de base (par des lois statistiques) pour dégager la fréquence du phénomène et la crue décennale nécessaire au dimensionnement des ouvrages. La connaissance de cette crue nous permet de faire des comparaisons par rapport aux ouvrages existants.

En outre, nous analysons les mécanismes d'endommagement sur certains sites représentatifs, ceci après avoir présenté les dégâts occasionnés par les inondations. La maîtrise de ces mécanismes et l'étude du site de façon plus détaillée nous permet de faire des propositions d'aménagement devant conduire à se défendre du risque d'inondation. Nous évoquons par la suite des suggestions de réalisation.

II. Objectifs du sujet

Le sujet soumis à notre étude a pour objectif de proposer les moyens de protection face aux catastrophes occasionnées par les inondations du mois d'Août 1992 dans la province d'Oubritenga. Il s'agit d'examiner les pluies maximales antérieures, de mesurer leur importance et leur fréquence. Ensuite, étudier les mécanismes d'endommagement de la pluie exceptionnelle d'Août 1992 sur les zones inondées, l'exposition au risque et les moyens de défense appropriés à chaque réalité. Nous aborderons enfin, l'organisation des secours en cas de telles catastrophes.

III. PRESENTATION DES DOMMAGES SURVENUS

DANS LA ZONE D'ETUDE :

Cette partie vise à dresser le bilan des dommages occasionnés par les inondations survenues au Burkina Faso au mois d'Août 1992 de manière générale et dans la province d'Oubritenga en particulier. L'élaboration de cette partie a été faite sur la base des informations recueillies par les missions gouvernementales et les missions d'évaluation techniques sur le terrain.

En effet, ces inondations ont occasionné d'importants dégâts sur les personnes humaines, les maisons d'habitation, le cheptel, les biens divers et créer la désolation dans de nombreuses familles.

Cette calamité a affecté plus de 20. 000 personnes dont plus de la moitié s'est retrouvé sans abri. Les conséquences socio-économiques de cette catastrophe sont très difficiles à estimer car des barrages et retenues d'eau, des infrastructures communautaires ainsi que des milliers d'hectares de champs de cultures se sont trouvés dégradés.

3

Le bilan qui suit précise en détail la situation des dégâts subis par les populations sinistrées et les secours apportés.

3.1. BILAN DES ENDOMMAGEMENTS SURVENUS AU BURKINA

PROVINCE	Localités sinistrées	Victimes identifiées	Pertes et dégâts constatés
BAM	20	5 748	504 maisons détruites - 350 clôtures - 8 puits éboulés - 200 ha de champs détruits - pertes de volailles, bétail et biens divers
BAZEGA	2	1 938	144 maisons et cases effondrées ou fendillées
BOULGOU	17	2 300	22 cases détruites - 2485 ha de champs inondés
GANZOURGOU	5	1 340	136 cases et maisons endommagées - 150 ha de champs inondés
GOURMA	3	285	638 cases et maisons détruites
OUBRITENGA	9	11 713	1555 maisons et cases détruites - perte de cheptel - volaille et biens divers - 14 barrages et retenues d'eau détruits - champs inondés
SANMATENGA	1	57	74 cases et maisons détruits 39 clôtures de maisons détruites
TAPOA	2	59	60 maisons et cases endommagées - Volaille et biens emportés.
ZOUNDWEOGO	2	861	170 ha de champs inondés
TOTAL	61	24 301	3.133 Maisons et cases détruites - 389 clôtures détruites - 14 barrages 3005 ha de champs

Source : Plan de réhabilitation des provinces touchées par les inondations de 1992. "réalisé par les missions gouvernementales et les missions d'évaluation technique.

Notre étude s'intéressera singulièrement à la Province de l'Oubritenga dont il a été enregistré des dégâts plus importants par rapport au reste du territoire.

PROVINCE D'OUBRITENGA :

Production Agricole campagne 1992-1993 :

DEPARTEMENT	SUPERFICIE DETRUITE (ha)	TYPE DE CULTURE	RENDEMENT MOYEN PRE- VU (Kg/ha)	PRODUCTION PREVUE EN TONNE DE- TRUITE
ABSOUYA	300	Sorgho et mil	600	180
BOUSSE	30	"	600	18
DAPELOGO	150	"	600	90
LOUMBILA	200	"	600	120
ZINIARE	150	"	600	90
ZITENGA	80	"	600	48
TOEGHIN	75	"	600	45
TOTAL	985 ha			591 tonnes

Source : Procès-verbal de la réunion-bilan du comité provincial de secours d'urgence et de réhabilitation d'Oubritenga le 13/11/1992.

Aménagement en aval des barrages :

DEPARTEMENT ET VILLAGE	SUPERFICIE TOTALE AME- NAGEES	SUPERFICIE RIZ	SUPERFICIE MARAICHAGE
<u>DAPELOGO</u>			
- Barrage de Tanguiya	12 ha	8 ha	4 ha
- Barrage de VOAGA	6 ha	0	6 ha
<u>ZINIARE</u>			
- Barrage de Kologon-GUESSE	30 ha	20 ha	10 ha

Source : Procès-verbal de la réunion-bilan du Comité Provincial de secours d'urgence et de réhabilitation d'Oubritenga le 13/11/1992.

VALEUR PRODUCTIVE

DEPARTEMENT ET VILLAGE	SUPERFICIE (ha)	RENDEMENT PREVU (Kg/ha)	PRODUCTION PREVUE (tonne)
<u>DAPELOGO</u>			
- Riz	8 ha	3,9 t/ha	31,2 t
- Maraichage	10	3 t/ha	30 t
<u>ZINIARE</u>			
- Riz	20 ha	37,9 t/ha	78 t
- Maraichage	10 ha	3 t	30 t

Source : Procès-verbal de la réunion-bilan du Comité provincial le 13/11/1992.

Nous signalons en outre que 300 pieds de manguiers de la pépinière de DONSE ont été emportés.

L'ensemble de toutes ces données amène à une valeur chiffrée de la perte économique dans ce volet comme suit :

Déficit céréalier = 591 tonnes

Valeur au prix d'achat au producteur =

84 000 F/t x 591 t = 49 644 000 F

Pertes en cultures maraîchères :

RIZ : 109,2 x 120 000 F/t = 13 104 000 F

Légumes : 60 t x 125 000 F/t = 7 500 000 F

Plants : 300 pieds x 500 F/unité = 150 000 F

TOTAL 66 618 000 F.

MAISONS EFFONDREES ET AUTRES PERTES

DEPARTEMENT	MAISONS TOMBEES	FAMILLES TOUCHEES	PERSONNES TOUCHEES	ANES NOYES	MOUTONS ET CHE- VRES NOYES	PORCS NOYES	VOLAILLES EMPORTEES	BARRAGES ET RETENUES ENDOMMAGES	ARGENT LIQUIDE DISPARU
ABSOUYA	327	186	1 174	3	22	-	427	-	-
BOUSSE	17	12	20	-	-	-	-	1	-
DAPELOGO	31	17	123	14	11	-	-	5	-
LOUMBILA	214	162	1 620	14	4	-	33	3	-
NIOU	250	21	110	-	-	-	-	-	-
SAABA	7	4	25	-	-	-	-	1	-
TOEGHIN	45	4	32	10	8	-	-	3	-
ZINIARE	636	734	7 122	49	131	14	351	4	187 500
ZITENGA	188	128	1 280	10	-	-	-	-	2 500
TOTAUX	715	1 268	11 500	100	176	14	811	17	190 000

Source : Procès-verbal de la réunion-bilan du Comité provincial du 13/11/1992.

SITUATION DETAILLEE DES MAISONS ECROULEES :

DEPARTEMENT	CASES INONDEES	BATIMENTS EN TOLES	BATIMENTS EN TERRASSE	NOMBRE DE TOLES	TYPE DE FERMETURE	CLOTURE EN DUR	CLOTURE EN BANCO	OBSER- VATIONS
ABSOUYA	220	100	7	1 184	Tôles	-	-	
BOUSSE	12	3	2	79	tôles	-	-	
DAPELOGO	13	9	9	120	tôles	-	-	
LOUMBILA	22	192	-	3 840	Mét/tôles	-	93	2greniers
NIOU	172	31	47	544	tôles	-	440	5greniers
SAABA	5	2	-	20	tôles	-	2	
TOEGHIN	39	4	2	66	tôles	-		
ZINIARE/ comme Dpt	165 621	330 372	31 117	4 649 4 548	Mét/tôles " "	7	623 446	7
ZITENGA	92	69	27	1 068	" "	"	80	

EVALUATION DE LA PERTE ECONOMIQUE
VOLET MAISON ET DIVERS

GENRE	NOMBRE	VALEUR UNITAIRE	VALEUR TOTALE
Cases rondes	1 361	50 000	68 050 000
Bâtiments en tôles	1 112	250 000	278 000 000
Bâtiments en terrasse	242	75 000	18 150 000
Clôture en banco	1 684	25 000	42 100 000
Clôture en dur	7	350 000	2 450 000
SOUS-TOTAL (1)			408 750 000
<u>BETAIL</u>			
Anes	100	25 000	2 500 000
Moutons et chèvres	176	5 000	880 000
Porcs	14	15 000	210 000
Poulets et Pintades	811	500	405 500
SOUS-TOTAL (2)	1 101		3 995 500
<u>SOMME LIQUIDE</u>			
ZINIARE			187 500
ZITENGA			2 500
SOUS-TOTAL (3)			190 000

SOIT UN TOTAL DE

412 935 500 F CFA

BARRAGES, RETENUES D'EAU ET RESEAU D'IRRIGATION

VILLAGES	DEPARTE- MENTS	NATURE DE L'OUVRAGE	DESCRIPTION DES DEGATS	COUTS DE RE- PARATION(CFA)	OBSERVATIONS
Mathe	Ziniaré	Barrage	- Ouvrage submergé avec érosion du talus aval - Erosion re-gressive assez prononcée dans le chenal.	4 078 223	
Nagreongo	Ziniaré	Périmètre irrigué	- Submersion de la plaine ayant entraîné destruction de canaux secondaires et digue de ceinture sur 78m de long	0	Les travaux de refection des canaux sont en cours de réalisation par l'entreprise ECBA sur financement du projet SENS.
Namassa	Ziniaré	Barrage	- Submersion de la digue ayant causé une rupture de la digue en deux endroits sur 80m	24 983 414	
Rabitenga	Lombila	Barrage	- Submersion de l'ouvrage ayant entraîné une érosion prononcée du talus aval	-	Travaux exécutés par LVIA et inachevés.

VILLAGES	DEPARTE- MENTS	NATURE DE L'OUVRAGE	DESCRIPTION DES DEGATS	COUTS DE RE- PARATION(CFA)	OBSERVATIONS
GOUNDRY	Loumbila	Barrage	-Ouvrage submergée uniquement en rive droite ayant eu pour conséquence une érosion par endroit du talus aval. - Destruction partielle de l'enrochement du chenal.	3 164 984	
VOAGA	Dapelogo	Barrage	- Ouvrage submergé avec pour conséquence une rupture de la digue.	8 500 000 (études uniquement)	
LIKIN- KELSE	Bousse	Barrage	Dégât talus aval digue et rupture de la route d'accès	21 959 085	
MOETINGA	Toeghin	Barrage	Endommagement du seuil et destruction des gabions + enrochements	4 131 330	
YIMKOUKA	Toeghin	Barrage	Rupture de digue	3 500 000 (études uniquement)	
TOTAL		17			

CAS GRAVES EN VIE HUMAINE :

- Une noyade à DAPELOGO d'un pêcheur ;
- Un effondrement d'une maison à SAABA sur un vieux de près de 78 ans mort de fracture de colonne vertébrale ;
- Un effondrement d'une maison à BOULBA de ZINIARE sur une fillette de 10 ans morte de fracture crâne ;
- Un effondrement d'une maison au secteur 5 de ZINIARE sur une femme et ses trois (3) enfants dont tous ont été hospitalisés ;
- Un effondrement d'une case ronde sur une vieille au secteur 4 de ZINIARE, blessée et hospitalisée ;
- Un effondrement d'une case sur un homme à POEDOGO II, blessé et hospitalisé ;
- Un effondrement d'une case ronde sur une femme à KARTENGA (ZINIARE), blessée au bras.

Résumé :

La situation des inondations dans son ensemble dans la province d'OUBRITENGA fait ressortir :

- Perte en vie humaine : 3 personnes
- Personnes hospitalisées : 7 personnes
- les pertes de vivres alimentaires ressortent un déficit total de 760,2 tonnes détaillée comme suit :

Céréale	Sorgho et mil : 591 tonnes
	Riz : 119,2 tonnes
Légumes	60 tonnes
TOTAL.....	760,2 tonnes

En perte économique, une valeur totale de 814 034 754 F CFA détaillée comme suit :

- Perte alimentaire = 66 618 000 F CFA
- Ouvrages emportés = 178 000 000 F CFA
- Ouvrages endommagés = 156 481 254 F CFA
- Cases et maisons tombées = 412 935 500 F CFA

TOTAL..... 814 034 754 F CFA.

Le poste dominant étant les cases et maisons tombées.

3.2. ORGANISATION DES SECOURS :

L'organisation des secours s'est passé en deux étapes :

- les secours d'urgence destinés à sauver les vies en danger et les biens susceptibles d'être sauvés;
- les secours d'ordre social dont l'action a été l'apport des vivres, vêtements, médicaments, relogement des victimes...etc.

3.2.1. Secours d'urgence

Les secours d'urgence apportés se résument comme suit :

- Envoi des véhicules des bataillons des sapeurs pompiers (ambulance, camion de sauvetage léger, véhicule tout terrain) ;
- Appui du Génie militaire par apport d'un ZODIAC (Canot en plastique gonflable) ;

- Appui de l'armée de l'air par l'envoi d'un hélicoptère ;
- Appui des villageois.

La seule action remarquable de ces secours est d'avoir soustrait une famille réfugiée sur une monticule où elle était entourée d'eau.

Suivant les renseignements requis, l'action des secours d'urgence a connu des difficultés liées à l'organisation, à la communication et aux moyens. En effet, les services habilités à assumer les secours ont manqué d'organisation dans la mesure où ils n'étaient pas préparés. C'est ainsi qu'il n'était pas mis en place un commandement devant coordonner les opérations sur le terrain, chaque intervenant usant de ses moyens. En outre, aucune liaison de communication n'était mis en place entre OUAGADOUGOU qui était susceptible d'acheminer les moyens en cas de nécessité et les secouristes. De même, les secouristes ne pouvaient communiquer efficacement entre eux. Les moyens dont disposaient les secouristes étaient insuffisants et ne se prêtaient pas à la situation, d'où l'inefficacité de cette intervention.

3.2.2. Secours d'ordre social

Les secours sociaux ont été organisés par le ministère de l'action sociale et quelques particuliers et organismes privés. Leur contribution a été l'apport de vivres, vêtements, médicaments, médicaments, tentes...etc.

Selon les procès-verbaux établis par les missions gouvernementales, ces secours se résument ci-dessous :

* Relogement : Apport des tentes

DEPARTEMENT	TENTES DRESSEES
Département de Ziniaré	125
Département de Absouya	12
Département Lombila-Ramitenga	4
Département Zitenga	2
TOTAL	143

Tentes reçues = 168

Tentes installées = 143

Reste en magasin = 25

D'autres matériels ont été donné dont :

- 851 couvertures - Effets d'habillement et ustensiles de cuisine.

- 490 nattes

Quantité de vivres distribués

Département de Absouya : 10 tonnes
 Département de Dapélogo : 2,478 tonnes
 Département de Lombila : 11 tonnes
 Département de NION : 2 tonnes
 Département de Sâaba : 0,782 tonnes
 Département de Toéghin : 2,951 tonnes
 Département de Ziniaré : 50,441 tonnes

Récapitulation

Quantité reçue : 167.55 tonnes
 Quantité distribuée : 79.652 tonnes
 Quantité restante : 87.898 tonnes

Fonds pour les victimes

ASASHU	1 500
ADDZ	50 000
FCD	100 000
FASO BAARA	100 000
TAPSOBA Salif	5 000
Députés Province	20 000
Député GOUNGOUNGA	10 000
ASSTIMTUA	50 000
AFESI	15 000
Eglise Apostolique	50 000
NASSA Robert	500
Mme ZAGRE	1 000
PréfetMaire de ZINIARE	12 000
TOTAL.....	415 400 F CFA

Ces dons en espèces ont servi à l'achat de fournitures scolaires aux enfants inscrits dans les écoles.
 Sur le plan sanitaire, des mesures préventives et curatives ont été prises par l'envoi des lots de médicaments essentiels et par vaccination des groupes vulnérables.

3.3. Recommandations générales sur **l'organisation de secours**

Objectifs :

Intervenir en cas de sinistre (inondation) présentant un caractère particulier ou nécessitant par son ampleur la mise en place de secours importants.

Domaine d'application

Type de phénomène : Inondations par orages, débordements de rivière ou autres sinistres.

Catégorie de mesure : mesures d'ensemble ou collectives sur le future.

3.3.1. Dispositifs :

3.3.1.1. Plan organisation de secours ou **Plan ORSEC**

Préambule :

- Déterminer le rôle de chacun des intervenants (autorités, spécialistes....) :
- Dresser l'inventaire des moyens publics et privés existants dans chaque région :
- Organiser un système de liaison et de transmission.

Organisation :

- Un organe de commandement :
 - . Poste de commandement fixe
 - . Poste de commandement mobile
(Opération)
- Quatre (4) services spécialisés :
 - . Police et liaison
 - . Secours et sauvetage
 - . Médical et entraide
 - . Transport et travaux

Consignes particulières à la Population :

Alerte	Sirènes ---> Grandes villes
	Radio
Conduite à tenir	Télévision.

3.3.1.2. Plan Rouge (PR) :

Son objectif est de faire face aux interventions comportant de nombreuses victimes. C'est un plan d'engagement simultané conçu par les pompiers, sous une même autorité, de moyens de sauvetage, de secours et de soins médicaux d'origines diverse.

* Situations justiciables du PR :

- . Inondation de grande intensité
- . Incendie importante
- . Effondrement d'immeubles
- . Accidents (trafic routier, ferroviaire, aérien)
- . Accidents sociaux.

N B : Ce plan s'appliquera donc lorsqu'on parle de nombreuses victimes c'est à dire lorsqu'on dénombre une douzaine au moins. Mais il faut tenir compte d'un facteur multiplicatif : le nombre des victimes à l'arrivée des premiers secours est multiplié par deux pour les incendies et inondations. par trois pour les accidents sociaux et par quatre pour les autres accidents.

Mission du PR :

- Lutter contre le sinistre initial, ses effets directs ;
- Soustraire les victimes au milieu hostile ;
- Prendre en charge les victimes.

Organisation :

Une Direction Générale de secours secondée de deux directions : Direction des secours incendie ou sauvetage :

- Extinction ;
- Effets secondaires ;
- Recherches et localisation ;
- Dégagement.

Direction des secours médicaux :

- Ramassage ;
- Tri et soins ;
- Evacuation.

Mobilisation des moyens :

Une telle intervention nécessite de nombreux moyens :

- Sapeurs pompiers : Ambulances, engins, pompes, médecins ;

- Hôpitaux et dispensaires : ambulances et médecins ;
- Génie militaire : sauvetage avec canots et autres matériels ;
- Armée de l'air : Aéronefs pour évacuation.

Au delà de la simple description des dégâts occasionnés par le phénomène des inondations, ce travail consiste à identifier les causes à partir des dommages constatés et de proposer des moyens préventifs.

Pour ce faire, nous concentrons ce travail sur les zones inondées, de l'exposition au risque et des moyens de protection à quelques sites représentatifs de l'endommagement qui seront :

- Une agglomération : ZINIARE
- Une zone aval d'un barrage : Aménagement de Kologhin-Guessé
- Un terroir villageois : ZIGA

Cette étude passe par l'analyse du phénomène pluviométrique dans la province.

IV. Analyse Pluviométrique :

Cette analyse dont les détails de calcul sont joints en annexe I donne les résultats suivants :

Station Pluie (mm)	Guilongo (ZINIARE)	OUAGADOUGOU	BOUSSE	KORSIMORO
P10	88,17	95,42	87,18	85,68
P20	99,34	108,00	98,25	96,38
P50	113,78	123,97	112,54	110,20
P100	124,6	136,00	123,30	120,61
P1000	160,40	176,00	158,80	154,93
P28 Août 1992	189,6	51,9	64,00	115,00
Intervalle de confiance	[73 mm ; 99 mm]			

- Quel que soit l'échantillon, le test d'ajustement est positif car la condition $q/n \leq 1-\alpha$ se vérifie c'est-à-dire qu'au moins 90 % des points de nos échantillons sont à l'intérieur de la zone de confiance :

- les Isohyètes des pluies journalières de fréquence décennale (P10) tracées par le CIEH en 1985 classent le BURKINA entre $90 \text{ mm} \leq P_{10} \leq 100 \text{ mm}$. L'intervalle de confiance de ces échantillons est acceptable :

- l'exploitation des résultats des pluies pour différentes durées de retour fait ressortir que cette pluie s'est manifestée de façon inégale d'une station à une autre.

Pour Ziniaré, la durée de retour est au moins de 1000 ans tandis que pour BOUSSE, OUAGADOUGOU et KORSIMORO, la durée de retour est respectivement de 3 ans, 1 an et 75 ans.

Conclusion :

La pluie tombée à Ziniaré dans la nuit du 28 au 29 Août 1992 est exceptionnelle (rare) et sa durée de retour sur ce site est au moins millénaire.

V. Répartition des pluies :

Elle se limite essentiellement à la pluie journalière maximale enregistrée dans la nuit du 28 au 29 Août en diverses stations météorologiques du BURKINA (Source : Direction Générale de la Météorologie).

LOCALITE	Pluie du 28 Août 1992 (mm)
OUAGADOUGOU	51,9
BOUSSE	64,0
SAABA	48,8
ZINIARE	189,6
KONGOSSI	164,0
BOULSA	59,9
KORSIMORO	115,0
MANE	42,5
BOUSSOUMA	46,5
DASSOURI	32,2
PABRE	72,5
BOULBI	20,9
KOMBISSIRI	40,00

LOCALITE	Pluie du 28 Août 1992 (mm)
BARABOULE	44,8
ARIBINDA	20,3
GOROM-GOROM	22,1
KASSOUM	70,4
TOENI	61,0
THIOU	5,0
GIEWRAY	51
POBE MENGAO	00,0
BOKIN	49,5
BOURZANGA	8,00
BAM	2,3
BARSALAGHO	50,0
TOUGOURE	18

SUITE

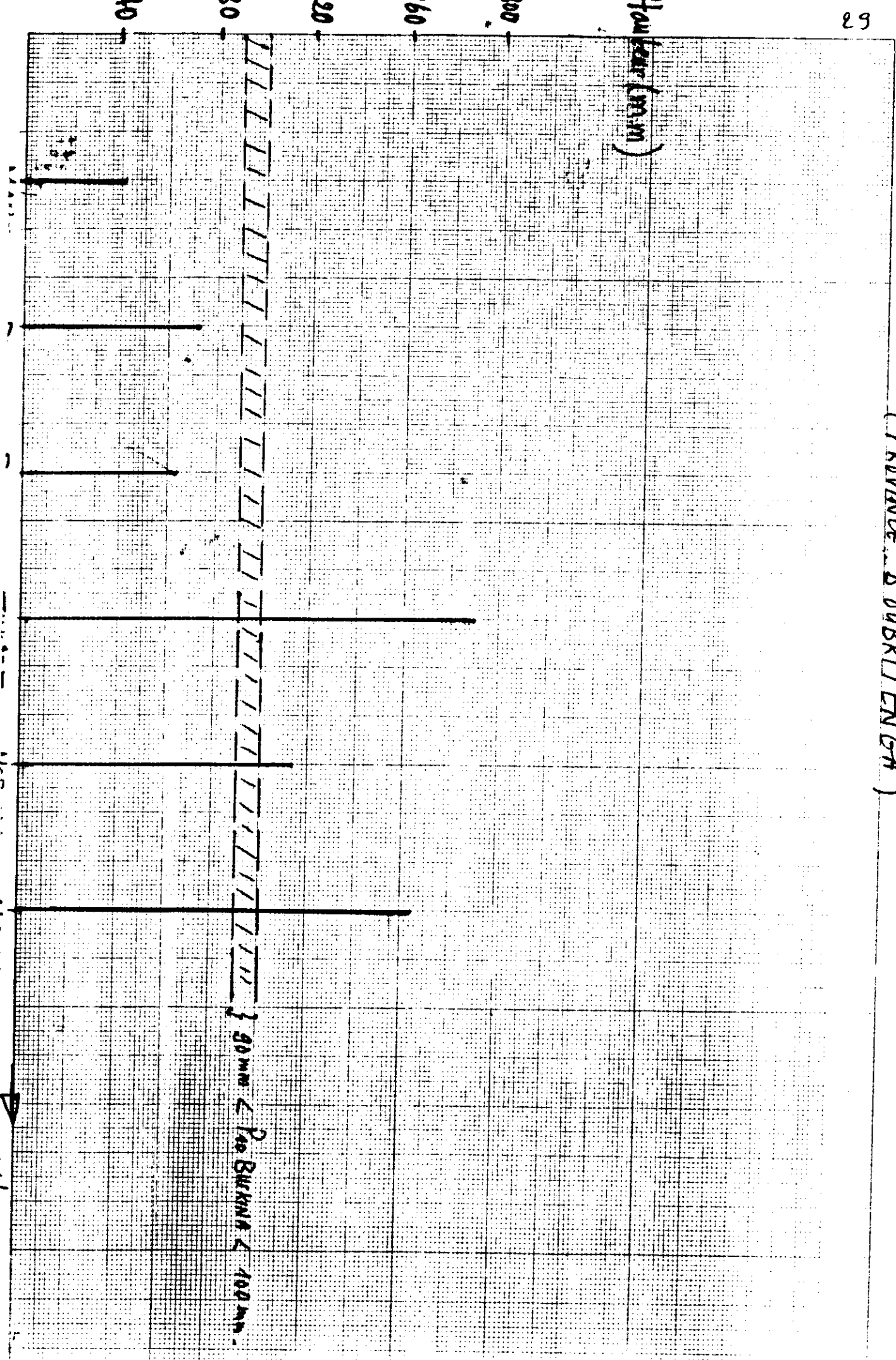
LOCALITE	Pluie du 28 Août 1992 (mm)
ZORGHO	21,5
KOUELA	39,6
KONSSONDOUGOU	46,1
DIABO	27,2
YAMBA	53,0
KOUROUMA	1,4
NASSO	24,6
KOUKA	14,5
HOUNDE	26,4
GAO	7,9
ZABRE	1,9
KAMPTI	1,8
BANFORA	99,1

LOCALITE	Pluie du 28 Août 1992 (mm)
DAKIRI	21,2
BANI	28
NOUNA	31,4
OUARKOYE	20,8
SAFANE	36,3
KINDI	35,9
KOKOLOGHO GIEWRAY	00,0 51
POBE MENGAO	00,0
BOKIN	49,5
BOURZANGA	8,00
BAM	2,3
BARSALAGHO	50,0

L'exploitation de ces données fait ressortir qu'il y a une grande variation des pluies et une très inégale répartition au BURKINA. Pendant que nous enregistrons une hauteur de pluie de 189,6 mm à Ziniaré, il est dans le même temps relevé 0,00 mm à Kokologho ou à Pobe-Mengao. Dans la Province d'OUBRITENGA dont Ziniaré est le Chef lieu, les pluies varient de 42,5 mm (Mané) à 189,6 mm (Ziniaré) soit une différence de 147 mm (4,46 fois).

La répartition de cette pluie exceptionnelle n'est donc pas identique dans tout le pays mais plutôt très inégale. Nous relevons d'averses tropicales assez localisées.

Variation Pluviométrique (Nuit du 28 au 29 Août 1992):
(PROVINCE D'OUBRIENGA)



VI. Analyse des mécanismes d'endommagement

6.1. SITE DE ZINIARE

6.1.1 Présentation du site

La ville de Ziniaré est située à 35 Km de Ouagadougou sur la RN₃. La configuration du terrain naturel fait ressortir que la ville est dans un bassin de plaine. Elle est traversée par la route OUAGA-KAYA surélevée par rapport au TN de 1m et plus et perpendiculairement à la route par un marigot appelé "SINIARE". La traversée de ce marigot est faite par l'intermédiaire d'un remblai et d'un dalot double. Il est implanté dans la ville deux retenues d'eau dont une se trouve à l'amont de la route (Kouila) et l'autre à l'aval (Tamissi).

6.1.2. Description de l'inondation du mois d'Août 1992 :

Pendant la pluie exceptionnelle du 28 au 29 Août 1992, trois artères de la ville ont été inondées. La partie Nord-Ouest (N W) de la ville dans le sens OUAGA-KAYA que nous appellerons l'amont du pont, la partie Sud-Est (SE) juste à l'aval du pont et l'amont du barrage de Tamissi. Selon les informations recueillies sur le terrain, la retenue située à l'amont de la route n'a pas pu contenir la crue. Cette situation a fait que les eaux l'ont contourné ruisselant ainsi à l'aval de la retenue jusqu'à la route qui a, pendant un certain temps constitué un obstacle aux eaux. La route retenant l'eau, il y a eu une remontée des eaux jusqu'aux habitations situées à l'amont. En outre, le marigot a débordé et inondé ses abords immédiats. L'importance des eaux a dépassé la capacité d'évacuation du dalot, il s'est alors produit une surverse de part et d'autre du dalot engendrant l'inondation des habitations à l'aval.

Pour la partie de la ville située à l'amont du barrage de Tamissi qui s'est vue également inondée, le trop plein du barrage a d'une part déversé à l'aval du barrage créant quelques dégâts sur le parement aval de la digue et sur l'aménagement, mais aussi crée une remontée des eaux à l'amont sur un rayon important inondant du coup les maisons installées dans la cuvette.

La manifestation de ces phénomènes interpelle à une réflexion quant à la capacité d'évacuation des eaux par le marigot et le dalot, le rôle joué par le remblai routier et la construction des habitations dans des zones à risque. Nous avons fait en annexe (II) l'étude hydrologique du bassin versant de Ziniaré qui nous a conduit à la détermination du débit de pointe maximale ou crue décennale (Q_{max10}). Ce débit sera comparé à la capacité d'évacuation des ouvrages implantés. Ensuite, nous analyserons la position des habitations par rapport à la zone inondable et prendrons en compte les risques potentiels par rapport aux situations. Ceci, nous permettra à mieux appréhender les causes de l'inondation et à proposer les moyens de protection adéquats.

6.1.3. EVACUATION DES EAUX

- Capacité d'évacuation de l'ouvrage hydraulique (Dalot) :

La capacité d'évacuation du dalot double 2 x 300 x 200 sur site a été déterminée par l'étude réalisée par le Groupement GITEC Consult GMBH Düsseldorf RFA et GELSEN Consult GMBH RFA disponible au Ministère de l'Equipement et égale à une crue décennale de 28m³/s.

$Q_{max10} = 28 \text{ m}^3/\text{s}$

Résultats de l'Etude hydrologique

	Durée de retour = 10 ans	Pluie exceptionnelle Août 1992
P_{10} (mm)	88,17	189,6
P_m (mm)	73,18	157,37
H_r (mm)	33,66	94,42
V_r (m ³)	589.099	1.652.385
Q_m (m ³ /s)	10	28
Q_{xr} (m ³ /s)	26	73
Q_{max} (m ³ /s)	27	76
V_{ret} (m ³)	63.568	178.746
V_c (m ³)	652.667	1.831.131

Ou : P = Pluie

P_m = Pluie moyenne sur le bassin

H_r = Hauteur d'eau ruisselée

V_r = Volume d'eau ruisselé

Q_m = Débit moyen de ruissellement

Q_{xr} = Débit maximum de ruissellement

Q_{max} = Débit de pointe

V_{ret} = Volume d'écoulement retardé

V_c = Volume total de la crue.

6.1.4. Interprétation des résultats

De ces résultats, il ressort que jusqu'à la crue décennale, le dalot joue son rôle d'évacuateur. La crue décennale passe normalement car pour une crue Q_{10} de 27 m³/s, le dalot peut évacuer 28 m³/s.

Ceci nous a d'ailleurs été confirmé sur place puisqu'il n'y avait jamais eu de débordement auparavant. Mais, il serait souhaitable pour ce type d'ouvrage se trouvant en zone urbaine de le dimensionner avec une crue de projet centennale ce qui, dans ce cas précis ramènerait à dimensionner ce dalot pour évacuer $55\text{m}^3/\text{s}$. Cela nous semble plus sécurisant compte tenu de la forte densité de population en agglomération urbaine et les aléas dûs à la pluie. Toutefois, la pluie exceptionnelle du mois d'Août 1992 aurait entraîné la submersion des habitations avoisinant le lit du cours d'eau au regard de la grosse quantité d'eau engendrée par cette dernière. Le volume total de la crue prévisible est passé à 2,8 fois plus, idem pour le débit à évacuer par le dalot. La surabondance des eaux a contribué à l'inondation des maisons.

Le remblai routier, de par sa surélévation par rapport au TN, a servi de retenue d'eau et accentué les dégâts en amont et en aval et ceci pourquoi ?

La ville de Ziniaré se trouve dans une cuvette, la retenue située à l'amont (Kouila) sert à stocker l'eau drainée par le bassin versant et permet une maîtrise de l'eau. La présence de cet ouvrage a favorisé la construction des maisons entre ce dernier et la route située en aval à peu près à 800 m. La pluie d'Août 1992 de par son importance a favorisé le contournement des eaux et la digue n'a plus assuré sa fonction. Les eaux continuant le chemin ont buté à l'aval à la route qui par sa surélévation par rapport au TN, a constitué un obstacle destiné à les contenir, élever leur niveau et guider leur cours. Il s'est alors créé un étalement des eaux jusqu'aux habitations. Cette remontée a entraîné de manière plus accrue l'inondation des maisons et leur destruction. L'absence du remblai routier n'aura pas certes évité l'inondation des habitations, l'eau aurait pu suivre le lit du cours d'eau en inondant uniquement une certaine bande tout le long.

Dans l'état actuel, la route et le dalot favorisant la montée d'eau en amont et l'inondation des maisons même pour une crue décennale. Le dalot par son dimensionnement sous estimé en agglomération urbaine et la route par son rôle de frein à l'eau dans sa course étend la nappe d'inondation sur une plus grande superficie. Ceci étant également valable à la retenue de TAMISSI qui étend son rayon d'eau jusqu'aux habitations. Nous avons par conséquent les zones inondables naturellement (abords du cours d'eau) et les zones artificiellement inondables (amont de la route et du barrage de TAMISSI).

6.1.5. Remarques

De par l'absence de fortes pluviométries, les gens s'installent dans les zones à risque qui sont le voisinage du cours d'eau, de la route et de la cuvette du barrage de TAMISSI. Nous proposons les zones à interdire de construire comme suit :

- les zones à risque élevé :

Le voisinage du lit du cours d'eau ou ses abords immédiats, le voisinage de la côte des plus hautes eaux au niveau des barrages et le voisinage de la route partie amont ;

- zones à risque à moyen :

Aval immédiat du pont et de la route en cas de surverse ;

- zones à faible risque :

Sur les abords de la zone inondée sans interdiction de construire.

En outre, nous remarquons :

- la bonne résistance à l'eau des maisons construites en dur ;

- la qualité médiocre des matériaux de construction locaux qui ont une mauvaise adaptation face à une présence abondante d'eau et favorisant la destruction des maisons ;

- la submersion des eaux a créé une zone de ressaut à l'aval pendant la crue et augmenter localement le risque d'inondation.

- OCCUPATION ET UTILISATION DES SOLS :

L'objectif est de faire prendre en compte le risque d'inondation dans la démarche et les outils de planification urbaine pour éviter ou limiter les dommages résultant d'implantations inadaptées.

Il y a donc intérêt de prévoir une ceinture de sécurité entre le lit du cours d'eau et les habitations. La mise en oeuvre de cette mesure nécessite des actions préalables d'information, de sensibilisation et de formation.

Description :

Proposer aux communes une stratégie de prise en compte du risque d'inondation s'appuyant sur les outils juridiques adaptés aux particularités locales ;

Prise en compte du risque dans les plans d'occupation des sols ;

Mise en oeuvre d'un projet d'intérêt général (PIG) portant à la connaissance de la commune les dispositions relatives à la prise en compte du risque d'inondation afin qu'elle les intègre lors de l'élaboration ou de la révision de son document d'urbanisme ;

Directives concernant l'implantation et la définition des accès des bâtiments en zone inondable ;

Dans tous les cas, la côte du premier niveau habitable des bâtiments doit être située au dessus de la côte correspondant au plan d'eau de référence (Source : Documents PER/FRANCE).

SUJETION DE REALISATION :

- Définir une bande enveloppe d'une longueur qui varie de quelques dizaines de mètres selon l'équilibre du cours d'eau conçue pour interdire toute construction, compte tenu du risque d'affouillement. Pour cela, il faudra faire un levé topographique le long du cours d'eau afin de sortir une délimitation complète. La délimitation tiendra compte du niveau souvent atteint des plus hautes eaux. Tout aménagement ou construction situé en dessous de la délimitation sera interdit.

Cette mesure d'autoprotection devra permettre la vérification de la conformité des aménagements avec les prescriptions du permis de construire.

Pour Ziniaré, cette bande de protection interdit de construire ou de reconstruire sur les tronçons suivants ou dans l'état actuel, le dalot fera monter l'eau et inondera les maisons même pour une crue décennale :

- le long du cours d'eau en amont de la route. La bande aura une largeur à partir des berges du marigot de 200 m au minimum ;

- en aval de la route plus précisément entre la nouvelle et l'ancienne route. La bande aura une largeur minimale de 100,00 m de chaque côté des berges du marigot.

L'interdiction de construire ou de reconstruire concerne également la cuvette du barrage de Tamissi situé non loin de l'école primaire.

La bande couvrira à ce niveau au moins 50,00 m par rapport à la côte des plus hautes eaux du barrage (côté de calage du déversoir).

6.1.6. MOYENS DE PROTECTION :

Variante 1 :

- Endiguements Longitudinaux (Digues et digues submersibles) :

L'objectif ici est de protéger la zone inondable au moins jusqu'à un certain niveau de crue. C'est une mesure de protection collective dont la responsabilité principale incombe aux riverains. La réalisation est longue et délicate car ces endiguements requièrent une science hydraulique comparable à celle de la construction des barrages en terre. Leur impact hydraulique doit être sérieusement étudié :

- au droit de l'ouvrage : la ligne d'eau est relevée, la capacité de stockage de la crue diminuée. En outre, la vitesse de propagation de la crue est accélérée, la stabilité du lit en est affectée : creusement du lit et érosion régressive (érosion à l'amont et dépôt à l'aval) ;

- à l'amont, en étudiant l'influence du relèvement de la ligne d'eau et les conséquences de l'érosion régressive ;

- à l'aval immédiat en examinant l'influence d'éventuels dépôts et surtout, plus à l'aval, quelles conséquences l'arrivée plus rapide d'une crue plus forte peut engendrer.

L'étude de la stabilité de la digue doit envisager sa destruction :

- par érosion du lit ;

- par submersion en cas de crue supérieure à la crue de projet ;
- par infiltration dans les terrains de fondation (effet de.....) ;
- par infiltration dans le corps de la digue.

La zone endiguée comprendra le rétablissement des réseaux, l'évacuation des eaux pluviales et un système de pompage pour accélérer la mise hors d'eau après submersion de la zone ou en cas de refoulement des réseaux.

SUJETIONS DE REALISATION :

- DIGUE DU LIT MINEUR :

Ces digues sont de type plein : murs en béton ou pierrée : lorsqu'elles sont réalisées en enrochement, ceux-ci doivent être soigneusement imbriqués.

Le couronnement des digues submersibles en crue doit être soigné et réalisé en gros blocs bétonnés ou en dalle de béton. Le parement déversant doit avoir une pente faible moins de 1/2 et être protégé (enrochements, blocs bétonnés, dalle de béton...).

Des para fouilles ou des systèmes de protection du pied (par épis plongeants, semelles débordantes, enrochements...) sont en général à prévoir, contre des murs verticaux dans l'extrados de courbes prononcées. Pour la réalisation de ces travaux, près du lit ou en site urbain, des moyens importants sont nécessaires.

- DIGUE DU LIT MAJEUR :

Ces digues doivent être imperméables, car elles ne sont pas colmatées naturellement comme peuvent l'être les digues du lit mineur. Elles sont peu baignées par l'eau, elles sont rarement dans une zone de plein courant.

Les digues du lit majeur sont réalisées en terre. Les emprunts pour leurs matériaux constitutifs sont pris à proximité entre le lit et la digue. Il ne faut pas utiliser la couche superficielle des zones d'emprunts. Une terre argilo-sableuse convient (2/3 de sable, 1/3 d'argile). Un corps de digue doit être homogène et étanche avec un coefficient de perméabilité de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-6} cm/s.

Des essais en laboratoire permettent de déterminer les qualités des matériaux disponibles et les propositions des mélanges. Avant la construction, décaper soigneusement le sol sur trente centimètres environ - ou façonner un fossé d'encrage dans lequel on pilonne de l'argile pour établir un masque d'étanchéité. On exécute la digue par couches successives d'une trentaine de centimètres d'épaisseur soigneusement compactées.

Les traversées de la digue par des ouvrages (exécutoires d'eaux pluviales, d'eaux usées...) doivent être peu nombreuses, l'étanchéité aux raccordements doit être particulièrement soignée.

L'étude des accès et l'évacuation en cas de submersion doit être faite ainsi que du déversoir de sécurité pour $Q > Q_{\text{projet}}$.

Pour Ziniaré, les tronçons du cours d'eau concernés sont :

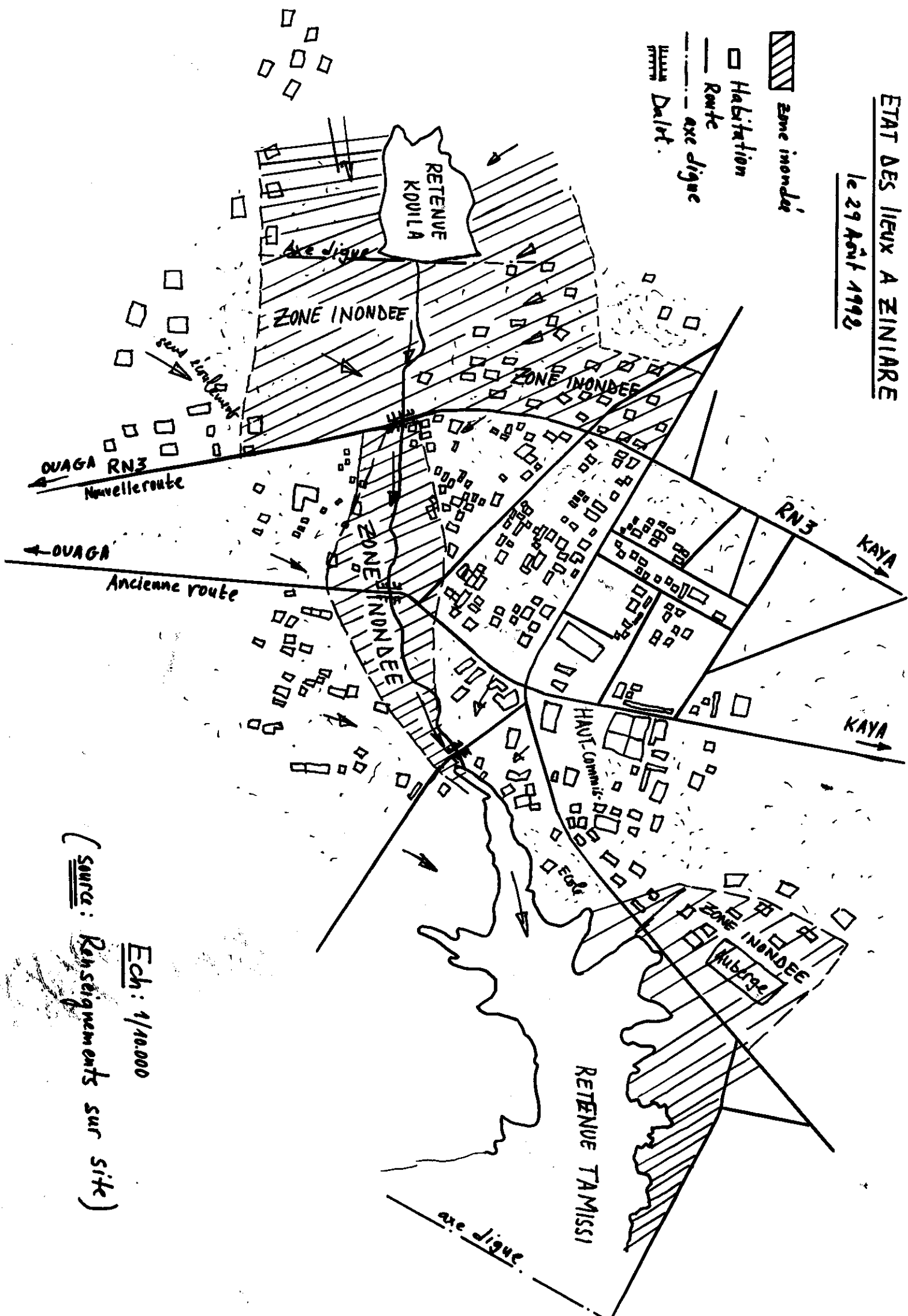
- Amont de la route (entre la route et la retenue de Kouila)

L'étude de stabilité se fera au préalable pour indiquer l'emplacement exact de l'endiguement. Seront pris en compte tous les paramètres précités. Endiguement sur le lit majeur conseillé.

ETAT DES LIEUX A ZINIARE

le 29 Août 1992

-  Zone inondée
-  Habitation
-  Route
-  axe digue
-  Delt.



Ech: 1/10.000

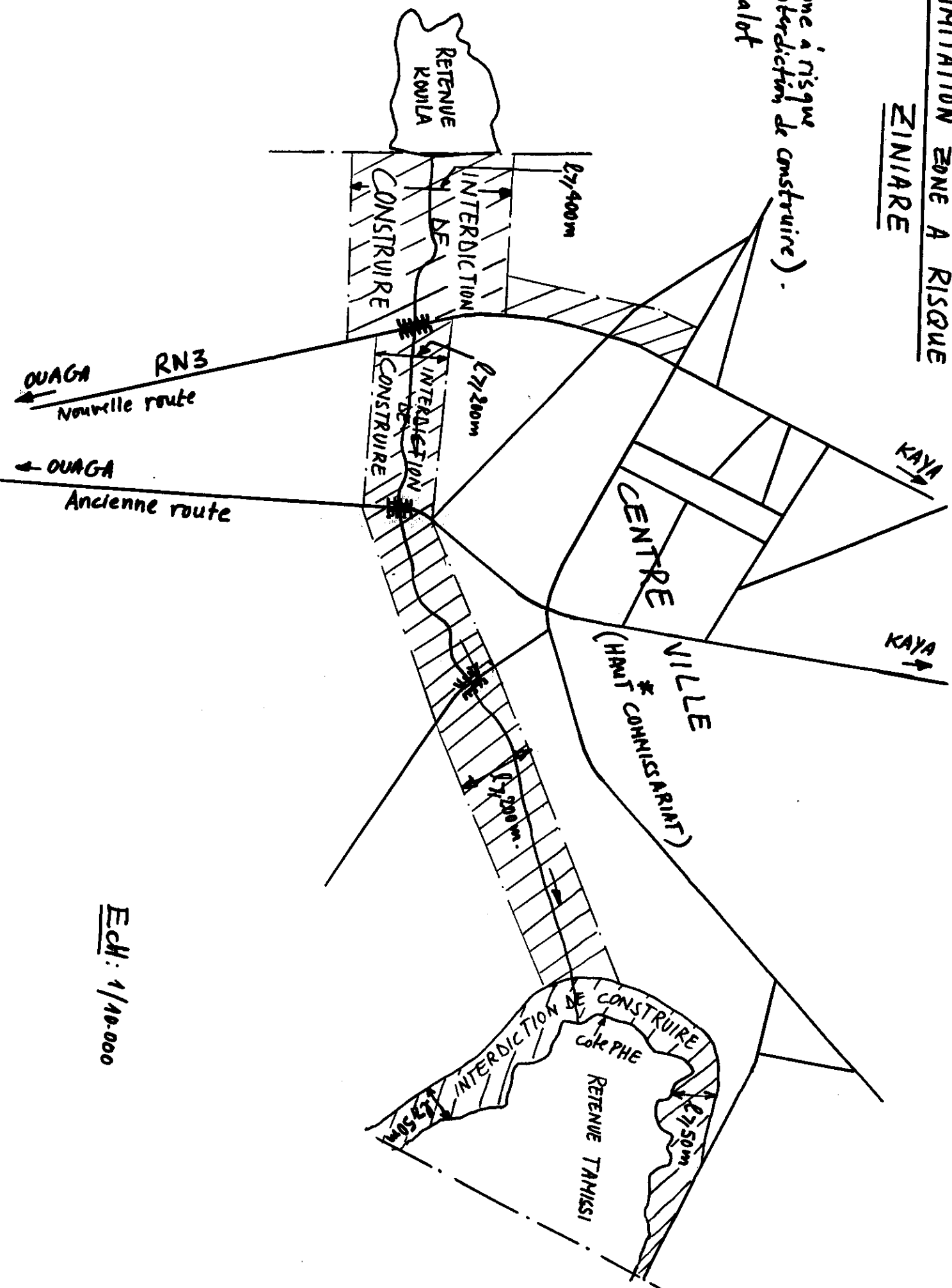
(source: Renseignements sur site)

DELIMITATION ZONE A RISQUE

ZINIARE

 Zone à risque
(Interdiction de construire).

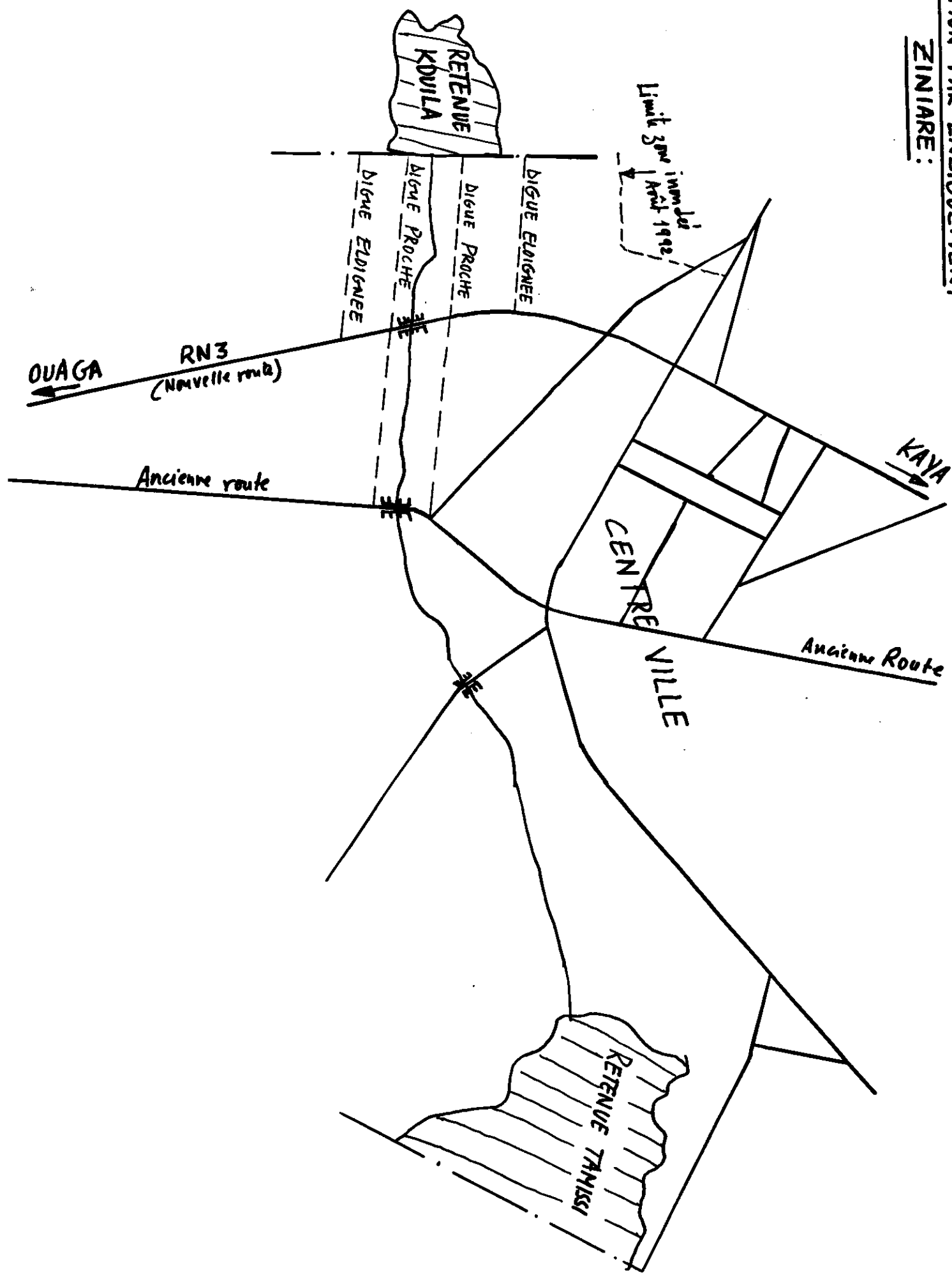
 Dalot



Ech: 1/10.000

PROTECTION PAR ENDIGUEMENT

ZINIARE:



Variante 2 :

CALIBRAGE - RECALIBRAGE - REPROFILAGE - DEBLAI

L'objectif est l'augmentation sensible de la section du lit mineur pour abaisser les lignes d'eau en crue et diminuer la fréquence des inondations. Cette mesure collective s'applique à un tronçon suffisamment long pour être efficace et sera utilisée pour le bâti existant.

Description

Elargissement et/ou approfondissement du lit mineur par déblai pour obtenir une section permettant le passage d'une crue de projet sans débordement (par exemple crue cinquintennale en agglomération).

Le calibrage dépasse généralement la mise au gabarit par simple enlèvement d'obstacles locaux en augmentant partout la section du lit mineur sur une longueur égale à plusieurs dizaines de fois sa largeur.

L'opération de calibrage comporte notamment :

- l'acquisition de l'emprise nécessaire ;
- le nettoyage préalable du lit ;
- le déblai à la pelle à sec ;
- l'évacuation et la mise en dépôt des matériaux enlevés ;
- le rétablissement des réseaux ;
- le façonnage et la protection des berges nouvelles ;
- la création ou le rétablissement de voies permettant l'entretien ;
- la reconstitution d'un paysage de rive.

SUJETION DE REALISATION :

Mise en oeuvre : la réalisation des travaux en rivière est soumise aux intempéries. Ils seront faits en saison sèche.

- procéder au préalable à une bonne observation des niveaux de crues, à une étude hydraulique de dimensionnement et à un examen sérieux des impacts du projet ;

- protéger les fondations des ouvrages existants dans la rivière (Dalots, pont....etc) et sur ses rives.

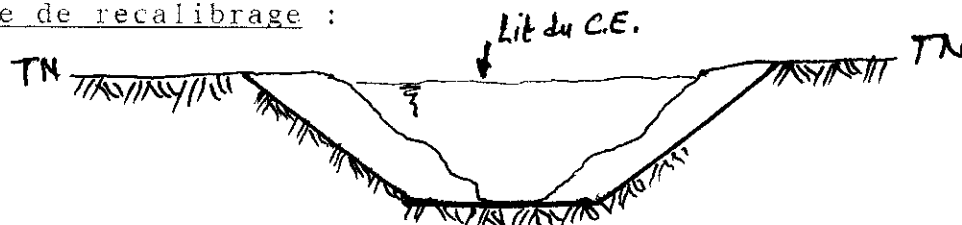
Effets induits

Modification importante des conditions dynamiques et sédimentologiques du lit mineur présentant des risques :

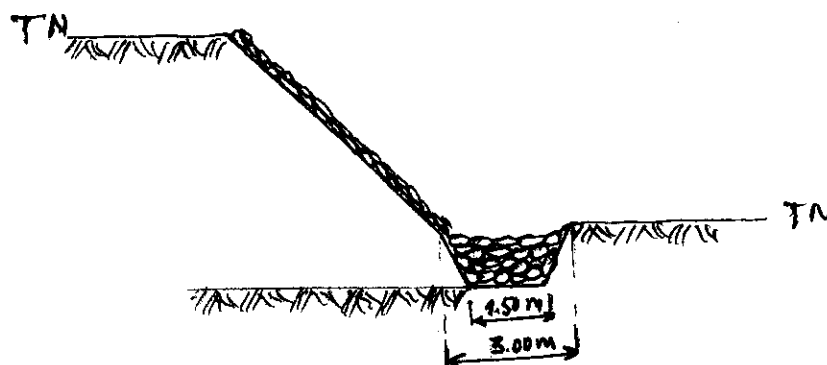
- De creusement généralisé des lits à fond mobile notamment lorsqu'on passe d'un débordement biennal à un débordement décennal ou plus rare ;

- De remblaiement progressif du tronçon calibré lorsqu'on passe d'un débordement décennal à un débordement trentennal ou plus rare (cas fréquent en zone urbaine).

Exemple de recalibrage :



Protection de talus (Enrochement) :



Conclusion

Cette variante est à éviter à ZINIARE puisque d'une façon générale, toute correction et notamment le fait de vouloir évacuer sans débordement tous les débits dans un chenal unique, entraîne une augmentation des vitesses et donc une érosion du fond et/ou des berges.

Par ailleurs, tout approfondissement déclenche inmanquablement l'érosion régressive qui s'avère dangereux lorsqu'elle se localise en aval d'ouvrage de franchissement (tel notre dalot). Les dimensions à donner au cours d'eau à partir des calculs joints en annexe sont :

Profondeur	=	3.87 m	Débit à évacuer	=	27m ³ (s)
Base	=	3.20 m			(décennal)
S	=	28 m ²			

Avec l'ouvrage existant (Dalot), ces dimensions obligent à reconstruire à un autre dalot.

Cette solution est en conclusion à Proscrire à ZINIARE.

6.2. SITE DE KOLOGHIN -GUESSE :

6.2.1. Généralités :

Le périmètre irrigué de Kologhin - GUESSE est situé à l'aval du barrage qui porte le même nom. Ce barrage a été construit en 1987 et se situe dans la province d'OUBRITENGA, département de Ziniaré.

Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

- Latitude 12°37' Nord
- Longitude 01°12' Ouest.

Le site se trouve à 10 Km au Nord-Est de Ziniaré soit 45 Km de OUAGA et l'accès sur site se fait en empruntant la RN3.

6.2.2. Situation du périmètre après l'inondation

L'aménagement d'environ 30 ha situé à l'aval du barrage a subi des dégâts très importants, principalement sur le réseau d'irrigation et sur 20 % du périmètre. La crue exceptionnelle dans la nuit du 28 au 29 Août 1992 avait affecté deux points de fragilité à savoir la digue et le déversoir. Cette crue a eu pour conséquence la surverse des eaux sur la digue et le déversement sur le déversoir. Ce qui a provoqué à l'aval la destruction des ouvrages. Ces dégâts se résument comme suit :

- Destruction totale du bajoyer RD ;
- Destruction mur d'encrage RD ;
- Fissuration du Bajoyer RG ;
- Décollement du parement aval de la digue sur
à peu près :
 - RG # 240 m
 - RD # 380 m
- Destruction totale du canal primaire ;
- Destruction partielle des canaux secondaires ;
- Destruction de l'ouvrage de prise ;
- Destruction du pont du canal ;
- Destruction des cultures.

6.2.3. Etude :

Le but de cette étude est de dégager les causes des dégâts occasionnés par la pluie exceptionnelle. Pour cela, nous avons fait une étude hydrologique sur le bassin versant de Kologhin-GUESSE jointe en annexe III. De cette étude, nous comparons les résultats obtenus à ceux de l'étude de 1986 qui a servi à la construction du barrage et tirons des conclusions sur le dimensionnement de tels ouvrages.

Interprétation des résultats et comparaison :

La pluie exceptionnelle de la nuit du 28 au 29 Août 1992 d'une hauteur d'eau de 192 mm sur le site est une pluie millénaire. Elle a entraîné la submersion totale de la digue puis sa rupture. Le dimensionnement de ce type d'ouvrage est fait le plus souvent avec les pluies décennales. Le débit de projet étant déterminé par les différentes méthodes (ORSTOM - CIEH /EIER) en se basant sur la pluie décennale, il est normal que le barrage ait été submergé compte tenu de la pluie exceptionnelle.

Il est constaté des insuffisances au niveau des estimations des crues dans l'étude technique de 1986 à savoir :

- les crues estimées par ces études donnaient un débit de projet de $70 \text{ m}^3/\text{s}$ (Durée de retour 100 ans). L'évaluation faite actuellement nous donne un débit de projet de $105 \text{ m}^3/\text{s}$;

- le bassin versant a été classé dans un régime tropical c'est-à-dire une pluviométrie annuelle supérieure à 800 mm. L'étude actuelle classe le bassin dans un régime sahélien car la pluviométrie annuelle est de 726 mm ;

- la crue centennale à partir de la longueur de déversoir retenue par l'étude de 1986 ne pouvait pas être évacuée ;

La longueur minimale calculée devra permettre de limiter les dégâts lors du passage de la crue exceptionnelle.

Les informations recueillies sur le site auprès des populations laissent croire qu'une lame d'eau d'environ 20 cm a déversé au dessus de la digue. Le débit de crue estimé sur cette base donne environ $228 \text{ m}^3/\text{s}$ dont $140 \text{ m}^3/\text{s}$ par le déversoir et $88 \text{ m}^3/\text{s}$ au dessus de la digue ; la longueur de déversement minimale pour cette crue est 220 m, la vitesse de passage $1,94 \text{ m/s}$. Cette crue représente à peu près 2 fois la crue centennale qui est de $105 \text{ m}^3/\text{s}$. Il serait inopportun de dimensionner un barrage de la taille de Kologhin-Guésse en prévision d'un tel débit car son risque R en 30 ans est d'une "chance" sur trois et les coûts seraient prohibitifs.

La difficulté de la maîtrise de l'eau est le plus important des phénomènes évoqués en année de fortes pluviométries ou en présence d'une pluie rare, des averses successives sur plusieurs jours peuvent submerger les cultures implantées dans les aménagements et les asphyxier, le volume des apports devenant du coup supérieur aux prévisions. Cette non maîtrise de l'eau dans le cas d'un aménagement à l'aval d'un barrage peut être liée à :

- la grande incertitude des calculs de la quantité d'eau à laquelle on peut s'attendre. Les méthodes de prédimensionnement de l'écoulement annuel (Rodur 1975, Dubreuil et Vuillaume 1975) et de la crue décennale (Rodier et Auvray 1965) utilisées ne sont pas très précises ;

- la difficulté liée à l'extrapolation des résultats caractérisant le régime hydrologique d'un bassin versant à un autre. L'imprécision s'accroît avec l'influence des facteurs physiques propres à chaque bassin (pente, végétation, perméabilité des sols, degré de mise en culture).

Ces difficultés influencent beaucoup sur les résultats de calcul devant conduire au dimensionnement des ouvrages à mettre en place. Une mauvaise appréciation ou adaptation d'un couvert végétal observé en 1975 par exemple peut induire des erreurs à la détermination du coefficient de ruissellement ce qui, influencerait du coup sur la crue de projet. Aussi, serait-il souhaitable d'adapter tous les paramètres pris en compte dans les calculs au contexte actuel. Ceci minimiserait les erreurs et réduirait assurément l'importance des dégâts en cas de pluie exceptionnelle. Le domaine de validité de la méthode ORSTOM est à respecter pour éviter ces mêmes causes lors des études de ce type d'ouvrage. En outre, les pluies varient de façon très aléatoire dans le temps et dans l'espace. Le risque de voir une telle pluie rare de retour est très minime. En trente huit (38) années d'observation, les pluies maximales annuelles sont voisines de 70 mm avec une exception en 1967 où il avait été enregistré 123 mm.

La pluie exceptionnelle de 1992 d'une hauteur de 189,6 mm donne une crue de projet de 228 m³/s et une longueur de déversoir laminé de 176 m. L'étude, sans tenir compte de la pluie exceptionnelle donne une crue de projet de 105 m³/s pour une longueur de déversement de 93 m. Initialement, il avait été retenu et le barrage réalisé pour une crue de 70 m³/s et une longueur de déversement de 60.00 m. Comme les études l'ont démontré la capacité de l'évacuateur avait été sous dimensionné et la crue décennale ne pouvait être évacuée. Or, ces types d'ouvrages se dimensionnent pour une crue décennale majorée d'un coefficient (crue de projet). Par contre, prendre en compte la pluie exceptionnelle qui n'arrive que très rarement car sa durée de retour a été estimée sur site millénaire, sera aberrant et ne rendra pas le barrage économique. Même si effectivement la pluie exceptionnelle puisse se répéter dans un temps très réduit, nous trouvons inopportun de dimensionner ce barrage de Kologhin-Guessé pour un tel débit. Les dimensions trouvées par l'étude actuelle seront donc retenues soient :

Crue de projet = 105 m³/s
Longueur du déversoir = 93 m
Fréquence = 100 ans

Le risque pris ici est d'accepter des dégâts moins importants en cas d'une pluie exceptionnelle de l'importance de celle du mois d'Août 1992. Mais, ce risque étant d'une "chance" sur trente vu que le phénomène est très rare, le barrage est en sécurité pour des pluies de durée de retour de 100 ans ce qui dépasse largement la durée de vie d'un tel ouvrage qui est de l'ordre de 30 ans.

6.2.4. REFECTIION DES TRAVAUX :

Les travaux de réfection du barrage sont actuellement en cours de réalisation et concernent :

- le seuil : longueur effectivement retenue = 90,00m ;
- fosse de dissipation : prolongement sur 30,00 m supplémentaires ;
- Mur bajoyer : refait suivant les mêmes caractéristiques que l'étude technique de 1986 ;
- Chenal d'évacuation ;
- DIGUE : les travaux sont refaits sur les deux rives à savoir :
 - . Rive droite : reconstruction totale.
 - . Rive gauche : Reconstruction partielle sur les parties détériorées uniquement.

L'exécution de ces travaux devra se faire avec le maximum de soin en respectant les taux de compactage. Les caractéristiques de la digue devront être les mêmes et un contrôle strict de compactage doit être exigé lors de l'exécution.

- Aménagement aval : les travaux de réfection ne sont pas en cours mais les canaux d'irrigation devront être reconstruits suivant les dimensions définies par l'étude. Le calage sera rigoureusement respecté. De même pour l'ouvrage de prise dont le diamètre, la position et le cote ont été définis par l'étude.

6.3. SITE DE ZIGA

ZIGA est un village situé à 17 Km à l'Est de Ziniaré soit 52 Km de Ouagadougou. De même que les autres sites déjà étudiés, ZIGA a connu des dégâts importants suite à la pluie exceptionnelle du 28 Août 1992. Suivant les renseignements recueillis sur place, le village a été inondé partiellement et le quartier concerné s'appelle RIMASSA. Une partie du quartier inondé était nouvellement construite dans un bas-fond en retrait des autres habitations. Nous notons qu'il n'existe pas de barrage ou retenue d'eau dans le secteur.

Les dégâts suivants ont été occasionnés :

- Destruction des cases dans le bas-fonds ;
- Destruction partielle des champs ;
- Perte du bétail.

Il nous a été rapporté que :

- Pas de perte en vie humaine ;
- Le niveau de l'eau dans le bas-fonds mesuré sur les arbres après la pluie a atteint : h # 2,75 m ;
- Niveau de l'eau sur les cases situées sur les hauteurs : h # 60 cm ;
- Le phénomène n'a jamais été vécu par les villageois mais inondation fréquente du bas-fonds ;
- Les cases écroulées étaient construites en matériaux locaux.

Manifestation de l'inondation et secours

Pendant la pluie, le bas-fond s'est constitué un secteur à vocation de stockage transitoire de la crue. En effet, l'eau ruisselant des hauteurs s'est stockée dans le bas-fond et inondé les maisons. L'importance de l'eau a aussi obligé les occupants des maisons implantées dans le bas-fond à se réfugier sur les arbres. C'est ainsi qu'il a été évité une perte en vie humaine. Toutefois, tous les biens matériels ont été emportés et l'organisation des secours pendant et après l'inondation s'est passée de la manière suivante :

- Intervention d'un hélicoptère : cette intervention a manqué d'efficacité pour la simple raison que l'abondance d'eau n'a pas permis l'atterrissage de l'appareil qui de plus n'était pas équipé d'échelle de sauvetage ;

- Intervention des villageois : ces derniers ont tenté en vain d'évacuer les intéressés des arbres. Leur intervention a été ainsi inefficace pendant tout le temps que l'eau était à un niveau très élevé ne leur permettant pas d'y accéder. Après une attente de plusieurs heures, le niveau de l'eau a baissé et les villageois ont utilisé des perches qu'ils ont tendu aux inondés afin de les sortir des arbres où ils s'étaient réfugiés. Après l'inondation, les autorités ont apporté des secours d'ordre social et essentiellement des tentes, des habits et des vivres.

Remarques

La rareté des phénomènes de pluies aussi importantes encourage les villageois à s'installer dans des bas-fonds où ils peuvent sans souci d'un risque d'inondation, implanter des puits à proximité de leurs maisons. Cette situation interpelle à la réflexion sur la possibilité d'évacuer les personnes valides, handicapées ou brancardées hors de la zone en cas de crue. Certaines recommandations telles que la mise en place d'un dispositif élévateur sur les maisons qui sont en matériaux de très mauvaise qualité (portiques, poulies, crochets...etc), d'une plate forme d'atterrissage pour un hélicoptère ne peuvent être envisagés en milieu rural africain. L'expérience de ZIGA nous conduit à solliciter de la part des autorités une interdiction de construire des habitations dans ces endroits où le risque d'inondation est très élevé. De même, ils devront éviter autant que faire se peut aux villageois de compromettre leur récolte dans ces endroits. Par conséquent, les constructions doivent se faire sur les hauteurs et la pratique des champs de brousse prolongée (l'auto-correction pour les constructions est déjà faite).

ETAT DU BARRAGE ET DE L'AMENAGEMENT DE KOLOGHIN-GUESSE
APRES L'INONDATION. (PHOTO : BERA)

Vue d'ensemble
Déversoir-Digue



Vue d'ensemble
Déversoir-Digue
Rive droite.



ETAT DU BARRAGE ET DE L'AMENAGEMENT DE KOLOGHIN-GUESSE
APRES L'INONDATION. (PHOTO : BERA)

Parement aval
Rive gauche



Canal primaire de
l'aménagement aval
détruit.



ETAT DU BARRAGE ET DE L'AMENAGEMENT DE KOLOGHIN-GUESSE
APRES L'INONDATION. (PHOTO : BERA).

Etat d'un ouvrage
de prise.



Bajoyer rive gauche
mis à nu.



CONCLUSION

L'état du site de Ziniaré c'est-à-dire le remblai de la route RN3 reliant OUAGA-KAYA, le débordement de la rivière et la capacité d'évacuation peu importante du dalot contribuent, en cas de fortes pluies, à inonder les abords immédiats du marigot. Pour pallier à ce problème, on pourrait penser à augmenter la capacité d'évacuation du cours d'eau en réalisant un recalibrage. Mais, compte tenu des risques d'érosion régressive liés à cette technique, cette solution, viable techniquement et économiquement, est peu recommandable. Une autre solution, plus rustique, consisterait à déplacer les habitations situées en zones inondables et à y interdire tous types d'activités. Cette mesure qui exige seulement le dédommagement des personnes à déplacer, serait la mieux indiquée. Sur le même site, la construction de digues submersibles destinées à protéger les habitations des eaux de débordement du marigot serait également envisageable. Ces digues qui suivront le lit du cours d'eau peuvent être construites sur le lit majeur du marigot. Cette technique nécessite, certes, des investissements mais n'exige pas de grandes connaissances techniques. Elle est réalisable par les populations elles-mêmes si un encadrement leur est assuré.

A Kolohin -Guessé, le barrage a été dimensionné pour une crue de projet de $70 \text{ m}^3/\text{s}$. La pluie exceptionnelle d'Août 1992 a donné une crue trois fois supérieure à celle prévue. Ce qui a provoqué la rupture des deux points de fragilité que sont la digue et le déversoir. Cette rupture a ainsi occasionné l'inondation du périmètre aménagé en aval. Pour remédier aux inondations éventuelles, le barrage de Kolohin-Guessé nécessite des travaux de réfection avec un prolongement de 30 m de la longueur initiale du déversoir.

Il faut cependant, signaler que, ce n'est pas une solution ultime étant donné que la pluie reste un phénomène incertain. Elle permettrait néanmoins, de minimiser les dégâts en cas de pluie exceptionnelle et offre une garantie pour au moins une crue centennale.

L'analyse des mécanismes d'endommagement nous a permis de constater que certains ouvrages, placés en milieu urbain, ont une action néfaste sur des infrastructures et sur les populations. Il faut aussi noter que les riverains s'exposent au risque d'inondation en s'installant sur les zones à risque. Leur installation est souvent motivée par la recherche des points d'eau. La réalisation des ouvrages et l'aménagement urbain d'une manière générale doivent prendre en compte l'existant pour mieux combiner les effets induits de certains ouvrages sur d'autres et sur les populations. Pour cela, la prévention du risque d'inondation est une responsabilité importante des pouvoirs publics. Elle exige une coopération des services de l'Etat et des collectivités locales. Il y a donc nécessité de prendre en compte les risques dans l'aménagement du territoire et l'occupation des sols.

Notons finalement que, du fait de la grande incertitude des calculs de l'estimation de la quantité d'eau à laquelle on peut s'attendre, nous conseillons de mieux mesurer la pluviométrie et les débits. Un exutoire, peut bien servir à ce but et ce d'autant plus que la superficie d'un bassin versant qu'il draine peut facilement être estimée. Les méthodes de prédétermination de l'écoulement annuel et de la crue centennale (Rodier et Auvray 1965) utilisées ne sont pas très précises. L'imprécision s'accroît avec l'influence des facteurs physiques propres à chaque type de bassin. Il est opportun de les adapter au contexte actuel.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cours d'hydrologie de 2ème année E.I.E.R.
DE M.GUINAUDEAU
Janvier 1984
- [2] Maitrise des crues dans les bas-fonds
Dossier N°12 Février 1988
SYLVAIN BERTON
- [3] Les Etudes préliminaires à la cartographie
réglementaire des risques naturels majeurs
Documentation PER/FRANCE
Juin 1990
- [4] Catalogue des mesures de prévention "INONDATIONS"
Documentation PER/FRANCE
- [5] La cartographie des plans d'exposition au risque
d'inondation
Documentation PER/FRANCE
- [6] L'Hydrologie de l'ingénieur
G. Réménieras
Edition EYROLLES 1986

7.NOTE DE CALCUL

7.1. A N N E X E I

" Analyse du Phénomène Pluviométrique "

L'essentiel de cette analyse est d'examiner les pluies et d'en faire des prévisions. Comme nous le savons, les pluies constituent l'élément fondamental du climat, leur variabilité est très grande dans le temps et dans l'espace ceci par leur importance et leur variation. Aussi, nous nous attellerons d'abord à faire une analyse fréquentielle des pluies sur quatre stations dans la province d'Oubritenga. A l'issue de cette analyse, nous déterminerons une pluie décennale qui nous conduira à l'estimation de la crue centennale Q_{100} . Ensuite, nous situerons la fréquence du phénomène de la pluie exceptionnelle et déduirons si la répartition de cette pluie est inégale ou identique dans toute la province étudiée.

1. Méthodes basées sur l'analyse fréquentielle

Plusieurs versions existent qui déterminent la crue décennale Q_{10} en fonction de la pluie. Mais, il n'existe pas de formule explicite donnant Q_{100} à partir de Q_{10} . Le passage de cette dernière à la Q_{100} se fait par un coefficient majorateur C que nous déterminerons ultérieurement.

Parmi les méthodes basées sur la pluie, les plus répandues en Afrique occidentale sont la méthode du CIEH et la méthode ORSTOM, toutes deux largement détaillées dans le polycopié du cours d'Hydrologie de l'EIER par M. GUINAUDEAU. Nous suivrons donc la démarche proposée par cet ouvrage.

Déterminons d'abord les caractéristiques du bassin versant :

Caractéristiques du bassin-versant :

Le bassin de Ziniaré a une superficie de $17,5 \text{ Km}^2$ déterminé à partir de la carte de OUAGA ND - 30 V Echelle 1/200 000. L'ensemble du bassin est constitué d'une savane arbustive avec des zones de cultures parsemées de quelques arbres. Les principales caractéristiques se résument comme suit :

Surface = 17,5 Km²

Coordonnées géographiques
du barrage de Tamissi :

Pan<800mm ==> Régime Sahélien

01°/16'/47 W

12°/33/49 N

Indice global de pente $I_g = 3 \text{ ‰}$

Pluie annuelle moyenne Pan 726 mm (Données Guilongou)Pluie journalière décennale humique = $P_{10} = 88,17 \text{ mm}$

Temps de montée $t_m = 7h$

Temps de base $t_b = 16h35'$

Coefficient de ruissellement $K_{10} = 36 \%$

Rapport entre les $Q_{\max}$ et Q_{moy} $K = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{moy}}} = 2,6$

Coefficient d'abattement $A = 0,83$

Catégorie R_1 P_1

Indice de compacité $I_{comp} = 1,34$

Analyse de la pluie

Ajustement d'une loi convenable à l'échantillon

Les données sont disponibles pour les stations de Guilongou, Boussé, Ouagadougou et de Korsimoro. La loi statistique adaptée à l'analyse de pluies journalières maximales est la loi de Gumbel de fréquence expérimentale $F = \frac{i}{n+1}$

L'ajustement se fera graphiquement et par calcul.
La loi de Gumbel ayant comme paramètres x_0 et s définis comme suit :

Si m = moyenne de l'échantillon $m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{\max} (i)$

S = Ecart type de l'échantillon $S = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - m)^2}$

$$X_n = m - \alpha_n \sqrt{\quad}$$

$$S_0 = \beta_n \nabla$$

Ou α_n et β_n se lisent dans le tableau suivant (Tiré du polycopié d'Hydrologie de M. Guinaudeau) en fonction du nombre d'années.

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
α_n	0,521	0,493	0,482	0,477	0,472	0,470	0,468	0,466	0,465	0,464	0,450
β_n	0,053	0,941	0,899	0,876	0,861	0,851	0,844	0,838	0,833	0,829	0,780

* Ajustement graphique :---> Echantillon de Guilongou :

ANNEE	PLUIEMAX	FREQUENCE
1955	79,3	0,810
1956	99,1	0,946
1957	39,7	8,10. 10 ⁻²
1958	60,0	0,513
1959	40	0,108
1960	51,5	0,297
1961	69,5	0,757
1962	60	0,540
1963	66,2	0,730
1964	54	0,351
1965	60,7	0,594
1967	54,4	0,378
1968	103,7	0,973
1969	57,3	0,459
1970	37	0,054
1971	91,6	0,892
1972	36,9	0,027
1973	46	0,162
1974	64,5	0,648
1975	46,8	0,216
1976	54,6	0,405

ANNEE	PLUIEMAX	FREQUENCE
1977	64,3	0,621
1978	93,1	0,919
1979	98,1	0,865
1980	66,1	0,702
1981	49,1	0,27
1982	70,5	0,784
1983	60,4	0,567
1984	52,9	0,324
1985	44,1	0,135
1986	48,5	0,243
1987	65,5	0,675
1988	83,7	0,838
1989	58,8	0,486
1990	55,1	0,432
1991	46,5	0,189

$$m = 61,65 \text{ mm}$$

$$S = 17,47 \text{ mm}$$

ECHANTILLON DE BOUSSE

ANNEE	Pmax	FREQUENCE
1960	46,8	0,25
1961	42	0,187
1962	67,1	0,656
1963	50,8	0,312
1964	53,9	0,375
1965	61,3	0,531
1966	58,4	0,437
1967	60,9	0,5
1968	71,2	0,718
1969	62	0,562
1970	73,4	0,750
1971	75	0,844
1972	60,2	0,469
1973	74,7	0,812
1974	87,8	0,906
1975	90	0,937
1976	50,7	0,281
1977	63,7	0,594
1978	53,1	0,344
1979	69,5	0,687
1980	34,7	0,031
1981	102,5	0,969
1982	46,5	0,218
1983	36,7	0,094
1984	39,8	0,156
1985	37,5	0,125

ANNEE	Pmax	FREQUENCE
1986	57,2	0,406
1987	84,6	0,875
1988	36,0	0,062
1989	64,6	0,625
1990	74,0	0,781

 $m = 60,86 \text{ mm}$
 $S = 17,13 \text{ mm}$

ECHANTILLON DE KORSIMORO

ANNEE	Pmax	FREQUENCE
1964	44,9	0,178
1965	70,2	0,678
1966	49,7	0,25
1967	58,3	0,571
1968	46,2	0,214
1969	53,8	0,393
1970	61	0,643
1971	60,7	0,607
1972	57,2	0,5
1973	36,9	0,0714
1974	74	0,786
1975	40,9	0,143
1976	99,5	0,964
1977	74,8	0,821
1978	38,7	0,107
1979	88,5	0,928
1980	50,7	0,286
1981	88,5	0,893
1982	54,8	0,428
1983	53,6	0,357
1984	36,6	0,036
1985	72	0,75
1986	57,3	0,536
1987	75,4	0,857
1988	56,1	0,464

1989	53	0,321
1990	71	0,714

 $m = 60,16 \text{ mm}$
 $S = 16,297 \text{ mm}$

ECHANTILLON DE OUAGADOUGOU

ANNEE	PICIMAX	FREQUENCE
1921	56,9	0,43
1923	100,4	0,91
1926	95,3	0,88
1927	41,2	0,059
1928	49,1	0,21
1929	55,1	0,4
1930	113	0,97
1931	58,5	0,46
1932	69,5	0,64
1933	71	0,66
1934	71	0,67
1935	78	0,72
1936	60,8	0,49
1937	101,8	0,92
1938	62,8	0,54
1939	46,5	0,134
1940	54,6	0,39
1941	82,5	0,79
1942	54	0,37
1943	95,1	0,86
1944	44,8	0,11

ANNEE	PLUIEMAX	FREQUENCE
1945	97,9	0,89
1946	66	0,6
1947	49,7	0,24
1948	33,6	0,8
1949	80,7	0,76
1950	75,4	0,7
1951	45,5	0,12
1952	49,5	0,22
1953	123,2	0,98
1954	37,8	0,015
1955	52,4	0,33
1956	67,5	0,63
1957	66,4	0,61
1958	53,9	0,35
1959	106,6	0,94
1960	46,9	0,15
1961	64,3	0,57
1962	94	0,85
1963	60,9	0,5
1964	52,2	0,3
1965	64,5	0,58

=====>

SUITE

ANNEE	PLUIEMAX	FREQUENCE
1966	48,9	0,19
1967	61,9	0,52
1968	40,9	0,045
1969	81,9	0,77
1970	41,7	0,075
1971	85,9	0,83
1972	60,5	0,48
1973	79,3	0,75
1974	52,2	0,31
1975	55,2	0,42
1976	57,8	0,45
1977	108	0,95
1978	85,3	0,82
1979	39,1	0,029
1980	78	0,72
1981	51,9	0,28
1983	50,3	0,25
1984	42,8	0,089
1985	50,4	0,27
1986	47,2	0,16
1987	53	0,34

ANNEE	PLUIEMAX	FREQUENCE
1988	64,2	0,55
1989	74,9	0,69
1990	47,9	0,18

 $m = 66,06 \text{ mm}$
 $S = 20,41 \text{ mm}$

Ajustement par calcul

La loi statistique adaptée à l'analyse des pluies journalières maximales est la loi DE Gumbel. Ajuster cette loi à un échantillon revient à déterminer les paramètres n_0 et S

avec :
$$\begin{cases} x_0 = m - \alpha n.S \\ S_0 = \beta n.S \end{cases}$$

Echantillon de Ouagadougou

Nombre d'années d'observation $n = 66$

Par interpolation $n = 0,469$ et $n = 0,847$

$m = 66,06$ mm

$S = 20,41$ mm.

$x_0 = 66,06 - 0,469 * 20,41 = 56,49$ mm # $56,50$ mm

$S_0 = 0,847 * 20,41 = 17,30$ mm.

On obtient une pluie journalière maximale P_{max} de fréquence de non dépassement F_{nd} par la formule :

$$P_{max} = X_0 + S_0 U(F_d)$$

$$\text{Ou } U(F_d) = - \ln(-\ln(F_d))$$

Pour des durées de retour de 10 ans, 20 ans, 100 ans et 1 000 ans, nous obtenons :

$$P_{10} = 2,25 * 17,30 + 56,50 = 95,42 \text{ mm}$$

$$P_{20} = 2,97 * 17,30 + 56,50 = 108,78 \text{ mm} \# 108 \text{ mm}$$

$$P_{100} = 4,60 * 17,30 + 56,50 = 136 \text{ mm}$$

$$P_{1000} = 6,91 * 17,30 + 56,50 = 176 \text{ mm.}$$

Echantillon de Guilongou :Moyenne $m = 61,65$ mmEcart Type $S = 17,47$ mmDéterminons α_n et β_n =

Dans le tableau nous n'avons pas les valeurs de α_n et β_n pour $n = 36$, nous les interpelons :

$$n = 30 \text{ ---} \rightarrow \alpha_n = 0,482$$

$$n = 40 \text{ ---} \rightarrow \alpha_n = 0,477$$

$$n = 36 \text{ ---} \rightarrow \alpha_n = 0,482 \times \left(\frac{0,482 - 0,477}{10} \right) \times 6 = 0,479$$

$$n = 30 \text{ ---} \rightarrow \beta_n = 0,899$$

$$n = 40 \text{ ---} \rightarrow \beta_n = 0,876$$

$$n = 36 \text{ ---} \rightarrow \beta_n = 0,899 - \left(\frac{0,899 - 0,876}{10} \right) \times 6 = 0,885$$

$$x_0 = m - \alpha_n \cdot S = 61,65 - 0,479 \times 17,47 = 53,28 \text{ mm} \# 53,30 \text{ mm}$$

$$S_0 = \beta_n \times S = 0,885 \times 17,47 = 15,46 \text{ mm} \# 15,50 \text{ mm}$$

* Calcul de la pluie orageuse (Forte)

Calcul de F :

$$F_{nd} = e^{-e^{-u}}$$

$$U = - \ln (- \ln F)$$

Pluie décennale ==> arrive une fois tous les 10 ans

$$F_{nd} = 1 - f \text{ avec } f = \frac{1}{\text{Pluie cherchée}} \text{ ==> } F_{nd} = 1 - \frac{1}{10} = 0,9$$

58

$$U = - \ln (- \ln 0,90) = 2,25$$

$$U = \frac{x(F) - x_0}{S}$$

$$\implies x(F) = U.S_0 + x_0 = 2,25 \times 15,50 + 53,30 = 88,17 \text{ mm}$$

$P10 = 88,17 \text{ mm}$

 Pluie décennale

$$\text{Pluie vingtennale : } F = 1 - \frac{1}{20} = 0,95$$

$$U = - \ln (- \ln 0,95) = 2,97$$

$$P20 = U.S_0 + x_0 = 2,97 \times 15,5 + 53,30 = 99,34 \text{ mm}$$

$P20 = 99,34 \text{ mm}$

Pluie cinquantennale

$$F = 1 - \frac{1}{50} = 0,98$$

$$U = - \ln (- \ln 0,98) \\ = 3,90$$

$$\text{Pluie centennale} = F = 1 - 0,01 = 0,99$$

$P50 = 113,78$

$$U = - \ln (- \ln 0,99) = 4,60$$

$$P100 = 4,60 \times 15,5 + 53,30 = 124,6 \text{ mm}$$

$P100 = 124,6 \text{ mm}$

$$\text{Pluie millennale} = F = 1 - 0,001 = 0,999$$

$$U = - \ln (- \ln 0,999) = 6,91$$

$P1000 = 160,40 \text{ mm}$

Echantillon BOUSSE

$$m = 60,86 \text{ mm}$$

$$S = 17,13 \text{ mm}$$

$$n = 31 \implies \alpha_n = 0,482 - \left(\frac{0,482 - 0,477}{10} \right) \times 1 = 0,482$$

$$\beta_n = 0,899 - \left(\frac{0,899 - 0,876}{10} \right) \times 1 = 0,897$$

$$x_0 = 60,86 - 0,482 \times 17,13 = 52,60 \text{ mm}$$

$$S_0 = 0,897 \times 17,13 = 15,37 \text{ mm}$$

$$P10 = 2,25 \times 15,37 + 52,60 = 87,18 \text{ mm}$$

$$P20 = 2,25 \times 15,37 + 52,60 = 98,25 \text{ mm}$$

$$P50 = 3,90 \times 15,37 + 52,60 = 112,54 \text{ mm}$$

$$P100 = 4,60 \times 15,37 + 52,60 = 123,30 \text{ mm}$$

$$P1000 = 6,91 \times 15,37 + 52,60 = 158,80 \text{ mm}$$

Echantillon KORSIMORO

$$m = 60,16 \text{ mm}$$

$$S = 16,30 \text{ mm}$$

$$n = 27 \implies \alpha_n = 0,493 - \left(\frac{0,493 - 0,482}{10} \right) \times 7 = 0,485$$

$$\beta_n = 0,941 - \left(\frac{0,941 - 0,899}{10} \right) \times 7 = 0,912$$

$$X_0 = 60,16 - 0,485 \times 16,30 = 52,25 \text{ mm}$$

$$S_0 = 0,912 \times 16,30 = 14,86 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned}
 P10 &= 2,25 \times 14,86 + 52,25 = 85,68 \text{ mm} \\
 P20 &= 2,97 \times 14,86 + 52,25 = 96,38 \text{ mm} \\
 P50 &= 3,90 \times 14,86 + 52,25 = 110,20 \text{ mm} \\
 P100 &= 4,60 \times 14,86 + 52,25 = 120,67 \text{ mm} \\
 P1000 &= 6,91 \times 14,86 + 52,25 = 154,93 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tracé de la droite calculée

Nous choisissons deux fréquences, ensuite nous calculons les quantités correspondantes. Les deux valeurs connues, nous plaçons les deux points et traçons la droite.

- STATION DE GUILONGOU :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 0,05 \implies U(F_1) = -\ln(-\ln 0,05) = 1,097 \\
 x(F_1) &= X_0 + U \times S_0 = 53,30 + (-1,097 \times 15,50) = 36,29 \text{ mm} \\
 F_2 &= 0,9 \implies U(F_2) = -\ln(-\ln 0,9) = 2,25 \\
 x(F_2) &= 53,30 + 2,25 \times 15,50 = 88,17 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- STATION DE BOUSSE

$$\begin{aligned}
 X_0 &= 52,60 \text{ mm} \\
 S_0 &= 15,37 \text{ mm} \\
 F_1 &= 0,05 \implies U(F_1) = 1,097 \implies x(F_1) = 35,74 \text{ mm} \\
 F_2 &= 0,9 \implies U(F_2) = 2,25 \implies x(F_2) = 87,18 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- STATION DE KORSIMORO

$$\begin{aligned}
 X_0 &= 52,25 \text{ mm} \\
 S_0 &= 14,86 \text{ mm} \\
 F_1 &= 0,05 \implies x(F_1) = 36 \text{ mm} \\
 F_2 &= 0,9 \implies x(F_2) = 86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

61

- STATION DE OUAGADOUGOU

$$X_o = 56,50 \text{ mm}$$

$$S_o = 17,30 \text{ mm}$$

$$F_1 = 0,05 \Rightarrow x(F_1) = 37,52 \text{ mm}$$

$$F_2 = 0,9 \Rightarrow x(F_2) = 95,42 \text{ mm}$$

BANDE DE CONFIANCE (BC) :

Nous nous fixons un niveau de confiance = 90 %

$$BC = \left[x(F) - U \left(\frac{1+\gamma}{2} \right) \beta(F) \frac{S_o}{\sqrt{n}} ; x(F) + U \left(\frac{1+\gamma}{2} \right) \beta(F) \frac{S_o}{\sqrt{n}} \right]$$

$$U \left(\frac{1+\gamma}{2} \right) = U \left(\frac{1+0,9}{2} \right) = u(0,95) = 1,64$$

$$\text{Posons } A = U \left(\frac{1+\gamma}{2} \right) \cdot \beta(F) \frac{S_o}{\sqrt{n}}$$

Les valeurs de $\beta(F)$ sont lues dans le tableau ci-dessous tiré du cours photocopié d'Hydrologie de M. GUINNAUDEAU Page 30.

VALEUR DE $\beta(F)$ EN FONCTION DE F									
F	0,05	0,10	0,20	0,50	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98
$\beta(F)$	1,46	1,30	1,24	1,44	1,84	2,24	3,16	4,46	7,08

GUILONGOU

$$S_o = 15,50 \text{ mm}$$

$$n = 36$$

BOUSSE

$$S_o = 15,37 \text{ mm}$$

$$n = 31$$

OUAGADOUGOU

$$S_o = 17,30 \text{ mm}$$

$$n = 66$$

KORSIMORO

$$S_o = 14,86 \text{ mm}$$

$$n = 27$$

F = 0,05...A = 6,18	 A = 6,60.....	A = 4,75.....	A = 6,85
F = 0,5...A = 6,10	 A = 6,52	A = 5,03.....	A = 6,75
F = 0,8... A = 9,49	 A = 10,14	A = 7,82	A = 10,50
F = 0,9... A = 13,39	 A = 14,30	A = 11,03	A = 14,82
F = 0,98.. A = 30	 A = 32	A = 24,73	A = 33,20

La bande de confiance est tracé à partir de ces valeurs de A. Le test d'ajustement est positif si ; $\frac{q}{n} \leq 1 - \gamma$

avec q = nombre de points extérieurs à la bande

n = taille de l'échantillon

γ = niveau de confiance.

Intervalle de confiance (IC)

$$I C = [x (F) - \frac{1}{2} \text{ longueur} ; x (F) + \frac{1}{2} \text{ longueur}]$$

X (F) = Quantile décennale

$$\frac{1}{2} \text{ longueur} = t (, n) * A (f,n) * \frac{s}{\sqrt{n}}$$

t (α , n) et A (f,n) se déduisent des tableaux ci-dessous tirés du cours photocopié d'Hydrologie de M. GUINAUDEAU, pages 16 et 29.

valeur de t (α , n) en fonction de α et de n									
$\alpha \backslash n$	5	7	10	15	20	25	30	35	40
80 %	1,64	1,48	1,40	1,35	1,33	1,32	1,31	1,28	1,28
90 %	2,35	2,02	1,86	1,77	1,73	1,71	1,70	1,64	1,64
95 %	3,18	2,57	2,31	2,16	2,10	2,07	2,05	1,98	1,96

Valeur de A (F, n) en fonction de T = 1/f et n											
T \ n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	y
5 ans	1,85	1,72	1,68	1,65	1,63	1,62	1,62	1,61	1,60	1,60	1,55
10 ans	2,62	2,40	2,32	2,27	2,24	2,22	2,21	2,20	2,19	2,18	2,09
20 ans	3,38	3,07	2,96	2,90	2,86	2,83	2,81	2,79	2,78	2,77	2,64
50 ans	4,39	3,97	3,81	3,72	3,67	3,63	3,61	3,58	3,57	3,55	3,37
100ans	5,15	4,64	4,45	4,35	4,29	4,24	4,21	4,18	4,16	4,14	3,93

- STATION DE GUILONGOU

Calcul fait pour une durée de retour de 10 ans.

$$\begin{array}{lcl}
 S = 17,47 \text{ mm} & & \\
 n = 36 & \text{=====>} & \begin{cases} t(\alpha, n) = 1,64 \\ A(f, n) = 2,29 \end{cases}
 \end{array}$$

Nous nous fixons un niveau de confiance de 90 %.

$$\frac{1}{2} \text{---longueur} = t(\alpha, n) A(f, n) \frac{S}{\sqrt{n}} = 1,64 \times 2,29 \frac{17,47}{\sqrt{36}} = 10,93$$

$$X(F) = 88,17 \text{ mm}$$

$$I.C. = [77 \text{ mm} ; 99 \text{ mm}]$$

- STATION DE BOUSSE

$$\begin{array}{lcl}
 S = 17,13 \text{ mm} & & \\
 n = 31 & \text{=====>} & \begin{cases} t(\alpha, n) = 1,688 \\ A(f, n) = 2,315 \end{cases}
 \end{array}$$

$$1/2 \text{ longueur} = 1,688 \times 2,315 \frac{17,13}{\sqrt{31}} = 12,02$$

64

$$X (F) = 87,18 \text{ mm}$$

$$I.C. = [75 \text{ mm} ; 99 \text{ mm}]$$

- STATION DE KORSIMORO

$$S = 16,30 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{l} n = 27 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{=====>} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} t (\alpha, n) = 1,706 \\ A (f, n) = 2,344 \end{array} \right.$$

$$1/2 \text{ longueur} = 1,706 \times 2,344 \frac{16,30}{\sqrt{27}} = 12,54$$

$$X (F) = 85,68 \text{ mm}$$

$$I.C. = [73 \text{ mm} ; 98 \text{ mm}]$$

7.2. ANNEXE II.

"ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT
DE ZINIARE"

ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE ZINIARE

I. CARACTERISTIQUES DU BASSIN :

I.1. Caractéristiques de forme :

- Surface : Déterminée au pluviomètre sur la carte OUAGA ND.30.V
Echelle 1/200.000

$$S = 17,5 \text{ Km}^2$$

- Périmètre : Déterminée au curvimètre sur la carte
OUAGA ND.30.V

Echelle : 1/200.000

$$P = 20 \text{ Km}$$

- Indice de compacité (C) :

Appelé coefficient de forme, il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

$$C = 0,282 P.S^{-1/2}$$

Où P = Périmètre du bassin (Km)

S = surface du bassin (Km²)

$$C = 1,34$$

- Rectangle équivalent :

C'est un rectangle qui a même superficie, même indice de compacité et même distribution hypsométrique que le bassin versant. Sa longueur est donnée par l'expression.

$$L = S^{1/2} (C/1,128) [1 + (1 - (1,128/C^2)^{1/2})]$$

Où : L = longueur (Km)

C = Indice de compacité (sans dimension)

S = Surface du bassin versant (Km²)

$L = 7,65 \text{ Km}$

I. 2. Caractéristiques de pente

- Classification du bassin

Le bassin de Ziniaré est un bassin de plaine. C. Auvray et J. Rochier ont classé l'indice de relief correspondant à ce type de bassin en R₂. Le bassin étant également imperméable (sols argilo-sableux), son indice de perméabilité est P₂ ou encore I dans la méthode de ORSTOM révisée.

Le bassin est donc classé en R₂P₂ ou R₂I

- Indice global de pente :

C. Auvray et J. Rochier ont établi des correspondances suivantes :

bassin de plaine R₂ --> Ig₃ = 3 m/Km.

I.3. Autres paramètres :

- Coefficient d'abattement (K)

Il est déterminé par l'équation :

$$K = 1 - (9 - 42 \cdot 10^{-3} P_m + 152) \cdot 10^{-3} \log S$$

Ou S = Superficie du bassin (Km^2) = 17,5 Km^2

P_m = hauteur moyenne de précipitation annuelle (mm) = 726 mm

$K = 0,83$

- Coefficient de ruissellement :

La méthode ORSTOM révisée prend en compte les coefficients de ruissellement Kr_{70} et Kr_{100} correspondant à des précipitations décennales $P_{10-1} = 70$ mm et $P_{10-2} = 100$ mm, ont été déterminés, en fonction de la superficie S du bassin pour les différentes classes d'infiltrabilité et pour différentes valeurs de l'indice global de pente. Les valeurs retenues correspondent aux situations les plus défavorables au ruissellement. Pour la région sahélienne :

$$K_r = a / (S + b) + C$$

Pour $P_{10} = 70$ mm

bassin imperméable $Ig_3 I$ ou $Ig_3 PI$

a, b, c sont des paramètres définis par les auteurs en fonction des caractéristiques physiques du bassin.

$$Ig_3 I \implies a = 825$$

$$b = 25$$

$$c = 19$$

$$\implies Kr_{10-1} = 38,41 \%$$

$$Ig_3 PI \implies a = 2239$$

$$b = 39$$

$$c = 22$$

$$\implies Kr_{10-2} = 62 \%$$

Pour l'ensemble du bassin nous prenons comme hypothèses :

- 20 % des sols imperméables en PI
- 80 % des sols imperméables répartis aléatoirement en I (les bassins de superficie moyenne ne présentent jamais des conditions d'infiltrabilité homogène).

$$Kr_{10-3} = 62 * (20/100) + 38,41 (80/100) = 43 \%$$

Pour P10 = 100 mm :

$$Ig_1 I \Rightarrow a = 2727$$

$$b = 44$$

$$c = 25$$

$$\Rightarrow Kr_{10-2} = 69 \%$$

$$Ig_1 I \Rightarrow a = 1125$$

$$b = 32,5$$

$$c = 20$$

$$\Rightarrow Kr_{10-1} = 42,5 \%$$

$$\Rightarrow Kr_{10-3} = 69 \times 0,2 + 42,5 \times 0,8 = 47,8 \%$$

Pour P10 = 88,77 mm (Echantillon GUilongou)

$$Kr_{10} = 43 \% + ((47,8 - 43) * (88,17 - 70) / (100-70)) = 46 \%$$

$Kr_{10} = 46 \%$

II. Calcul de la crue décennale :

Pluie moyenne sur le bassin (Pm10) :

Cette pluie est calculée en appliquant à P10 le coefficient d'abattement K déterminé à l'aide de l'équation de Vuilanne.

$$Pm10 = K \cdot P10 = 0,83 \cdot P10$$

$$Pm10 = 0,83 \cdot 88,17 = 73,18 \text{ mm}$$

$$Pm10 = 73,18 \text{ mm}$$

- Lame d'eau décennal ruisselé (Hr10)

$$Hr10 = Pm10 \times Kr10$$

$$= 73,18 \times 0,46 = 33,66 \text{ mm}$$

$$Hr10 = 33,66 \text{ mm}$$

- Volume d'eau décennal ruisselé (Vr10) :

$$Vr10 = 589.099 \text{ M}^3$$

- Temps de base (Tb10) :

Pour la zone sahélienne avec $I_g = 3\text{m/Km}$ il est proposé la relation suivante dont le premier terme correspond au ruissellement dans le réseau hydrographique et le second au ruissellement superficiel avant l'arrivée au premier talweg :

$$\text{Pour } S > 7 \text{ Km}^2 \Rightarrow \text{Tb10} = 250 \cdot S^{0,35} + 300 \text{ exprimé en mn.}$$

$$\text{Tb10} = 250 \times 17,5^{0,35} + 300 = 981 \text{ mn} = 58860 \text{ s.}$$

- Débit moyen de ruissellement (Qm10) :

$$\text{Qm10} = \text{Vr10} / \text{Tb10}$$

$$= 589.099 / 58\ 860 = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Coefficient de pointe décennal (α_{10}) :

$$\alpha_{10} = \text{Q10} / \text{Qm10}$$

On admet $\alpha_{10} = 2,6$ quelque soit la superficie du bassin.

- Débit maximum de ruissellement (Q x r 10)

$$\text{Q x r10} = 10 \times \text{Qm10}$$

$$= 2,6 \times 10 = 26 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Débit de pointe (Qmax 10) :

Ce débit est estimé après examen des terrains perméables qui permet d'évaluer la part d'écoulement retardé à 4 % du débit ruisselé.

$$\text{Qmax}_{10} = \text{Qxr10} \times 4 \% \text{ Qxr10}$$

$$= 26 \times 1,04 = 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Qmax}_{10} = 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Volume d'écoulement retardé (Vret10) :

$$Vret10 = (27 \times 0,04) \times 58860 = 63.568 \text{ m}^3$$

- Volume total de la crue (Vc10)

C'est la somme du volume ruisselé Vr10 et du volume d'écoulement retardé Vret10.

$$Vc10 = 589.099 + 63.568 = 652.667 \text{ m}^3$$

$Vc10 = 652.667 \text{ m}^3$

* Pluie du 28 au 29 Août 1992 :

Pour une pluie tombée en Août 1992 égale à 189,6 mm, la méthode ORSTOM révisée ne tient pas compte des pluies supérieures à 100 mm afin de déterminer le coefficient de ruissellement, nous le prendrons arbitrairement égal à Kr10 = 60 %.

Nous obtenons les résultats suivants :

$$Pm10 = 157,37 \text{ mm}$$

$$Hr10 = 94,42 \text{ mm}$$

$$Vr10 = 1.652.385 \text{ m}^3$$

$$Qm10 = 28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qxr10 = 73 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qmax10 = 76 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Vret10 = 178.746 \text{ m}^3$$

$$Vc10 = 1.831.131 \text{ m}^3$$

	Durée de retour 10ans	28 au 29 Août 1992
P10 (mm)	88,17	189,6
Pm10 (mm)	73,18	157,37
Hr10 (mm)	33,66	94,42
Vr10 (m ³)	589.099	1.652.385
Qm10 (m ³ /s)	10	28
Qxr10 ((m ³ /s)	26	73
Qmax10 (m ³ /s)	27	76
Vret10 (m ³)	63.568	178.746
Vc10 (m ³)	652.667	1 831.131

Estimation de la capacité d'évacuation du
cours d'eau de Ziniaré

Surface du bassin versant = 17,5 Km²

Pan = 726 mm

Pente moyenne = 1%.

Coefficient de rugosité (K) = 20

Périmètre mouillée = 11,00 m

Pour l'écoulement uniforme, Manning donne la relation
suivante : $V = K R^{2/3} I^{1/2}$

avec V = vitesse de l'eau

K = Coefficient de rugosité

R = Rayon Hydraulique

I = Pente.

Assimilons grossièrement la hauteur d'eau au rayon
hydraulique : $V = K. h^{2/3} I^{1/2}$

AN : $Y = 3,87 \text{ m}$

$$b = 2y (\sqrt{1 + m^2} - m) = 2 \times 3,87 (\sqrt{2} - 1) = 3,20 \text{ m.}$$

$$s = y (b + my) = 3,87 (3,20 + 3,87) = 27,36 \text{ m}^2$$

En gardant la profondeur actuelle pour tenir compte du dalot existant : $y = 0,9\text{m}$.

Nous obtenons par itération $b = 38\text{m}$.

Nous retiendrons :

$y = 3,87 \text{ m}$ $b = 3,20 \text{ m}$ $S = 28 \text{ m}^2$
--

7.3. A N N E X E II.

" ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT
DE KOLOGHIN-GUESSE "

Etude :

Cette étude est faite en comparaison à celle de 1986 qui avait servi à la construction du barrage. Nous recherchons donc les causes de la rupture du barrage qui ont occasionné les dégâts constatés.

4. Etudes Hydrologique :

4.1. Etude antérieure :

L'Hydrologie du site a été étudiée en 1986 lors de la construction sur un échantillon de pluies observées de 1967 à 1985.

Les ajustements ont été faits à l'aide des lois de GAUSS et GUMBEL. Les résultats obtenus sont les suivants :

Pluie annuelle moyenne	= 726 mm
Pluie journalière décennale	= 98 mm
Pluie journalière cinquanteennale	= 130 mm
Pluie journalière centennale	= 150 mm.

La valeur moyenne de la pluie annuelle range la région dans une zone sahélienne.

4.2. Etude actuelle :

Notre étude porte sur les relevées pluviométriques de Guilongou, station située à 4 Km de Ziniaré et intègre les pluies de 1955 à 1991. Une analyse statistique sur les lois de GAUSS et de GUMBEL sur les pluies annuelles et journalières maximales a été menée dans le paragraphe... et a donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

FREQUENCE		PLUIES MAXIMALES JOURNALIERES (mm)
5 ans	humide	76,55
10 ans	humide	88,17
50 ans	humide	113,78
100 ans	humide	124,6
1000 ans	humide	

Nous pouvons conclure compte tenu de ces résultats que les ajustement réalisés suivant les lois de GAUSS et GUMBEL sur les pluviométries de Guilongou de 1955 à 1991 confirment les résultats de l'étude de 1986 car il n'en ressort pas un écart considérable entre les valeurs trouvées.

Nous retiendrons donc que la pluie de 192 mm survenue en Août 1992 et qui a submergé le barrage avant d'emporter le déversoir est une pluie millénaire.

Le dimensionnement du déversoir de crue étant fait avec la pluie décennale, il est évident que la longueur du déversoir soit insuffisante pour évacuer cette crue. Ceci apparaît donc être la cause des dégâts survenus en Août 1992 aussi bien sur le barrage que sur l'aménagement à l'aval.

6. Vérification de la crue de projet :

6.1. Etude de 1986 :

Le dossier de cette étude donne les caractéristiques suivantes :

- Régime du bassin versant : type tropical
- longueur du cours d'eau principal : 20 Km
- superficie du bassin versant : 110 Km²
- pente longitudinale moyenne du bassin versant : 2 %.

Une restitution par photographie aérienne effectuée dans le cadre de la refection donne les résultats suivants :

- . Superficie = 111 Km² (source : Etudes BERA)
- . Périmètre = 51 Km

- . Longueur du cours d'eau principal = 22 Km

(Mission 79 003 80016 - B OUAGADOUGOU) effectuée par l'IGB.

L'analyse de cette restitution montre que le bassin versant est assez plat et présente très peu d'affleurements. Les autres paramètres du bassin que nous pouvons calculer sont :

$$\text{Pente moyenne du bassin : } I = \frac{0,026}{\sqrt{S}} = 2,45 \text{ \%.}$$

$$\text{Indice de compacité : } I_c = \frac{0,28}{\sqrt{S}} \times \frac{P}{\sqrt{S}} = 1,35$$

Les différentes caractéristiques trouvées, rentrent en parfaite harmonie avec les résultats de l'étude technique de 1986 sauf pour le régime du bassin versant.

6.2. Estimation de la crue du projet

6.2.1. Indice de relief

Suivant la classification de l'ORSTOM, l'indice de relief pour un tel bassin R_1 correspond à des pentes faibles inférieures à 5 %.

6.2.2. Indice de perméabilité

Le bassin est de type homogène presque imperméable. Il est classé P_1 .

6.2.3. Autres paramètres

6.2.3.1. Coefficient d'abattement

Le coefficient d'abattement permet de passer d'une hauteur de pluie ponctuelle à une hauteur de pluie moyenne sur la superficie du bassin versant. Il est obtenu suivant la formule :

$$A = 1 - 0,001 (9 \log t - 0,042 P + 152) \log S$$

P = pluie moyenne annuelle = 726 mm

T = durée de retour = 10 ans

S = superficie du bassin = 111 Km²

Nous obtenons A = 0,73.

6.2.3.2. Coefficient K :

$$K = \frac{Q_{\max}}{Q_m}$$

C'est un coefficient égal au rapport entre le débit maximum de l'hydrologie unitaire et le débit moyen de la crue supposée uniformément répartie sur toute la durée du temps de base.

Ce coefficient est fourni par des tables et est fonction de la superficie du bassin versant. Dans notre cas, il est pour une superficie de 110 Km² égal à 3,10.

$$K = 3,10$$

6.2.3.3. Temps de montée - temps de base

Ces temps sont donnés par des abaques établis par le CIEH en fonction de la superficie, l'indice de relief et du régime du bassin versant. Ces abaques sont joints en annexe et nous obtenons :

Temps de montée : $t_m = 15$ h

Temps de base : $t_b = 45$ h

6.2.3.4. Coefficient de ruissellement

Ce coefficient est également déterminé suivant les abaques en fonction du régime et de la superficie du bassin versant. Nous trouvons pour notre bassin de type R₂ P₂ :

$$K_r = 30 \%$$

6.2.4. Estimation des débit de crue

6.2.4.1. Crue décennale

* suivant la méthode ORSTOM J. Rodier, C. AUVRAY

$$Q_{10} = A \times K \times K_{r10} \times P_{10} \times \frac{S}{t_b}$$

Nous obtenons : $Q_{10} = \frac{(0,73 \times 3,10 \times 0,3 \times 88,17 \cdot 10^{-3} \times 100 \cdot 10^6)}{(45 \times 3600)}$

$$Q_{10} = 40,65 \text{ m}^3/\text{s}.$$

=====

* Méthode CIEH/EIER/J.M. Grésillon. P. Hertier, JP. LAHAYE

pour $R_2 P_2$:

$$Q_{10}^* = 45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = Q_{10}^* \times \frac{P_{10}}{100} = 45 * \frac{88,17}{100} = 39,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 39,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

Ces deux méthodes donnent des valeurs voisines.

Nous retenons :

$$Q_{10} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.2.4.2. Crue de projet

Ce débit est trouvé par un coefficient de passage de la crue décennale à la crue de projet. Ce coefficient C est obtenu par :

$$C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} \frac{(Tb/24)^n}{Kr}$$

$$n = 0,12$$

$$\frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} = 0,45 \quad | \text{ Pour un régime sahélien}$$

$$C = 1 + 0,45 * \frac{(45/24)^{0,12}}{0,3} = 2,62$$

$$Q_p = C * Q_{10} = 2,62 * 40 = 104,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_p = 104,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

* Méthode CIEH/EIER :

$$Q_{100} = Q_{100}^* \times \frac{P_{10}}{100}$$

$$Q_{100}^* = 122 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 122 \times \frac{88,17}{100} = 107,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nous retenons $Q_{100} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$

=====

Conclusion

L'étude technique de 1986 donne une valeur de crue de projet égale à 70 m³/s (Retour 100 ans). Or, pour le même type de bassin (R₁ P₂) avec pratiquement la même superficie, nous notons une différence de 35 m³/s. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette étude avait classé le bassin dans un régime tropical ce qui n'est vrai que pour des bassins dont P_{an} > 800 mm et contraire à notre cas (P_m = 726 mm) cette erreur se répercute beaucoup sur l'évaluation du débit de crue car les abaques établis à cet effet varient nettement d'un régime à un autre.

7. Etude de Laminage

Courbes hauteur volume et hauteur surface.

Le tableau ci-dessous est extrait du dossier de base :

Côte relative (m)	Surface (ha)	Volume d'eau (m3)
5,00	0,00	0
6,50	4,80	37 000
7,00	10,00	73 000
7,50	36,20	188 000
8,00	50,00	406 000
5,50	65,90	697 000
9,00	91,70	1 091 000
9,50	123,00	1 628 000
10,00	156,40	2 326 000
10,50	188,20	3 188 000

Les courbes hauteur-volume et hauteur-surface sont présentées en annexe.

7.1. Calcul de la longueur du déversoir

Le déversoir et la digue sont calés respectivement aux côtes 10,00 et 11,20. En prenant une revanche de 50 cm, la côte des PHE sera de 10,70 m. Ainsi, la lame d'eau au dessus du déversoir est égale à 70 cm.

De la relation $Q = m \cdot L \sqrt{2g} h^{3/2}$

Nous tirons : $L = \frac{Q}{m \sqrt{2g} h^{3/2}}$

Nous tirons :
$$L = \frac{Q}{0,40 \sqrt{19,62} \cdot 0,7^{3/2}} = 101,19 \text{ m.}$$

m = Coefficient de débit = 0,4

$$L = \frac{105}{0,40 \sqrt{19,62} \cdot 0,7^{3/2}} = 101,19 \text{ m}$$

$L = 102 \text{ m}$

Pour $Q = 105 \text{ m}^3/\text{s}$

7.2. Laminage

Le plan d'eau que constitue le barrage écrête la crue de pointe entrant dans la retenue. La crue évacuée par le déversoir est ainsi inférieure à la crue de pointe de l'hydrogramme. Par conséquent, on a pas besoin d'une longueur de 102 m pour évacuer la crue sortante.

L'effet de laminage est évalué sous la forme d'un coefficient :

$$Q_{eM} = \text{Coef} * Q^{CM} \implies \text{Coef.} = \frac{Q_{eM}}{Q^{CM}}$$

On peut lire $\frac{Q_{eM}}{Q^{CM}}$ sur l'abaque correspondant pour l'Afrique de l'Ouest (figure 45 tirée du livre "Maîtrise des crues dans les bas-fonds de SYLVAIN BERTON Février 1988) après avoir déterminé la valeur Log X_0 avec :

$$X_0 = \frac{m^2 * g * L^2 \cdot Q^{CM} \cdot t m^3}{S^3}$$

86

Ou : L_1 = Longueur approchée du déversoir (m) = 105 m

S = surface du plan d'eau (m^2) = 157 ha = 157 000 m^2

g = 9,81 m/s^2

m = Coefficient de débit de l'évacuateur = 0,40

t_m = temps de montée des eaux (s) = 15 h

$$X_o = \frac{0,4^2 \times 9,81 \times 102^2 \times 105 \times (15 \times 3\,600)^3}{(157\,000)^3} = 69,77$$

$\log X_o = 1,8$

$$\frac{Q_{eM}}{Q_{cM}} = 88 \% \text{ Lecture sur abaque}$$

Longueur définitive du déversoir :

$$L = L_1 * \frac{Q_{eM}}{Q_{cM}} \times \frac{1}{100} = 105 * 0,88 = 92,40 \text{ m.}$$

$L = 93,00$ m pour une
crue laminée = 96,50 M^3/s

* Crue réelle du 28 Août 1992

Dans cette partie, nous calculons le débit réellement passé par le déversoir et celui déversé par la digue. Ceci nous conduira à la détermination de la longueur de déversement nécessaire à cette pluie.

Hypothèses :

P_{10} = 189,6 mm $L = 60,00$ m

t_m = 15 h Lamé d'eau au dessus du déversoir = 1,20 m.

t_b = 45 h

K_{r10} = 30 %

A = 0,73

S = 100 Km^2

I = 3,10

Méthode ORSTOM

$$Q_{10} = A K K_{r10} P_{10} \frac{S}{tb}$$

$$Q_{10} = (0,73 * 3,10 * 0,3 * 189,6 * 10^{-3} * 110 * 10^6) / (45 * 3600)$$

$$Q_{10} = 87,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

Méthode de CIEH/EIER

$$Q_{10} = Q_{10}^* \frac{P_{10}}{100}$$

$$Q_{10}^* = 45 \text{ m}^3/\text{s} \implies Q_{10} = 45 * \frac{189,6}{100} = 85,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 85,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

Nous retenons :

$$Q_{10} = 87 \text{ m}^3/\text{s} \text{ Août } 92$$

Crue de Projet :

$$Q_p = C * Q_{10} \quad \text{avec } C = 2,62$$

$$Q_p = 2,62 * 87 = 228 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

$$Q_p = Q^{100} = 228 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de la longueur du déversoir admissible pour cette crue

$$L = \frac{Q}{m \sqrt{2g} h^{3/2}} = \frac{228}{0,4 \sqrt{19,62} * 0,7^{3/2}} = 220 \text{ m.}$$

$$L = 220 \text{ m}$$

Crue passée par le déversoir

$$Q = mL \sqrt{2g} h^{3/2}$$

$$Q = 0,4 \times 60 \sqrt{19,62} \times 1,2^{3/2} = 139,74 \text{ m}^3/\text{s} \approx 140 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{déversoir}} = 140 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

Crue passée par la Digue

$$\begin{aligned} Q_{\text{digue}} &= Q_{10} - Q_{\text{déversoir}} \\ &= 228 - 140 = 88 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{digue}} = 88 \text{ m}^3/\text{s}$$

=====

Calcul du risque de l'évènement (R)

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^n$$

R = Risque de voir la crue de période de retour T atteinte ou dépassée au moins une fois au cours d'une série de n années consécutives.

n = durée de vie de l'ouvrage = 30 ans

T = durée de retour.

AN : Pour T = 30 ans ==> R < 64 %

T = 50 ans ==> R < 45 %

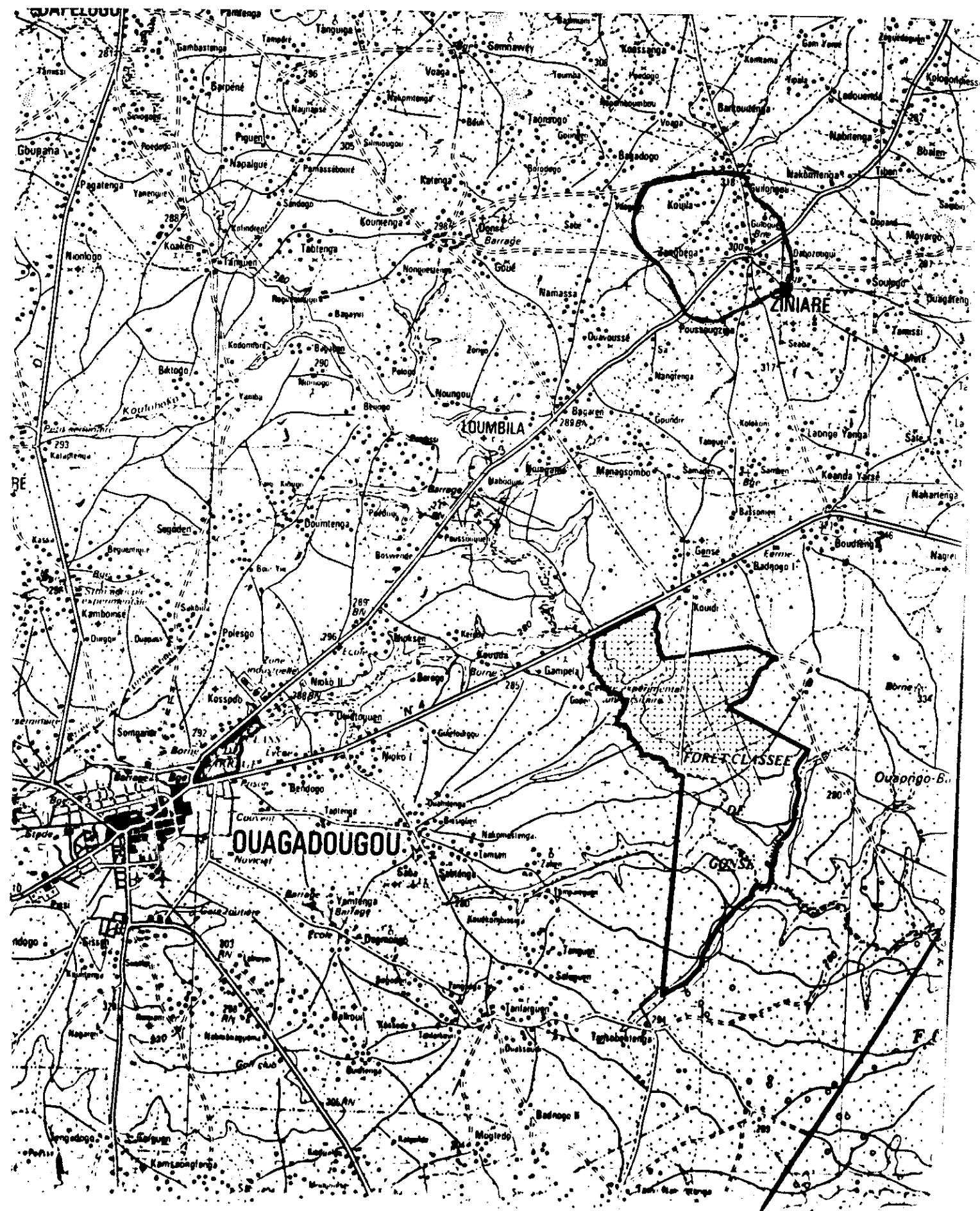
T = 100 ans ==> R < 26 %

T = 200 ans ==> R < 14 %

T = 500 ans ==> R < 6 %

T = 1000 ans ==> R < 3 %

Nous constatons que plus la durée de retour est grande, plus la "chance" de voir la crue atteinte ou dépassée est grande.

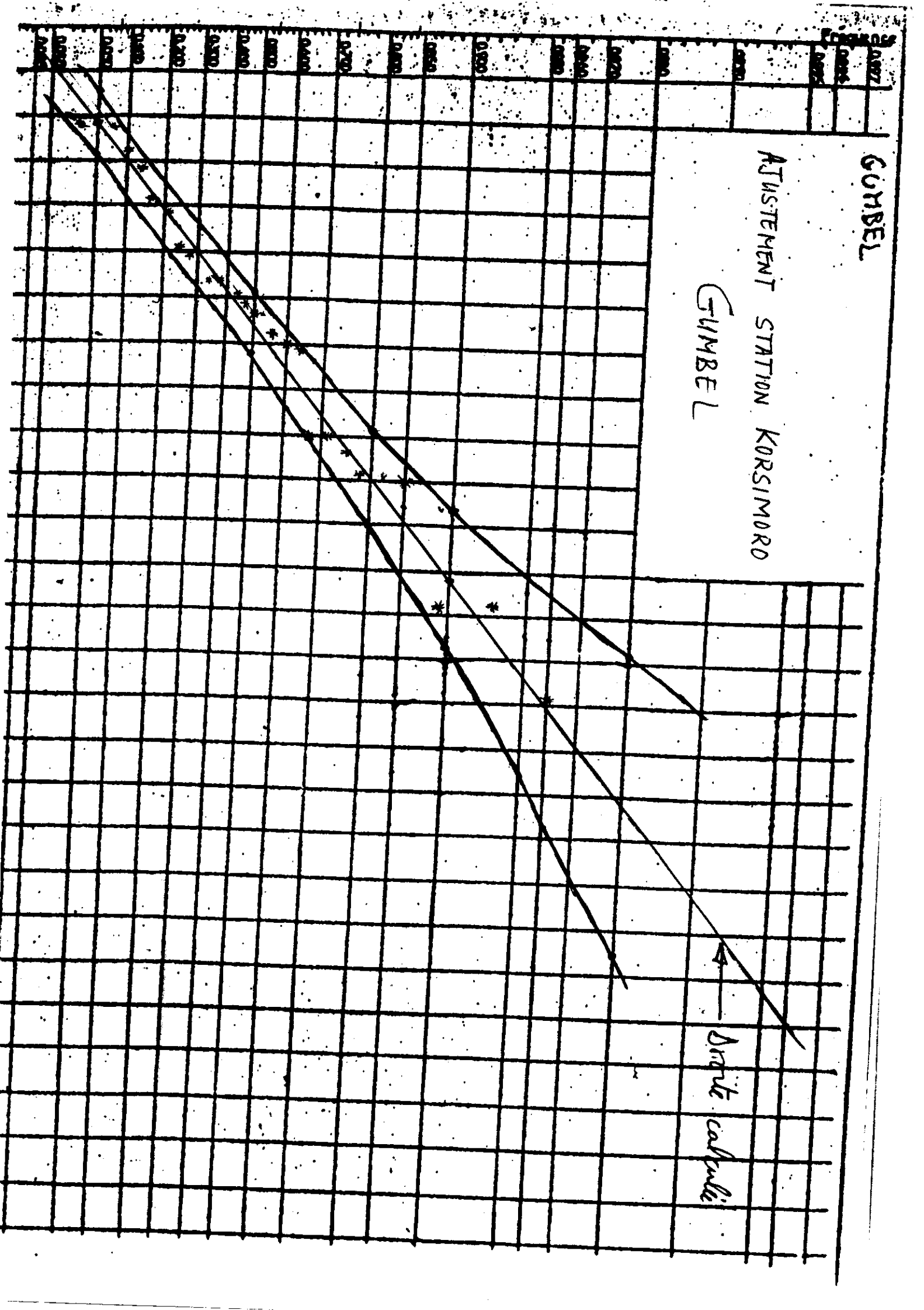


GUMBEL

ADJUSTMENT STATION KORSIMORO

GUMBEL

Drate calivale

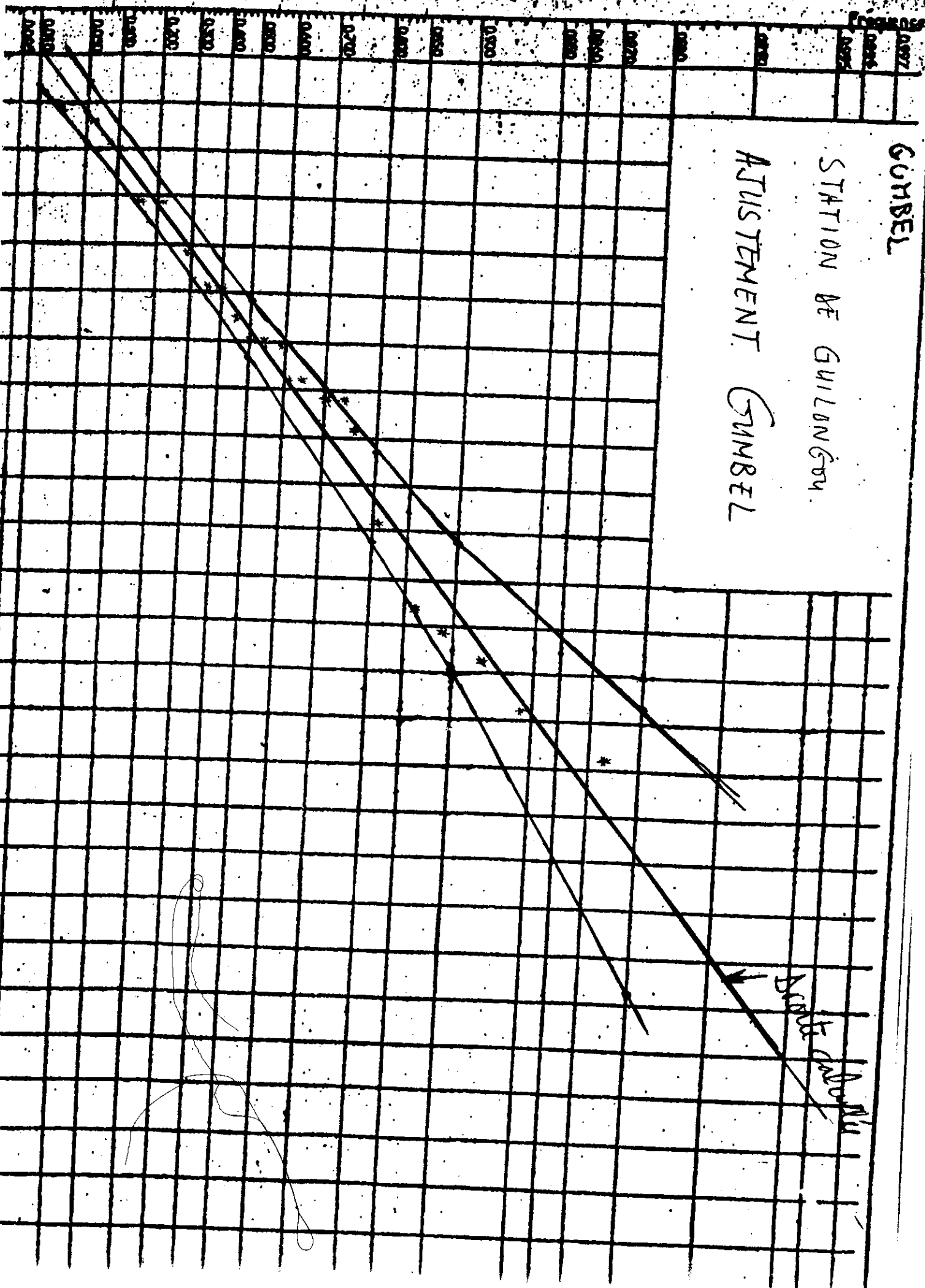


GUMBEL

STATION AT GUILDFORD

ADJUSTMENT GUMBEL

North Arrow



GUMBEL

ADJUSTMENT STATION BOUSSE :

GUMBEL

Arête calculée

