

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

BURKINA FASO

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

FACULTE DES LANGUES, DES LETTRES, DES ARTS
DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES
(F.L.A.S.H.S)

MEMOIRE DE MAITRISE

(OPTION GEOGRAPHIE PHYSIQUE)

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU GRAND BALE A PA CRUE DE SEPTEMBRE 1988

Présenté par Marie Rita Ignadin KAFANDO

Sous la direction de :

- Guy NEUVY
Maître de Conférences

- Jean Pierre TRIBOULET
Ingénieur Hydrologue au CIEH

OCTOBRE 1991

DEDICACE

A mes parents
qui ont orienté mes premiers pas vers l'école,
ce mémoire est le leur .

RESUME

Le bassin versant du Grand-Balé présente un milieu socio-économique en développement, car le milieu physique est favorable à la colonisation humaine.

Le Grand-Balé est soumis à un régime tropical pur, avec une période de hautes eaux en Août-Septembre. Le suivi régulier du réseau hydrométrique permet alors une meilleure connaissance du cours d'eau.

Cependant, seule une maîtrise de ces données hydrométriques permet la réalisation d'ouvrages de génie civil (ponts, barrages...) mieux dimensionnés; ce qui favorise une meilleure ouverture du bassin.

Du reste, la nécessité d'une parfaite connaissance des crues s'impose car elles sont généralement nuisibles à un aménagement rural.

MOTS CLES

Burkina Faso - Hydrologie - Bassin versant du Grand-Balé -
Crue.

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
Dédicace.....	3
Résumé.....	4
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	8
Avant propos.....	9
<u>Introduction</u>	10
 <u>Première partie: Facteurs conditionnels du régime.</u>	
 <u>Chapitre I: Facteurs géographiques du bassin versant</u> 12	
1 - Situation géographique.....	12
2 - Hydrologie et hydrogéologie.....	12
2 - 1 - Les formations du bouclier.....	14
2 - 2 - Les formations du sillon birrimien.....	14
2 - 3 - Les formations sédimentaires.....	16
3 - Le réseau hydrographique.....	17
3 - 1 - Le tronçon Sud-Ouest, Nord-Est.....	17
3 - 2 - Le tronçon Nord-Ouest, Sud-Est.....	17
4 - Caractéristiques topographiques.....	19
4 - 1 - Aspect planimétrique.....	19
4 - 2 - Aspect altimétrique.....	21
5 - La végétation.....	25
6 - La pédologie.....	28
6 - 1 - Les sols minéraux bruts et les sols peu évolués.....	28
6 - 2 - Les sols bruns.....	30
6 - 3 - Les sols ferrugineux tropicaux.....	30
6 - 4 - Les sols hydromorphes et les vertisols.....	31
 <u>Chapitre II: Facteurs climatiques</u> 32	
1 - Les éléments climatiques.....	32
1 - 1 - Le type de climat.....	32
1 - 2 - Le réseau d'observation climatique.....	32
2 - Les caractéristiques climatiques.....	33
2 - 1 - La pluviométrie.....	33
2 - 2 - La température.....	45
2 - 3 - L'humidité relative et la tension de vapeur.....	47
2 - 4 - L'insolation.....	48
2 - 5 - Le vent.....	50
2 - 6 - L'évaporation.....	53

<u>Chapitre III</u> : Etude socio-économique.....	56
1 - L'approche sociale.....	56
2 - L'approche économique.....	57
2 - 1 - L'agriculture et l'élevage.....	57
2 - 2 - La pêche.....	58
2 - 3 - L'industrie et l'artisanat.....	58
2 - 4 - Communication, transport et commerce.....	59
<u>Deuxième partie</u> : Equipement et données hydrométriques.	
<u>Chapitre IV</u> : Données hydrométriques.....	60
1 - Historique.....	60
2 - Etalonnage.....	60
<u>Chapitre V</u> : Caractéristique de l'écoulement annuel et mensuel.....	70
1 - Statistique des débits mensuels et annuels.....	70
1 - 1 - Tableau.....	70
1 - 2 - Histogramme des débits inter-annuels.....	70
2 - Analyse pluviométrique.....	73
3 - Ecoulement annuel.....	73
<u>Chapitre VI</u> : Caractéristiques des crues.....	76
1 - Tableau des débits instantanés maximums annuels à la station.....	76
2 - Etude statistique.....	76
3 - Caractéristiques des hydrogrammes.....	79
<u>Chapitre VII</u> : La crue du 02 Septembre 1988.....	86
1 - Episode pluvieux générateur de la crue.....	86
2 - Hydrogramme de la crue.....	89
2 - 1 - Description.....	89
2 - 2 - Interprétation des résultats.....	89
3 - Caractéristiques de l'écoulement mensuel.....	95
<u>Conclusion</u>	98
<u>Bibliographie</u>	99
<u>Annexes</u>	102

LISTE DES FIGURES

<u>N°</u>	<u>Page</u>
1 - Réseau hydrographique du Grand-Balé Pâ.....	13
2 - Esquisse géologique du bassin versant.....	15
3 - Profil en long du Grand-Balé.....	20
4 - Hypsométrie du bassin versant.....	22
5 - Répartition altimétrique et courbe hypsométrique.....	24
6 - Carte phyto-climatique du Burkina Faso.....	26
7 - Esquisse pédologique du bassin.....	29
8 - Réseau d'oservations pluviométriques.....	34
9 - Pluies annuelles à Boromo (1922-1989).....	38
10 - Statistique de la pluie mensuelle.....	39
11 - Pluies journalières maximales annuelles à Boromo.....	38
12 - Statistique des pluies journalières maximales annuelles.....	43
13 - Distribution spatiale de la pluie d'Août 1988.....	44
14 - Climogramme.....	46
15 - Evolution de la température et de la pluie.....	46
16 - Evolution de la température et de l'humidité relative.....	49
17 - Evolution de la tension de vapeur et de l'humidité.....	49
18 - Variations de l'insolation.....	51
19 - Directions des vents dominants.....	51
20 - Evolution de l'évaporation.....	54
21 - Etalonnage N°1.....	62
22 - Etalonnage N°2.....	68
23 - Débits inter-annuels du Grand-Balé.....	72
24 - Polygones de Thiessen.....	74
25 - Probabilités extrêmes.....	78
26 - Hydrogramme de la crue maximale.....	80
27 - Nouvelle carte des polygones de Thiessen.....	88
28 - Pluviométrie sur le bassin, du 24/08 au 04/09 1988.....	90
29 - Pluviométrie sur le bassin, du 05/09 au 08/09 1988.....	91
30 - Hydrogramme de la crue de Septembre 1988.....	92
31 - Débits moyens journaliers à la station en 1988.....	93

LISTE DES TABLEAUX

<u>N°</u>	<u>page</u>
1 - Caractéristiques morphologiques du bassin.....	25
2 - Inventaire des stations pluviométriques.....	35
3 - Inventaire des observations pluviométriques.....	36
4 - PLuies annuelles à Boromo (1922-1989).....	37
5 - Pluviométrie mensuelle (1951-1980).....	40
6 - Pluies journalières maximales annuelles: Houndé période 1922 - 1989.....	41
7 - Comparaison de la pluie d'Août par rapport à la pluie annuelle (1988) sur le bassin.....	42
8 - Statistique des pluies journalières maximales annuelles..	45
9 - Pluies moyennes mensuelles inter-annuelles à Boromo.....	45
10 - Températures moyennes mensuelles interannuelles à Boromo.	47
11 - Humidité relative à la station de Boromo.....	48
12 - Tension moyenne à Boromo.....	48
13 - Insolation mensuelle: moyenne inter-annuelle à Boromo....	50
14 - Régime des vents au Burkina Faso.....	50
15 - Vent: vitesse moyenne mensuelle inter-annuelle à Boromo..	52
16 - Evaporations moyennes mensuelles à Boromo.....	53
17 - Débits moyens mensuels et annuels.....	71
18 - Pluviométrie moyenne sur le bassin.....	73
19 - Caractéristiques de l'écoulement sur le bassin.....	75
20 - Débits instantanés maximums annuels à la station.....	76
21 - Débits maximums annuels à la station.....	78
22 - Caractéristiques des hydrogrammes.....	85
23 - Cumul de la pluie du 24/08 au 08/09 1988.....	86
24 - Pluviométrie journalière moyenne sur le bassin du 12/08 au 24/09 1988.....	87
25 - Caractéristiques du ruissellement.....	94
26 - Caractéristiques de l'écoulement mensuel.....	95

AVANT PROPOS

"L'hydrologie fluviale étudie essentiellement les débits des rivières" (P. GEORGE 1990, p 30). C'est donc à travers un suivi correct des stations hydrométriques (mesure, collecte et traitement des données) que l'hydrologue peut permettre la réalisation d'ouvrages de génie civil appropriés. Notamment la construction de barrages et de ponts mieux dimensionnés limiterait le nombre de routes emportées.

Puisse ce document aider à la connaissance du Grand-Balé. et surtout, attirer l'attention sur la nécessité d'entreprendre des aménagements hydro-agricoles dans le bassin versant pour un développement socio-économique de la région.

Avant d'exposer les résultats de mon travail et d'en tirer les conclusions, je tiens à remercier tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de ce présent mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes Directeurs de mémoire:

- Monsieur Guy NEUVY, Maître de Conférences à l'Université de Ouagadougou - Département de Géographie.

- Monsieur Jean Pierre TRIBOULET, Ingénieur Hydrologue au Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) de Ouagadougou qui m'ont guidée sans ménager leur temps durant mes recherches, mes collectes et traitements de données.

Tout le personnel de la Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DIRH) mérite ma reconnaissance, en particulier Messieurs J.P. MIHIN, Sibiri TRAORE, et Oumar TRAORE, Ingénieurs Hydrologues, pour m'avoir fait bénéficier de leurs connaissances et leurs expériences en hydrologie. Mes remerciements leur sont également adressés pour les moyens mis à ma disposition pour effectuer le travail de terrain et de bureau et surtout pour les conseils qu'ils m'ont prodigués.

J'adresse ma reconnaissance à tous les Enseignants du Département de Géographie qui ont permis le bon déroulement de mes études.

Mes remerciements vont également à ma famille, à tous mes amis(es) qui m'ont soutenue durant ces travaux.

Je ne terminerai pas sans adresser mes vifs remerciements à tous mes camarades de classe pour les discussions fructueuses que nous avons eues durant notre cursus; elles nous permettent de mieux apprendre et surtout de mieux comprendre pour servir notre pays.

INTRODUCTION

L'étude envisagée dans ce présent mémoire de maîtrise porte sur le bassin versant du Grand-Balé à Pâ qui a connu une crue (événement ponctuel) dite exceptionnelle en septembre 1988.

En effet, le bassin se situe à l'ouest du Burkina Faso. Il est à cheval sur deux provinces: la province du HOUET et celle du MOUHOUN où s'étale la majeure partie de sa surface. Il jouit de l'abondance des pluies (900 mm/an en moyenne), principal élément positif du bilan hydrique et, partant, le principal élément susceptible d'expliquer une crue.

Notre souhait est qu'après cette étude, nous ayons contribué, un tant soit peu, à faire connaître le bassin versant dans ses aspects physiques et humains d'une part et d'autre part, à estimer la crue de 1988 non seulement par des méthodes typiquement hydrologiques mais aussi par la vision géographique. Celle-ci consiste à montrer les différentes corrélations qui existent entre les éléments naturels du milieu (géologie, sol, ... pluie) et qui pourraient expliquer ce phénomène physique. Il faut montrer qu'en fait la crue n'est qu'une résultante du comportement du bassin versant face à la pluie.

Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie d'étude scientifique et rigoureuse qui se distingue en deux phases: la recherche bibliographique et les travaux de recherche sur le terrain.

Vu le caractère technique de l'étude, en consultant les documents, nous avons surtout mis l'accent sur les différentes méthodes d'estimation de crues. Les travaux de recherche sur le terrain s'inscrivent dans le cadre du suivi mensuel du réseau hydrométrique par la D.I.R.H dans le secteur du Mouhoun. Ceci nous amena à rester dans la région de Pâ car le manque de moyens techniques et financiers ne nous a pas permis de faire le tour complet du bassin versant.

Nous avons été initié à la collecte des données hydrométriques (jaugeages, lectures au limnigraphe et au limnimètre) et aussi à leurs dépouillements manuels et parfois automatiques.

Toujours dans cette seconde phase, nous avons effectué des enquêtes de terrain du 15 au 20 Mars 1990 dans le département de Pâ, province du Mouhoun. Trois villages (Boro, Hèrèdougou et Pâ-village) ont fait l'objet de notre étude pour deux raisons essentielles: d'abord parce qu'ils sont situés à quelques kilomètres de la rivière dont les eaux sont utilisées par les populations riveraines; ensuite parce que les moyens techniques nous ont fait défaut pour parcourir le bassin. Ces enquêtes nous ont permis de déterminer la façon dont les paysans perçoivent les crues et aussi d'appréhender l'impact de la rivière sur le développement socio-économique des populations riveraines. Nous avons organisé des entretiens avec des groupes comptant en moyenne quinze personnes dont l'âge variait entre 25 et 65 ans, à raison d'un groupe par village. Pour ce faire, trois thèmes ont alimenté notre discussion: l'hydrologie, la végétation, les activités économiques des populations et leurs périodes de travaux. Les résultats sommaires de ces enquêtes sont présentés sur des fiches en annexe. Des fiches individuelles ont été élaborées pour les paysans qui ont subi directement la crue de 1988.

L'objectif recherché est, dans un premier temps, de présenter le contexte physique et humain du bassin. Certes, nous n'avons pas pu faire le tour de la région, mais force nous est de reconnaître que la documentation est insuffisante, voire presque inexistante sur le bassin. Le second objectif est de faire une étude statistique des crues de la rivière afin de caractériser celle de 1988.

Le présent mémoire de maîtrise s'articule autour de deux grandes parties:

- d'abord, la première partie intitulée: "Facteurs conditionnels du régime". Dans cet élément, nous faisons une présentation générale du bassin versant.

- la seconde partie est titrée: "Équipement et données hydrométriques". Nous y avons présenté l'équipement et les données disponibles à la station avant de procéder à l'interprétation des résultats pour mieux caractériser le régime du Grand-Balé à Pâ.

PREMIERE PARTIE

FACTEURS CONDITIONNELS DU REGIME

CHAPITRE I

FACTEURS GEOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT

Le Grand-Balé est un affluent de rive droite du Mouhoun, principal cours d'eau pérenne du Burkina Faso. Il prend sa source dans les formations sédimentaires de l'Ouest du pays à environ 16 km au Sud-Ouest de Maro (altitude 320 m).

L'étude porte sur le bassin versant limité à la seule station hydrométrique qui permet de suivre son évolution au niveau du département de Pâ. La station se localise sur le pont de la route nationale N°1 reliant Ouagadougou à Bobo-Dioulasso, soit à près de 10 km du chef-lieu du département de Pâ et à 210 km de Ouagadougou.

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le bassin versant s'étend au pont sur 3 510 km² entre 11°26'-12°04' de latitude Nord et 03°10'-03°56' de longitude Ouest (carte page 13).

Les documents cartographiques qui ont été utilisés pour la détermination du bassin versant sont des feuilles topographiques au 1/200 000, disponibles à l'I.G.B. (Institut Géographique du Burkina). ce sont:

- feuille NC-30-XXI: Houndé BF
- feuille NC-30-III: Dédougou RHV

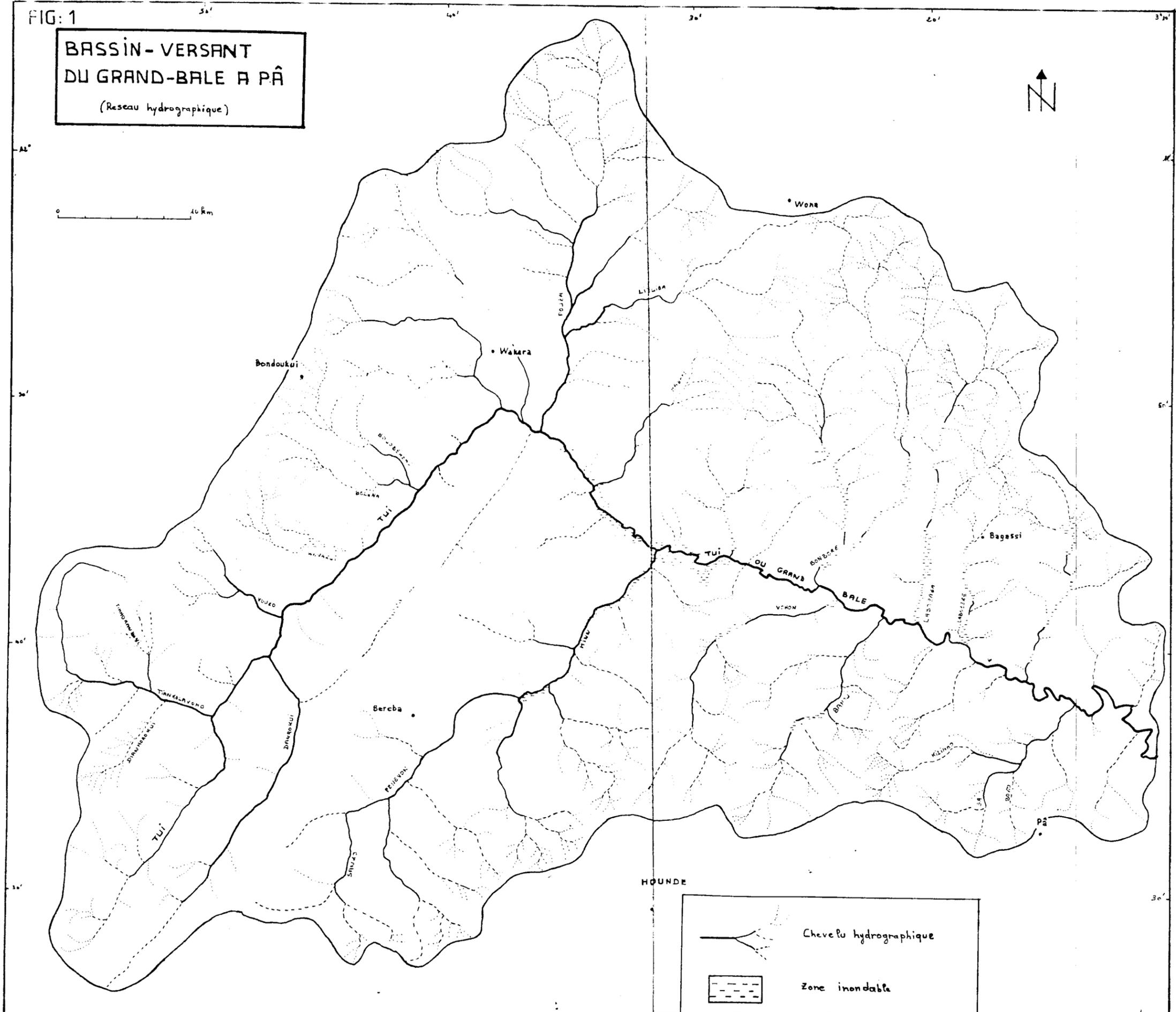
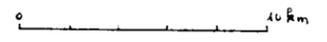
2 - GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

La nature géologique du sol n'est pas un facteur essentiel du ruissellement. Cependant, elle a une influence sur la qualité des dépôts de surface et les matériaux d'altération; elle reste aussi primordiale dans la connaissance du régime des étiages d'un cours d'eau.

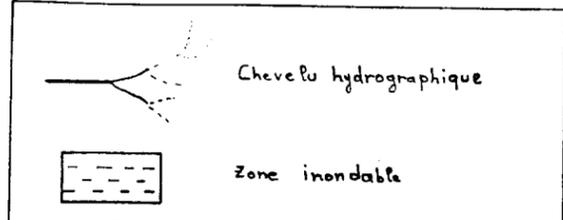
A partir de la carte géologique à plusieurs échelles (1/200 000 et 1/1 000 000), nous avons pu établir une carte de synthèse simplifiée en page 15, sur laquelle se dégagent

FIG: 1

**BASSIN-VERSANT
DU GRAND-BALE A PÂ**
(Reseau hydrographique)



HOUNDE



trois ensembles géologiques: les formations du bouclier, les formations du sillon et les formations sédimentaires. Il est à noter que ces trois ensembles ont la particularité d'être discordants les uns par rapport aux autres.

2 - 1 - Les formations du bouclier
(antérieures à 3.5 milliards d'années)

Elles sont les plus anciennes et sont formées de roches cristallines d'origine volcanique. L'antébirimien y est représenté par les migmatites, gneiss, granites... Il se traduit par des pointements rocheux dans le paysage, par effet de l'érosion différentielle qui exploite la différence de dureté entre les roches.

2 - 2 - Les formations du sillon birimien
(2.3 à 2,1 milliards d'années)

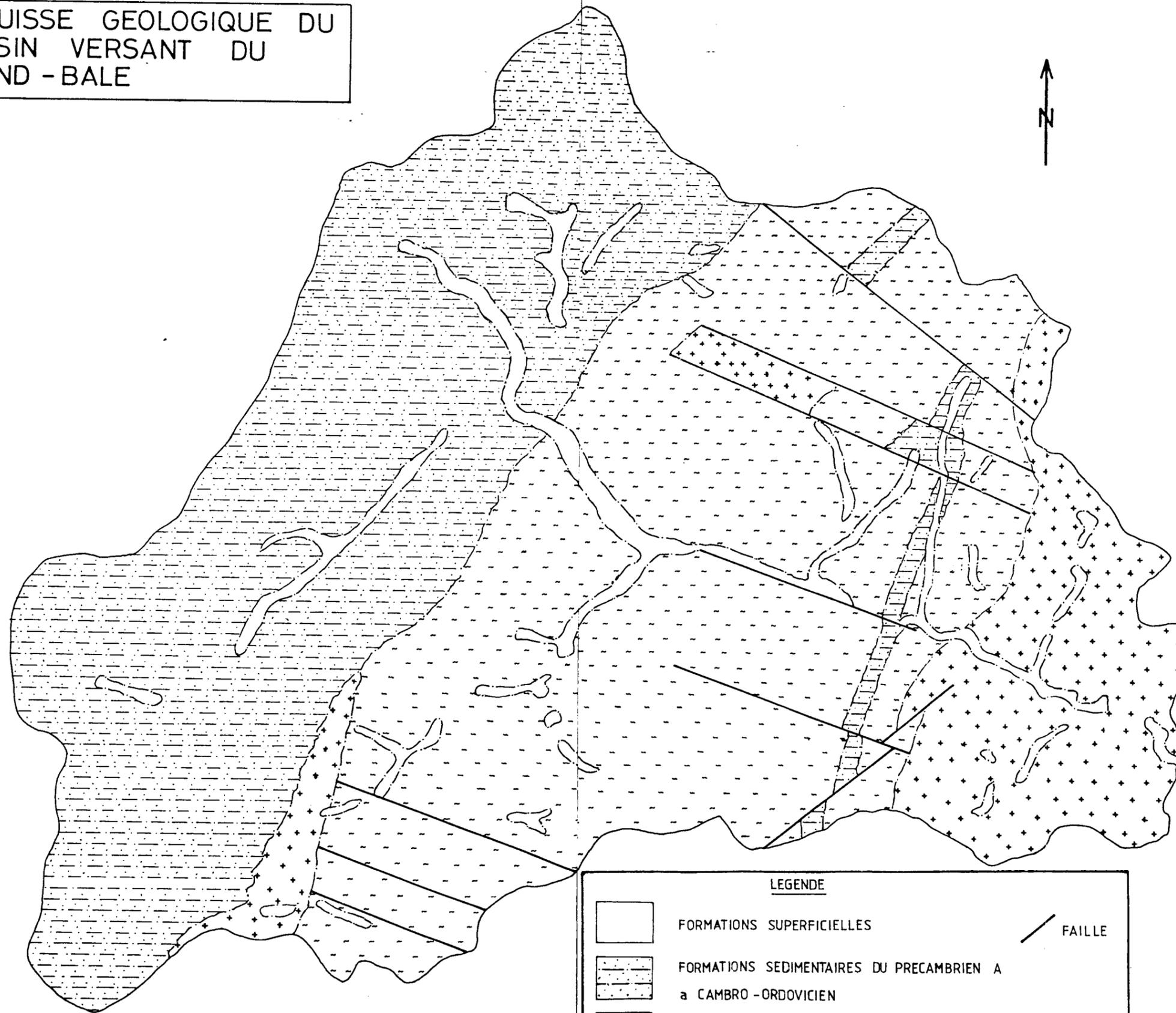
Ces formations sont des roches volcano-sédimentaires. Ce sont des roches basiques, résultat d'un métamorphisme de contact entre les roches sédimentaires et le magma volcanique sous-jacent. Elles se composent essentiellement de roches schisteuses et de roches granitiques.

Ces vieilles formations caractérisent la partie orientale du bassin versant. De par leur aspect cristallin, elles présentent fréquemment des fissures, cassures et même des failles car elles sont compactes et dures lorsqu'elles sont saines; partant de cela, elles subissent une tectonique cassante. Ainsi, l'infiltration profonde des eaux de surface à partir de ces lignes de faiblesse, favorise l'altération des roches cristallines. Celles-ci présentent alors des capacités de stockage importantes (cas des arènes granitiques).

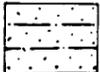
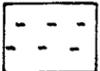
Sur le plan hydrogéologique, la partie orientale du bassin versant est favorable à l'exploitation de nappes aquifères existantes, les lignes de faiblesse étant des zones cibles pour les forages et les puits. Les aquifères y sont de type semi-continu.

FIG: 2

ESQUISSE GEOLOGIQUE DU
BASSIN VERSANT DU
GRAND - BALE



LEGENDE

- | | | | |
|---|--|---|--------|
|  | FORMATIONS SUPERFICIELLES |  | FAILLE |
|  | FORMATIONS SEDIMENTAIRES DU PRECAMBRIEN A
a CAMBRO - ORDOVICIEN | | |
|  | FORMATIONS DU SILLON BIRIMIEN | | |
|  | FORMATIONS DU BOUCLIER | | |
- 0 2 4 6 8 10km

d'après la carte géologique de HOUNDE de H. Ladmira et J.M. Legrand, 1977

2 - 3 - Les formations sédimentaires

(antérieures à 0.55 milliards d'années
± 100 millions d'années)

Elles reposent sur le socle et sont d'âge précambrien A à cambro-ordovicien. Elles sont essentiellement formées de grès dont l'épaisseur atteint plusieurs centaines de mètres, de schistes, dolomies, calcaires, quartzites. Ce sont des roches perméables qui possèdent des capacités de stockage intéressantes. Le bassin versant du Grand-Balé à Pâ a donc des réserves en eaux souterraines importantes.

Les aquifères y sont de type continu (1).

Cependant, des enquêtes de terrain (2) nous permettent de dire que la région est confrontée à un problème crucial, celui de la pénurie d'eau durant la saison sèche. Ainsi, si nous comparons la profondeur des puits traditionnels (près de 10 m) et celle des forages et puits cimentés (>20 m), nous nous rendons compte que les réserves d'eau sont très profondes. C'est pourquoi les puits traditionnels tarissent généralement vite avec la baisse du niveau de la nappe superficielle jusqu'à laquelle ils sont creusés, par opposition aux puits modernes qui se font à de grandes profondeurs et dans des nappes de grande importance.

Au terme de cette analyse, il ressort que le problème de l'hydraulique villageoise reste encore difficilement soluble dans la mesure où il n'est pas aisé et même permis à tout le monde de s'offrir un forage. En effet, malgré la cohésion sociale et le dynamisme des populations, un village ne peut pas supporter seul les frais d'installation d'un forage: les forages installés sont le résultat de la coopération entre l'Etat burkinabè et des organismes de développement. A l'exécution de ce type d'ouvrage, il est demandé aux bénéficiaires de prendre en charge la construction de la margelle de protection du puits dont le coût de revient est de 75.000 FCFA environ (3).

-
- (1) GUILLOBEZ S. 1985 Milieux naturels du Burkina Faso
IRAT Service pédologie-cartographie.
(2) Enquêtes du 15-20 Mars 1990 dans le Département de Pâ.
Trois villages enquêtés: Pâ, Boro, Hèrédougou
(3) Le chiffre a été obtenu auprès des responsables des
différents villages enquêtés.

3 - LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le Grand-Balé a un écoulement général d'Ouest en Est, perpendiculaire aux formations birrimiennes qui occupent le secteur oriental de son bassin. Il entaille l'ensemble sédimentaire gréseux du Sud-Ouest du Burkina Faso, décrit une boucle dans les granites syntectoniques de la région de Wakara avant de s'étendre dans sa large vallée vers l'exutoire.

Le bassin est drainé par un réseau hydrographique relativement dense. Les principales rivières : Tiankolavoho, Danrokui, Pouza, Hinn, ... renforcent la puissance de l'écoulement par les eaux qu'elles drainent vers le chenal principal. Elles apparaissent comme surimposées d'autant plus que le réseau hydrographique s'articule en général à partir des zones de relief qui orientent son écoulement. Deux directions caractérisent essentiellement les eaux :

- Sud-Ouest, Nord-Est, soit de la source à la boucle.
- Nord-Ouest, Sud-Est, c'est à dire de la boucle à l'exutoire.

3 - 1 - Le tronçon Sud-Ouest, Nord- Est.

Dans le bassin supérieur, les drains sont bien marqués et par accumulation des eaux, le Tui (Grand-Balé) reçoit le Tiankolavoho à une dizaine de kilomètres de la source. C'est le premier affluent de rive gauche. Ce dernier s'incurve à son tour dans son cours supérieur vers le Nord. Le Danrokui et le Vonzo viennent renforcer la puissance des eaux à 6 - 10 km plus loin. A ceux-là s'ajoutent d'autres ruisseaux qui favorisent le drainage des eaux jusqu'au kilomètre 52.

3 - 2- Le tronçon Nord-Ouest, Sud-Est

A l'aval du coude du Grand-Balé, le bassin inférieur s'étend sur près de 60 km avec un tracé presque rectiligne, attestant de la platitude du terrain. Sur cette portion, le Tui amorce sa descente avec les eaux de ses affluents: le Pouza et le Hinn, respectivement affluents de rive gauche et de rive droite. En effet, ces deux bras sont d'une grande extension, en témoignent l'importance de leurs drains et, partant, la taille des sous-bassins versants qu'ils constituent. Ce sont donc de véritables collecteurs et fournisseurs d'eau à la rivière principale. De par la rive droite, le Tui reçoit d'autres affluents de moindre importance tels: Vohon, Banou....

Il convient aussi de noter que la partie orientale du bassin constitue une zone de hautes terres avec une altitude moyenne de 400 m. C'est une zone d'éminences rocheuses pouvant atteindre 561 m dans la région de Niakongo. De ces zones descendent de nombreux ruisseaux qui, par effet d'accumulation, nous permettent de donner à ces massifs, l'appellation de "château d'eau" du Grand-Balé. Ceci parce que leur apport hydrique est non négligeable dans les potentialités du cours d'eau, ces "châteaux d'eau" alimentent la rive gauche du Tui par le truchement du Bonboré, du Labozaba, et du Labozéré. Ces ruisseaux suivent alors les failles géologiques de la région pour s'écouler.

Après ce bref aperçu sur l'ossature du Grand-Balé, nous pouvons dire que les potentialités hydriques du bassin sont négligeables, en témoigne la densité du réseau de drainage. Les différentes zones inondables sur un rayon de 10 km environ du thalweg nous permettent de dire que le terrain d'écoulement est affecté d'une faible pente (0,4 m/km) et est peu accidenté. A cela s'ajoute la ceinture de forêts classées qui ne manque pas d'influencer les écoulements en les freinant par la densité de la couverture végétale.

Le Grand-Balé est un cours d'eau intermittent de part sa situation en latitude. Il se réduit en un chapelet de mares pendant la saison sèche, ce qui limite le degré d'utilisation de ces eaux à des fins d'hydraulique villageoise ou pastorale.

A partir de la carte topographique, nous avons procédé à la classification du réseau hydrographique selon la règle de SCHUM (1). Cela nous a permis de quantifier la densité de drainage D_d et le rapport de confluence R_c de la rivière.

$$D_d = \sum L_x / S$$

D_d = densité de drainage en km / km²

x = l'ordre des thalwegs

L_x = longueur de tous les thalwegs d'ordre x en km

S = superficie du bassin versant en km²

$$R_c = N_x / N_{x+1}$$

R_c = rapport de confluence

N_x = nombre de thalwegs de rang x

N_{x+1} = nombre de thalwegs de rang $x+1$

(1) DUBREUIL P. 1974. P152-161 :

"est d'ordre $x+1$ tout tronçon de rivière formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre x ."

Toutes les mesures ont été consignées dans le tableau ci-dessous:

ordre des thalwegs (x)	Lx km	Nx	Rc
1	925	739	3,789
2	475	195	3,979
3	288	49	2,722
4	182	18	4,5
5	52	4	4
6	60	1	moyenne = 3,798
Total	1982	-	

Ces résultats nous permettent de dire que le réseau hydrographique est effectivement dense avec $D_d=0,6 \text{ km/km}^2$ et un rapport de confluence moyen de l'ordre de 4; ainsi, nous pouvons dire que chaque ordre de thalweg x+1 est quatre fois supérieur à l'ordre de thalweg x.

Nous avons aussi établi le profil en long de la rivière à partir de la carte topographique. Il ressort de ce profil en page 20 que celui-ci est assez régulier.

4 - CARACTERISTIQUES TOPOGRAPHIQUES

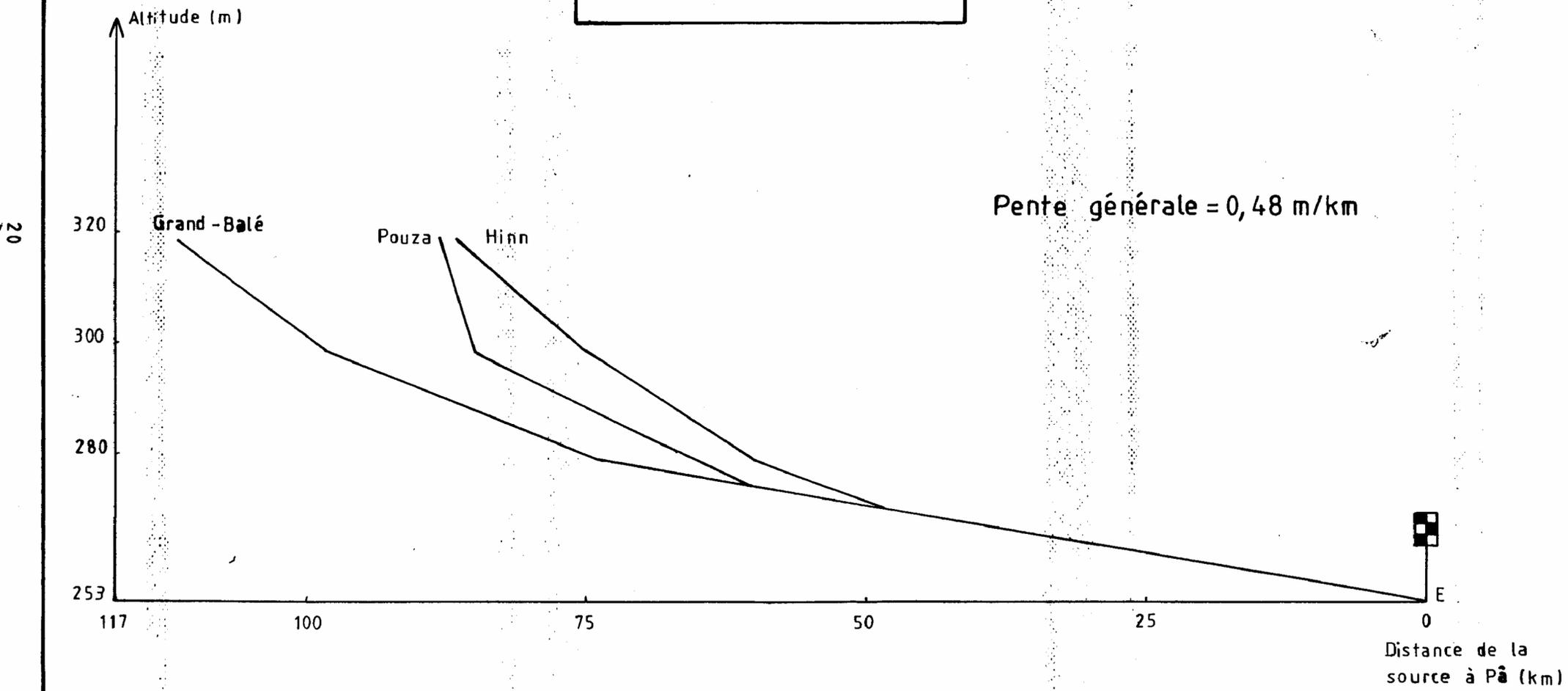
4 - 1 - Aspect planimétrique

La superficie est le paramètre le plus caractéristique du bassin versant. Seule sa détermination peut nous permettre de quantifier et même de qualifier les autres éléments rentrant dans la description d'un bassin. Ce sont entre autre: le périmètre, la densité du réseau hydrographique, le rapport de confluence, l'hypsométrie, etc...

En ce qui concerne le Grand-Balé, la superficie totale à la station hydrométrique de Pâ est de 3510 km^2 . Elle a été déterminée au planimètre. Elle est caractérisée par un réseau routier important qui sillonne le bassin versant dans tous les sens. Toute la hiérarchie routière y est représentée: des routes nationales N°1 et N°10, les routes départementales, les routes régionales aux pistes et sentiers. Le chemin de fer traverse le bassin d'Ouest en Est et vient renforcer la circulation terrestre. Le réseau hydrographique est dense avec une densité de drainage de $0,6 \text{ km/km}^2$. La densité de la végétation est variable sur le bassin: les forêts classées bordent la rivière

FIG: 3

PROFIL EN LONG ET
PRINCIPAUX AFFLUENTS



et constituent la zone boisée tandis que le reste du bassin est occupé par les cultures et les jachères.

4 - 2 - Aspect altimétrique

Le modelé général du bassin versant du Grand-Balé est légèrement ondulé. Les altitudes varient de 260 à 561 m et ce, depuis les bas-fonds jusqu'aux sommets des collines.

Trois types de relief se distinguent dans le paysage:

- un ensemble de collines formées de metabasaltes du birrimien se localise au Nord-Est du bassin. L'altitude moyenne de ces collines est de 400 m. La colline la plus élevée culmine à 561 m à l'Est de Mana. Au Sud du bassin, se dessinent quelques collines isolées telles: Adoumboué près du village de Kiéré, Kongourilé au Sud-Ouest du département de Bana. La caractéristique générale de ces collines, c'est qu'elles ont des versants plus ou moins abrupts et surmontés de nombreux escarpements contrastant avec les autres unités du paysage.

- La plaine couvre plus de 70 à 80 % de la superficie du bassin. Elle se localise tout autour du cours d'eau principal qu'est le Grand-Balé. L'altitude moyenne de celle-ci est d'environ 300 m. Elle est parsemée par endroits d'inselbergs, d'éminences rocheuses isolées ou groupées et de roches résiduelles. Les cours d'eau y sont très peu encaissés (Tiankolavoho, Pouza, Hinn...) et se jettent dans le Grand-Balé.

- Les bas-fonds correspondent au lit majeur du Grand-Balé. Ils constituent les points bas du bassin avec une altitude moyenne de 260 m. C'est le lieu où se concentrent toutes les eaux d'écoulement du bassin.

Sur les cartes topographiques au 1/200.000 de l'ensemble du bassin, nous avons étudié l'hypsométrie de la région (carte page 22). Pour ce faire, nous avons procédé par: planimétrage des surfaces comprises entre les courbes de niveau équidistantes de 40 m, mesure du périmètre stylisé au curvimètre, dressage des courbes hypsométriques et enfin, le calcul de diverses caractéristiques morphométriques, hypsométriques et altimétriques:

- Le coefficient de forme de Gravelius est donné par la formule:

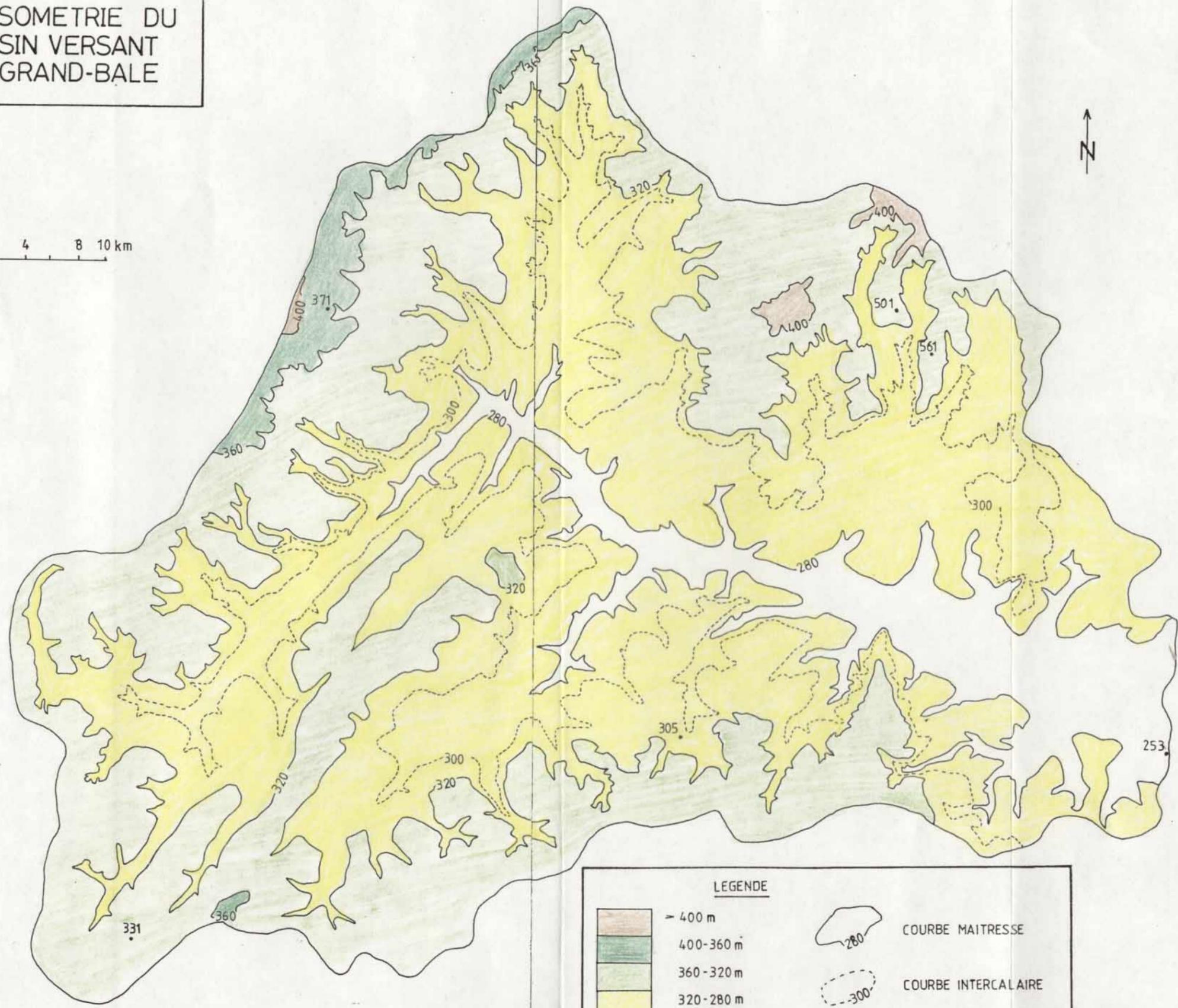
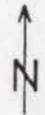
$$K = P / 2\sqrt{\pi S}$$

P = périmètre en km
S = superficie en km²

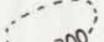
HYSOMETRIE DU
BASSIN VERSANT
DU GRAND-BALE

FIG: 4

0 4 8 10 km



LEGENDE

	> 400 m		COURBE MAITRESSE
	400-360 m		COURBE INTERCALAIRE
	360-320 m		POINT COTE
	320-280 m		
	280-253 m		

- Le rectangle équivalent

$$L = \frac{K\sqrt{\pi S}}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{2}{K\sqrt{\pi}} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K\sqrt{\pi S}}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2}{K\sqrt{\pi}} \right)^2} \right]$$

L = longueur en km

l = largeur en km

- L'indice global de pente est calculé à partir des altitudes occupant entre 5% et 95% de la surface du bassin sur la courbe de répartition hypsométrique.

$$I_g = D / L = (H_{5\%} - H_{95\%}) / L$$

D = dénivelé en m

L = longueur du rectangle équivalent en km

H = altitude en m

I_g en m/km

- L'indice de pente de Roche est donné par l'expression:

$$I_p = (1/\sqrt{L}) * \sum \sqrt{A_i * D_i}$$

A_i = fraction de surface partielle

D_i = dénivelé en m

L = longueur du rectangle équivalent en m

- L'altitude médiane du bassin est lue sur la courbe hypsométrique au point correspondant à l'abscisse 50% de la surface totale.

- L'altitude moyenne est déterminée par planimétrage de la courbe hypsométrique.

Les différents résultats sont consignés dans le tableau 1 et sur la figure 5 en page 24.

FIG: 5

L = 109 km

Altitude (m)

l = 32 km

500

561 400 360

320

300

280

253

400

RECTANGLE EQUIVALENT

Grand Balé à Pâ:

REPARTITION ALTIMETRIQUE
ET COURBE HYSOMETRIQUE

300

altitude médiane

altitude moyenne

280

253

%de la superficie
totale

25

50

75

100

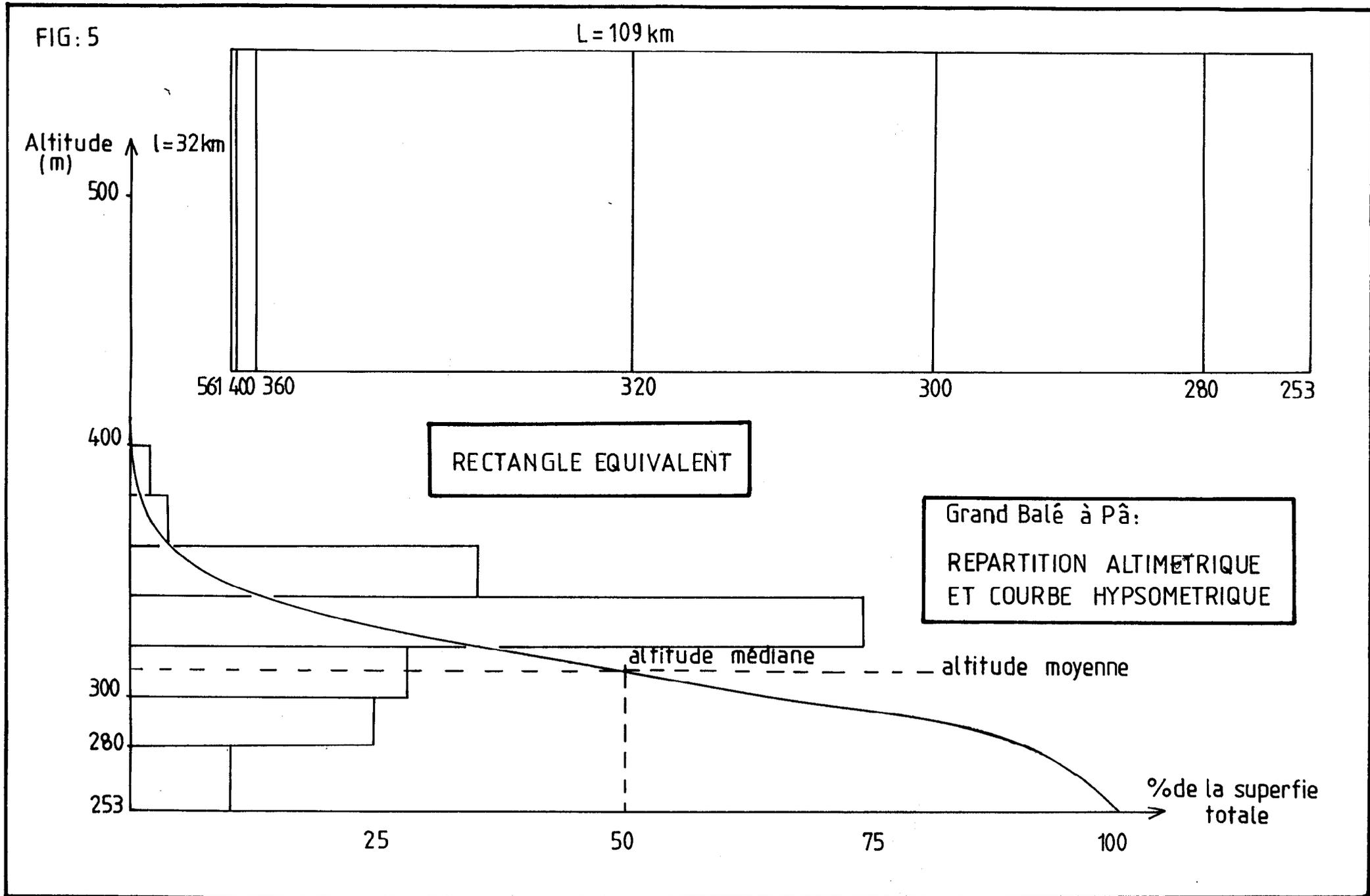


Tableau 1: Caractéristiques morphologiques du bassin versant du Grand-Balé à Pâ.

Tranche d'altit m	S km ²	Scumul km ²	S/A %	Cu %	Ai =S/A	Di m	AiDi	$\sqrt{(AiDi)}$
>400	21	21	0.60	0.60	0.006	161	0.966	0.9828
400-360	57.6	78.6	1.64	2.24	0.016	40	0.640	0.8000
360-320	1235.2	1313.8	35.20	37.44	0.352	40	14.080	3.7523
320-300	979.2	2293	27.90	65.34	0.279	20	5.580	2.3622
300-280	861.6	3154.6	24.56	89.90	0.246	20	4.920	2.2181
280-253	354.4	3509	10.10	100.00	0.101	27	2.727	1.6513
Total	3509		100.00		1.000			11.7667

S = surface partielle
A = surface totale du bassin
Cu = surface cumulée

Résultats de l'étude hypsométrique

Altitude minimale	253 m
Altitude maximale	561 m
Altitude moyenne	311 m
Altitude médiane ou 50% de A	310 m
Altitude de 95% de A	272 m
Altitude de 5% de A	354 m
Surface du bassin versant	3510 km ²
Périmètre stylisé P	280 km
Coefficient de forme de Gravellius K	1.33
Longueur du rectangle équivalent L	109 km
Largeur du rectangle équivalent l	32 km
Indice de pente de Roche I _p	0,035
Indice global de pente I _g	0.75 m/km

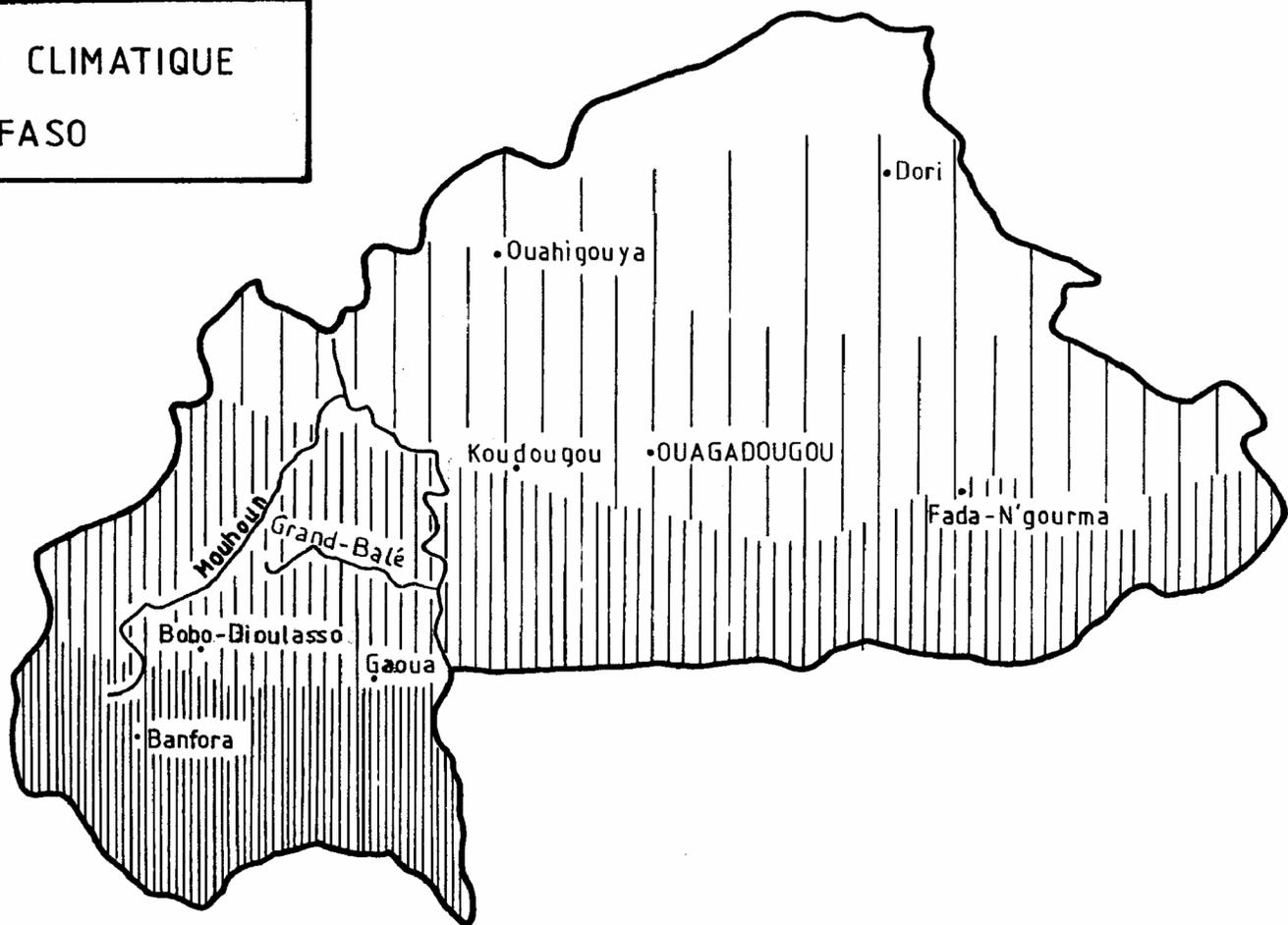
5 - LA VEGETATION

L'ensemble du bassin versant est bien arrosé avec une pluviométrie moyenne de 900 mm par an. La végétation y est abondante et se caractérise par des formations savaniques peu fermées constituées de ligneux tels que: *Butyrospernum parkii*, *Parkia biglobosa*, *Déterium microcarpum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*... auxquels s'associe un tapis herbacé plus ou moins continu d' *Andropogonés* et de *Loudetia togoensis*.

Nos références aux travaux de l'IRAT en page 26, nous permettent de suivre la classification des différentes formations végétales du Burkina Faso par rapport aux principales caractéristiques agro-climatiques.

FIG: 6

CARTE PHYTO CLIMATIQUE
DU BURKINA FASO



0 10 20 30 km

26

LEGENDE

	FORMATIONS VEGETALES (1)		PRINCIPALES CARACTERISTIQUES AGRO-CLIMATIQUES			
	Espèces principales	Espèces secondaires	Pluies (mm)	Température moyenne (°c)	Longueur (2) de la saison pluvieuse	ETP/J moyenne Juil-Août-Sept
Savane à épineux claire ou herbeuse	Acacia radiana Balanites aegyptiaca	Pterocarpus lucens Andersonia digitata	500 - 600	29	< 70 jours	> 6 mm/j
Savane arbustive	Balanites aegyptiaca	Pterocarpus lucens Combretum micranthum	600 - 700	29 - 28	70 - 105 js	6 - 5,4 mm/j
Savane arborée claire	Butyrospermum paradoxum	Combretum micranthum Detarium microcarpum Anogeissus leiocarpus	700 - 950	28	105 - 130 js	5,4 - 5,2 mm/j
Savane arborée	Butyrospermum paradoxum Parkia biglobosa	Detarium microcarpum Anogeissus leiocarpus Combretum glutinosum	950 - 1100	28 - 27	130 - 150 js	5,2 - 4,8 mm/j
Savane arborée Forêt claire	Butyrospermum paradoxum Parkia biglobosa Isoberlinia dokai	Detarium microcarpum	1100 - 1400	27 - 26	150 - 180 js	4,8 - 4,5 mm/j

27

(1) TERRIBLE P.D. : Végétation de la Haute-Volta

(2) Période de la végétation active.

Nous distinguons deux types de formations végétales sur le bassin:

- les domaines classés: ils bordent le cours principal de la rivière et constituent une formation pratiquement naturelle. La densité de la végétation est telle qu'elle prend l'allure d'une savane boisée. Et le long du cours d'eau, on observe une galerie forestière avec les essences suivantes: *Khaya senegalensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Azelia africana*, divers *Acacia*...

De nos jours, l'appauvrissement floristique des forêts galeries de la zone étudiée est très net. En effet, la végétation connaît une régression non seulement par les effets des aléas climatiques, mais aussi et surtout par les actions conjuguées de l'implantation de certains migrants dans les domaines classés, le pacage des animaux et les feux de brousse.

- Par opposition aux régions naturelles, il existe des formations anthropiques dues aux activités économiques de l'homme: agriculture et élevage. La végétation se retrouve alors très dégradée par l'action humaine et tend vers la savane-parc avec des espèces réservées: karité, néré, fromager, caïlcédrat, *Acacia albida*...

Du point de vue cynégétique, la zone de forêt classée constitue une zone giboyeuse car la quasi totalité des animaux de la zone soudanienne y est présente: éléphants, buffles, bubales, phacochères... Par contre, il est rare de rencontrer du "gros gibier" dans les autres zones à cause du braconnage intense; le problème est épineux et préoccupe les services des Eaux et Forêts.

6 - LA PEDOLOGIE

Les sols du bassin versant sont très divers (carte page 29). Ils sont tributaires de l'hétérogénéité du substratum géologique qui détermine leurs faciès.

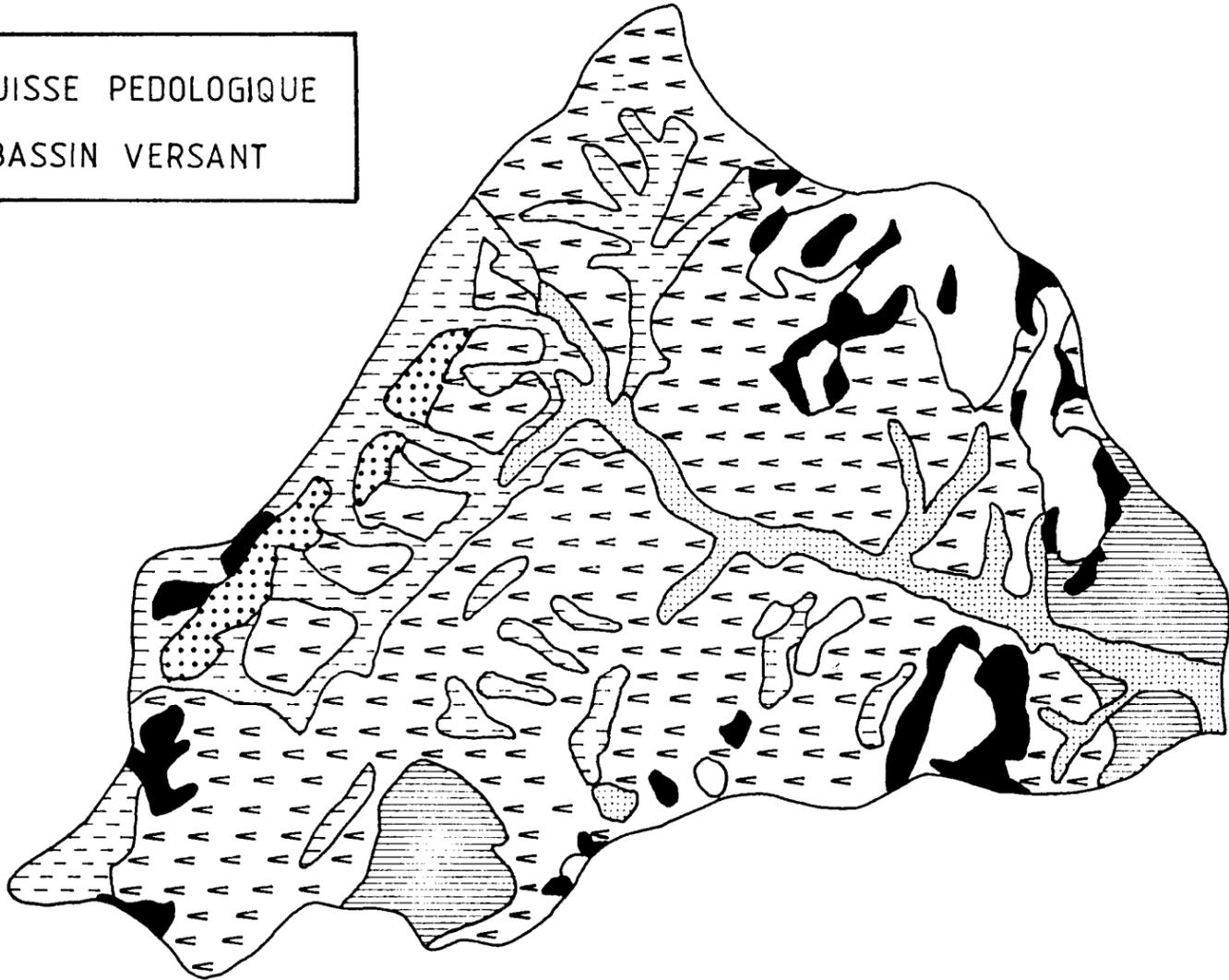
Le bassin se subdivise en quatre grandes unités pédologiques de valeurs variables: les sols minéraux bruts et les sols peu évolués, les sols bruns, les sols ferrugineux tropicaux et enfin, les sols hydromorphes et les vertisols.

6 - 1 - Les sols minéraux bruts et les sols peu évolués

Les sols minéraux bruts sont très peu représentés dans le bassin. Leur potentialité agricole reste faible car la fertilité est inégalement répartie et jamais très bonne. Ils présentent donc peu d'intérêt pour une mise en valeur.

FIG: 7

ESQUISSE PEDOLOGIQUE
DU BASSIN VERSANT

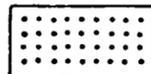
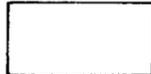
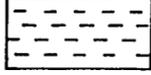
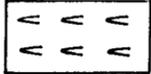
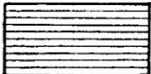
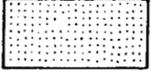


0 5 10 15 km

d'après la carte géologique de LEP RUN J.C 1969

Légende

Sols peu évolués

- | | |
|---|---------------------------------------|
|  | sur grès |
|  | sur cuirasse ferrugineuse |
|  | <u>Sols bruns</u> |
| <u>Sols ferrugineux tropicaux</u> | |
|  | lessivés hydromorphes |
|  | remaniés |
|  | remaniés indurés |
|  | <u>Sols hydromorphes et vertisols</u> |

Les sols peu évolués par contre recouvrent presque toutes les surfaces cuiracées et gréseuses; ils sont disséminés dans des proportions variables sur le bassin. C'est la zone de prédilection d'une végétation arbustive (Combretum sp. Terminalia laxiflora...) et d'herbacés (Andropogon et Loudetia). Son intérêt agronomique est faible, restreint, car la fertilité y est réduite. L'érosion y est le seul agent de dégradation du milieu.

6 - 2 - Les sols bruns

Ils se localisent à l'Est du bassin, dans les roches volcaniques et se juxtaposent aux sols peu évolués développés sur du matériau gravillonnaire. A cela, nous pouvons dire que le substratum est assez érodé à ce niveau pour favoriser la mise en place d'un tel profil. Les sols bruns se caractérisent par leur bonne fertilité physique et chimique mais le principal handicap est la faiblesse de leurs étendues. Ce sont de "bonnes terres à coton" qui présentent cependant peu d'intérêt pour la culture à grande échelle, du fait de leur petite superficie.

6 - 3 - Les sols ferrugineux tropicaux

Caractéristiques essentielles du bassin, ce sont de grandes surfaces cultivables relativement profondes avec une vocation pastorale par endroits. Leur intérêt est certain. Mais, le mauvais drainage est le facteur limitant leur exploitation; d'où une nécessité de recherches agronomiques à cet effet, afin de maîtriser la production de cultures traditionnelles (mil, sorgho,... coton). Localement, nous avons la possibilité de cultures maraîchères en période de décrue et même de riziculture dans les zones déprimées.

6 - 4 - Les sols hydromorphes et vertisols

Ils bordent le cours principal de la rivière. L'hydromorphie y est plus ou moins temporaire, ce qui limite les possibilités de culture malgré la richesse chimique du milieu. Ces sols connaissent une mise en valeur plus importante de cultures traditionnelles mais les méthodes traditionnelles de culture et les outils aratoires précaires sont inadaptés à une exploitation rationnelle de cet espace agraire. Une vocation rizicole y demeure. Ainsi, il est donc nécessaire de vulgariser les méthodes agricoles élaborées, comme la mécanisation, afin que l'agriculteur puisse dominer la nature à des fins de développement socio-économique.

En définitive, nous pouvons conclure que le bassin versant du Grand-Balé à Pâ a des potentialités agricoles et pastorales que lui offre son sol. Du reste, une bonne maîtrise des données hydrologiques et pédologiques est essentielle à la conception et à la mise en pratique de projets d'aménagements hydro-agricoles pour le développement socio-économique des populations qui y vivent.

CHAPITRE II

FACTEURS CLIMATIQUES

1 - LES ELEMENTS CLIMATIQUES

1 - 1 - Le type de climat

Le bassin versant du Grand-Balé à Pâ est soumis à un climat tropical de type Nord-soudanien.

Ce climat correspond à deux saisons nettement différenciées: une saison sèche (8 mois) et une saison pluvieuse (4 mois) dont l'alternance peut être expliquée, brièvement, par les déplacements annuels du FIT (Front Inter-Tropical). Celui-ci est en fait la zone de convergence des masses d'air boréal continental et sec (harmattan) en provenance du sahara et des masses d'air austral océanique et humide en provenance de l'anticyclone de Sainte Hélène (mousson).

1 - 2 - Le réseau d'observation climatologique

En ce qui concerne l'étude des facteurs climatiques, outre la pluviométrie, les données de la station synoptique de Boromo ont été utilisées; c'est, en effet, la station type la plus proche du bassin.

De plus, nous avons recensé six postes pluviométriques aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du bassin afin de mieux apprécier la répartition spatiale et temporelle de la pluviométrie.

Les données ayant servi au calcul des différentes valeurs exposées dans ce chapitre proviennent du service climatologique de la Direction de Météorologie Nationale. La période d'observation théorique commune à toutes ces stations s'étend de 1951 à 1980, soit trente ans. Cependant, des paramètres comme le vent, l'insolation et l'évaporation bac A ont des périodes d'observation plus courtes.

Nous passerons donc en revue, successivement:

- la pluviométrie
- la température
- l'humidité et la tension de vapeur
- l'insolation
- le vent
- l'évaporation

2 - LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

2 - 1 - La pluviométrie

2 - 1 - 1 - Mécanisme

Le bassin versant faisant l'objet de notre étude appartient à l'Ouest burkinabè. Il subit directement l'influence de deux centres de haute pression: l'anticyclone de Sainte Hélène et celui du sahara. Ils diffusent des masses d'air de nature et de force différentes selon les saisons, à savoir:

- L'harmattan: air sec en provenance de l'anticyclone saharien. Il est de secteur Nord-Est à Est et caractérise la saison sèche. Frais la nuit, il devient chaud le jour par suite du rayonnement solaire et se charge de poussière.

- La mousson : air maritime humide de secteur Sud-Ouest, provient de l'anticyclone de Sainte Hélène. Elle caractérise l'hivernage. La mousson pénètre dans l'air sec continental à la façon d'un coin et est génératrice des nuages, de pluies. C'est pourquoi, la pluviométrie reste l'élément positif du bilan hydrique.

La convergence de ces deux masses d'air constitue donc le FIT. Les variations de la pluviométrie moyenne de 1951 à 1980 nous montrent que les mois de juin à septembre sont les plus pluvieux sur le bassin, avec un maximum en août (250 mm). La moyenne annuelle étant de 937 mm, elle connaît une augmentation du Nord au Sud.

2 - 1 - 2 - Liste des stations pluviométriques.

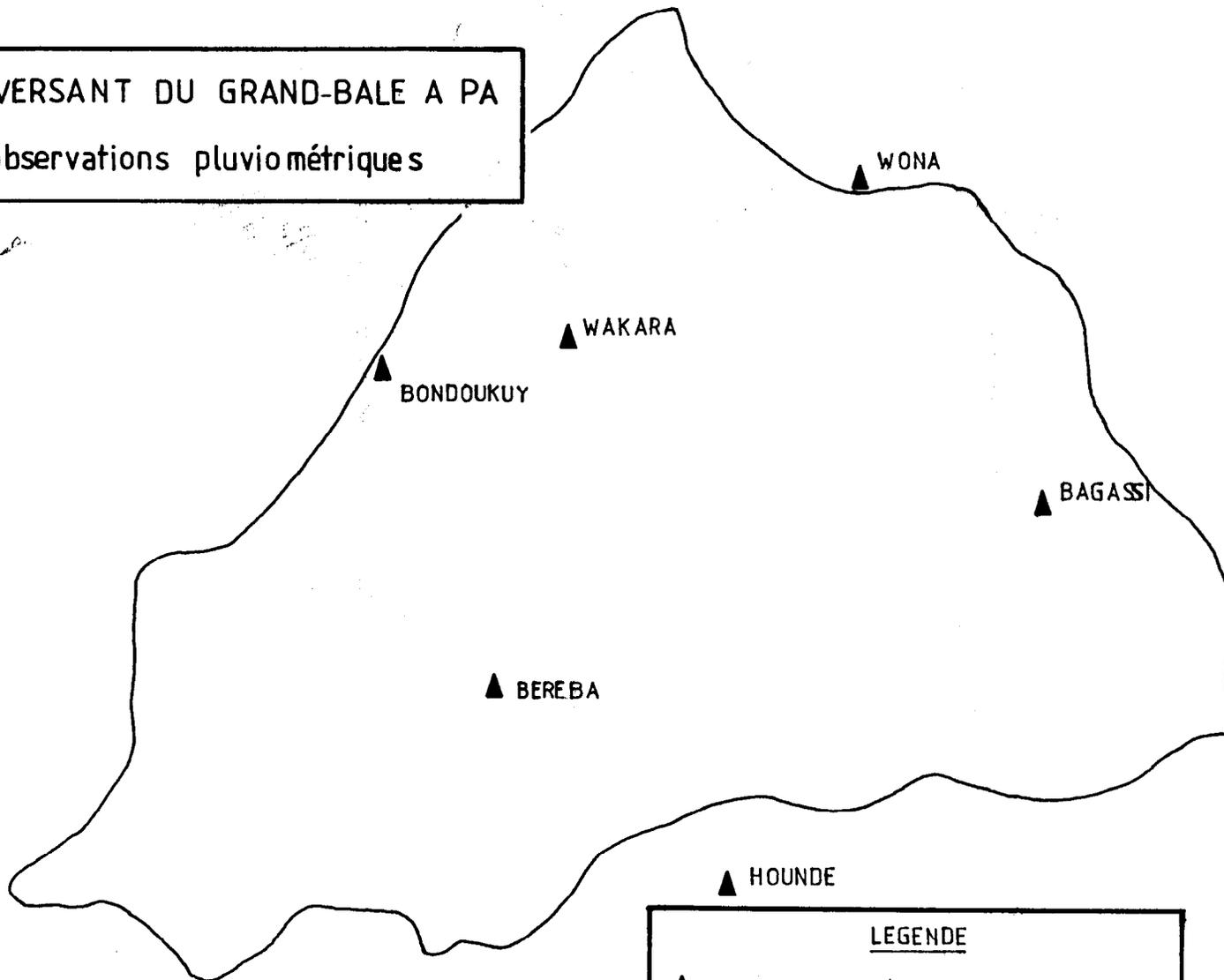
L'inventaire complet des postes pluviométriques dans le bassin et à proximité a été fait (tableau 2). Nous avons recensé au total 7 postes dont 6 sont cartographiés en page 34. Boromo n'est pas représenté parce qu'il est assez éloigné du bassin.

2 - 1 - 3 - Tableau de durée de fonctionnement.

Le tableau de durée de fonctionnement est donné en page 36. Pour l'étude, nous constatons que les périodes d'observation sont de durée très variable. La période d'homogénéisation couvre 25 ans soit de 1964 à 1989.

FIG: 8

BASSIN VERSANT DU GRAND-BALE A PA
réseau d'observations pluviométriques



LEGENDE
▲ postes pluviométriques

0 5 10 15 km

Tableau 2: Inventaire des stations pluviométriques du bassin versant du Grand-Balé à Pâ.

Noms des postes	Coordonnées		Altitude en mètres	Date de création	code Asecna	Type
	Latitude	Longitude				
Bagassi	11°45' N	03°18' O	280	1960	H138	P
Béréba	11°37' N	03°41' O	291	1964	H135	P
Bondoukuy	11°51' N	03°46' O	359	1963	H133	P
Boromo	11°45' N	02°56' O	270	1922	H141	synop
Houndé	11°29' N	03°31' O	324	1921	H136	P
Wakara	11°52' N	03°38' O	304	1973	H132	P
Wona	11°58' N	03°26' O	340	1963	H137	P

P = pluviométrique
 synop = synoptique
 Asecna = Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne

2 - 1- 4- Caractéristiques du régime pluviométrique

2 - 1 - 4 - 1 - La pluviométrie annuelle.

Les pluies annuelles de la période 1922-1989 sont fournies en page 37. Il en résulte une moyenne inter-annuelle supérieure à 900 mm par an, avec de nombreuses variations entre les pluies maximale et minimale. L'observation du graphique de la page 38 nous permet de déterminer trois grandes périodes humides avec le maximum de pluie en 1933 (1878,6 mm) :

- 1933-1940 : cette période a une tendance à la baisse très marquée, avec une année sèche en 1937 où la pluviométrie est légèrement inférieure à la moyenne inter-annuelle (853,0 mm).

- 1944-1958 : c'est la période humide la plus longue, avec une moyenne qui s'écarte peu de la moyenne inter-annuelle. La pluviométrie durant cette période a varié de 878 mm à 1250 mm.

- 1962-1972 : constitue aussi une période humide mais moyenne, avec un écart de 257 mm entre l'année la plus sèche 1967 (870 mm) et la plus humide 1969 (1117 mm).

Les autres périodes ont connu des hauteurs de pluie annuelle nettement inférieures à la moyenne inter-annuelle.

Sur les 68 années d'observations, on a essayé de déterminer la pluviosité dans la région et l'on constate que dans 33 % des cas la pluie annuelle est inférieure à la moyenne inter-annuelle et dans 67 % des cas elle l'avoisine ou la dépasse.

Tableau : 3

INVENTAIRE DES OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES

POSTE \ AN	198										197										196										195										194										193										192																			
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0										
BAGASSI																																																																																
BEREBA																																																																																
BONDOUKUY																																																																																
BORDOMO																																																																																
HOUNDE																																																																																
WAKARA																																																																																
WONA																																																																																

Tableau 4: Pluies annuelles à Boromo (mm)
Période 1922 - 1989

An	Pluies	An	Pluies	An	Pluies ,
1922	357,0	1945	899,2	1968	1008,6
1923	850,0	1946	1072,8	1969	1127,0
1924	965,3	1947	975,8	1970	879,6
1925	1091,0	1948	927,7	1971	1051,8
1926	681,3	1949	1061,2	1972	876,3
1927	945,0	1950	958,6	1973	720,0
1928	1145,5	1951	1247,9	1974	954,0
1929	>662,8	1952	1038,5	1975	647,9
1930	984,4	1953	1121,8	1976	1028,2
1931	> 67,0	1954	1075,7	1977	702,7
1932	>497,6	1955	1101,5	1978	825,5
1933	1878,6	1956	878,3	1979	922,7
1934	967,4	1957	999,1	1980	904,4
1935	1163,7	1958	990,6	1981	751,5
1936	989,9	1959	714,8	1982	830,5
1937	853,0	1960	989,5	1983	634,9
1938	>898,5	1961	539,3	1984	772,8
1939	997,3	1962	1026,6	1985	883,4
1940	911,2	1963	917,5	1986	859,4
1941	824,8	1964	1077,6	1987	848,6
1942	>800,6	1965	962,8	1988	942,8
1943	784,0	1966	929,5	1989	758,2
1944	871,2	1967	870,1		

2 - 1 - 4 - 2 La pluviométrie mensuelle.

Les données mensuelles disponibles couvrent la période 1951 à 1980 soit 30 ans et concernent toujours la station synoptique de Boromo. Nous avons retenu les mois de Juillet Août et Septembre qui sont généralement les plus pluvieux et qui peuvent générer des crues .Les résultats de l'étude statistique sont consignés dans le tableau 5 et la figure 10 en page 39.

Si nous considérons la quantité de pluie tombée pendant ces mois sur la période des 30 années, nous constatons que :

- 33 % des pluies de Juillet varient entre 150 et 200 mm.
- 30 % des pluies d'Août varient entre 200 et 300 mm
- 33 % des pluies de Septembre varient entre 200 et 250 mm

A partir de cela, nous pouvons conclure que de Juillet à Septembre. la quantité maximale de pluie observée au départ peut doubler mais de façon progressive. Cette période est donc favorable à l'apparition des crues. Les proportions des autres hauteurs de pluie sont très diverses et les extrêmes 50-100 mm et 300-400 mm sont faiblement représentés.

FIG: 9

Pluies annuelles
Boromo (1922-1989)

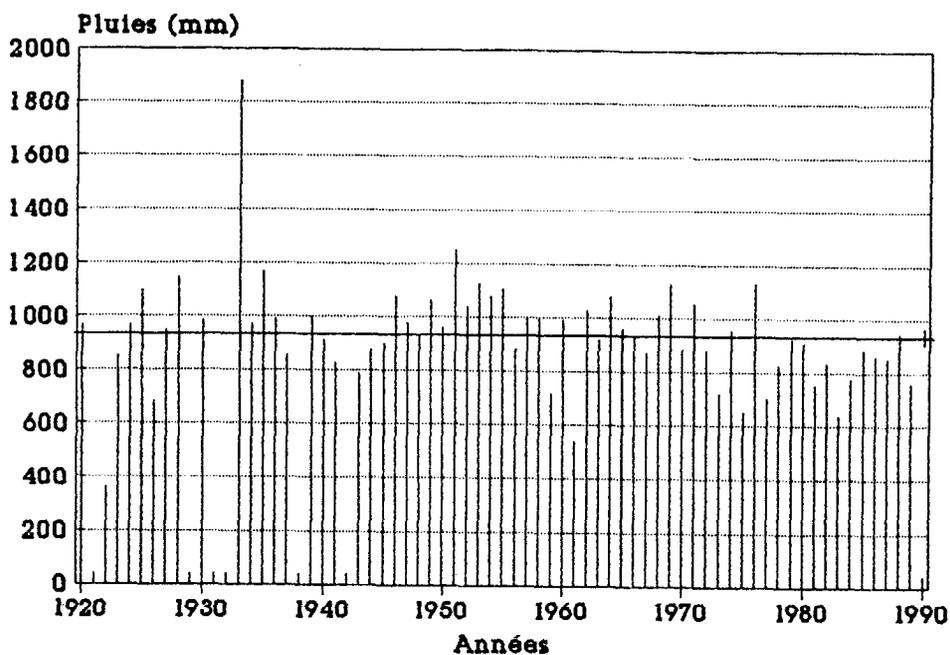


FIG:11 Pluies journalières maximales annuelles
Houndé (1922-1989)

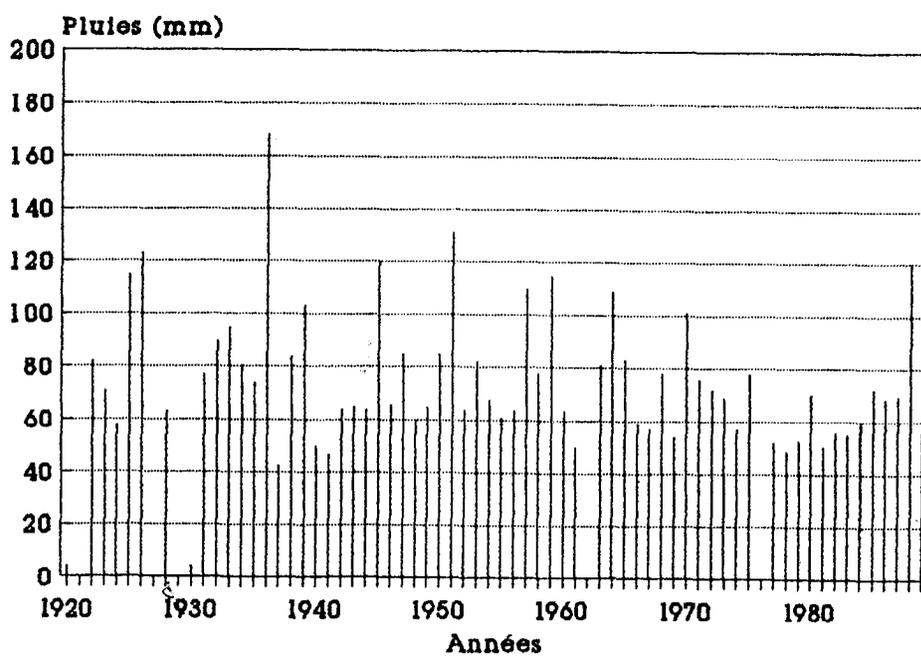
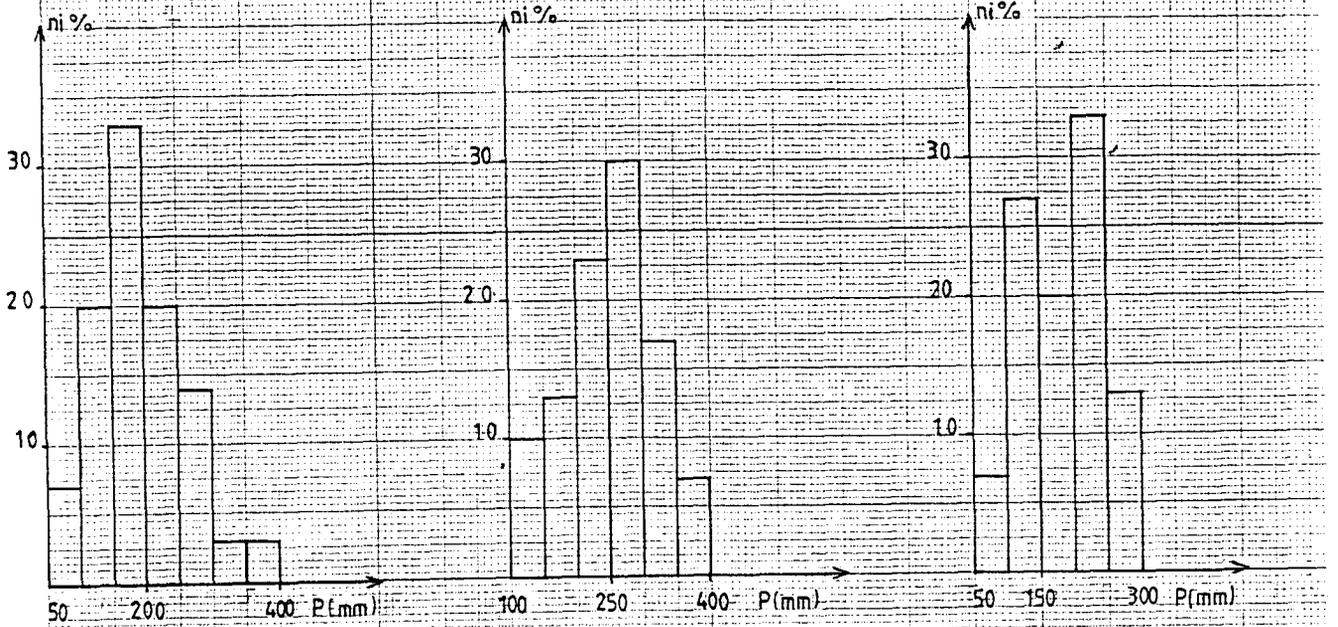


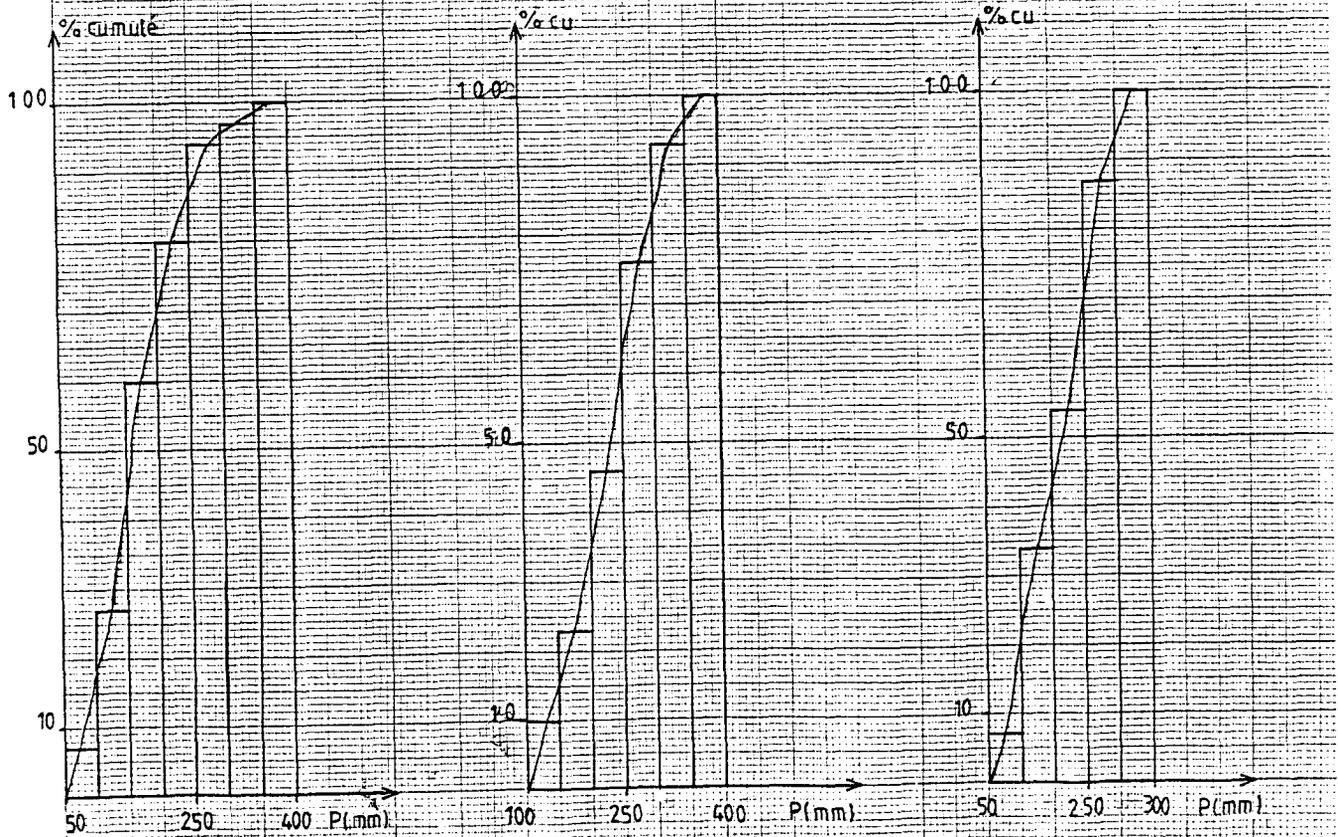
FIG. 10



JUILLET

AOÛT

SEPTEMBRE



STATISTIQUE DE LA PLUIE MENSUELLE

Tableau 5: Pluviométries mensuelles (mm)
période 1951 -1980

JUILLET

classe	effectif ni	ni %	ni cumul %
50 - 100	2	7	7
100 - 150	6	20	27
150 - 200	10	33	60
200 - 250	6	20	80
250 - 300	4	14	94
300 - 350	1	3	97
350 - 400	1	3	100
Total	30	100	-

AOUT

classe	effectif ni	ni %	ni cumul %
100 - 150	3	10	10
150 - 200	4	13	23
200 - 250	7	23	46
250 - 300	9	30	76
300 - 350	5	17	93
350 - 400	2	7	100
Total	30	100	-

SEPTEMBRE

classe	effectif ni	ni %	ni cumul %
50 - 100	2	7	7
100 - 150	8	27	34
150 - 200	6	20	54
200 - 250	10	33	87
250 - 300	4	13	100
Total	30	100	-

2 - 1 - 4 - 3 Les averses exceptionnelles.

Notre échantillon concerne les pluies journalières maximales annuelles de la période 1922-1989. Nous avons choisi de travailler avec la pluviométrie du poste de Houndé, qui est le plus proche du bassin et possède la plus longue série d'observation. Les données sont consignées dans le tableau 6 et mises sous forme graphique en page 38.

Tableau 6: Pluies journalières maximales annuelles (mm)
Houndé période 1922 - 1989

An	Pluies	An	Pluies	An	Pluies
1922	82,0	1945	120,0	1968	78,0
1923	71,0	1946	66,0	1969	54,0
1924	58,0	1947	85,0	1970	101,0
1925	115,0	1948	60,0	1971	76,0
1926	123,0	1949	65,0	1972	72,0
1927	-	1950	85,0	1973	69,0
1928	63,0	1951	131,0	1974	57,0
1929	-	1952	64,0	1975	78,0
1930	-	1953	82,0	1976	-
1931	77,0	1954	68,0	1977	52,0
1932	90,0	1955	61,0	1978	48,7
1933	95,0	1956	64,0	1979	52,6
1934	80,0	1957	110,0	1980	70,2
1935	74,0	1958	78,0	1981	50,6
1936	168,0	1959	115,0	1982	57,6
1937	43,0	1960	64,0	1983	54,9
1938	84,0	1961	50,0	1984	59,8
1939	103,0	1962	-	1985	72,2
1940	50,0	1963	81,0	1986	68,5
1941	47,0	1964	109,0	1987	69,6
1942	64,0	1965	83,0	1988	120,0
1943	65,0	1966	59,0	1989	62,6
1944	64,0	1967	57,0		

Il ressort de l'analyse que la pluie journalière maximale la plus forte se situe en 1936 avec 168 mm et la plus faible en 1937 avec 47 mm; la moyenne de ces pluies maximales est de 76 mm.

A partir du graphique obtenu, on note que la périodicité des pointes de pluies journalières maximales est variable. Si nous considérons la pluie journalière maximale supérieure ou égale à 100 mm, nous avons deux types de variations allant de 5 ans à 10 ans environ:

- 1925 à 1936 soit près de 10 ans.
- 1970 à 1988 soit près de 18 ans.

Cette longue période s'explique par la sécheresse des années 70; la récurrence est pourtant observée en 1980 même si la valeur de la pluie est inférieure à la moyenne (76 mm).

Dans les autres cas, la périodicité de ces maximums journaliers varie autour de 5 ans: 1936-1939, 1940-1945, 1946-1951, 1952-1959, 1960-1964 et enfin 1966-1970. Nous pouvons l'expliquer par une relative abondance des pluies.

Ainsi, l'importance de l'averse et la récurrence de son caractère exceptionnel constituent des éléments explicatifs d'une crue. Cela nous permet donc de mieux comprendre l'importance de la crue observée à l'exutoire c'est-à-dire à Pâ en 1988; l'averse exceptionnelle de l'année ayant atteint 120 mm.

Considérant les statistiques des pluies journalières maximales annuelles en page 43, nous pouvons ajouter que dans 50% des cas, elles atteignent 75 mm. A partir de ces données, nous pouvons conclure que les pluies journalières maximales annuelles qui ont une faible probabilité de se produire ont une valeur située entre 40 et 50 mm; à partir de 100 mm, la probabilité se rarefie de plus en plus.

Au terme de cette analyse, nous pouvons ajouter que la pluviométrie est un élément essentiel dans l'approche d'une étude de crue parce qu'aussi bien les eaux de surface que les eaux souterraines sont alimentées par la pluie.

Considérons la distribution spatiale de la pluie d'Août sur le bassin pour l'année 1988 donnée par le tableau ci-dessous et la carte en page 44.

Tableau 7: Comparaison de la pluie d'Août par rapport à la pluie annuelle pour l'année 1988 sur le bassin.
(mm).

Postes	Bagassi	Béréba	Bondoukuy	Houndé	Wakara	Wona
Août 1988	334,3	429,0	356,3	340,1	309,1	241,9
An 1988	973,6	1129,9	1017,4	1116,7	961,6	992,0
Août/An %	34,3	37,9	35,0	30,4	32,1	24,4

Il est à noter que:

- toutes les stations sont excédentaires en 1988: la pluie moyenne étant d'environ 900 mm, toutes les stations dépassent largement ce chiffre. Et, même le poste le plus éloigné de l'exutoire qu'est Bondoukuy est excédentaire: ceci pourrait nous aider à comprendre l'importance de la crue.

- les proportions des pluies d'Août par rapport à la pluie annuelle de chaque poste pluviométrique sont telles que 30 à 40% de la pluie annuelle tombe durant le mois d'Août. Ainsi, le mois d'Août constitue la période génératrice de la crue observée à l'exutoire en Septembre 1988.

FIG: 12

STATISTIQUE DES PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES
ANNUELLES: HOUNDE 1922-1989

47

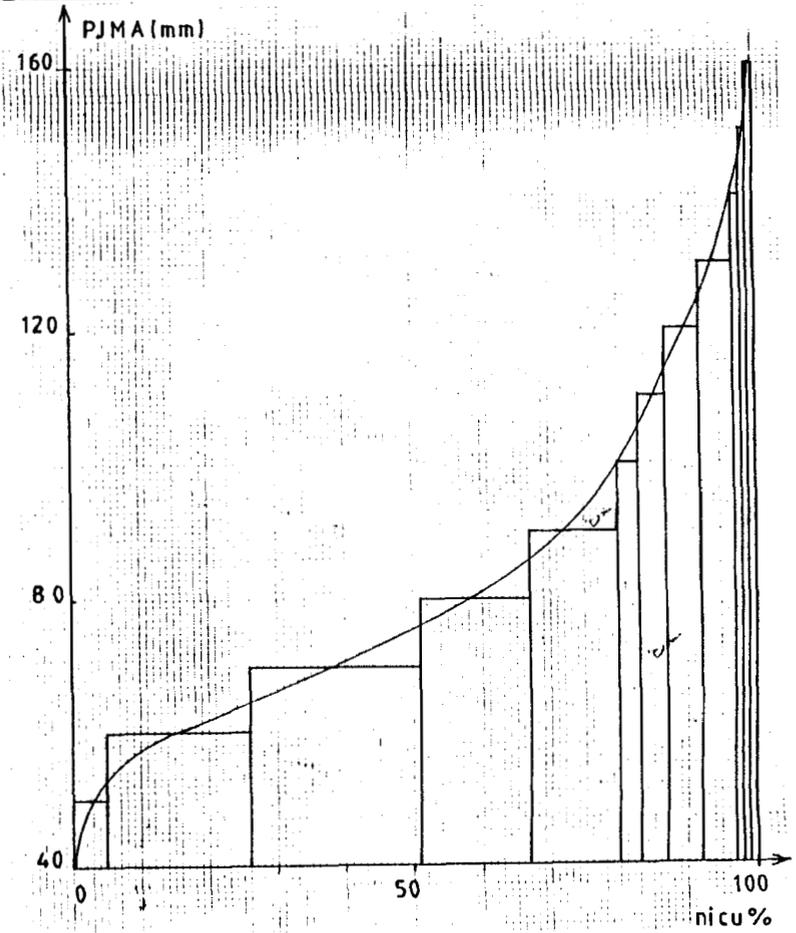
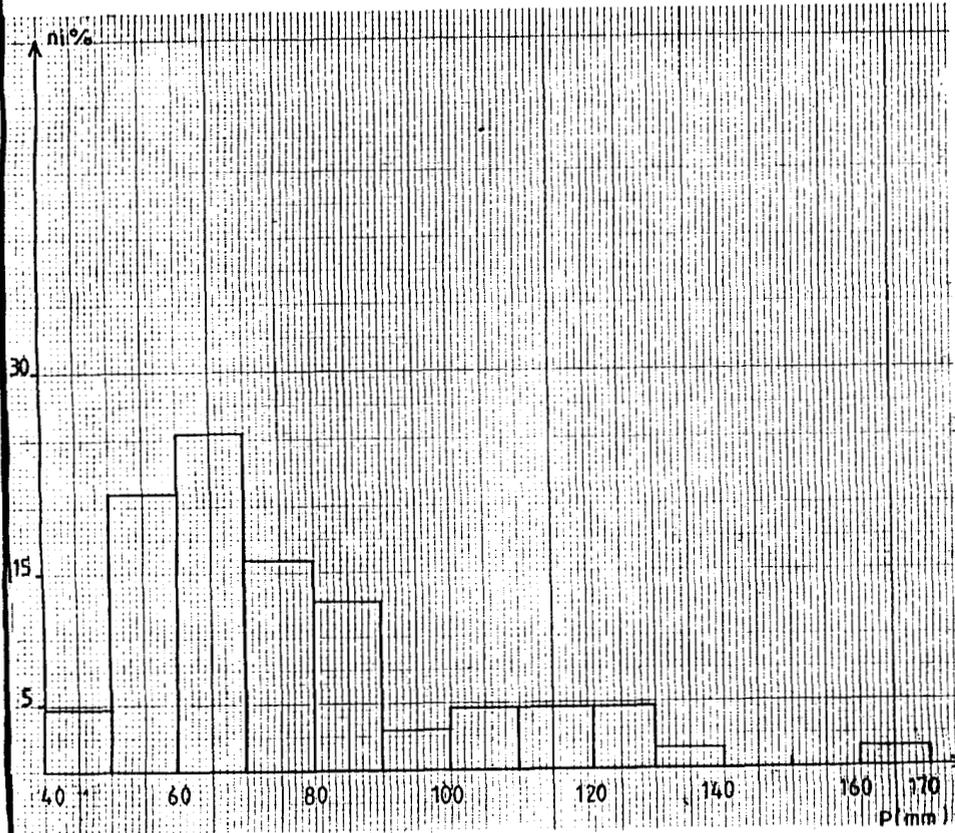
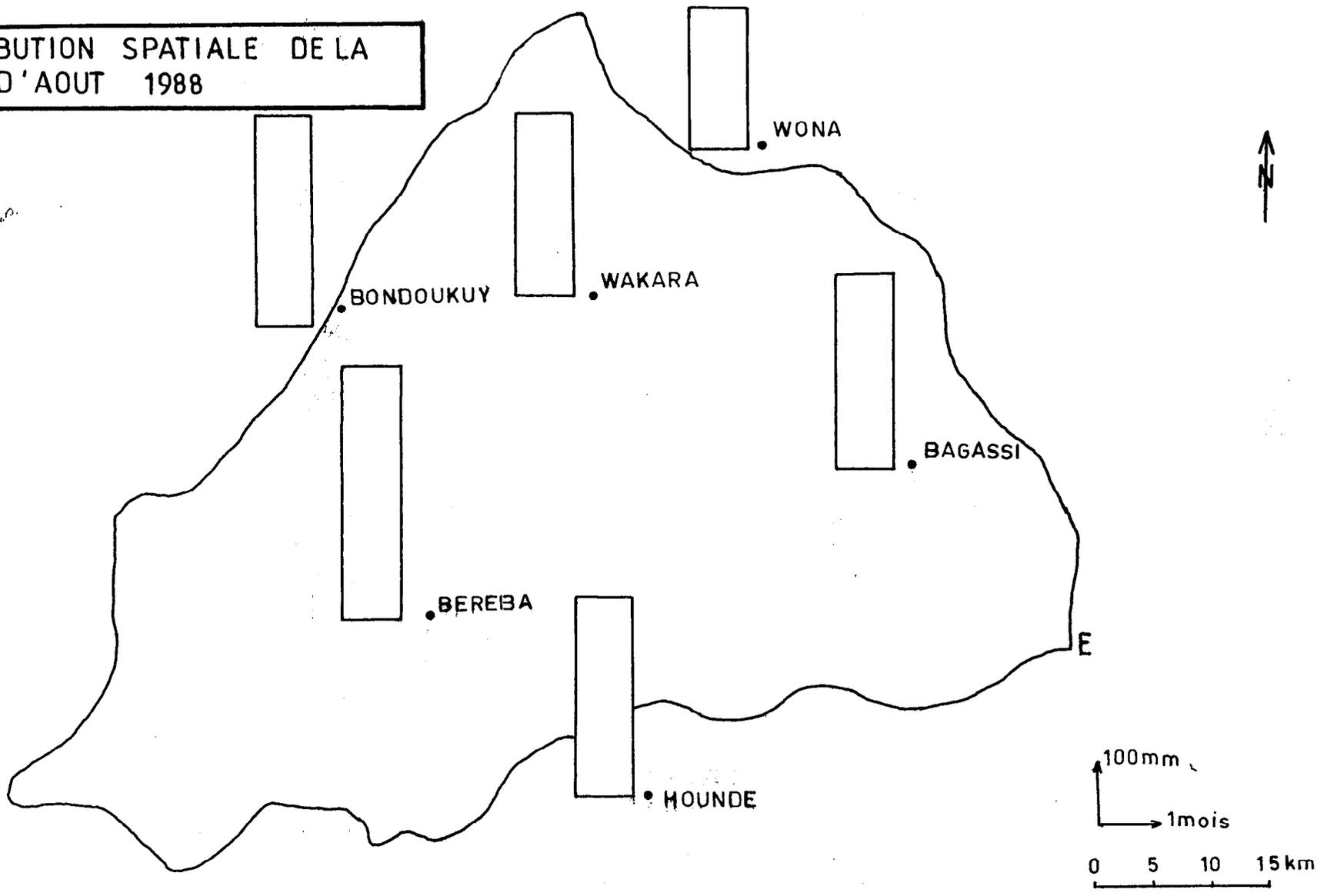


FIG: 13

DISTRIBUTION SPATIALE DE LA
PLUIE D'AOUT 1988



97

Tableau 8: Statistique des pluies journalières maximales
Houndé période 1922 -1989

classe	effectif	ni %	ni cumul %
40 - 50	3	4,7	4,7
50 - 60	13	21,0	25,7
60 - 70	16	25,4	51,1
70 - 80	10	15,8	66,9
80 - 90	8	12,7	79,6
90 - 100	2	3,1	82,7
100 - 110	3	4,7	87,4
110 - 120	3	4,7	92,1
120 - 130	3	4,7	96,8
130 - 140	1	1,6	98,4
140 - 150	0	0,0	98,4
150 - 160	0	0,0	98,4
160 - 170	1	1,6	100
Total	63	100	-

NB: 5 ans de données manquantes.

2 - 2 - La température

Les valeurs caractéristiques que nous avons étudiées sont les suivantes:

- la moyenne des températures maximales mensuelles
- la moyenne des températures minimales mensuelles
- la température moyenne mensuelle

A partir des résultats ci-dessous, nous avons pu réaliser un climogramme (page 46) qui révèle que les moyennes mensuelles varient peu dans l'année: 24,9 °C à 31,4 °C soit une amplitude thermique de 6,5 °C. Les plus fortes températures se situent aux mois de Février, Mars et Avril tandis que les minimales sont observées pendant la période de fortes pluies (Juin, Juillet, Août et Septembre) et celle du froid (Décembre, Janvier).

Les températures extrêmes évoluent pareillement avec une amplitude thermique faible pendant les fortes pluies et forte en période sèche (fig15, page 46)

Tableau 9: Hauteurs pluies mensuelles moyennes inter
annuelles (mm) à Boromo période 1951 - 1980

Poste	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MIA
Boromo	1	1	7	41	90	115	191	250	185	45	8	3	936

MIA = moyenne interannuelle

CLIMOGRAMME Boromo 1951 - 1980

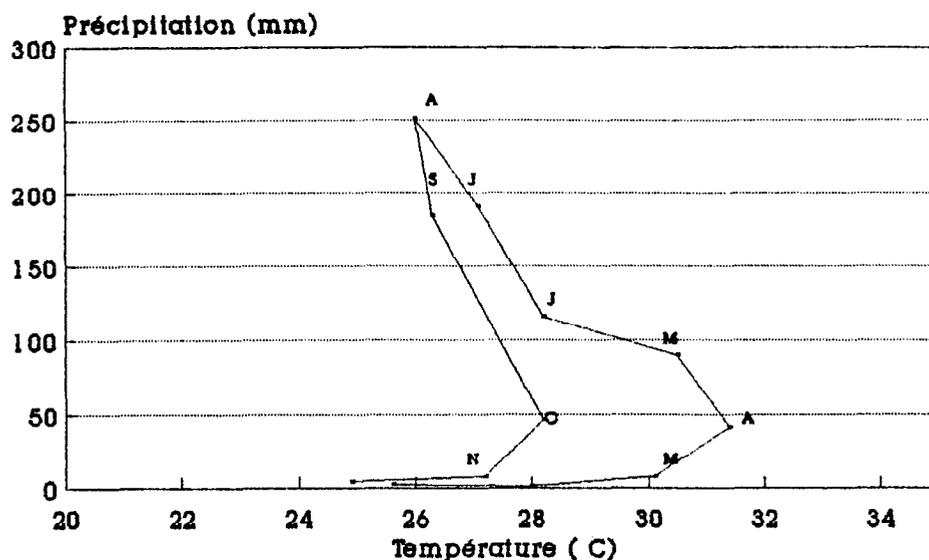


FIG 14

— Précipitation

EVOLUTION TEMPERATURE ET PLUIE Boromo 1951-1980

FIG 15

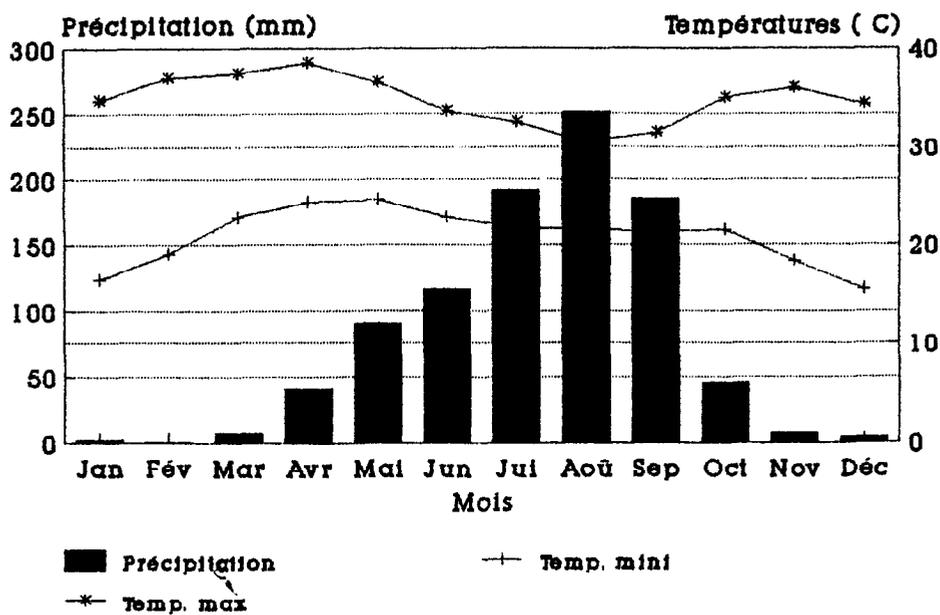


Tableau 10: Températures moyennes mensuelles inter-annuelles
(°C) Boromo période 1951 - 1980

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tn	16,5	19,1	22,8	24,3	24,6	22,8	21,8	21,6	21,3	21,5	18,4	15,5
Tx	34,7	37,0	37,4	38,5	36,5	33,6	32,5	30,4	31,4	35,0	36,0	34,3
Tm	25,6	28,0	30,1	31,4	30,5	28,2	27,1	26,0	26,3	28,2	27,2	24,9

Tn = température minimale
Tx = température maximale
Tm = (Tn + Tx)/2

2 - 3 - L'humidité relative et la tension de vapeur

2 - 3 - 1 - L'humidité relative

Elle s'exprime par le degré hygroscopique et la tension de vapeur qui y est contenue. L'humidité relative est définie par:

$$U = 100 (e / e_w)$$

e = tension de vapeur réelle de l'eau dans l'air.
e_w = tension de vapeur saturante aux mêmes conditions de température.

En saison sèche, l'humidité relative est inférieure à 50 % mais elle augmente en saison pluvieuse et peut atteindre 80 % en Août. L'hygrométrie varie donc avec la pluviosité car le mois d'Août est le plus pluvieux de la saison humide.

Les valeurs interannuelles de l'humidité relative nous ont permis de suivre son évolution en fonction de la température. A partir de la figure 16 page 49, nous pouvons dire que ces deux paramètres suivent la même évolution (ascendance ou descendance) de Novembre à Mai. Pendant la période de pluies intenses les deux courbes sont en opposition de phase; ainsi, pendant que l'humidité atteint son maximum, la température est au plus bas niveau. Cependant, malgré le même sens d'évolution en saison sèche, la température élevée amenuise le degré hygrométrique.

La notion d'humidité reste donc difficilement dissociable de celle de la température, dans la mesure où l'une est fonction de l'autre.

Tableau 11 : Humidité relative à la station de Boromo (%)
période 1951 - 1980

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Un	12	11	15	24	37	48	57	59	57	40	21	14
Ux	45	40	48	67	83	92	96	97	98	93	77	53
Um	28,5	25,5	31,5	45,5	60	70	76,5	78	77,5	66,5	49	33,5

Un = humidité minimale

Ux = humidité maximale

Um = (Un + Ux)/2

2 - 3 - 2 - La tension de vapeur

Elle est calculée d'après la moyenne des températures à 6h, 12h, 18h et la moyenne des humidités relatives aux mêmes heures. Les données que nous avons utilisées pour l'étude du bassin sont des moyennes de huit observations journalières de 1971 à 1987.

En comparant la courbe d'évolution de l'humidité relative à celle de la tension de vapeur (fig 17, page 49), il ressort que ces deux courbes varient dans le même sens avec deux points de jonction en Mars (11 mb: 30 %) et en Novembre (15,5 mb: 52,5 %). Ce sont en fait les points d'inflexion des courbes, respectivement dans les phases ascendante et descendante de leur évolution.

Tableau 12: Tension moyenne (mb)
à Boromo période 1951 - 1980

Poste	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Boromo	7,4	7,9	12,2	18,4	24,0	25,5	26,0	26,8	26,8	23,5	13,5	8,6

2 - 4 - L'insolation

Les moyennes mensuelles interannuelles sont exprimées en heures. La courbe de variation annuelle (fig 18, page 53) nous montre que l'insolation maximale est en Janvier sur l'ensemble du bassin versant et le minimum est atteint en Août avec une évolution en dents de scie.

Outre les deux extrêmes, l'écart est relativement faible soit près de 33 heures.

EVOLUTION TEMPERATURE ET HUMIDITE
Boromo 1951 - 1980

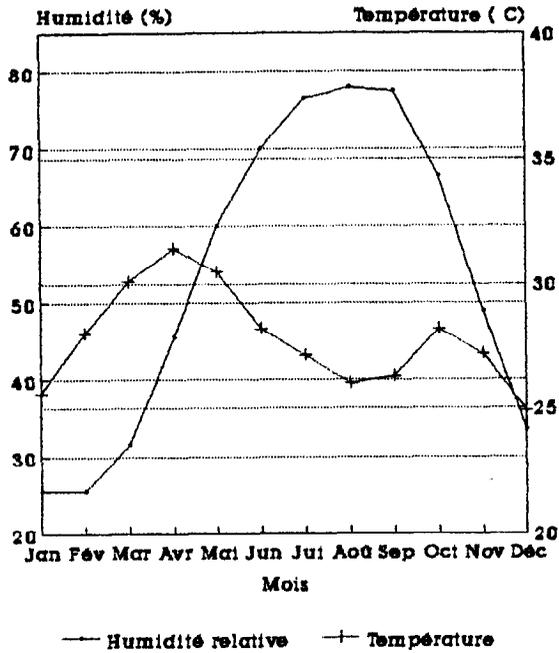


FIG 16

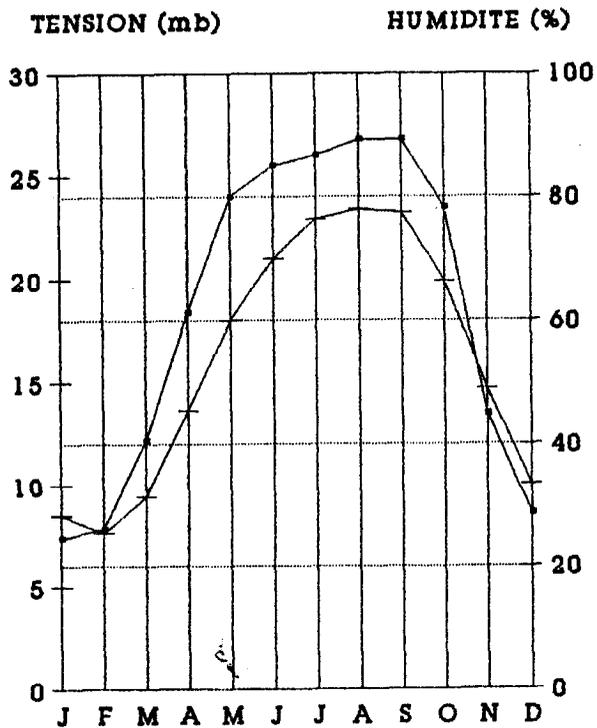


FIG 17

**EVOLUTION HUMIDITE
RELATIVE ET TENSION
DE VAPEUR**

— Tension de vapeur
+ Humidité relative

Tableau 13: Insolation mensuelle; moyennes inter annuelles (h/j) à Boromo période 1967 - 1985

Poste	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Boromo	9,3	9,2	8,2	8,0	8,3	8,2	7,3	6,8	7,5	8,7	9,1	8,7

2 - 5 - Le vent

Les vents au sol sont en liaison avec les quatre périodes annuelles caractérisant le temps au Burkina Faso. Le tableau ci-dessous résume les quatre régimes de vent du bassin suivant les saisons, avec leur date moyenne et leur durée(1)

Tableau 14: Régime des vents au Burkina Faso

		entre le 10°30 N et 12° N	entre le 12° N et 13°30 N
Saison sèche	début durée fin	1er Novembre 5 mois 1er Avril	1er Octobre 6 mois 1er Mai
Régime transitoire du printemps	début durée fin	1er Avril 1 mois 1er Mai	1er Mai 1 mois 1er Juin
Saison des pluies	début durée fin	1er Mai 4 mois 25 jours 25 Septembre	1er Juin 3 mois 20 jours 20 Septembre
Régime transitoire d'automne	début durée fin	25 Septembre 1 mois 5 jours 1er Novembre	20 Septembre 1 mois 10 jours 1er Octobre

- Saison sèche

Les vents se lèvent vers 8h à 9h de secteur Nord-Est, soufflant jusqu'à 20-25 km/h parfois 30 km/h dans l'après midi et faiblement vers 17-18 heures pour être calmes; ou de secteur Nord-Est avec 5 à 10 km/h la nuit selon les poussées de l'harmattan.

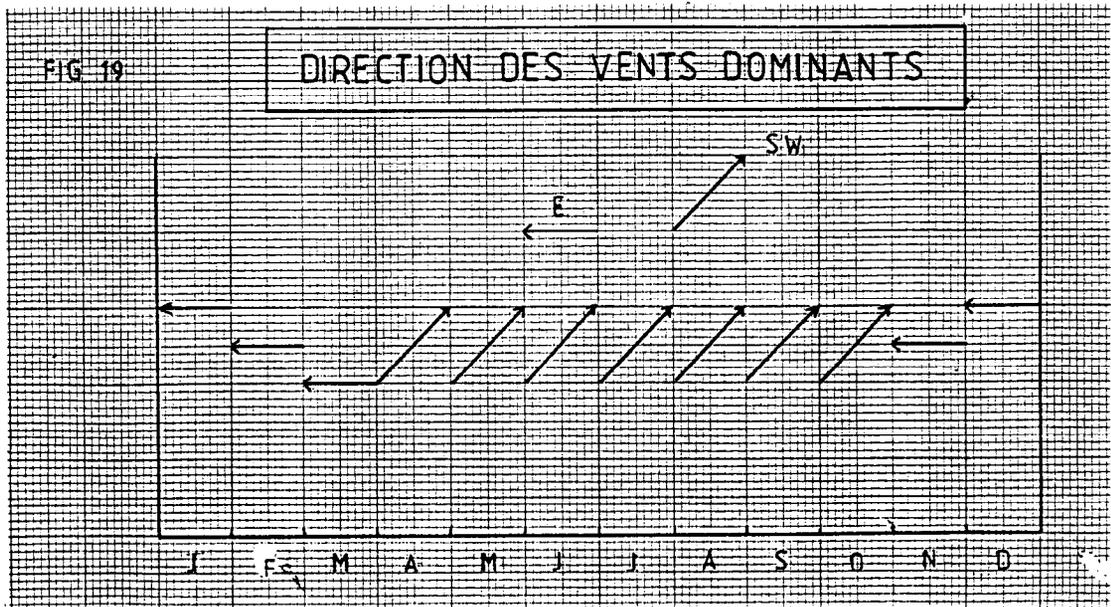
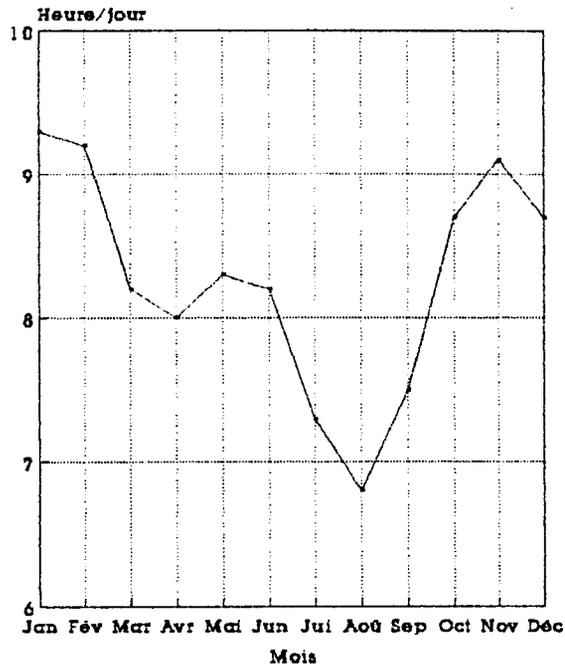
- Régime transitoire de printemps

Alternance du régime de saison sèche avec des invasions de mousson du Sud-Ouest de 5 à 10 km/h. Les coups de vent violent de secteur Est atteignent 100 à 120 km/h surtout entre 13h et 22h et sont liés à une activité orageuse (tornade souvent sèche).

(1) Direction Nationale de la Météorologie: Renseignements sur les vents au sol.

Evolution de l'insolation
Boromo (1967-1985)

FIG 18



Selon les années, les coups de vent ont une fréquence variable et peuvent atteindre exceptionnellement 150 km/h.

- Saison des pluies: 3 régimes de vent.

Les vents du Sud-Ouest ont une vitesse de 10 à 20 km/h par période de mousson avec des périodes de vent calmes.

Des coups de vent de Nord-Est à Est (35 à 55 km/h) avec rafales atteignent 55 à 75 km/h lors du passage de grains (surtout entre 15h et 24h et entre 3h et 7h du matin).

Les vents sont variables et faibles par pluie continue.

- Régime transitoire d'automne.

Alternance du régime de saison des pluies avec périodes de vents calmes ou faibles de secteur Est. Les coups de vent sont plus rares et moins violents que pendant le régime transitoire de printemps.

La vitesse moyenne mensuelle inter annuelle (1962-1986) consignée dans le tableau ci-dessous nous indique que:

- pendant dix mois de l'année, les vents ont une vitesse moyenne comprise entre 1,0 m/s et 1,9 m/s.

- les deux autres mois ont des vents dont la vitesse est supérieure à 2,0 m/s.

De ces données, nous pouvons dire que les vents efficaces ($v \geq 2$ m/s) "1" sont presque inexistantes sur le bassin. Nous assistons donc à une dominance de vents calmes à faibles. Ceci explique l'absence d'érosion éolienne dans le bassin versant.

Tableau 15: Vitesse moyenne mensuelle inter annuelle (m/s)
Boromo 1962 - 1986.

Poste	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Boromo	1,5	1,5	1,7	2,0	2,1	1,9	1,7	1,3	1,1	1,1	1,0	1,2

A partir des cartes de fréquences mensuelles des vents dans la station synoptique de Boromo (normale 1951 - 1980) (2), nous avons tenté de schématiser les directions des vents dominants selon les mois (fig 19, page 51).

Il ressort une prédominance des vents du SW, générateurs de nuages et partant de pluies, ce qui explique d'ailleurs que le bassin versant soit assez arrosé.

"1" Un vent est efficace lorsqu'il est capable de déplacer des particules solides.

(2) Météorologie Nationale - Burkina Faso - Service informatique

2 - 6 - L'évaporation

Elle est mesurée à l'aide de l'évaporomètre Piche et du bac d'évaporation de classe A, installés dans le parc météorologique de Boromo. Les moyennes mensuelles et annuelles des deux types de mesures nous ont permis de construire la figure 20, page 54.

Tableau 16: Evaporations moyennes mensuelles (mm)
à Boromo

	Piche 1951 - 1981	Piche 1983 - 1987	Bac A 1983 - 1987
J	275,9	260,8	275,8
F	283,4	283,1	308,1
M	322,6	324,3	325,0
A	260,6	287,9	331,0
M	189,9	221,5	297,0
J	124,9	129,7	218,5
J	81,4	96,3	180,4
A	58,9	66,7	153,0
S	59,0	61,0	141,0
O	119,5	131,9	194,2
N	202,4	204,3	228,5
D	253,8	245,2	250,4

A partir de ces résultats, nous constatons que:

- les variations des mesures sont peu sensibles sur les deux appareils.

- les variations de l'évaporation suivent celles de la température et vont en sens contraire de la pluviométrie.

- l'évaporation moyenne mensuelle maximale sur l'ensemble du bassin versant se produit en Mars et la minimale en Août-Septembre.

- la région étant très ventée, vent de secteur Sud-Ouest humide, nous pouvons dire que l'évaporation est peu accusée à cause de l'humidité de l'air.

Ainsi, l'évaporation annuelle moyenne diminue du Nord au Sud du bassin dans le même sens que la latitude.

EVOLUTION DE L'EVAPORATION

Boromo 1983 - 1987

FIG 20



—■— Evaporation bac 'A' —+— Evaporation Piche

Lorsque nous étudions l'évolution des mesures au bac A en fonction de celles obtenues au Piche, nous aboutissons au fait que la période pluvieuse (J, J, A, S et O) est celle marquée par de faibles évaporations; la période sèche, en revanche, est marquée par une évaporation moyenne à importante.

Aussi, le rapport des évaporations annuelles sur le bac A et l'évaporation de Piche est de 1,3. Les moyennes mensuelles varient avec un rapport (bac A / Piche) de 1 à 2,4 pour les deux types de mesures.

Du reste, l'évaporation biologique, quant à elle, reste non négligeable (4,8 à 5,4 mm/j en J, A, S) vu l'abondance de zones classées tout autour du chenal principal de la rivière: soit près du tiers de la couverture du bassin.

En définitive, il est à noter que l'évaporation et l'évapotranspiration étant les principaux facteurs négatifs du bilan hydrique (2000 à 3000 mm/an) sur le bassin, la connaissance de ces valeurs et leur fluctuation est nécessaire pour l'étude physique de notre milieu.

Le bassin versant du Grand-Balé à Pâ présente donc des caractéristiques climatiques importantes.

Effectivement, des précipitations pluviales à l'évaporation, nous avons pu constater que les facteurs climatiques sont favorables à l'agriculture ainsi qu'aux aménagements hydro-agricoles. Cependant, le déficit d'investissements aussi bien techniques que financiers constitue un problème épineux pour l'exploitation de ces données naturelles afin de pallier à la faiblesse du développement socio-économique du bassin.

CHAPITRE III

ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE DU BASSIN

Le bassin de Grand-Balé est non seulement une entité physique mais aussi un support des activités des populations humaines qui y vivent. C'est donc un complexe physique et humain. En effet, l'étude du bassin ne saurait être complète sans une approche socio-économique du milieu.

1 - L'APPROCHE SOCIALE

Les populations résidentes ont principalement deux origines: les autochtones, qui sont les Bwaba, et les autres ethnies moins importantes et disséminées qui sont les allogènes: Bobo, Gourounsi, Kô, Peulh, Mossi, Dagari-Dioula (très réduits et localisés à Boromo, Pâ et Poura)...

L'organisation sociale de ces différents groupes sociaux reste donc fonction de leur culture et leur religion: les autochtones sont essentiellement animistes, tandis que les immigrants sont soit islamisés soit christianisés. Les langues véhiculaires sont le Dioula et le Français dans les chefs lieux et dans les villages où les anciens combattants sont nombreux.

Le phénomène migratoire est très marqué dans le bassin-versant. En effet, la bonne pluviométrie, la fertilité des sols et les potentialités pastorales sont les éléments d'attraction des populations des régions moins nanties; les forêts clasées restent les régions cibles. Ceci pose de nombreux problèmes aux services forestiers. En ce qui concerne l'émigration, elle n'est pas rare dans la mesure où les grandes villes gardent leur attrait sur la zone rurale, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du pays, soit près de 40 % de la population originaire de la région qui est à l'étranger (1).

Outre ces mouvements de population, la densité de la population varie entre 7 et 45 hab/km². On note cependant un déséquilibre dans la structure de la population (2): la population active, 45 % de la population résidente, prend en charge les vieux et les jeunes (55 %).

(1) Ministère de l'environnement et du tourisme 1988
"Présentation de la province du Mouhoun". D.P. Mouhoun

(2) Chiffre du recensement 1985 rapporté à la province

Le fort taux de jeunes est confronté à l'épineux problème de scolarisation car les équipements sont insuffisants. L'activité agricole absorbant près de 95 % de la population totale, le problème se trouve atténué.

En définitive, les populations vivent dans une cohésion et un dynamisme remarquable malgré le fait qu'elles soient confrontées à un certain nombre de problèmes qui ne sont pas nécessairement favorables à leur épanouissement social: charge de la population active, mouvements de population et leurs corollaires économiques et fonciers...Elles restent malgré tout prédisposées à la réalisation des éventuels projets de développement visant à leur apporter un bien-être social.

2 - L'APPROCHE ECONOMIQUE

2 - 1 - L'agriculture et l'élevage

L'agriculture est la principale activité économique car la région est tributaire des précipitations. C'est la zone cotonnière par excellence et le coton reste le premier produit agricole commercialisé; il est suivi du riz qui est cultivé dans les zones inondables. Outre ces produits de rente, la céréaliculture et les autres cultures vivrières traditionnelles caractérisent le bassin; Les principales cultures y sont représentées et elles sont destinées à l'alimentation de base (1), mais elles peuvent être vendues occasionnellement, pour résoudre un problème économique ponctuel.

L'élevage de bovins et de petits ruminants est assez important. En effet, le petit bétail et la basse-cour sont du ressort des agriculteurs sédentaires. L'élevage bovin est généralement en association avec les pasteurs Peulh. Cet élevage n'est commercial que pour résoudre des problèmes ponctuels. Il ressort de nos enquêtes de terrain que l'association agriculture-élevage pour un meilleur rendement est presque inexistante. Aussi, pour lutter contre l'exploitation anarchique des terroirs villageois, des paysans-forestiers sont-ils formés et chargés d'organiser les terroirs villageois en trois zones d'activités différentes:

- un domaine d'élevage
- un domaine d'agriculture
- un domaine d'arboriculture

(1) Ce sont: le petit mil, l'arachide, le niébé, le sorgho, la patate, le sésame, le coton, le maïs, le riz pluvial, le manioc, le soja, l'igname.

C'est donc une véritable lutte qui est engagée contre la désertification.

Du point de vue des aménagements hydrauliques, le bassin est vierge dans son ensemble. Des projets de retenue d'eau comme celui de la région de Kopoi sont restés en veilleuse jusqu'à nos jours. Mais, les populations sont toujours dynamiques et prêtes à la réalisation de projets similaires. C'est même leur grand souhait car la perspective de faire du maraîchage dont le fruit de commercialisation servira à l'amélioration des conditions de vie, réjouit tout un chacun.

2 - 2 La pêche

Elle est artisanale et subsiste malgré le fait que la rivière traverse une zone de forêts classées. C'est un véritable jeu de cache-cache entre les agents forestiers qui veulent préserver la faune aquatique et les populations riveraines qui, à défaut de gros poissons, capturent les petits. La pêche mobilise surtout les femmes et les enfants, qui y viennent à la nasse, et quelques hommes avec le filet. Ainsi, de Septembre à Mars où le Grand-Balé se réduit à un chapelet de marres, les populations riveraines le vident de façon anarchique de sa faune. Il serait donc souhaitable que cette activité, non lucrative, soit réglementée pour la sauvegarde des espèces aquatiques existantes.

2 - 3 L'industrie et l'artisanat

L'économie de la région est embryonnaire. Elle dépend essentiellement de l'artisanat qui devient, en fait, un supplément de l'industrie car il la remplace valablement. La production est auto-consommée. Les activités sont florissantes après l'hivernage et pendant les moments libres des artisans.

Ainsi, l'artisanat permet de fournir, aux populations, des moyens de production tels les outils aratoires, les infrastructures (maison, puits,...), des objets de consommation (canaris, marmites, habits,...) et même des services (couture, réparations de tout genre). Notons que les fabricantes de bière locale (dolo) sont légion et leur activité a une influence considérable sur l'économie.

Cependant, cet artisanat nécessite une structuration et un bon encadrement des artisans. Ce qui pourrait susciter des investissements dans les différents secteurs et pourquoi pas, la création de petites unités industrielles locales.

2 - 4 Communication, transport et commerce

Le degré de désenclavement du bassin est bien marqué. L'importance de la route nationale N°1 (Ouagadougou-Bobo-dioulasso) à l'Ouest, de la route nationale N°10 (Bobo-dioulasso-Dédougou) au Sud-Est influe sur le commerce par le flux de personnes et de marchandises qui circulent. Ces deux voies sont renforcées par le chemin de fer qui traverse le coeur du bassin avec un important trafic de marchandises lourdes. Les routes départementales, routes régionales, pistes et sentiers permettent de désenclaver les villages.

Le transport y est peu développé en tant que secteur économique. C'est surtout le petit commerce qui est florissant dans les villages qui bordent les grands axes de circulation: restauration, tablier, boutique moyenne... En 1985, le service des impôts a recensé dans le département de Pâ, vingt-quatre commerçants ayant un chiffre d'affaire supérieur à 500 000 F CFA/an dont sept avec un chiffre supérieur à 1,5 million de franc CFA. C'est dire que le petit commerce est une véritable activité dont l'apport est non négligeable dans l'économie. C'est donc un bassin ouvert, même si certaines voies ne sont praticables qu'en saison sèche.

Au terme de cette analyse socio-économique, il est à noter que le bassin-versant du Grand-Balé possède des atouts non négligeables pour son développement économique. Sur le plan social, la cohésion et le dynamisme des populations sont un capital de développement; le milieu naturel n'est pas en reste; C'est pourquoi il serait souhaitable que les organismes de développement, et leurs financiers, se penchent sur cette aire en quête de développement économique et social.

DEUXIEME PARTIE
EQUIPEMENT ET DONNEES HYDROMETRIQUES

CHAPITRE IV

DONNEES HYDROMETRIQUES

1 - HISTORIQUE

La station hydrométrique du Grand-Balé à Pâ a été créée le 6 Août 1966 par l'ORSTOM (F MONIOD 1977, p 98) sur l'ancien pont de la route Ouagadougou-Bobo-Dioulasso. Elle était constituée uniquement d'un limnigraphe OTTX. L'échelle limnimétrique, elle, n'a pas été repérée par rapport au trottoir du pont auquel on avait donné une cote fictive de 10 m. Ce premier limnigraphe n'a connu qu'une courte période de fonctionnement: de 1966 à 1967, soit un an. Ainsi, le 14 Décembre 1967, ce limnigraphe fut déposé jusqu'en 1975 où le suivi de la station reprit.

La station a été déplacée en Mai 1983 au nouveau pont, situé à environ 1.5 km à l'amont de l'ancien.

Il est équipé de:

- un limnigraphe OTTX à tambour horizontal qui a une rotation mensuelle avec une réduction de 1/10.

- une batterie de six(6) éléments méttriques de 0 à 6 m placée contre la gaine PVC du limnigraphe.

2 - ETALONNAGE

Les jaugeages effectués sur le Grand-Balé sont au nombre de soixante-cinq (65) de 1966 à 1990. A titre indicatif, le résultat de ces mesures est consigné dans les en pages 61,65. Sur ce total, 24 jaugeages ont été effectués à l'ancienne station.

La courbe d'étalonnage a subi des améliorations depuis lors:

- de 1966 à 1981, les anciens jaugeages ont permis de tracer la courbe d'étalonnage n°1 avec le barème correspondant (pages 62, 63).

- en 1983, le changement de station amène au tracé d'une nouvelle courbe d'étalonnage: la section de suivi de la rivière ayant changé. Cette courbe, dite n°2, est tracée à partir des jaugeages de 1983 et 1984. Il faut noter qu'il n'y a pas eu de relation établie entre les deux stations.

LISTE DES JAUGEAGES

Station: 1931240 PA
 Cours d'eau: GRAND BALE

N°	Date	H	Q	Hdeb	Hfin	N°	Date	H	Q	Hdeb	Hfin
jo gr		cm	m ³ /s	cm	cm	jo gr		cm	m ³ /s	cm	cm
1	06 08 1966	61	0.390			13	23 10 1975	205	3.00		
2	10 09 1966	210	4.30			14	12 11 1975	126	1.26		
3	14 10 1966	393	14.0			15	03 08 1976	125	1.76		
4	11 11 1966	155	2.60			16	14 09 1976	184	3.05		
5	27 01 1967	49	0.240			17	24 09 1976	296	6.66		
6	19 05 1967	35	0.120			18	03 12 1976	140	1.38		
7	29 08 1967	466	18.4			19	16 02 1977	58	0.140		
8	11 02 1975	48	0.041			20	06 11 1979	146	1.63		
9	12 08 1975	351	9.70			21	15 07 1980	193	2.83		
10	30 08 1975	332	7.70			22	20 08 1980	379	13.1		
11	09 09 1975	528	22.0			23	13 01 1981	74	0.086		
12	03 10 1975	431	13.4			24	02 07 1981	417	15.6		

COURBE D'ETALONNAGE

Station: 1931240 PA
 Cours d'eau: GRAND BALE

Courbe n°: 1 valable du 06/08/1966 au 31/05/1983

N°	Limites	C1	C2	C3	N°	Limites	C1	C2	C3
	cm	m/s	m ² /s	m ³ /s		cm	m/s	m ² /s	m ³ /s
1	40 : 60	.0000	.4000	.0000	4	160 : 250	.7500	2.325	1.900
2	60 : 100	2.125	.3750	.0800	5	250 : 450	1.300	3.500	4.600
3	100 : 160	.0556	2.183	.5700	6	450 : 550	2.000	8.200	16.80

FIG:21

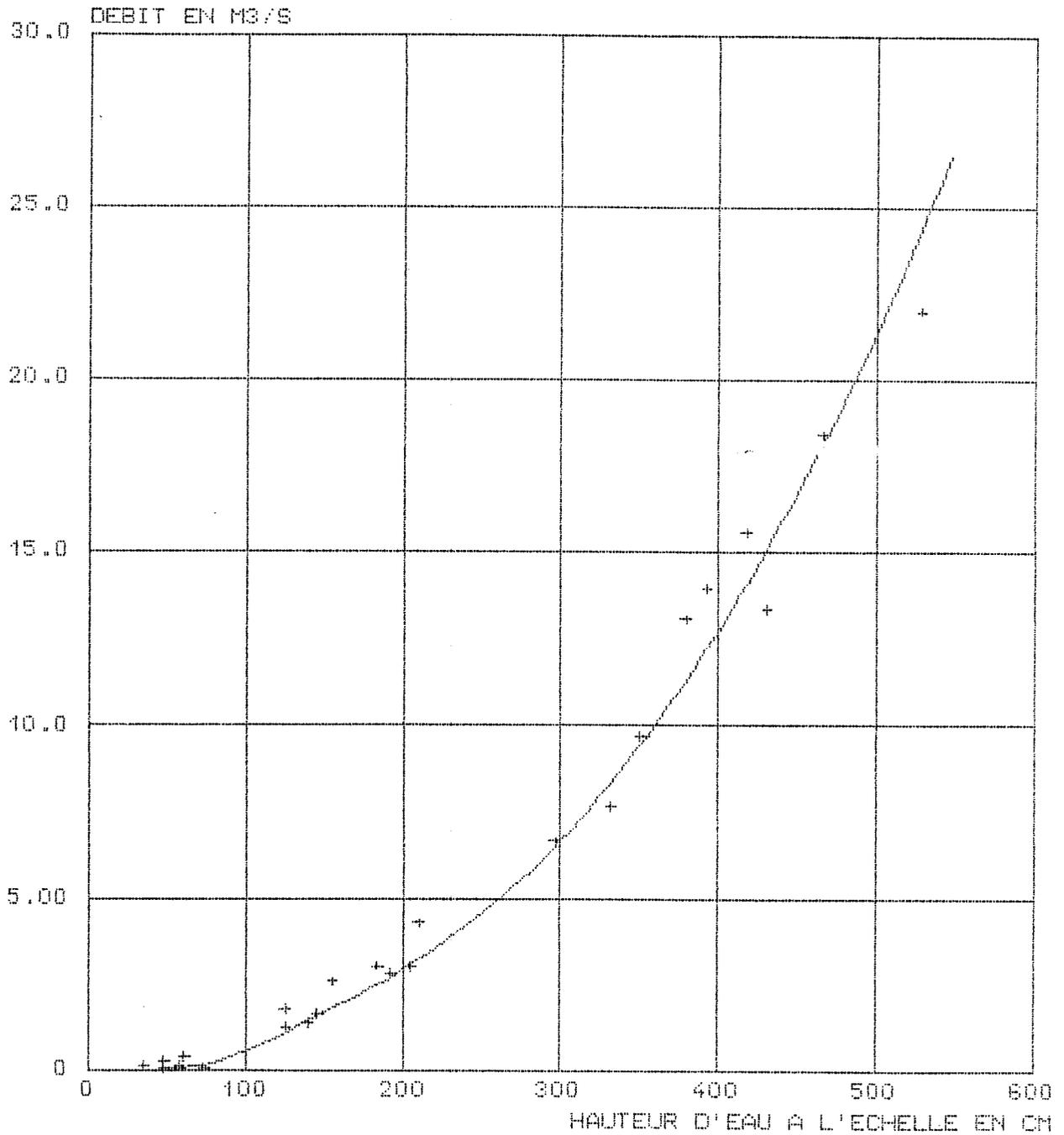
GRAND BALE A PA

COURBE D'ETALONNAGE

VALABLE DU 06/08/1966 AU 31/05/1983

BURKINA FASO
DIRECTION DE L'INVENTAIRE
DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
SERVICE HYDROLOGIE

COURBE NO : 1



COURBE D'ETALONNAGE

Station: 1931240 PA
Cours d'eau: GRAND BALE

Courbe n°: 1 valable du 06/08/1966 au 31/05/1983

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s
		51	0.044	101	0.592	151	1.70	201	2.98	251	4.64	301	6.72	351	9.46
		52	0.048	102	0.614	152	1.72	202	3.01	252	4.67	302	6.77	352	9.52
		53	0.052	103	0.636	153	1.74	203	3.04	253	4.71	303	6.82	353	9.58
		54	0.056	104	0.657	154	1.77	204	3.07	254	4.74	304	6.87	354	9.65
		55	0.060	105	0.679	155	1.79	205	3.10	255	4.78	305	6.92	355	9.71
		56	0.064	106	0.701	156	1.81	206	3.13	256	4.81	306	6.97	356	9.77
		57	0.068	107	0.723	157	1.83	207	3.16	257	4.85	307	7.02	357	9.83
		58	0.072	108	0.745	158	1.85	208	3.19	258	4.89	308	7.07	358	9.90
		59	0.076	109	0.767	159	1.88	209	3.22	259	4.93	309	7.12	359	9.96
		60	0.080	110	0.789	160	1.90	210	3.25	260	4.96	310	7.17	360	10.0
		61	0.084	111	0.811	161	1.92	211	3.28	261	5.00	311	7.22	361	10.1
		62	0.088	112	0.833	162	1.95	212	3.31	262	5.04	312	7.27	362	10.2
		63	0.093	113	0.855	163	1.97	213	3.34	263	5.08	313	7.32	363	10.2
		64	0.098	114	0.877	164	1.99	214	3.37	264	5.12	314	7.37	364	10.3
		65	0.104	115	0.899	165	2.02	215	3.41	265	5.15	315	7.42	365	10.3
		66	0.110	116	0.921	166	2.04	216	3.44	266	5.19	316	7.48	366	10.4
		67	0.117	117	0.943	167	2.07	217	3.47	267	5.23	317	7.53	367	10.5
		68	0.124	118	0.965	168	2.09	218	3.50	268	5.27	318	7.58	368	10.5
		69	0.131	119	0.987	169	2.12	219	3.53	269	5.31	319	7.63	369	10.6
		70	0.139	120	1.01	170	2.14	220	3.57	270	5.35	320	7.69	370	10.7
		71	0.147	121	1.03	171	2.16	221	3.60	271	5.39	321	7.74	371	10.7
		72	0.156	122	1.05	172	2.19	222	3.63	272	5.43	322	7.79	372	10.8
		73	0.165	123	1.08	173	2.21	223	3.66	273	5.47	323	7.85	373	10.9
		74	0.174	124	1.10	174	2.24	224	3.70	274	5.51	324	7.90	374	10.9
		75	0.184	125	1.12	175	2.27	225	3.73	275	5.56	325	7.96	375	11.0
		76	0.194	126	1.14	176	2.29	226	3.76	276	5.60	326	8.01	376	11.1
		77	0.205	127	1.16	177	2.32	227	3.79	277	5.64	327	8.07	377	11.1
		78	0.216	128	1.19	178	2.34	228	3.83	278	5.68	328	8.12	378	11.2
		79	0.228	129	1.21	179	2.37	229	3.86	279	5.72	329	8.18	379	11.3
		80	0.240	130	1.23	180	2.39	230	3.89	280	5.77	330	8.23	380	11.3
		81	0.252	131	1.25	181	2.42	231	3.93	281	5.81	331	8.29	381	11.4
		82	0.265	132	1.27	182	2.45	232	3.96	282	5.85	332	8.34	382	11.5
		83	0.279	133	1.30	183	2.47	233	4.00	283	5.90	333	8.40	383	11.6
		84	0.292	134	1.32	184	2.50	234	4.03	284	5.94	334	8.46	384	11.6
		85	0.307	135	1.34	185	2.53	235	4.07	285	5.98	335	8.51	385	11.7
		86	0.321	136	1.36	186	2.56	236	4.10	286	6.03	336	8.57	386	11.8
		87	0.336	137	1.39	187	2.58	237	4.13	287	6.07	337	8.63	387	11.8
		88	0.352	138	1.41	188	2.61	238	4.17	288	6.12	338	8.69	388	11.9
		89	0.367	139	1.43	189	2.64	239	4.20	289	6.16	339	8.74	389	12.0
40	0.000	90	0.384	140	1.45	190	2.67	240	4.24	290	6.21	340	8.80	390	12.0
41	0.004	91	0.400	141	1.47	191	2.69	241	4.28	291	6.25	341	8.86	391	12.1
42	0.008	92	0.418	142	1.50	192	2.72	242	4.31	292	6.30	342	8.92	392	12.2
43	0.012	93	0.435	143	1.52	193	2.75	243	4.35	293	6.35	343	8.98	393	12.3
44	0.016	94	0.453	144	1.54	194	2.78	244	4.38	294	6.39	344	9.04	394	12.3
45	0.020	95	0.472	145	1.56	195	2.81	245	4.42	295	6.44	345	9.10	395	12.4
46	0.024	96	0.490	146	1.59	196	2.83	246	4.45	296	6.49	346	9.16	396	12.5
47	0.028	97	0.510	147	1.61	197	2.86	247	4.49	297	6.53	347	9.22	397	12.6
48	0.032	98	0.529	148	1.63	198	2.89	248	4.53	298	6.58	348	9.28	398	12.6
49	0.036	99	0.549	149	1.65	199	2.92	249	4.56	299	6.63	349	9.34	399	12.7
50	0.040	100	0.570	150	1.68	200	2.95	250	4.60	300	6.68	350	9.40	400	12.8

C O U R B E D ' E T A L O N N A G E

Station: 1931240 PA

Cours d'eau: GRAND BALE

Courbe n°: 1 valable du 06/08/1966 au 31/05/1983

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
cm	m3/s	cm	m3/s	cm	m3/s	cm	m3/s	cm	m3/s	cm	m3/s	cm	m3/s	cm	m3/s
401	12.8	451	16.9	501	21.5										
402	12.9	452	17.0	502	21.6										
403	13.0	453	17.0	503	21.7										
404	13.1	454	17.1	504	21.8										
405	13.1	455	17.2	505	21.9										
406	13.2	456	17.3	506	22.0										
407	13.3	457	17.4	507	22.1										
408	13.4	458	17.5	508	22.2										
409	13.5	459	17.6	509	22.3										
410	13.5	460	17.6	510	22.4										
411	13.6	461	17.7	511	22.5										
412	13.7	462	17.8	512	22.7										
413	13.8	463	17.9	513	22.8										
414	13.8	464	18.0	514	22.9										
415	13.9	465	18.1	515	23.0										
416	14.0	466	18.2	516	23.1										
417	14.1	467	18.3	517	23.2										
418	14.1	468	18.3	518	23.3										
419	14.2	469	18.4	519	23.4										
420	14.3	470	18.5	520	23.5										
421	14.4	471	18.6	521	23.6										
422	14.5	472	18.7	522	23.7										
423	14.5	473	18.8	523	23.9										
424	14.6	474	18.9	524	24.0										
425	14.7	475	19.0	525	24.1										
426	14.8	476	19.1	526	24.2										
427	14.9	477	19.2	527	24.3										
428	14.9	478	19.3	528	24.4										
429	15.0	479	19.3	529	24.5										
430	15.1	480	19.4	530	24.6										
431	15.2	481	19.5	531	24.8										
432	15.3	482	19.6	532	24.9										
433	15.4	483	19.7	533	25.0										
434	15.4	484	19.8	534	25.1										
435	15.5	485	19.9	535	25.2										
436	15.6	486	20.0	536	25.3										
437	15.7	487	20.1	537	25.4										
438	15.8	488	20.2	538	25.6										
439	15.9	489	20.3	539	25.7										
440	15.9	490	20.4	540	25.8										
441	16.0	491	20.5	541	25.9										
442	16.1	492	20.6	542	26.0										
443	16.2	493	20.7	543	26.2										
444	16.3	494	20.8	544	26.3										
445	16.4	495	20.9	545	26.4										
446	16.5	496	21.0	546	26.5										
447	16.5	497	21.1	547	26.6										
448	16.6	498	21.2	548	26.8										
449	16.7	499	21.3	549	26.9										
450	16.8	500	21.4	550	27.0										

LISTE DES JAUGEAGES

Station: 1931240 PA
 Cours d'eau: GRAND BALE

N° jo gr!	Date	H cm	Q m ³ /s	Hdeb cm	Hfin cm	N° jo gr!	Date	H cm	Q m ³ /s	Hdeb cm	Hfin cm
25	16 07 1983	35	0.350			46	19 10 1986	40	1.30		
26	12 08 1983	183	8.70			47	15 11 1986	24	0.379		
27	17 09 1983	203	11.0			48	19 12 1986	11	0.036		
28	13 10 1983	23	0.840			49	17 06 1987	22	0.378		
29	11 11 1983	20	0.081			50	14 08 1987	270	15.6		
30	24 11 1983	3	0.010			51	20 09 1987	47	1.70		
31	25 05 1984	19	0.087			52	01 11 1987	20	0.185		
32	22 06 1984	28	0.403			53	31 05 1988	51	1.97		
33	13 07 1984	203	11.0			54	01 07 1988	18	0.350		
34	10 08 1984	32	0.634			55	31 08 1988	589	71.5		
35	14 09 1984	113	2.95	114	112	56	12 11 1988	39	1.15		
36	13 10 1984	64	1.54			57	11 01 1989	13	0.084		
37	10 11 1984	20	0.151			58	10 09 1989	224	12.3		
38	23 05 1985	68	1.66			59	21 10 1989	48	2.01		
39	15 06 1985	24	0.405			60	21 11 1989	19	0.219		
40	13 07 1985	310	21.0			61	17 12 1989	10	0.035		
41	11 08 1985	311	16.6			62	13 06 1990	120	5.06		
42	12 09 1985	259	15.6			63	14 07 1990	119	6.52		
43	14 11 1985	21	0.282			64	10 08 1990	62	2.68		
44	10 07 1986	7	0.160			65	13 10 1990	34	0.930		
45	20 09 1986	236	12.1								

COURBE D'ETALONNAGE

Station: 1931240 PA
 Cours d'eau: GRAND BALE

Courbe n°: 2 valable du 01/06/1983 au 31/12/2000

N°	Limites cm	C1 m/s	C2 m ² /s	C3 m ³ /s	N°	Limites cm	C1 m/s	C2 m ² /s	C3 m ³ /s		
1	10	60	3.520	3.120	0.0000	6	240	300	3.000	7.900	12.68
2	60	100	7.7500	6.200	2.440	7	300	400	2.400	11.80	18.50
3	100	160	16.667	5.600	4.800	8	400	500	1.200	17.40	32.70
4	160	200	1.250	4.650	7.920	9	500	600	2.200	20.70	51.30
5	200	240	2.500	5.750	9.980	10	600	650	1.084	25.55	74.20

COURBE D'ETALONNAGE

Station: 1931240 PA
Cours d'eau: GRAND SALE

Courbe n°: 2 valable du 01/06/1983 au 31/12/2000

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s
		51	1.87	101	4.86	151	7.48	201	10.0	251	13.6	301	18.6	351	25.1
		52	1.93	102	4.91	152	7.53	202	10.1	252	13.7	302	18.7	352	25.3
		53	1.99	103	4.97	153	7.58	203	10.2	253	13.8	303	18.9	353	25.4
		54	2.05	104	5.02	154	7.63	204	10.2	254	13.8	304	19.0	354	25.6
		55	2.12	105	5.08	155	7.68	205	10.3	255	13.9	305	19.1	355	25.7
		56	2.18	106	5.13	156	7.73	206	10.3	256	14.0	306	19.2	356	25.9
		57	2.24	107	5.19	157	7.78	207	10.4	257	14.1	307	19.3	357	26.0
		58	2.31	108	5.24	158	7.82	208	10.5	258	14.2	308	19.5	358	26.2
		59	2.37	109	5.30	159	7.87	209	10.5	259	14.3	309	19.6	359	26.3
10	0.000	60	2.44	110	5.35	160	7.92	210	10.6	260	14.4	310	19.7	360	26.4
11	0.032	61	2.50	111	5.41	161	7.97	211	10.6	261	14.5	311	19.8	361	26.6
12	0.064	62	2.56	112	5.46	162	8.01	212	10.7	262	14.6	312	20.0	362	26.7
13	0.097	63	2.63	113	5.52	163	8.06	213	10.8	263	14.7	313	20.1	363	26.9
14	0.130	64	2.69	114	5.57	164	8.11	214	10.8	264	14.7	314	20.2	364	27.0
15	0.165	65	2.75	115	5.62	165	8.16	215	10.9	265	14.8	315	20.3	365	27.2
16	0.200	66	2.81	116	5.68	166	8.20	216	11.0	266	14.9	316	20.4	366	27.3
17	0.236	67	2.87	117	5.73	167	8.25	217	11.0	267	15.0	317	20.6	367	27.5
18	0.272	68	2.93	118	5.79	168	8.30	218	11.1	268	15.1	318	20.7	368	27.6
19	0.309	69	2.99	119	5.84	169	8.35	219	11.2	269	15.2	319	20.8	369	27.8
20	0.347	70	3.05	120	5.89	170	8.40	220	11.2	270	15.3	320	21.0	370	27.9
21	0.386	71	3.11	121	5.95	171	8.45	221	11.3	271	15.4	321	21.1	371	28.1
22	0.425	72	3.17	122	6.00	172	8.50	222	11.4	272	15.5	322	21.2	372	28.2
23	0.465	73	3.23	123	6.05	173	8.55	223	11.4	273	15.6	323	21.3	373	28.4
24	0.506	74	3.29	124	6.11	174	8.60	224	11.5	274	15.7	324	21.5	374	28.5
25	0.547	75	3.35	125	6.16	175	8.65	225	11.6	275	15.8	325	21.6	375	28.7
26	0.589	76	3.41	126	6.21	176	8.70	226	11.6	276	15.9	326	21.7	376	28.9
27	0.632	77	3.47	127	6.26	177	8.75	227	11.7	277	16.0	327	21.9	377	29.0
28	0.676	78	3.53	128	6.32	178	8.80	228	11.8	278	16.1	328	22.0	378	29.2
29	0.720	79	3.59	129	6.37	179	8.85	229	11.9	279	16.2	329	22.1	379	29.3
30	0.765	80	3.65	130	6.42	180	8.90	230	11.9	280	16.3	330	22.3	380	29.5
31	0.810	81	3.71	131	6.47	181	8.95	231	12.0	281	16.4	331	22.4	381	29.6
32	0.857	82	3.77	132	6.52	182	9.00	232	12.1	282	16.5	332	22.5	382	29.8
33	0.904	83	3.83	133	6.58	183	9.06	233	12.1	283	16.6	333	22.7	383	29.9
34	0.952	84	3.88	134	6.63	184	9.11	234	12.2	284	16.7	334	22.8	384	30.1
35	1.00	85	3.94	135	6.68	185	9.16	235	12.3	285	16.8	335	22.9	385	30.3
36	1.05	86	4.00	136	6.73	186	9.21	236	12.4	286	16.9	336	23.1	386	30.4
37	1.10	87	4.06	137	6.78	187	9.27	237	12.4	287	17.1	337	23.2	387	30.6
38	1.15	88	4.12	138	6.83	188	9.32	238	12.5	288	17.2	338	23.3	388	30.7
39	1.20	89	4.17	139	6.88	189	9.37	239	12.6	289	17.3	339	23.5	389	30.9
40	1.25	90	4.23	140	6.93	190	9.43	240	12.7	290	17.4	340	23.6	390	31.1
41	1.31	91	4.29	141	6.98	191	9.48	241	12.8	291	17.5	341	23.7	391	31.2
42	1.36	92	4.35	142	7.03	192	9.54	242	12.8	292	17.6	342	23.9	392	31.4
43	1.41	93	4.40	143	7.08	193	9.59	243	12.9	293	17.7	343	24.0	393	31.5
44	1.47	94	4.46	144	7.13	194	9.65	244	13.0	294	17.8	344	24.2	394	31.7
45	1.52	95	4.52	145	7.18	195	9.70	245	13.1	295	17.9	345	24.3	395	31.9
46	1.58	96	4.57	146	7.23	196	9.76	246	13.2	296	18.0	346	24.4	396	32.0
47	1.64	97	4.63	147	7.28	197	9.81	247	13.2	297	18.2	347	24.6	397	32.2
48	1.69	98	4.69	148	7.33	198	9.87	248	13.3	298	18.3	348	24.7	398	32.4
49	1.75	99	4.74	149	7.38	199	9.92	249	13.4	299	18.4	349	24.9	399	32.5
50	1.81	100	4.80	150	7.43	200	9.98	250	13.5	300	18.5	350	25.0	400	32.7

C O U R B E D ' E T A L O N N A G E

Station: 1931240 PA
Cours d'eau: GRAND SALE

Courbe n°: 2 valable du 01/06/1983 au 31/12/2000

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s	cm	m ³ /s								
401	32.9	451	41.9	501	51.5	551	62.4	601	74.5						
402	33.0	452	42.1	502	51.7	552	62.7	602	74.7						
403	33.2	453	42.3	503	51.9	553	62.9	603	75.0						
404	33.4	454	42.4	504	52.1	554	63.1	604	75.2						
405	33.6	455	42.6	505	52.3	555	63.4	605	75.5						
406	33.7	456	42.8	506	52.5	556	63.6	606	75.7						
407	33.9	457	43.0	507	52.8	557	63.8	607	76.0						
408	34.1	458	43.2	508	53.0	558	64.0	608	76.2						
409	34.3	459	43.4	509	53.2	559	64.3	609	76.5						
410	34.5	460	43.6	510	53.4	560	64.5	610	76.8						
411	34.6	461	43.8	511	53.6	561	64.7	611	77.0						
412	34.8	462	43.9	512	53.8	562	65.0	612	77.3						
413	35.0	463	44.1	513	54.0	563	65.2	613	77.5						
414	35.2	464	44.3	514	54.2	564	65.4	614	77.8						
415	35.3	465	44.5	515	54.5	565	65.7	615	78.0						
416	35.5	466	44.7	516	54.7	566	65.9	616	78.3						
417	35.7	467	44.9	517	54.9	567	66.2	617	78.5						
418	35.9	468	45.1	518	55.1	568	66.4	618	78.8						
419	36.0	469	45.3	519	55.3	569	66.6	619	79.1						
420	36.2	470	45.5	520	55.5	570	66.9	620	79.3						
421	36.4	471	45.7	521	55.7	571	67.1	621	79.6						
422	36.6	472	45.9	522	56.0	572	67.3	622	79.8						
423	36.8	473	46.0	523	56.2	573	67.6	623	80.1						
424	36.9	474	46.2	524	56.4	574	67.8	624	80.3						
425	37.1	475	46.4	525	56.6	575	68.1	625	80.6						
426	37.3	476	46.6	526	56.8	576	68.3	626	80.9						
427	37.5	477	46.8	527	57.0	577	68.5	627	81.1						
428	37.7	478	47.0	528	57.3	578	68.8	628	81.4						
429	37.8	479	47.2	529	57.5	579	69.0	629	81.6						
430	38.0	480	47.4	530	57.7	580	69.3	630	81.9						
431	38.2	481	47.6	531	57.9	581	69.5	631	82.1						
432	38.4	482	47.8	532	58.1	582	69.8	632	82.4						
433	38.6	483	48.0	533	58.4	583	70.0	633	82.6						
434	38.8	484	48.2	534	58.6	584	70.2	634	82.9						
435	38.9	485	48.4	535	58.8	585	70.5	635	83.2						
436	39.1	486	48.6	536	59.0	586	70.7	636	83.4						
437	39.3	487	48.7	537	59.3	587	71.0	637	83.7						
438	39.5	488	48.9	538	59.5	588	71.2	638	83.9						
439	39.7	489	49.1	539	59.7	589	71.5	639	84.2						
440	39.9	490	49.3	540	59.9	590	71.7	640	84.4						
441	40.0	491	49.5	541	60.2	591	72.0	641	84.7						
442	40.2	492	49.7	542	60.4	592	72.2	642	85.0						
443	40.4	493	49.9	543	60.6	593	72.5	643	85.2						
444	40.6	494	50.1	544	60.8	594	72.7	644	85.5						
445	40.8	495	50.3	545	61.1	595	73.0	645	85.7						
446	41.0	496	50.5	546	61.3	596	73.2	646	86.0						
447	41.1	497	50.7	547	61.5	597	73.4	647	86.2						
448	41.3	498	50.9	548	61.7	598	73.7	648	86.5						
449	41.5	499	51.1	549	62.0	599	73.9	649	86.7						
450	41.7	500	51.3	550	62.2	600	74.2	650	87.0						

FIG : 22

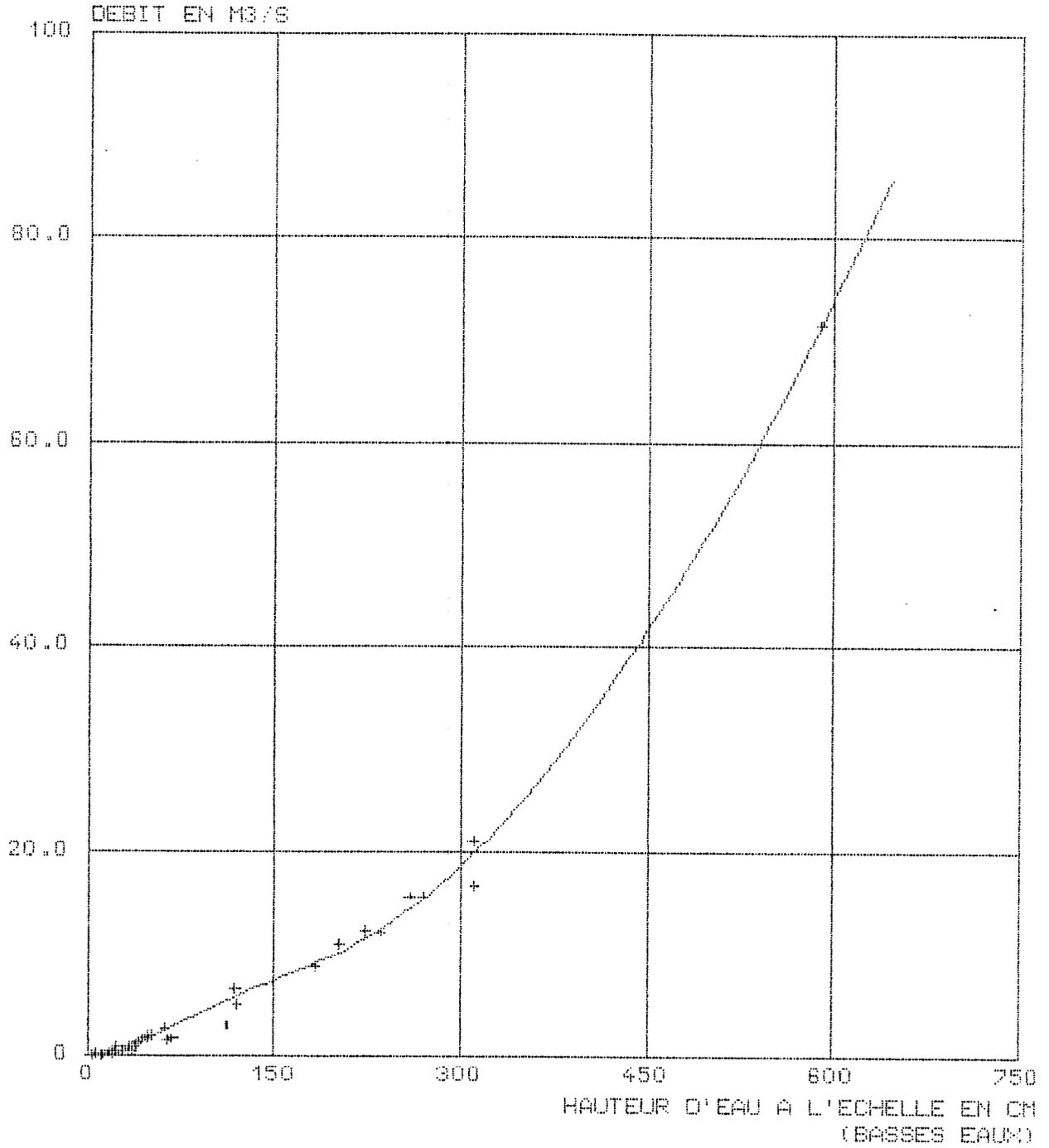
GRAND BALE A PA

COURBE D'ETALONNAGE

VALABLE DU 01/06/1983 AU 31/12/2000

BURKINA FASO
DIRECTION DE L'INVENTAIRE
DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
SERVICE HYDROLOGIE

COURBE NO. 2



- "En 1986, trois points de basses eaux se situent au dessus de la courbe et deux de hautes eaux en dessous.

En 1987, trois mesures réalisées en basses eaux sont supérieures au barème et une en hautes eaux y est inférieure.

La tendance à la montée de la courbe en basses eaux se confirme avec les mesures de 1988. Il semble donc que l'on assiste à un détarage, la courbe se déplaçant vers le haut en basses eaux et vers le bas en hautes eaux. Malgré la relative dispersion des jaugeages de basses eaux, le nombre réduit de ceux de hautes eaux, le barème a été revu en Juin 1989 avec les jaugeages de 1986 et suivants: La courbe a, en outre, été prolongée, le maximum jauge à cette station étant de 5.89 m en 1988" (DIRH - Annuaire Hydrologique du Burkina 1987, page 184).

Ainsi, à partir de Mai 1983, toutes les hauteurs d'eau ont été traduites avec le barème de l'étalonnage n°2 révisé et la courbe correspondante à été également élaborée (page 66, 68).

La plus forte cote enregistrée depuis la création de la station est de 6,34 m. ce qui correspond à un débit de 82,5 m³/s les 2-3 Septembre, lors de la crue de 1988. Les débits sont très faibles, voire nuls pendant la "période d'étiage".

Les hauteurs d'eau enregistrées par le limnigraphe ont été dépouillées avec un pas de temps de 4 heures. Pour chaque hauteur d'eau instantanée à 4h, 8h, 12h, 16h, 20h, 24h, le barème d'étalonnage permet de connaître le débit correspondant. La moyenne de ces débits, observés sur 24 heures, donne le débit moyen journalier.

CHAPITRE V

CARACTERISTIQUES DE L'ÉCOULEMENT ANNUEL ET MENSUEL

Ce chapitre nous permet de décrire le régime de l'écoulement du Grand-Balé et de définir les caractéristiques essentielles à savoir: les variations saisonnières et inter annuelles, les crues, les étiages,....Le bassin est vierge en ouvrages hydrauliques de stockage, ce qui ne modifie donc en rien l'écoulement naturel.

1 - STATISTIQUE DES DÉBITS MENSUELS ET ANNUELS

1 - 1 Tableau 17 (page 71; chiffres en m³/s)

Aussi bien les variations saisonnières, que celles inter annuelles, suivent la même évolution. C'est pourquoi l'analyse des données consignées dans le tableau 17 permet de dire que la rivière a une période d'étiage de quatre mois (Janvier à Avril) où le débit est nul.

Les basses eaux se situent en Mai, Juin, Juillet puis en Octobre, Novembre, Décembre: les écoulements sont très faibles et correspondent au début et à la fin de l'hivernage. Les hautes eaux se situent en Août-Septembre avec un débit moyen inter annuel allant de 10,08 m³/s à 14,47 m³/s.

On observe une croissance régulière et progressive du débit du mois d'Avril au mois de Juin et un tarissement d'Octobre à Décembre.

1 - 2 Histogramme des débits inter-annuels(page 72)

Les modules ne sont pas homogènes et varient de 1,01 m³/s (1984) à 7,22 m³/s (1988) sur ces dix années d'observation. Aussi, le calcul du module inter annuel nous donne une valeur de 2,98 m³/s soit deux fois moins que le module de 1988.

En effet, le débit maximum en Septembre 1988 est de 49,50 m³/s; il est le plus important de la série et correspond à la période des hautes eaux.

Tableau 17

Débits moyens mensuels et annuels (m³/s)
Grand Balé à P3

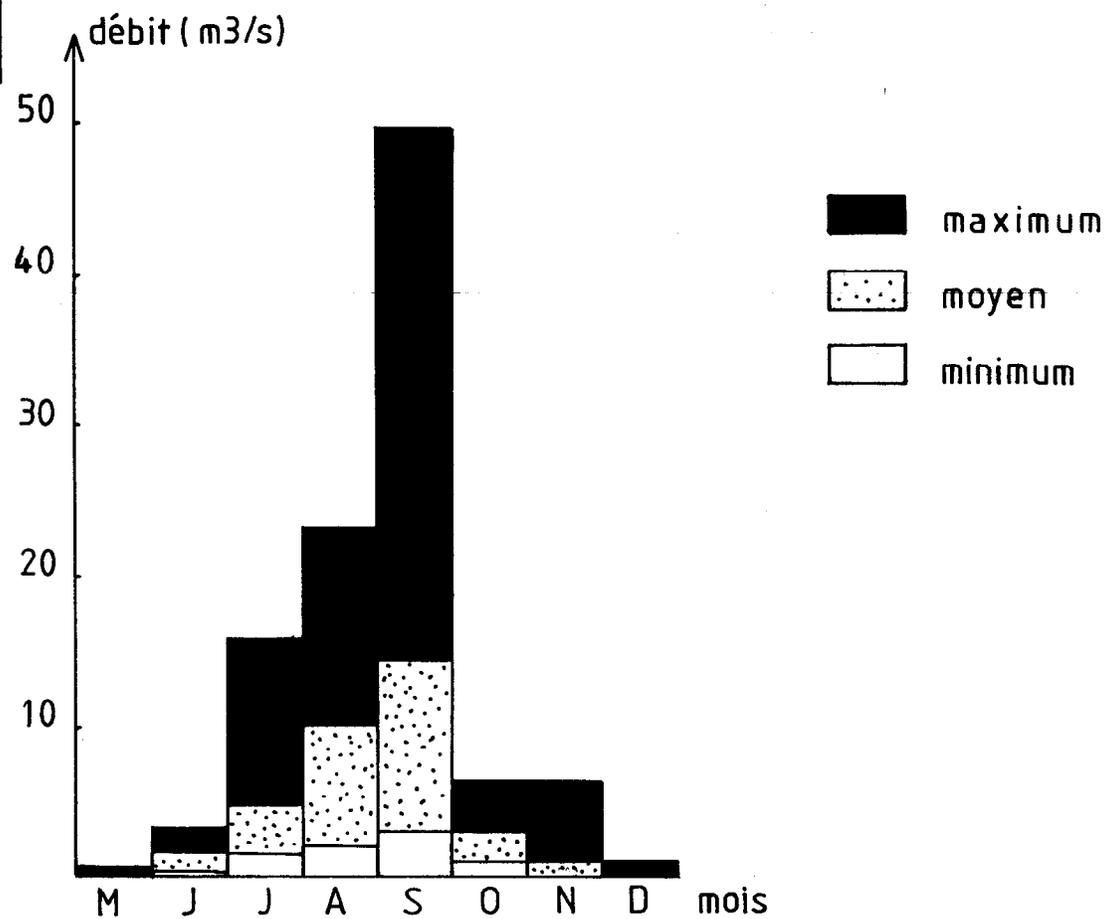
		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Q moyen
Ancienne station	1976	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.49	1.52	2.07	4.69	5.95	6.37	1.07	1.84
	1979	-	-	-	-	-	-	6.09	9.10	30.30	6.36	1.06	0.01	(4.91)
	1980	-	-	-	-	-	2.86	2.33	10.3	14.6	2.30	0.84	0.28	(2.79)
Nouvelle station	1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	(1.20)	2.43	10.2	5.76	1.23	(0.23)	0.00	(1.76)
	1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.64	0.78	2.96	2.64	2.90	1.77	0.35	0.00	1.01
	1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.57	(3.28)	15.8	15.00	11.2	2.06	0.37	0.01	(4.02)
	1986	0.0	0.0	0.0	0.0	0.55	1.72	4.00	8.05	12.7	2.59	0.53	0.08	2.52
	1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.84	2.78	10.10	3.57	1.07	0.09	0.00	1.64
	1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.22	1.36	6.65	22.9	49.5	4.83	1.04	0.38	7.22
	1989	0.06	0.0	0.0	0.0	0.18	0.41	2.06	10.5	9.56	2.38	0.49	0.61	2.16
Q moyen inter-annuel		0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.59	4.66	10.08	14.47	3.04	1.13	0.24	2.99
Q minimum inter-annuel		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.41	1.52	2.07	2.90	1.07	0.09	0.0	1.01
Q maximum inter-annuel		0.06	0.0	0.0	0.0	0.64	3.28	15.8	22.9	49.5	6.36	6.37	1.07	7.22

(-) données manquantes, considérées comme nulles pour les calculs

() valeurs estimées

FIG:23

DEBITS INTER-ANNUELS
DU GRAND-BALE
(1976-1989)



2 - ANNALYSE PLUVIOMETRIQUE

Elle couvre le bassin et s'étend sur une période de dix ans. Nous avons appliqué la méthode des polygones de THIESSEN (carte page 74), ce qui nous permet d'obtenir une pluviométrie moyenne inter annuelle sur le bassin de 846 mm. Les résultats de cette méthode sont consignés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Pluviométrie moyenne sur le bassin (mm)

Année	Bondoukuy	Wakara	Wona	Bagassi	Hounde	Béréba	pluie moyenne
1976	881.9	1028.7	945.0	938.8	817.4	1013.1	964.2
1979	937.6	>716.5	821.5	1027.7	1084.4	1026.0	>948.8
1980	950 *	875.0	766.2	984.9	1052.4	1001.8	950.2
1983	854.7	671.4	531.8	651.2	772.7	662.4	671.0
1984	684.5	535.4	709.1	650.4	715.8	784.7	688.1
1985	909.8	774.2	760.9	691.8	1042.2	745.1	775.8
1986	779.7	878.7	621.0	896.4	988.5	931.8	872.3
1987	755.0	653.6	899.9	839.7	780.9	760.4	777.6
1988	1017.4	961.6	992.0	973.6	1116.7	1129.9	1038.3
1989	810.3	800 *	750 *	769.7	940.5	720 *	773.6
Moy	858.0	789.5	779.7	842.4	931.1	877.5	846.0

* : valeur estimée

Par comparaison à la moyenne inter-annuelle, les postes les plus arrosés sont: Bondoukuy, Bagassi, Houndé et Béréba: tandis que Wakara et Wona le sont moins.

L'année la plus sèche se situe en 1984 (688.1 mm) et la plus humide en 1988 (1038.3 mm). Notons que le suivi des pluviomètres n'est pas très rigoureux, dans la mesure où nous avons été confronté au problème de manque de données qu'il a fallu estimer.

3 - ECOULEMENT ANNUEL

Par rapport à la pluviométrie moyenne inter annuelle et le débit moyen inter annuel, nous pouvons caractériser l'écoulement annuel sur le bassin. Les valeurs des différents paramètres sont consignées dans le tableau 19, page 75.

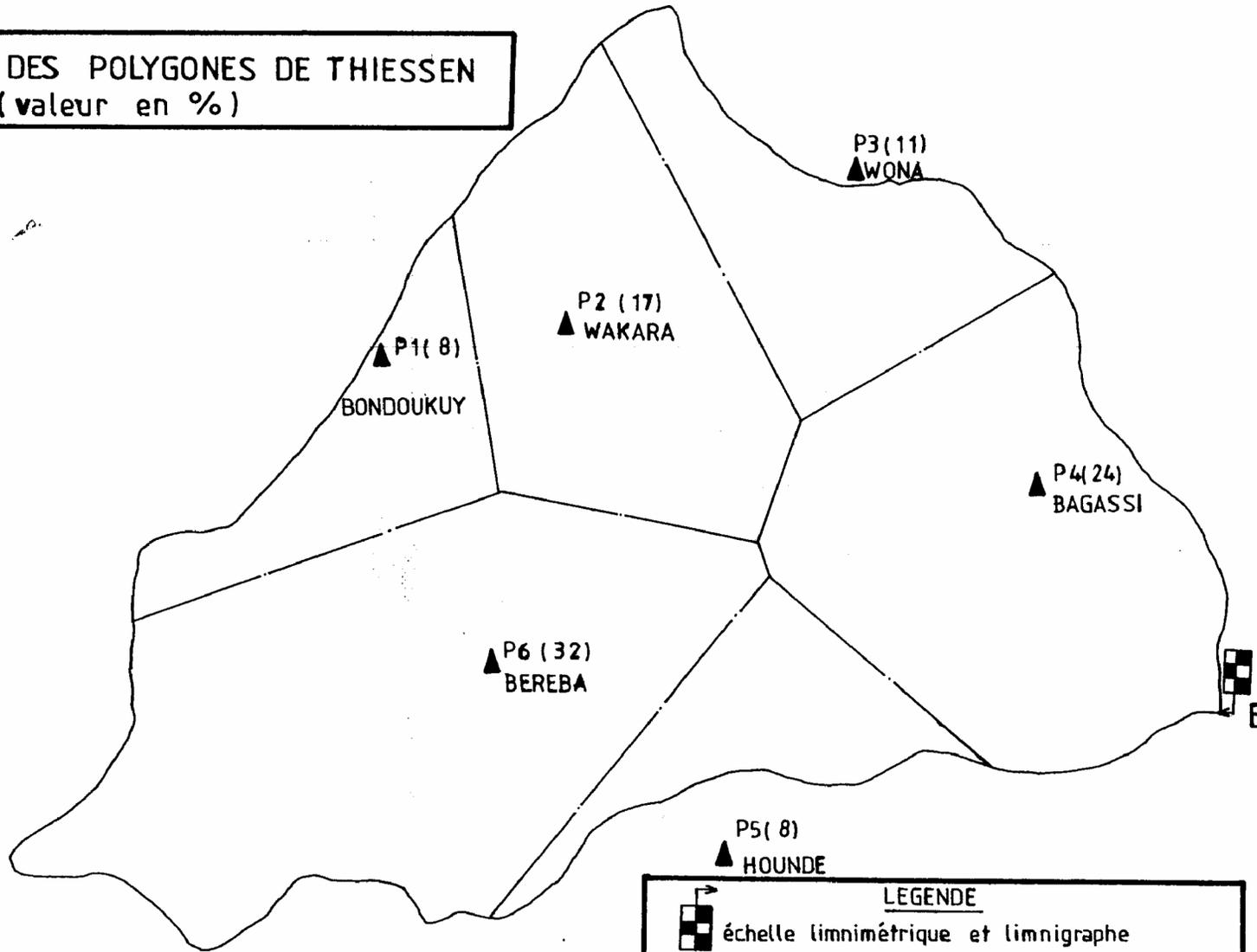
La valeur de la lame annuelle d'écoulement est donnée par la formule:

$$Le = (Q \times 365 \times 86400 \times 10^3) / S \times 10^6$$

Le = lame annuelle d'écoulement (mm)
 Q = débit moyen inter annuel (m³/s)
 S = superficie du bassin (km²)

FIG: 24

CARTE DES POLYGONES DE THIESSEN
(valeur en %)



LEGENDE

- échelle limnimétrique et limnigraphe
- limite des polygones de THIESSEN
- postes pluviométriques

0 5 10 15 km

Ainsi, la lame annuelle d'écoulement moyen est de 27 mm; ce qui correspond à un coefficient d'écoulement K_e dont la valeur se calcule comme suit:

$$K_e = L_e / P$$

P = pluie moyenne sur le bassin (mm)

K_e moyen est alors égale à 0.03 soit 3 % de la pluie moyenne qui est destinée aux écoulements. Les 97 % de déficit hydrique ($D = P - L_e$) se partageant entre l'évaporation et l'infiltration.

Ici K_e n'est qu'indicatif dans la mesure où le degré de saturation du sol et l'abondance de la couverture végétale sont des éléments qui interviennent dans sa variation. Ainsi, si le sol est saturé, l'infiltration diminue et le ruissellement augmente. Selon la période de l'année, le taux de couverture végétale est plus ou moins élevé, ce qui influence le déficit hydrique et partant, l'écoulement.

Au regard du tableau 19, 1984 et 1988 sont des années clés dans la mesure où l'une représente une année sèche avec des paramètres faibles tandis que l'autre est plutôt humide avec les valeurs très élevées des différents paramètres. Les coefficients d'écoulement sont très variables d'une année à une autre.

Tableau 19: Caractéristiques de l'écoulement sur le bassin

Année	Q_a m^3/s	V_e $10^6 m^3$	L_e mm	P_{moy} mm	$K_e = L_e / P_{moy}$ %
1976	1.84	58.2	16.6	967.2	1.7
1979	(4.91)	154.8	44.1	948.8	4.6
1980	2.79	88.2	25.1	950.2	2.6
1983	(1.76)	55.5	15.8	671.0	2.3
1984	1.01	31.9	9.1	688.1	1.3
1985	4.02	126.7	36.1	775.8	4.7
1986	2.52	79.5	22.6	872.3	2.6
1987	1.64	51.7	14.7	777.6	1.9
1988	7.22	228.3	64.9	1038.3	6.3
1989	2.16	68.1	19.4	773.6	2.5
Moyenne	2.98	94.2	26.8	846.0	3.0
Maximum	7.22	228.3	64.9	1038.3	6.3
Minimum	1.01	31.9	9.0	671.0	1.3

CHAPITRE VI

CARACTERISTIQUES DES CRUES

La notion de crue est liée à celle du temps de concentration des eaux pluviales sur le bassin.

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons uniquement aux débits instantanés maximums annuels (Q_p) à la station. L'échantillon à étudier porte sur dix (10) années (1976-1989) et les résultats sont listés ci-dessous.

1 Tableau 20: DEBITS INSTANTANES MAXIMUMS ANNUELS (m^3/s) A LA STATION

Année	Jour	Q_p m^3/s
1976	01/11	13,3
1979	14/09	48,7
1980	03/09	20,6
1983	01/08	18,5
1984	13/07	10,2
1985	06/08	25,4
1986	12/09	17,1
1987	15/08	16,4
1988	02/09	82,9
1989	23/08	22,3

2 - ETUDE STATISTIQUE

L'échantillon à étudier porte sur dix ans: ce qui est très faible pour une bonne étude statistique. Néanmoins, nous avons essayé de faire une analyse statistique des chiffres dont nous disposons. Les débits maximums annuels à la station ont été classés par ordre de grandeur croissant.

L'analyse statistique a été effectuée dans un premier temps avec la loi de Gumbel. Celle-ci nous a permis de déterminer l'équation de la droite permettant de suivre, théoriquement, l'évolution des probabilités des débits de pointe.

Il en résulte que les points expérimentaux ne s'alignent aucunement sur les estimations théoriques, à cause de la faible taille de l'échantillon. Nous avons donc eu recours à la loi Log-Gumbel ou encore loi de Frechet, pour réduire les écarts entre les points expérimentaux et les points théoriques.

Cette analyse fait appel à certaines notions telles que:

- la fréquence, f : $f = (n-1/2) / N$
- la période de retour correspondante, T :
 $T = 1 / (1-f)$

Les résultats sont consignés dans le tableau 21. Aussi, peut-on déterminer directement, sur la figure 25 en page 78, les débits des crues caractéristiques:

T = 5 ans	f = 0,80	$Q_5 = 41,7 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 10 ans	f = 0,90	$Q_{10} = 66,5 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 25 ans	f = 0,96	$Q_{25} = 120,2 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 50 ans	f = 0,98	$Q_{50} = 186,0 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 100 ans	f = 0,99	$Q_{100} = 286,0 \text{ m}^3/\text{s}$

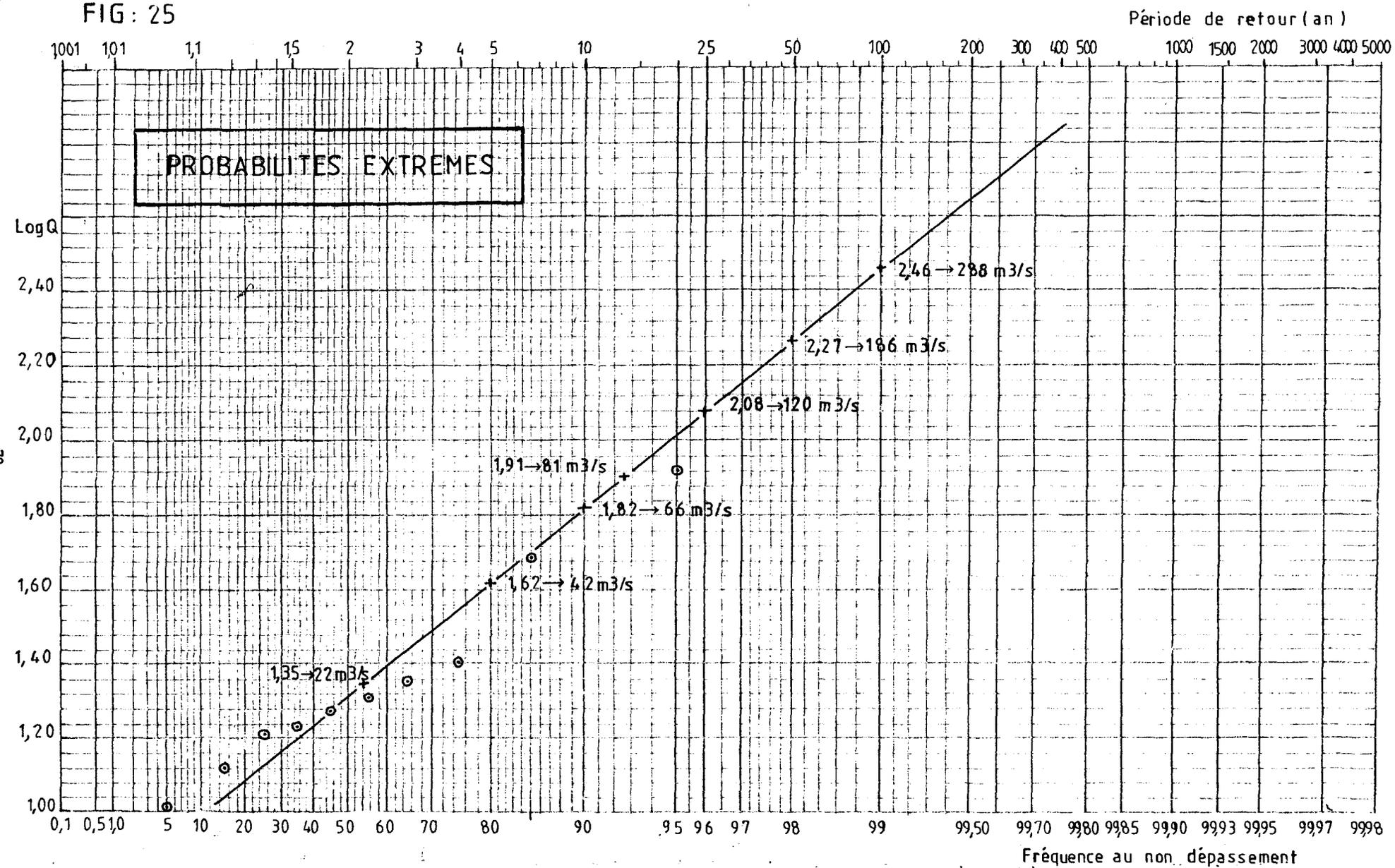
La crue du 02 Septembre 1988, avec un débit de pointe instantané de $82,9 \text{ m}^3/\text{s}$, a une périodicité de retour d'environ 15 ans.

Tableau 21: DEBITS MAXIMAUX ANNUELS (m^3/s) A LA STATION

classe (n)	Qp m^3/s	f=(n-0,5)/N %	f1 %	Log Qp
1	10,2	5	95	1,01
2	13,3	15	85	1,12
3	16,4	25	75	1,21
4	17,1	35	65	1,23
5	18,5	45	55	1,27
6	20,6	55	45	1,31
7	22,3	65	35	1,35
8	25,4	75	25	1,40
9	48,7	85	15	1,69
10	82,9	95	5	1,92
$m = 27,5$ $\sigma = 22,14$ $cv = 0,805$				$m = 1,35$ $\sigma = 0,256$

- f = fréquence au non dépassement
- f1 = fréquence au dépassement = $100 - f$
- N = effectif total de l'échantillon
- m = moyenne de Qp ou de Log Qp
- cv = coefficient de variation = σ/m
- σ = écart type = $\sqrt{\frac{\sum(Q_{pi} - m)^2}{(n-1)}}$

FIG: 25



3 - CARACTERISTIQUES DES HYDROGRAMMES

Pour chaque année (1976-1989), nous avons tracé l'hydrogramme de la crue maximale en débits journaliers (figures 26a à 26j) en page 80.

L'intérêt de cette étude est qu'elle nous permet d'apprécier la propagation de la crue. Selon la forme du bassin, le temps de constitution de la crue est très variable. Ainsi, lorsque par exemple le bassin est étiré, cela signifie que pour une goutte d'eau tombée au point le plus éloigné de l'exutoire E, la fraction à ruisseler mettra un temps assez long pour atteindre E; dans ce cas, on assiste à un étalement de la crue. Si au contraire le bassin a une forme ramassée, les eaux se concentrent rapidement à l'exutoire et c'est la crue.

Nous sommes donc amené à déterminer aussi bien le temps de montée (t_m) que le temps de base (t_b), au niveau de chaque hydrogramme, pour mieux apprécier le type de crue que connaît le Grand-Balé.

Selon M. ROCHE (1963, page 327), le temps de montée t_m "est la durée qui s'écoule entre le début de l'arrivée à l'exutoire du ruissellement apparent et le maximum de l'hydrogramme de ruissellement". Ici, le ruissellement est apparent seulement si la pluie est abondante. Le temps de base t_b , par contre, correspond à la "durée du ruissellement qui est toujours apparent. On pourrait même dire que c'est le ruissellement épidermique.

Le tableau 22 nous montre que le temps de montée moyen est de sept (7) jours. Cela exprime un étalement de la crue parce que les eaux ne se concentrent pas rapidement à l'exutoire. Le cours supérieur de la rivière est éloigné de ce point; donc la propagation de la crue est lente.

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE

Grand-Balé 1976

DEBIT (m³/s)

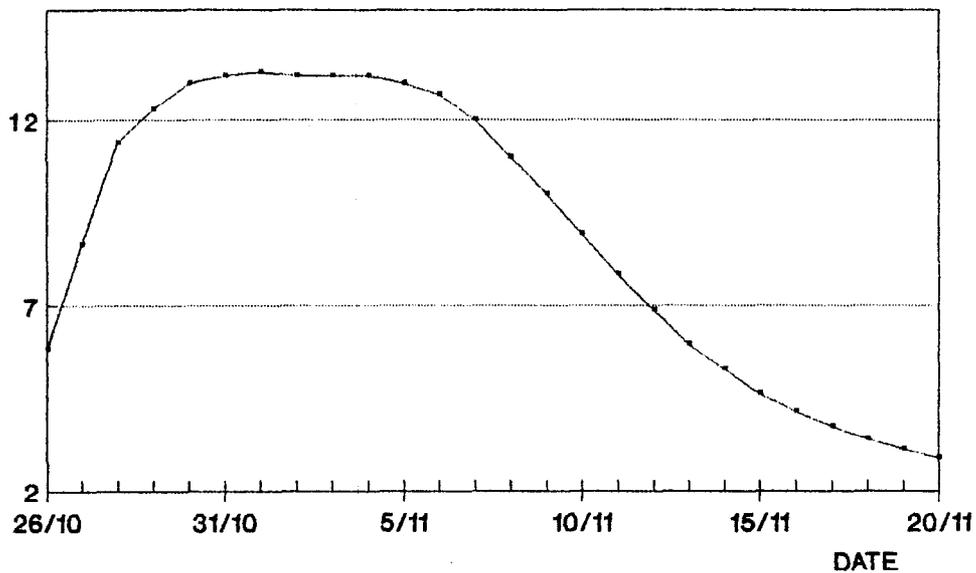


FIG 26a

— DEBITS MOYEN/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE

Grand-Balé 1979

DEBIT (m³/s)

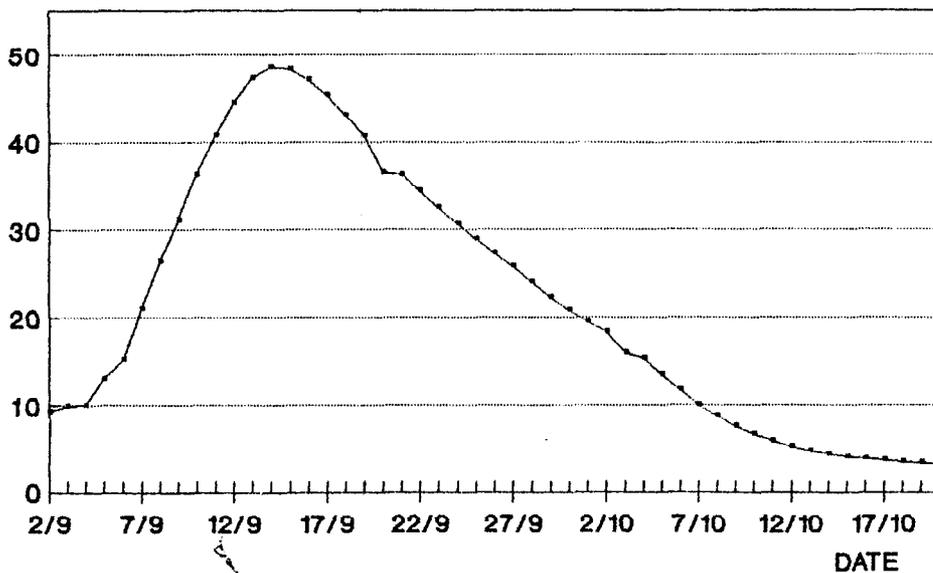


FIG 26b

— DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE

Grand-Balé 1980

DEBIT (m3/s)

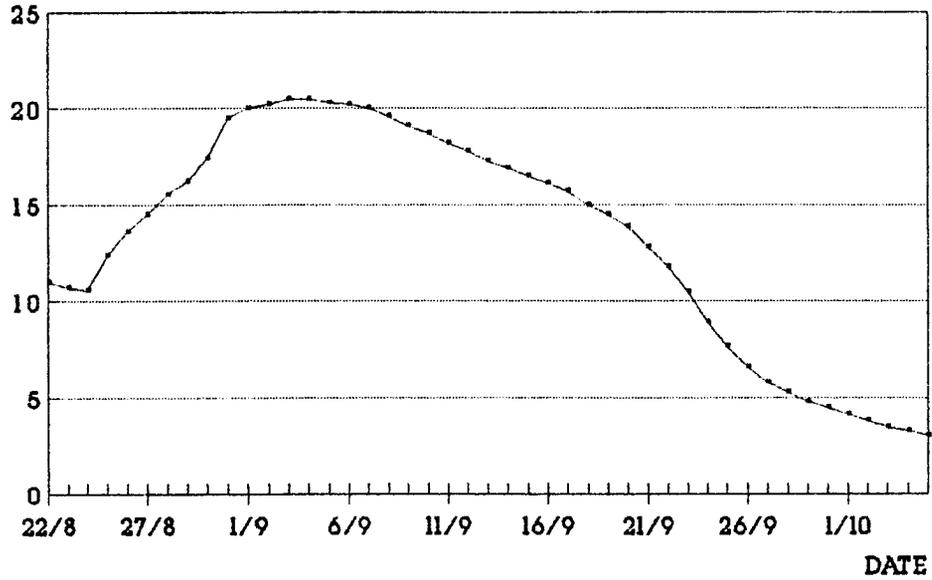


FIG 26c

— DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE

Grand-Balé 1983

DEBIT (m3/s)

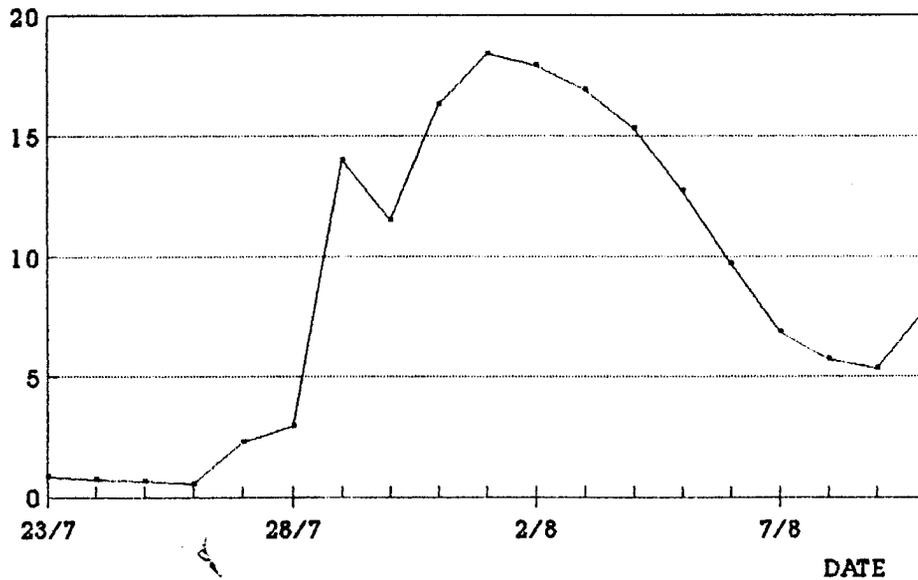


FIG 26d

— DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE
Grand-Balé 1984

DEBIT (m3/s)

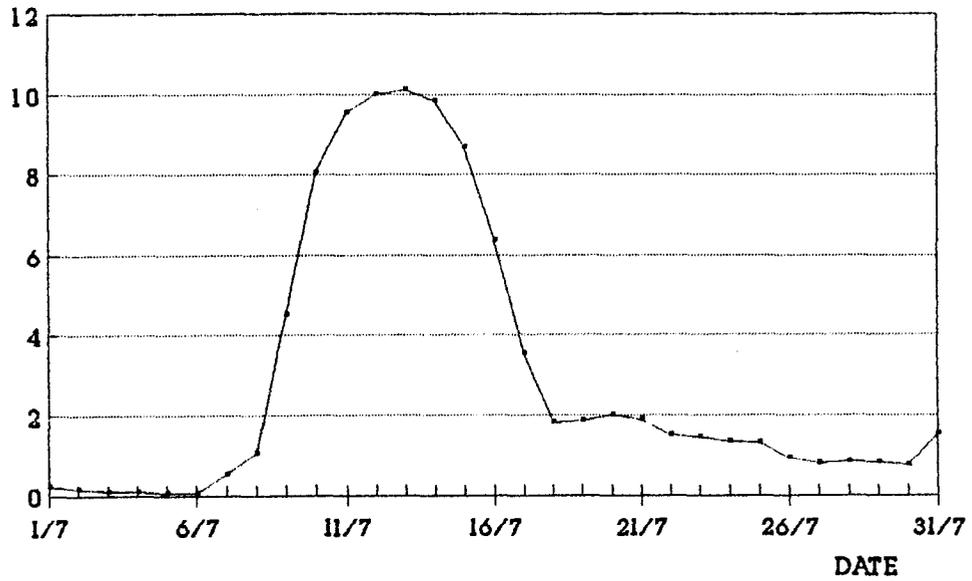


FIG 26e

— DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE
Grand-Balé 1985

DEBIT (m3/s)

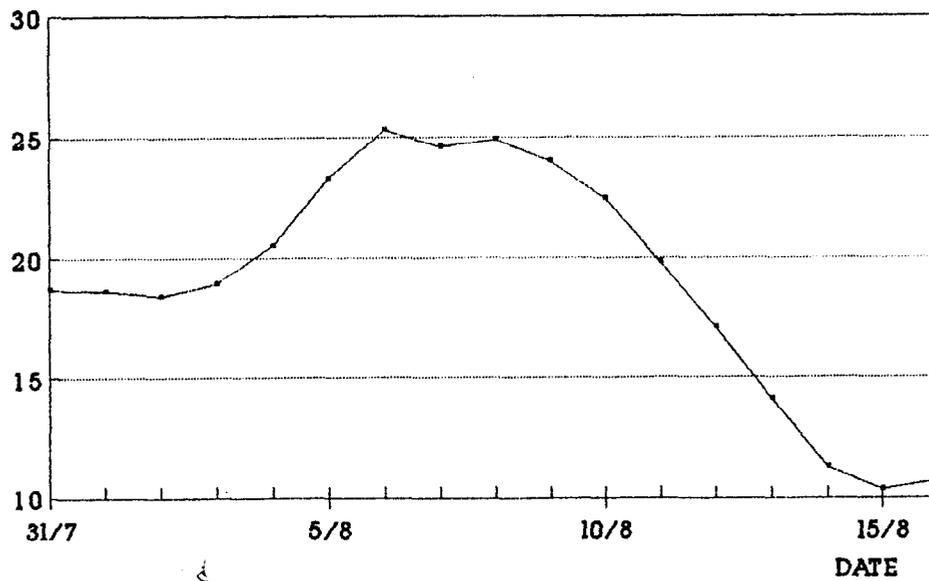


FIG 26f

— DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE
Grand-Balé 1986

DEBIT (m3/s)

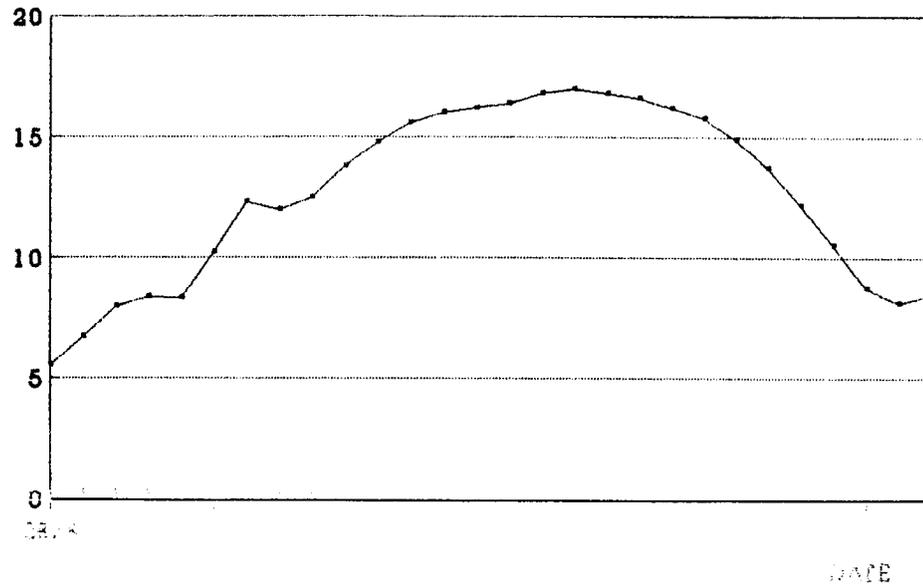


FIG 26g

DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE
Grand-Balé 1987

DEBIT (m3/s)

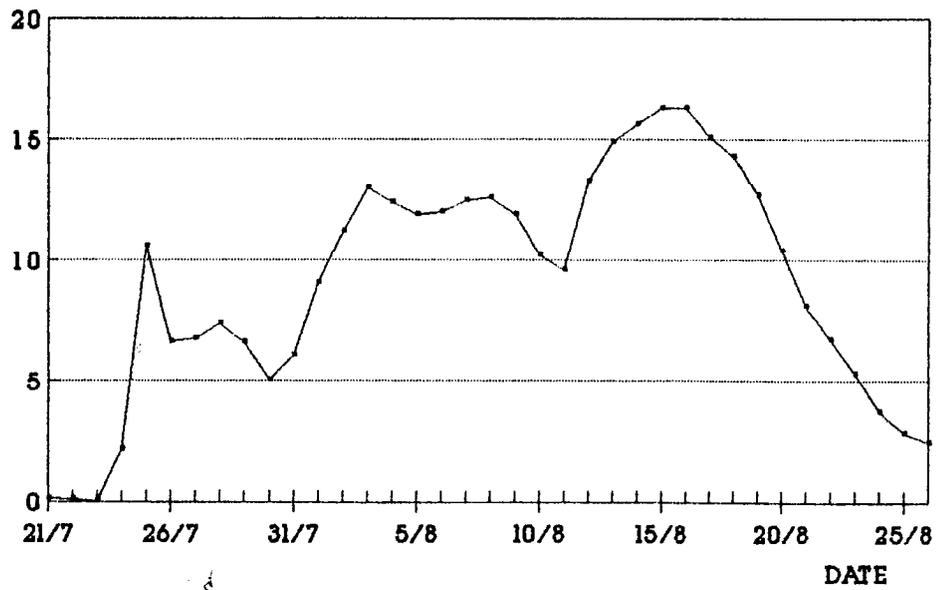


FIG 26h

DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE

Grand-Balé 1988

DEBIT (m³/s)

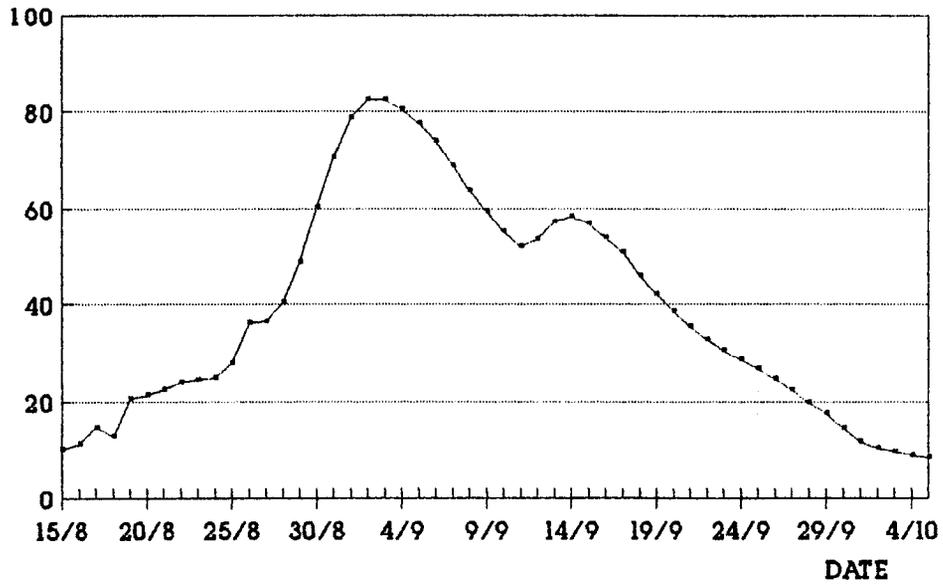


FIG 26i

— DEBITS MOYENS/JOUR

HYDROGRAMME DE CRUE MAXIMALE

Grand-Balé 1989

DEBIT (m³/s)

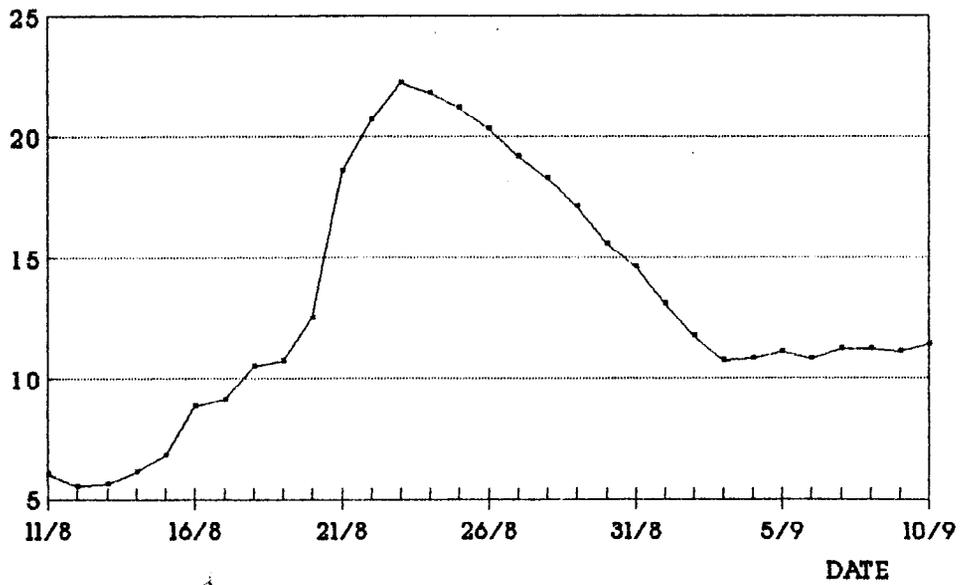


FIG 26j

— DEBITS MOYENS/JOUR

La décrue est très lente; elle est exprimée par un temps de base moyen de 27 jours, ce qui est assez important pour ce petit bassin situé dans une région pluvieuse. Il y a donc apport d'eau par les ruissellements hypodermique et épidermique. Cela engendre une ou plusieurs petites crues inférieures à la pointe principale, rendant ainsi la crue complexe.

Tableau 22: CARACTERISTIQUES DES HYDROGRAMMES

année	tm (jours)	tb (jours)	tb / tm
1976	6	21	3,5
1979	10	41	4.1
1980	11	37	3.4
1983	5	35	7
1984	6	15	2.5
1985	5	28	5.6
1986	10	28	2.8
1987	5	13	2.6
1988	10	38	3.8
1989	5	16	3,2
Moyenne	7,3	27,2	-

tm maximum = 11 jours
 tm minimum = 5 jours
 tb maximum = 41 jours
 tb minimum = 15 jours

tm = temps de montée
 tb = temps de base

CHAPITRE VII

LA CRUE DU 02 SEPTEMBRE 1988

Une crue est dite exceptionnelle quand on observe le plus fort débit moyen journalier, depuis le début des observations limnimétriques sur la rivière. A ce propos, lorsque nous considérons qualitativement la crue du 02 Septembre, elle apparaît comme une crue exceptionnelle. Cela s'explique par le fait que le Grand-Balé a largement débordé sur le pont et même sur la route, à près d'un kilomètre à l'Ouest de la station hydrométrique. Le débit maximum atteint fut de 82,5 m³/s. C'est donc un événement ponctuel. A ce titre, la crue apparaît comme une réponse du bassin versant que nous avons tenté de connaître à fond dans la première partie du travail.

Par conséquent, nous sommes amené à étudier le comportement du bassin versant face à la pluie qui est l'élément moteur de la crue.

1 - EPISODE PLUVIEUX GENERATEUR DE LA CRUE

Le tableau 24 nous permet de déterminer l'épisode pluvieux générateur de la crue.

En effet, la période de pluie la plus intense se situe du 24 au 29 Août soit avant la pointe principale de l'hydrogramme située au 02 Septembre. Les pluies du 03 au 06 Septembre viennent retarder la décrue. Ainsi, nous avons retenu la période du 24 Août au 08 Septembre pour le calcul de la pluie moyenne sur le bassin à cette période.

Le cumul des pluies sur la période désignée, pour chaque poste, nous donne le tableau 23.

Tableau 23 CUMUL DE LA PLUIE DU 24/08 AU 08/09 1988(mm)

Date	Bondoukuy	Wakara	Wona	Bagassi	Houndé	Béréba	pluie moyenne
24/08 -04/09	96,1	87,0	-	165,9	133,2	86,3	90,9
05/09 -08/09	17,0	46,0	44,3	2,6	0,0	10,0	15,4
Total	113,1	133,0	44,3	168,5	133,2	96,3	106,3

Tableau 24 : PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE SUR LE BASSIN
(mm) du 12/08 au 14/09/1988

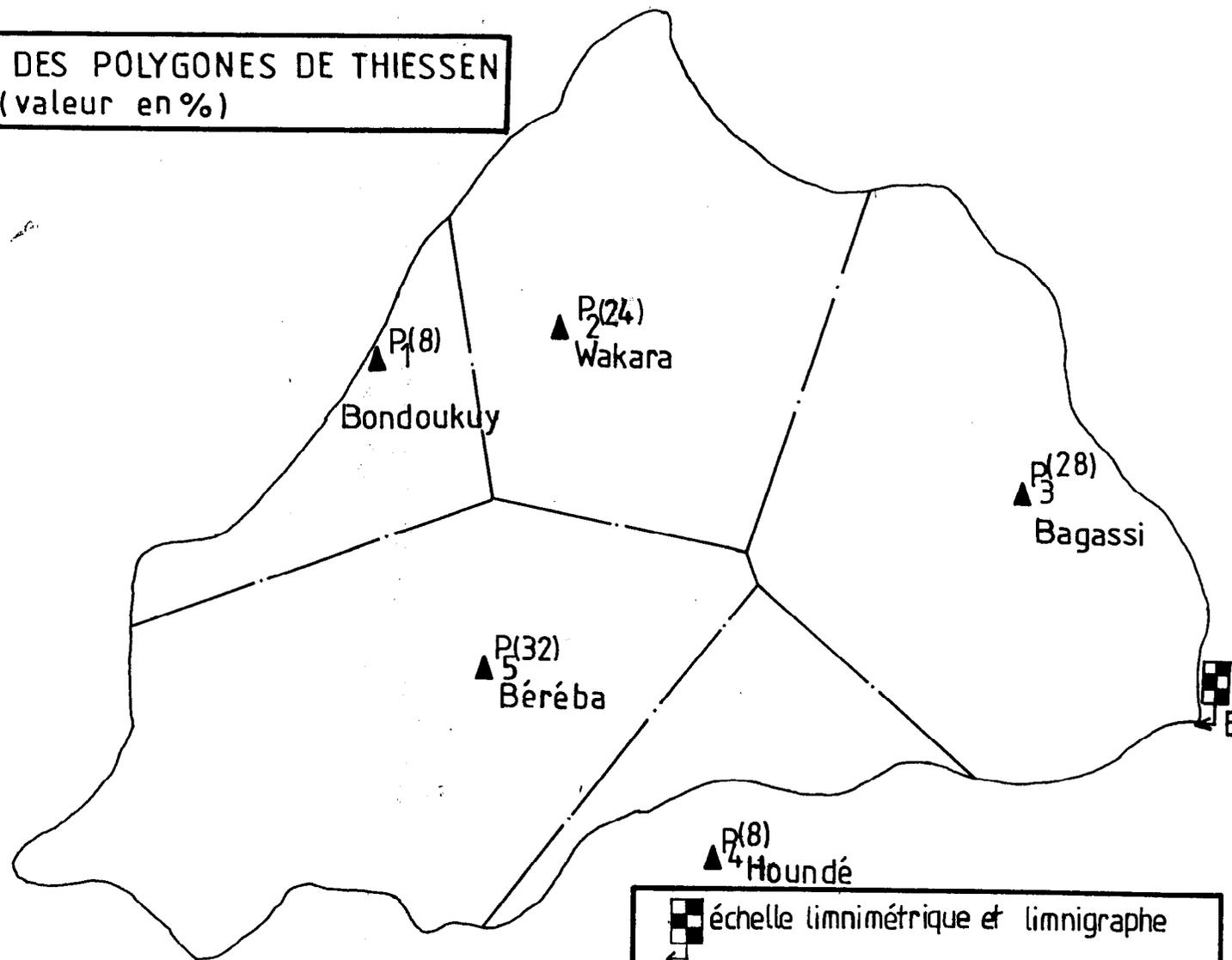
Poste	Bondoukuy	Wakara	Wona	Bagassi	Houndé	Béréba	pluie moyenne
coef.	0,08	0,17	0,11	0,24	0,08	0,32	
Août							
12/08						22,3	7,1
14				0,6	6,4	2,0	1,3
15	78,4	52,5	31,7	40,0	60,0	139,1	77,6
16					10,5		0,8
17	0,8	4,5	2,4				1,1
18	2,0			0,9			0,4
19	40,2		92,7	12,8	17,5	11,7	21,6
20	30,2	50,6	28,1	2,5		55,2	19,1
21	10,1				14,0	22,7	3,7
22	22,8	29,0	9,8	9,5		23,4	12,0
24					43,9	23,0	5,3
25	5,5	34,6	-	69,4			28,1
26	tr		-		9,8	23,8	2,7
27	39,8	38,5	-	35,7		35,0	25,1
28	30,1	12,5	-	30,5			13,9
29	3,5	1,4	-	11,5	55,5	4,5	8,6
30	1,2		-	0,4			0,2
31			-		7,0		0,6
Sept.							
01			-	0,9			0,2
02			-		1,0		0,1
03			-	14,5			4,0
04	16,0		-	2,8	16,0		2,1
05	16,8	39,0	16,3	0,2		10,0	10,5
06			28,0				3,1
08	0,2	7,0		2,6	tr		1,8
09	2,8	16,2		16,4	29,0	12,8	10,1
10	2,4	6,0	30,3	78,5	12,0		24,3
11	52,6		31,7				7,7
12		24,3		4,2	tr	23,4	7,0
13					2,5		0,2
14	2,1			6,8		20,3	3,4

Pour la période du 24/08 au 08/09, nous avons donc une pluie moyenne de 106,3 mm sur l'ensemble du bassin.

Il est à noter que, pour un manque de données pluviométriques concernant le poste de Wona, pour la période du 24/08 au 04/09, nous avons établi une nouvelle carte des polygones de THIESSEN (page 88) en faisant abstraction de ce poste. Ce qui modifie légèrement les coefficients des postes tels que Wakara (0,24) et Bagassi (0,28) pour le calcul de la pluviométrie moyenne sur le bassin versant à la dite période.

FIG: 27

CARTE DES POLYGONES DE THIESSEN
(valeur en %)



☐ échelle limnimétrique et limnigraphe
▲ postes pluviométriques

0 5 10 15 km

Ainsi, une carte de la pluie sur le bassin a été établie, sans Wona (page 90) et avec Wona (page 91). Ceci pour voir la répartition spatiale de la pluie et surtout les points de départ des eaux vers l'exutoire, pendant cette période pluvieuse.

2 - HYDROGRAMME DE LA CRUE

2 - 1 - Description

Il est représenté en page 92. Nous y observons une série de crues: c'est donc une crue composée. L'hydrogramme est caractérisé par un temps de montée de dix jours soit le quart du temps de base (38 jours). La montée est donc assez rapide car, pour une variation de hauteur d'eau de 2,85 m environ, nous observons une croissance rapide du débit qui passe de 24,9 à 82,5 m³/s. Les pluies sont aussi abondantes et relativement constantes car elles conditionnent les écoulements.

A partir de la courbe des débits moyens journaliers à la station en 1988 (page 93), le débit de base (2m³/s) de la rivière a été déterminé. Et surtout, nous pouvons suivre l'évolution des écoulements durant toute l'année.

Lorsque nous observons la courbe de décrue de la pointe principale du 02 Septembre, nous constatons que la diminution des eaux de la rivière se fait lentement. Il y a même une petite crue qui se distingue après la crue principale. Le temps de base étant assez long, la crue est donc persistante. La complexité de cette dernière fait que nous avons découpé l'hydrogramme en deux portions, à partir des épisodes pluvieux caractérisant la crue: cela nous permet de caractériser le ruissellement sur toute la période pendant laquelle se déroule l'événement.

2 - 2 - Interprétation des résultats

Le volume de la crue est de 133,9 x 10⁶ m³; il est obtenu par planimétrie de l'hydrogramme. Les résultats des autres paramètres caractérisant l'écoulement de la crue sont consignés dans le tableau 25, page 94.

FIG: 28

PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN (mm)

DU 24/08 AU 04/09, 1988

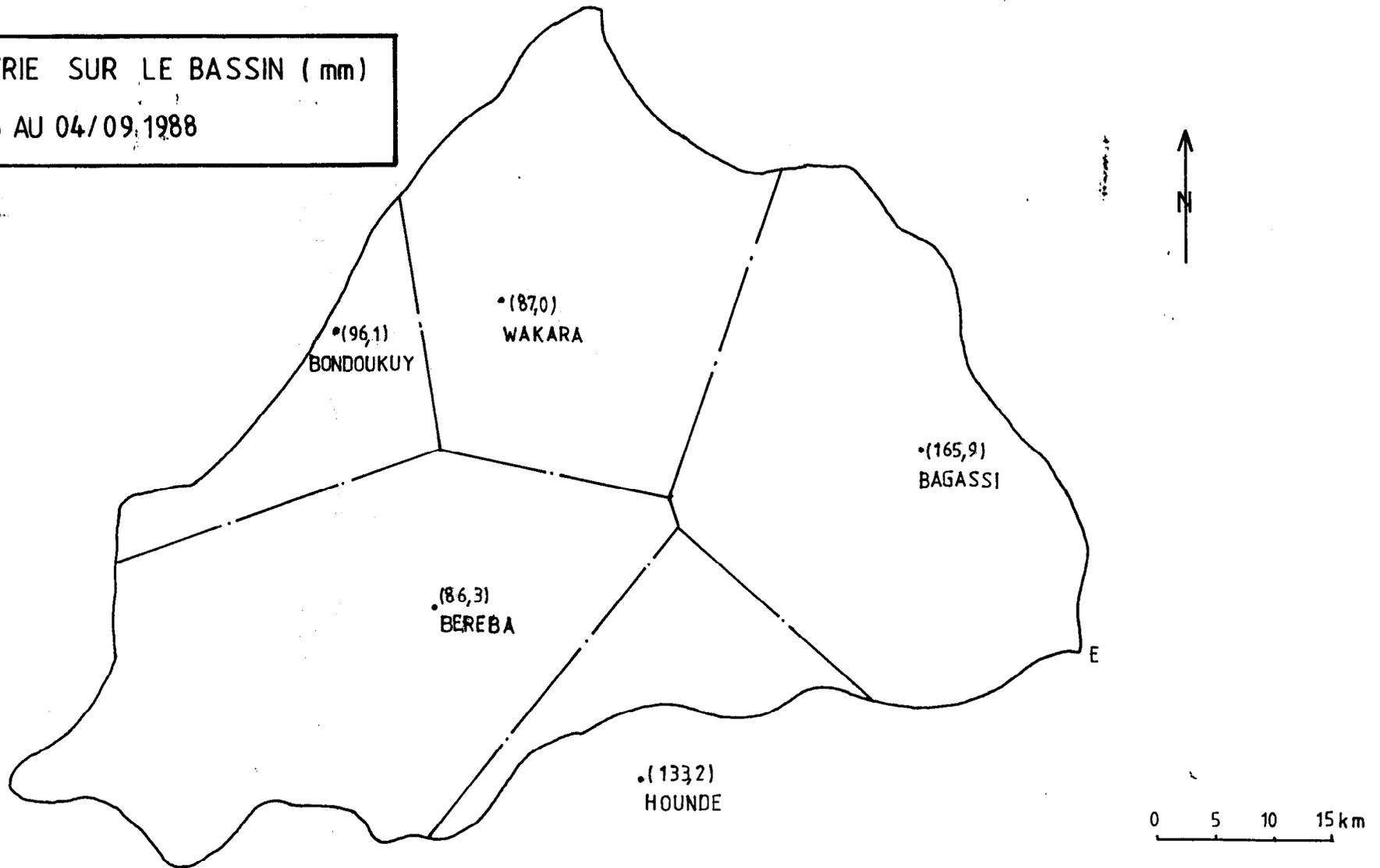
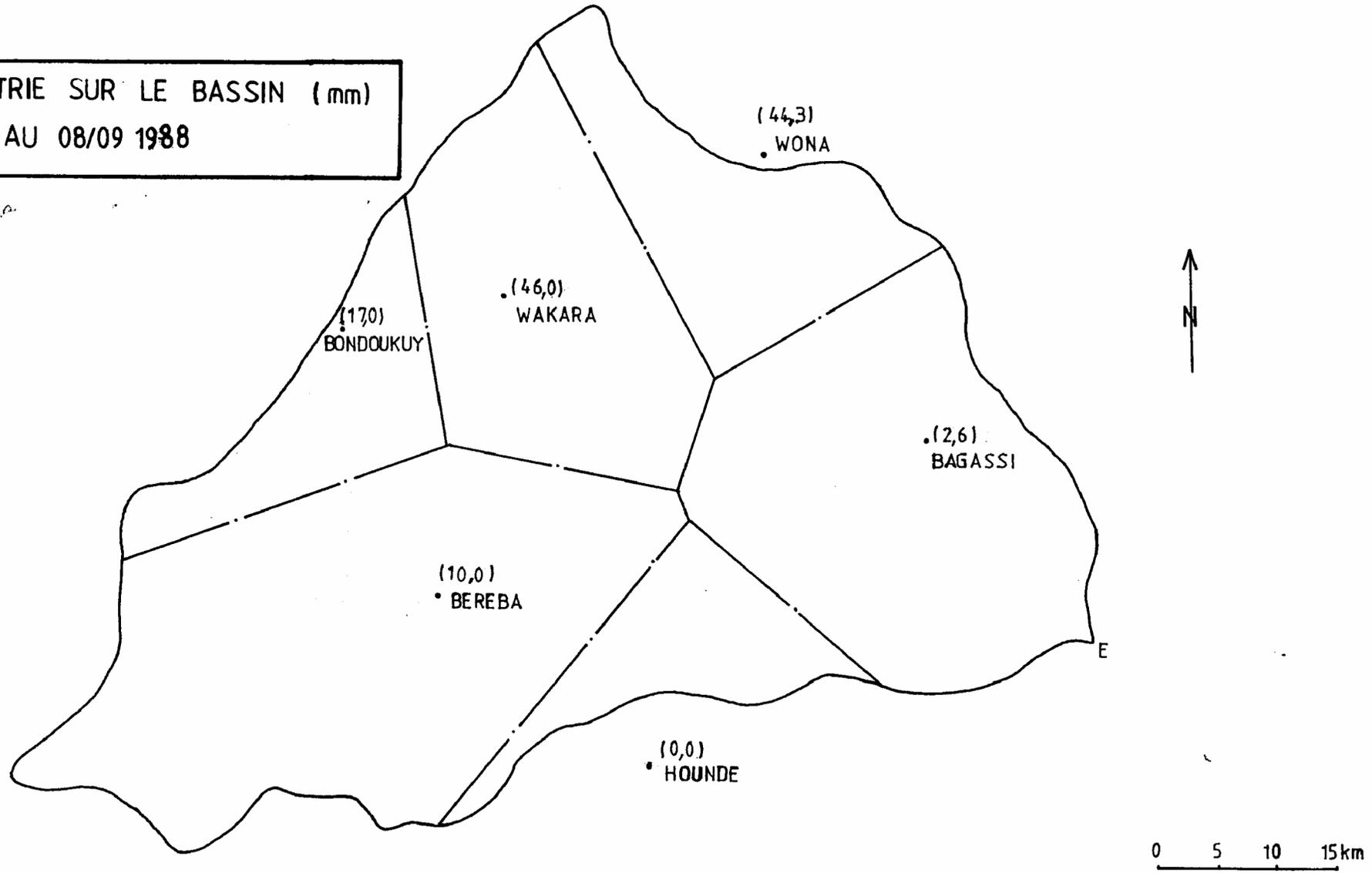
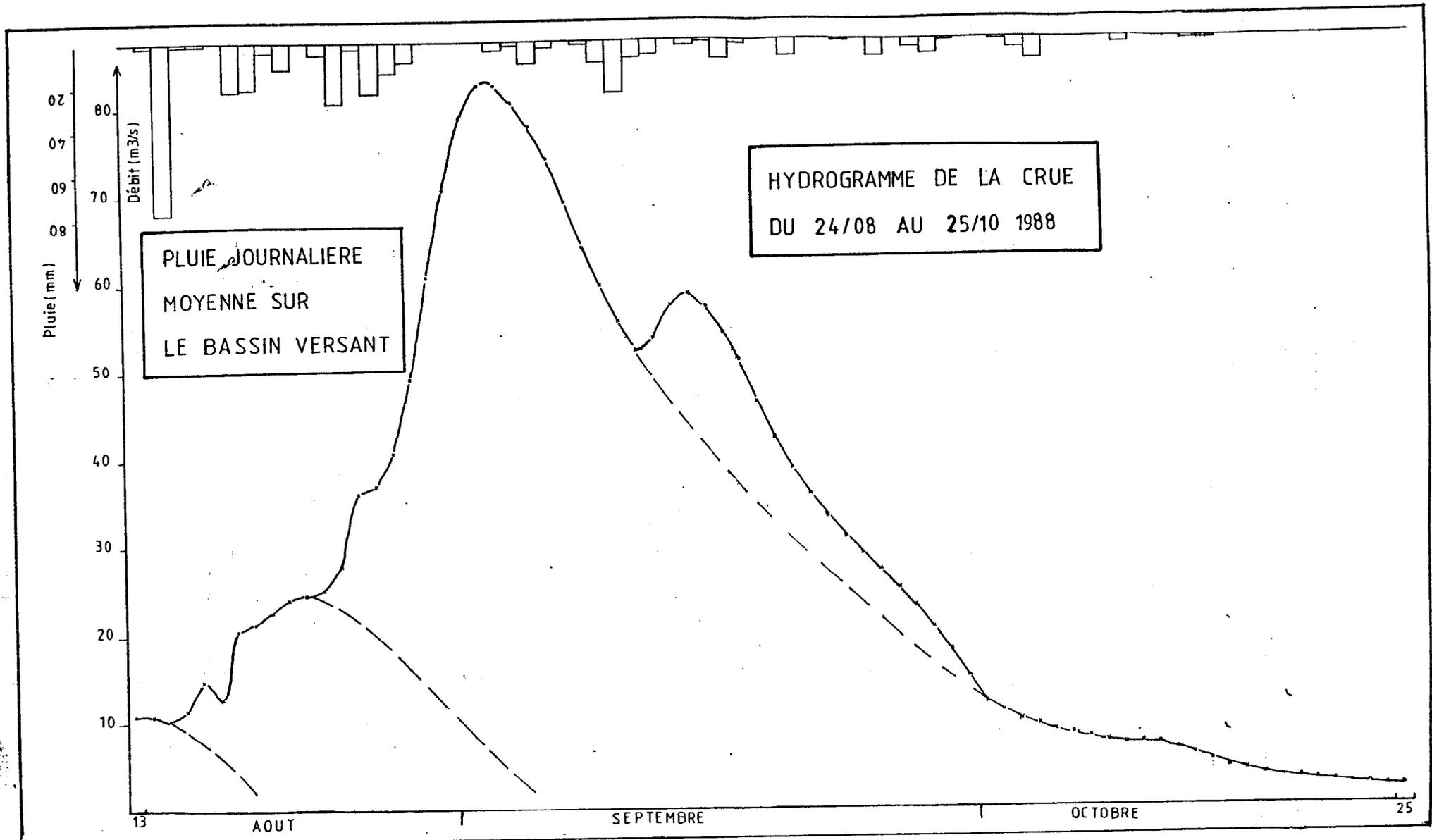


FIG: 29

PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN (mm)
DU 05/09 AU 08/09 1988





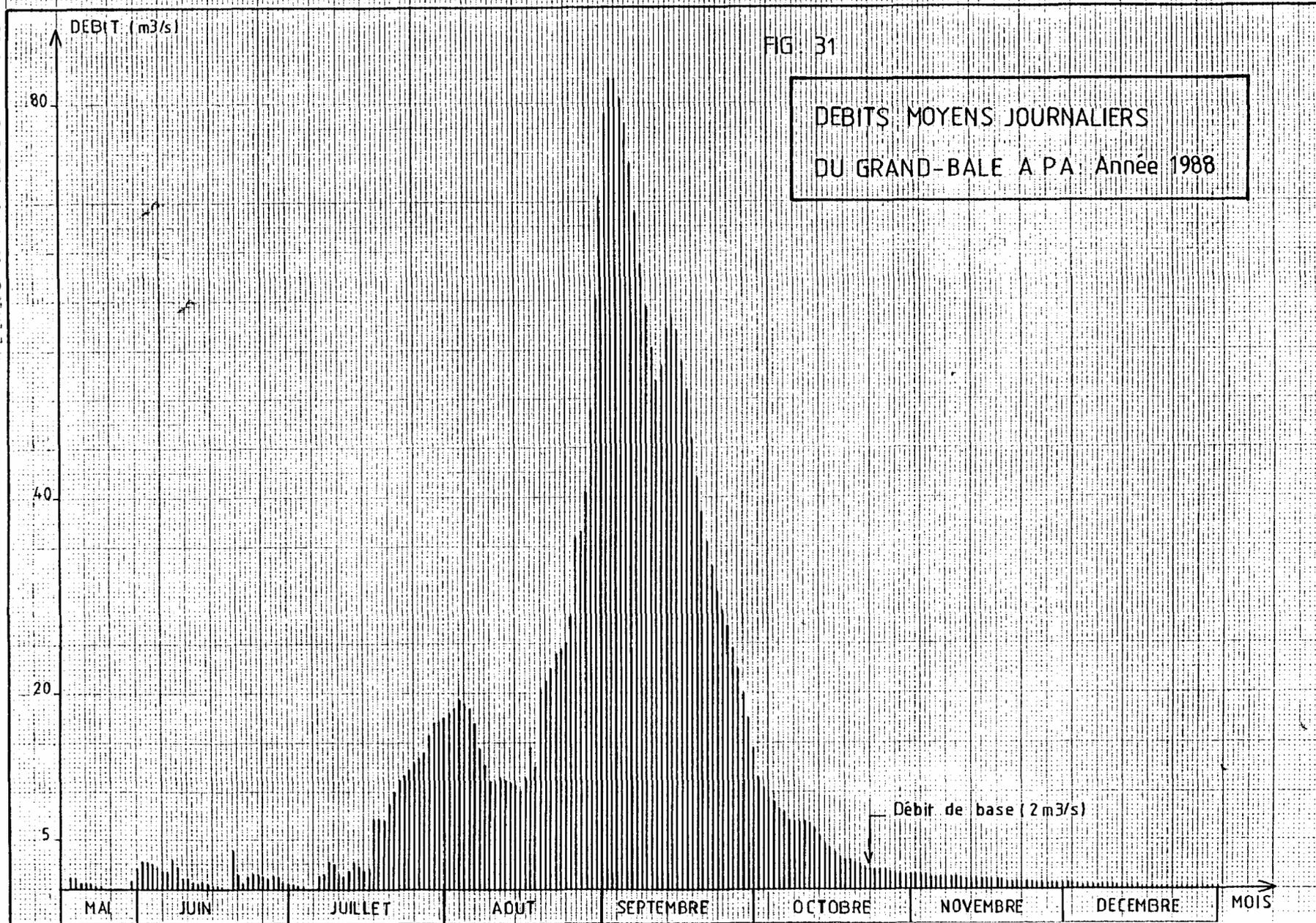


Tableau 25: CARACTERISTIQUES DU RUISSELLEMENT (1988)

Date	Pluie moyenne mm	Volume écoulé 10 ⁶ m ³	Lame écoulée mm	Ke=coef. d'écoulement %
24/08 au 08/09	106.3	133.9	38.1	35.8
09/09 au 30/09	94.2	13.8	3.9	4,1
15/08 au 25/10	221.6	170.2	48,5	21.8

Le = lame d'eau écoulée
 = $(V_e / S) * 1000$ avec S= superficie du bassin (km²)
 Ve= volume écoulé (m³)
 Ke = coefficient d'écoulement
 = Le / pluie moyenne

L'analyse des résultats permet de noter que:

- comparativement à la période du 15 Août au 25 Octobre, l'écoulement est très fort pendant la pointe principale de la crue soit 35,8 % alors que la pluie moyenne sur le bassin à cette période est faible (106,3 mm) par rapport à celle du 15/08 au 25/10. Ce taux nous amène à prendre en compte deux paramètres essentiels qui conditionnent l'écoulement: la saturation du sol et le taux de couverture végétale. En effet, en cette fin du mois d'Août durant lequel nous enregistrons le maximum de la pluie annuelle, le sol est suffisamment saturé; ce qui réduit les infiltrations au profit du ruissellement. L'abondance de la végétation, surtout autour du cours principal de la rivière, joue un rôle important dans l'accumulation des eaux: elle la retarde en ce sens qu'elle constitue un frein au ruissellement.

- l'écoulement faible (4.1 %) observé en Septembre, lors de la petite crue, résulte du fait que le sol a eu le temps de se ressuyer et est alors favorable à l'infiltration. Effectivement, la faible pluviométrie de ce mois ne peut pas engendrer de forts ruissellements face à un sol prêt à absorber de l'eau: ceci, par rapport à l'humidité pré-existante du milieu.

Du reste, les témoignages de l'équipe hydrologique de la DIRH qui faisait sa tournée habituelle nous permettent de dire, avec elle, que l'écoulement se faisait en charge; le pont se présentant comme un obstacle à ce grand volume d'eau qui forçait son passage, comme à travers un tuyau par exemple. Nous pouvons ajouter que les écoulements ont eu leurs données modifiées par la présence des piles du pont qui ont augmenté la force des eaux.

La planche de la page 96 illustrent assez bien l'événement.

3 - CARACTERISTIQUES DE L'ECOULEMENT MENSUEL

Les mois de Juin, Juillet, Août, Septembre et Octobre ont été retenus. L'écoulement caractérisé dans le tableau 26 permet de noter que:

- les mois de Juin, Juillet et Août sont marqués par un faible ruissellement au profit de l'infiltration: c'est le début de la période pluvieuse.

- le ruissellement le plus important est enregistré durant le mois de Septembre ($K_e = 31,5 \%$) avec une pluviométrie de 116 mm. L'abondance progressive des pluies jusqu'en Août favorise alors une saturation du sol.

- la faible pluviométrie du mois d'Octobre (21 mm) génère un écoulement relativement important (17,5 %); ceci s'explique par l'humidité persistante du sol.

En somme, le mois de Septembre constitue la période favorable à l'observation de crues sur le bassin versant du Grand-Balé à Pâ; d'où celle du 02 Septembre 1988.

Tableau 26: CARACTERISTIQUES DE L'ECOULEMENT MENSUEL (1988)

Période	Pluie mensuelle (mm)	V_e 10^6 m^3	L_e (mm)	K_e %
Juin	153,0	3,5	1	0,6
Juillet	202,1	17,8	5,1	2,5
Août	318,1	61,3	17,5	5,5
Septembre	116,0	128,3	36,5	31,5
Octobre	21,1	13,0	3,7	17,5

GRAND-BALE A PA



à sec



crue du 31/08/1988

Le dossier d'étude pour la réalisation du tronçon routier Houndé-Sakoince révèle que l'étude hydrologique qui a prévalu à la conception du pont traversant le lit de la rivière est assez globale. Cependant, un débit de pointe dont la périodicité de retour est de 50 ans a été déterminé. Celui-ci a donc permis de dimensionner l'ouvrage: ainsi, Q_{50} prévu est de l'ordre de 300 m³/s. Mais, en 1988, le débit maximal atteint fut de 82,5 m³/s pour une période de retour 15 ans environ. Ainsi, quantitativement, la crue de 1988 n'apparaît pas comme un événement exceptionnel. Nous pouvons dire, avec une marge d'erreur, que l'incertitude des variations climatiques, l'évolution du sol et la végétation, sont des facteurs qui expliquent parfaitement l'apparition d'une telle crue qui n'apparaît pas dans les prévisions. Aussi, l'hypothèse d'un mauvais dimensionnement du pont n'est pas à écarter: ceci parce qu'il n'y a pas de concordance entre le débit de pointe prévu et l'ouvrage réalisé. Nous pouvons même parler de surestimation des capacités hydriques de la rivière, comparativement à:

- Mouhoun à Boromo: pour une superficie de 62.000 km², Q_{50} est de 200 m³/s dans les conditions météorologiques quasi identiques. Le lit naturel du fleuve est même assez encaissé par rapport celui du Grand-Balé.

- Bougouriba à Diébougou: cette rivière se situe dans une région nettement plus arrosée que celle du Grand-Balé. La superficie de ce bassin fait 12.000 km². Ici, Q_{50} est de 454 m³/s. (MONIOD F. 1977. P368).

Nous avons vu que la rivière a un profil régulier. Cela suppose que l'action de l'eau sur la roche affleurante est peu sensible. Ainsi, pour un changement important des apports d'eau et des conditions d'écoulement, on peut s'attendre à des crues plus fortes. Et nous pensons que la rareté de l'événement peut être révisée dans la mesure où, si les migrants venus du centre du pays dévastent un peu plus la zone boisée, les conditions de l'écoulement changeront. La végétation ne freinant plus les eaux, il n'y aura plus accumulation lente mais une libre circulation de l'eau. Cela diminuera naturellement la hauteur d'eau actuelle, donc aussi le débit.

CONCLUSION

Compte tenu du suivi régulier de la station, de la qualité des mesures hydrométriques et de la taille du bassin, il convient de rappeler que le régime du Grand-Balé n'est aucunement influencé par un ouvrage hydraulique. Le bassin est vierge en aménagements hydrauliques.

Le bassin versant du Grand-Balé est entièrement soumis à un régime tropical pur avec une pluie moyenne inter annuelle de 846 mm. Son régime pluvial se caractérise par: une période de hautes eaux en Août-Septembre avec des crues dont l'importance est très variable d'une année à une autre. Les conditions naturelles n'étant pas favorables aux écoulements, la lame écoulée représente environ 3 % de la pluie moyenne sur le bassin.

Par cette étude, il apparaît nécessaire de mieux connaître les phénomènes de ruissellement. Ceci, afin de bien dimensionner les ouvrages de génie civil tels les routes, les ponts, ce qui limiterait le nombre de routes emportées en saison humide. Il serait donc important de multiplier les mesures hydrologiques sur le bassin, pour mieux connaître le régime du Grand-Balé.

Le dynamisme de la population et son désir d'avoir des aménagements hydro-agricoles, méritent que l'on se penche sur la question. En effet, une meilleure connaissance des zones inondables, par exemple, pourrait être bénéfique aux populations si la culture de décrue était possible. Et pourquoi pas la réalisation d'un barrage dont la retenue d'eau servirait au maraîchage en saison sèche?

N'oublions pas que l'effort d'installation de puits modernes est louable mais il reste encore insuffisant, car les puits traditionnels sont encore légion et le problème de leur mauvais entretien est persistant. Ceci constitue une menace permanente pour la santé humaine et animale.

Ainsi donc, le problème de l'utilisation effective et rationnelle des eaux de surface se présente comme étant complexe. Les moyens techniques et financiers font défaut pour la réalisation de tels projets dans un pays économiquement faible comme le Burkina Faso

- GEORGE B. 1962 Enquête hydrogéologique comportant l'inventaire régional des ressources et besoins en eau des cercles de Houndé - Boromo - Bobo. DGM 3f
- GEORGE P. 1990 Dictionnaire de la géographie 4e édition revue et augmentée Paris PUF 512p
- GUILLOBEZ S. 1985 Milieux Naturels du Burkina Faso IRAT Service pédologie - cartographie
- GUYOT C 1974 L'hydrologie Que sais-je? N°884 3e édition mise à jour Paris PUF 126p
- HOTTIN G. 1976 Notice explicative de la carte géologique de la République de Haute-Volta au 1/1.000.000 DGM
- OUEDRAOGO O.F. 1976
- KLEIBER J. 1953 Rapport de campagne géologique et de prospection. Secteurs Houndé N et Diébougou. 48p
- LADMIRANT H. 1977 Notice explicative de la carte géologique au 1/200.000: Houndé. DGM
- LARRAS J. 1974 L'aménagement des cours d'eau. Que sais-je? N°1197 Paris PUF 125p
- LEPRUN J.C. 1969 Etude pédologique de la Haute-Volta MOREAU R. Région Ouest-Nord. Notice et carte au 1/500.000 ORSTOM 350p
- MINISTERE DE 1988 Recensement général de la LA COOPERATION population:1985. Fichier des villages. ET DU PLAN (B.F) INSD 330p INSD
- MINISTERE DE 1988 Bilan d'eau: liste des données L'EAU - DEP (BF) pluviométriques mensuelles complétées IWACO jusqu'en 1987. Ouagadougou IWACO 234p

MINISTERE DE L'EAU - DIRH	1979-87	Annuaire Hydrologique de Haute-Volta
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TOURISME	1988	Présentation de la province du Mouhoun: situation globale - situation par département. Dédougou: polycopié
MINISTERE DE LA PLANIFICATION ET DU DEVELOPPEMENT POPULAIRE	1986-87	Essai de monographie départementale: Département de PA. Province du Mouhoun. DRPDP polycopié
MONIOD F. POUYAUD B. SECHET P.	1977	Monographies hydrologiques ORSTOM N°5: Le bassin du fleuve Volta. Paris ORSTOM 513p
REMANIERAS G.	1986	L'hydrologie de l'ingénieur Coll. de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France. 2e édition revue et augmentée Edition Eyrolles 460p
ROCHE M.	1963	Hydrologie de surface Gauthier-Villars Paris ORSTOM 430p
SERE B.S.	1987	Etude des potentialités hydrologiques du bassin versant du Mouhoun à Boromo. Mémoire de Maîtrise géographie. INSHUS Université de Ouagadougou 122p
TRAORE S.	1987	Monographie hydrologique du bassin versant de la Comoé à Folonzo. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur des travaux en hydrologie. Niamey 132p
DIRECTION DES TRAVAUX PUBLICS ET DU PLAN (RHV) SCHRODER (RFA)	1974	Dossiers Etude Routes: Houndé-Sakoïncé (3 pièces A,B,C)

ANNEXES

- I - Fiches d'enquêtes.
- II - Pluviométrie journalière sur le bassin.
- III - Débits moyens journaliers sur le bassin.

<u>Enqueteur</u>	<u>N° Fiche</u>	<u>Thème</u>	<u>Village</u>
KAFANDO M.R.I	1	Hydrologie	. Boro . Hérédougou . Pâ
QUESTIONNAIRE			
<p>1- Avez vous déjà vu la rivière déborder? si oui. quand?</p> <p>2- Comment expliquez vous cette abondance ponctuelle d'eau? Serait-ce: -la pluviométrie? -l'abondance de la végétation? -la constitution du sol?....</p> <p>3- Serait-il un phénomène récurrent? si oui, précisez les périodes.</p> <p>4- Pouvez vous nous montrer des repères afin qu'on puisse évaluer la distance parcourue par l'eau? (en largeur du lit) -la crue de 1988 -les autres crues</p> <p>5- Pouvez vous évaluer le degré de charriage de la rivière? (boue, sable, gravier....)</p> <p>6- Les conséquences de la crue sur le milieu environnant: -conséquences positives -conséquences négatives</p> <p>7- Comment appréciez vous l'évolution du profil du cours d'eau? -élargissement -approfondissement....et leurs causes.</p> <p>8- Quels types de puits avez vous et comment les avez vous obtenus? -études préliminaires? -profondeur moyenne?</p> <p>9- Quelle est la situation de l'eau pendant la saison sèche (puits et rivières)?</p> <p>10- Si on vous demandait d'apprécier le degré de potabilité de l'eau dans le village. que diriez-vous? (puits et rivières).</p>			

<u>Enqueteur</u>	<u>N° Fiche</u>	<u>Thème</u>	<u>Village</u>
KAFANDO M.R.I	2	Activité socio- économiques	. Boro . Hérédougou . Pâ
QUESTIONNAIRE			
<p>1- Quel est le rôle de l'eau dans vos activités économiques</p> <p>2- Pratiquez vous la pêche en rivière? si oui. âge et sexe des pêcheurs.</p> <p>3- Situez nous les périodes de pêche.</p> <p>4- Identification: -du matériel de pêche -du type de poisson</p> <p>5- La pêche : activité lucrative ou non?</p> <p>6- Autres activités économiques pratiquées: -maraîchage? -agriculture irriguée? -artisanat? -élevage? etc.</p> <p>7- Quel est l'impact de ces activités sur l'épanouissement social de chacun?</p>			

<u>Enqueteur</u>	<u>N° Fiche</u>	<u>Thème</u>	<u>Village</u>
KAFANDO M.R.I	3	Végétation naturelle	. Boro . Hérédougou . Pâ
QUESTIONNAIRE			
<p>1- Appréciation de la densité de la végétation depuis 10 ans, 20 ans.... -régression ou abondance? -pourquoi?</p> <p>2- Existe-t-il des espèces anthropiques? où, pourquoi?</p> <p>3- Situation du village par rapport à la forêt classée: -faune -flore</p>			

<u>Enqueteur</u>	<u>N° Fiche</u>	<u>Thème</u>		<u>Village</u>	
KAFANDO M.R.I	4	La crue de 1988		. Boro . Hérédougou . Pâ	
IDENTIFICATION					
<u>N° enquêté</u>	<u>Nom</u>	<u>Prénom</u>	<u>Age</u>	<u>Situation matrimoniale</u>	<u>Profession</u>
<u>QUESTIONNAIRE</u>			<u>REPONSE</u>		
1- Type de culture endommagée			coton, sorgho, haricot, oseille		
2- Age des champs			2 à 5 ans		
3- Description de l'inondation -venue brusque ou progressive de l'eau? -hauteur d'eau -temps de séjour sur les lieux			-progressive: près de 7 jours -près de 2 m car une personne peut être immergée -près d'un mois puis environ 20 jours pour assèchement		
4- La charriage			-morceau de bois, boue		
5- Evolution du profil			-pas perceptible		
6- Maintien ou déplacement des champs, pourquoi?			-projet de déplacement des champs car milieu trop humide et rendement en baisse.		
7- Apport de la crue sur la fertilité des sols			-apport pas perceptible; -l'eau transporte éléments nutritifs des plantes		
8- Impact de la crue sur le rendement agricole: -agriculture vivrière -agriculture de rente et incidence sur le développement social			-pas d'impact car sols fertilisés avec engrais chimique -rendement des céréales en baisse car sol trop humide -rendement du coton est bon mais trop d'humidité est néfaste pour la plante		
9- Y a-t-il eu des possibilités de dédommagement? si oui, comment cela s'est-il passé?			-non		
10- Evolution temporelle de la pluie et impact sur la production agricole.			-pluies en baisse mais toujours suffisantes pour une production abondante		

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Station : Boromo
 Altitude : 271 m

Longitude : 02°55'W
 Latitude : 11°40'N

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1951	0	0	10	1	125	199	153	362	220	158	19	0	1247
1952	0	0	0	45	102	56	275	269	261	31	0	0	1039
1953	0	0	0	7	135	83	362	389	120	25	2	0	1123
1954	0	0	2	19	138	145	297	233	145	83	12	0	1074
1955	0	3	16	119	67	97	201	286	235	38	0	31	1093
1956	0	4	5	34	92	89	183	202	251	20	0	0	880
1957	0	0	2	59	130	161	141	215	225	51	15	0	999
1958	0	0	1	22	133	76	182	274	286	4	12	0	990
1959	0	0	0	11	107	54	92	258	189	4	0	0	715
1960	0	0	9	56	107	122	190	227	210	48	18	3	990
1961	0	0	0	21	19	133	115	109	132	8	3	0	540
1962	0	0	0	48	152	131	64	344	243	37	7	0	1026
1963	0	1	7	36	117	134	179	246	109	89	0	0	918
1964	0	0	6	33	104	260	157	282	184	22	0	28	1076
1965	0	0	0	0	110	155	309	131	226	31	0	0	962
1966	0	0	9	92	50	109	127	189	273	81	0	0	930
1967	0	0	4	66	35	84	153	310	215	3	2	0	872
1968	0	10	13	66	102	108	207	167	224	22	76	15	1010
1969	0	0	5	15	109	112	264	291	249	63	20	0	1128
1970	0	0	6	33	99	105	189	274	159	14	0	0	879
1971	0	0	58	82	31	77	261	334	173	19	0	16	1051
1972	0	0	0	48	53	95	146	327	132	77	0	0	878
1973	0	2	0	46	94	54	183	205	108	27	0	0	719
1974	0	0	0	93	78	75	206	292	189	21	0	0	954
1975	0	0	11	30	66	99	135	171	117	9	7	4	649
1976	29	0	50	36	104	141	219	150	158	142	0	0	1029
1977	8	0	0	1	61	110	114	265	125	18	0	0	702
1978	0	0	4	73	57	108	214	225	91	-	0	0	772
1979	0	0	2	3	47	182	233	154	214	42	46	0	923
1980	0	0	0	20	76	100	177	325	84	122	0	1	905
Somme	37	20	220	1215	2700	3454	5728	7506	5547	1309	239	98	28073
May.	1	1	7	41	90	115	191	250	185	45	8	3	936

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Bagassi

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1961	0	0	0	12	19	93	260	241	130	0	0	0	755
1962	0	0	0	39	80	184	67	328	198	116	13	0	1025
1963	0	0	0	55	95	99	247	228	118	96	0	0	928
1964	1	0	3	42	91	114	164	398	247	56	4	14	1124
1965	32	0	0	0	104	168	282	256	299	53	0	0	1194
1966	0	0	11	22	68	73	146	243	185	95	4	0	847
1967	0	24	71	35	68	73	141	373	271	3	2	0	1061
1968	0	23	24	69	118	108	239	128	255	17	14	3	998
1969	0	0	25	19	54	113	217	426	218	115	17	0	1204
1970	0	0	24	34	102	106	167	385	218	39	0	-	1075
1971	0	0	15	23	36	84	195	574	196	44	0	4	1171
1972	0	34	0	45	53	184	187	248	142	56	0	0	949
1973	0	14	0	8	109	30	236	268	126	12	0	0	803
1974	0	0	4	22	74	162	149	330	170	33	0	0	944
1975	0	0	18	67	63	169	145	280	265	8	0	14	1029
1976	22	0	5	0	133	166	114	185	150	165	0	0	940
1977	0	0	0	0	96	137	95	221	204	24	0	0	777
1978	0	0	6	22	105	88	194	265	96	37	3	0	816
1979	0	0	30	2	118	156	238	205	232	48	0	0	1029
1980	0	0	0	77	129	102	172	378	89	39	0	0	986
1981	0	0	0	33	105	196	246	241	124	12	0	0	957
1982	0	0	0	29	79	75	133	141	98	37	0	0	592
1983	0	0	0	23	37	103	190	136	154	5	4	0	652
1984	0	0	10	6	64	76	117	167	120	38	57	-	655
1985	0	0	0	20	51	193	123	140	158	8	0	0	693
1986	0	1	0	7	100	182	155	244	187	15	4	0	895
1987	0	0	19	0	94	81	234	234	153	21	3	0	839
1988	0	0	1	28	74	133	238	334	160	7	0	0	975
1989	0	0	29	0	32	55	168	254	195	36	0	1	770
Somme	55	96	295	739	2331	3503	5259	7851	5158	1235	125	36	26683
Moy.	2	3	10	25	80	121	181	271	178	43	4	1	920

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Béréba

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Acu	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1964	0	0	15	10	78	207	212	297	318	17	0	7	1161
1965	18	0	0	1	50	167	193	265	307	62	0	0	1063
1966	0	0	0	9	60	110	120	143	185	18	-	0	645
1967	0	0	40	33	75	98	177	419	149	7	3	0	1001
1968	0	10	78	27	130	87	187	278	215	34	28	24	1098
1969	0	0	17	36	53	188	208	329	195	93	3	0	1122
1970	0	0	1	19	93	116	230	347	121	8	10	0	945
1971	0	0	24	59	24	106	270	317	219	19	0	2	1040
1972	0	57	0	38	54	135	198	233	115	63	0	0	893
1973	0	25	0	17	135	33	269	220	73	22	0	0	794
1974	0	0	3	34	45	97	97	246	161	49	0	0	732
1975	0	0	27	17	57	129	153	170	162	8	1	1	725
1976	11	0	6	56	156	148	155	118	207	151	6	0	1014
1977	1	0	0	0	4	105	94	216	161	20	0	0	601
1978	0	0	2	77	66	93	140	-	188	70	61	0	697
1979	0	0	7	5	17	231	217	234	222	93	0	0	1026
1980	0	0	0	65	70	188	178	286	121	81	0	15	1004
1981	0	0	12	24	83	131	151	317	157	5	0	0	880
1982	0	0	5	38	56	126	167	178	58	92	0	0	720
1983	0	0	0	13	46	100	96	200	164	44	0	0	663
1984	0	0	0	0	105	87	140	208	152	83	11	0	786
1985	0	0	73	0	45	132	175	186	181	18	0	0	810
1986	0	0	0	24	146	86	191	261	185	38	0	0	931
1987	0	9	0	0	34	102	164	321	121	10	0	0	761
1988	0	0	0	82	135	147	184	429	120	34	0	0	1131
1989	0	0	-	-	1	46	121	289	130	28	0	2	617
Somme	30	101	310	684	1818	3195	4487	6507	4387	1167	123	51	22860
Moy.	1	4	12	27	70	123	173	260	169	45	5	2	879

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Bondoukuy

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	D0c	Total
1963	0	0	-	-	-	-	-	210	108	85	0	0	403
1964	-	0	0	-	34	167	195	274	253	47	-	10	980
1965	2	0	0	-	38	190	199	150	338	36	0	0	953
1966	0	0	0	4	50	106	138	331	148	105	0	0	882
1967	0	8	9	30	57	47	169	351	133	10	7	0	821
1968	0	3	85	59	117	212	232	223	164	31	0	3	1129
1969	0	0	12	24	74	87	177	219	174	72	1	0	840
1970	0	0	0	0	17	89	289	304	376	67	0	0	1142
1971	0	0	15	41	31	128	119	212	161	50	0	14	771
1972	0	25	60	43	42	79	140	254	110	54	0	0	807
1973	0	3	5	17	125	67	174	175	77	17	0	0	660
1974	0	0	30	3	51	190	108	408	233	59	0	0	1082
1975	0	0	-	-	-	131	147	315	190	7	0	1	791
1976	1	0	2	12	156	107	183	163	176	145	0	0	945
1977	0	0	0	16	48	113	127	361	151	6	0	0	822
1978	0	0	0	118	79	164	167	123	141	40	1	0	833
1979	0	0	0	2	-	212	183	198	198	21	8	0	822
1980	0	0	0	21	71	102	161	242	110	59	0	0	766
1981	0	0	1	14	83	126	220	271	148	1	0	0	864
1982	0	9	44	25	207	110	139	142	55	88	3	0	822
1983	0	0	0	18	29	68	140	185	92	0	0	0	532
1984	0	0	8	5	112	90	258	107	61	35	34	0	710
1985	0	0	0	22	38	137	259	171	133	-	0	0	760
1986	0	5	0	6	75	97	105	177	121	10	26	0	622
1987	0	0	23	0	41	165	234	259	151	16	10	0	899
1988	0	0	0	22	105	191	158	356	151	34	0	0	1017
1989	0	0	11	10	10	96	228	279	173	4	0	0	811
Somme	3	53	305	512	1690	3271	4649	6460	4326	1099	90	28	22486
Moy.	0	2	12	22	70	126	179	239	160	42	3	1	833

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Houndé

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1951	0	0	18	39	148	195	164	393	293	171	3	0	1424
1952	5	0	0	53	169	70	209	317	324	36	1	0	1184
1953	0	0	1	19	206	150	206	192	139	41	22	0	976
1954	0	0	5	45	77	261	206	390	184	69	6	0	1243
1955	0	4	30	80	30	117	320	285	236	54	0	25	1181
1956	0	12	0	112	67	140	212	243	188	17	0	2	993
1957	0	0	18	66	107	95	187	334	208	159	13	0	1202
1958	0	0	13	30	112	99	205	247	266	16	47	0	1035
1959	0	0	0	0	107	82	114	250	150	6	3	0	712
1960	0	0	4	14	83	164	284	146	216	20	2	8	941
1961	0	0	0	93	61	149	154	232	125	10	0	0	824
1962	0	0	0	106	119	134	66	314	108	104	51	0	1002
1963	0	0	0	61	50	160	230	341	147	123	0	0	1112
1964	8	0	0	45	80	148	224	176	352	43	0	28	1104
1965	10	0	0	0	140	204	186	359	295	83	0	0	1277
1966	0	0	0	80	73	120	159	153	281	88	0	0	954
1967	0	26	3	15	53	115	209	254	157	0	0	0	832
1968	0	23	112	26	97	147	189	140	213	26	2	9	984
1969	0	0	11	47	41	131	199	274	259	143	45	0	1150
1970	0	0	2	12	132	100	290	314	135	13	11	0	1009
1971	0	0	27	20	24	115	321	399	165	2	0	0	1073
1972	0	50	0	57	115	106	200	276	157	74	0	0	1035
1973	0	11	2	20	103	29	217	219	117	34	0	0	752
1974	0	0	3	58	161	70	227	221	224	21	0	0	985
1975	0	0	6	75	62	159	166	287	143	31	35	6	970
1976	23	0	0	43	103	121	167	143	133	85	0	0	818
1977	4	0	0	0	62	179	96	246	130	24	0	0	741
1978	0	0	6	66	48	50	214	265	199	34	52	0	934
1979	0	0	47	0	88	147	202	211	269	55	65	0	1084
1980	0	0	0	41	155	117	232	315	94	88	0	1	1043
Somme	50	126	308	1323	2873	3874	6055	7936	5922	1670	358	79	30574
May.	2	4	10	44	96	129	202	265	197	56	12	3	1019

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Wakara

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1972	0	6	18	21	81	176	140	238	132	62	0	0	874
1973	0	0	19	14	104	32	219	177	86	30	0	0	681
1974	0	0	22	8	85	194	94	333	191	87	0	0	1014
1975	0	0	29	0	124	95	128	287	185	8	2	23	881
1976	11	0	5	15	171	116	182	150	208	171	0	0	1029
1977	0	0	0	20	102	116	130	273	153	39	0	0	833
1978	0	0	0	79	33	166	196	147	145	29	160	0	935
1979	0	0	0	4	121	-	230	128	185	49	316	0	1033
1980	0	0	0	15	87	77	123	358	133	64	210	0	1067
1981	0	0	0	1	31	227	150	287	135	-	0	0	831
1982	0	0	1	57	111	43	130	139	90	42	8	0	621
1983	0	0	0	48	48	104	148	262	62	0	0	0	672
1984	0	0	0	0	83	110	172	170	-	-	-	-	535
1985	0	0	0	21	33	136	260	150	170	4	0	0	774
1986	0	0	0	8	55	123	200	287	202	5	0	0	880
1987	0	0	0	0	16	156	186	199	83	14	0	0	654
1988	0	0	0	29	114	222	172	309	134	6	0	0	986
Somme	11	6	94	340	1399	2093	2860	3894	2294	610	696	23	14320
Moy.	1	0	6	20	82	131	168	229	143	41	44	1	842

PLUVIOMETRIE ANNUELLE EN (mm)

Wona

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
1963	0	0	-	-	-	-	-	210	108	85	0	0	403
1964	-	0	0	-	34	167	195	274	253	47	-	10	980
1965	2	0	0	-	38	190	199	150	338	36	0	0	953
1966	0	0	0	4	50	106	138	333	148	105	0	0	884
1967	0	8	9	30	57	47	169	351	133	10	7	0	821
1968	0	3	85	59	118	212	231	223	164	31	0	3	1129
1969	0	0	12	24	74	87	177	219	174	72	1	0	840
1970	0	0	0	0	17	89	289	304	376	67	0	0	1142
1971	0	0	15	41	31	128	119	212	161	50	0	14	771
1972	0	25	60	43	42	79	140	254	110	54	0	0	807
1973	0	3	5	17	125	67	174	175	77	17	0	0	660
1974	0	0	30	3	51	190	108	408	233	59	0	0	1082
1975	0	0	-	-	-	131	147	315	190	7	0	2	792
1976	1	0	2	12	156	107	183	163	176	145	0	0	945
1977	0	0	0	16	48	113	127	361	151	6	0	0	822
1978	0	0	0	118	79	164	167	123	141	40	1	0	833
1979	0	0	0	2	-	212	183	198	198	21	8	0	822
1980	0	0	0	21	72	102	161	242	110	59	0	0	767
1981	0	0	1	14	83	126	220	271	148	1	0	0	864
1982	0	9	44	25	207	110	139	142	55	88	3	0	822
1983	0	0	0	18	29	68	140	185	92	0	0	0	532
1984	0	0	8	5	112	90	258	107	61	35	34	0	710
1985	0	0	0	22	38	137	259	171	133	-	0	0	760
1986	0	5	0	6	75	97	105	177	121	10	26	0	622
1987	0	0	23	0	41	165	234	259	151	16	10	0	899
1988	0	0	4	35	46	168	235	142	106	40	0	0	776
1989	0	0	0	55	18	-	117	121	90	13	0	0	414
Somme	3	53	298	570	1641	3152	4614	6090	4198	1114	90	29	21852
Moy.	0	2	12	25	68	126	177	226	155	43	3	1	809

La Grand Balé à PA		1976											
Débits moyens journaliers en m ³ /s													
Superficie du EV: 3510. Km ²													
Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Acut	Sept	Octo	Novo	Dece	
1		0,000	0,000	0,000			0,840	1,34	2,58	7,56	13,3	1,73	
2		0,000	0,000	0,000			1,06	1,26	2,58	6,88	13,2	1,66	
3		0,000	0,000	0,000			1,40	1,22	2,61	6,04	13,2	1,57	
4		0,000	0,000	0,000			1,45	1,18	2,38	5,45	13,2	1,50	
5		0,000	0,000	0,000			2,52	1,16	2,41	4,88	13,0	1,46	
6		0,000	0,000	0,000			4,02	1,13	1,90	4,37	12,7	1,42	
7		0,000	0,000	0,000			3,79	1,11	1,78	4,08	12,0	1,37	
8		0,000	0,000	0,000			3,04	1,07	1,86	3,91	11,0	1,33	
9		0,000	0,000	0,000			2,64	1,04	2,20	3,80	10,0	1,28	
10		0,000	0,000	0,000			2,50	1,02	2,32	3,78	9,94	1,24	
11		0,000	0,000	0,000			1,91	0,981	2,29	3,78	7,84	1,19	
12		0,000	0,000	0,000			1,38	0,964	2,16	3,77	6,87	1,15	
13		0,000	0,000	0,000			1,14	0,927	2,19	3,50	5,96	1,10	
14		0,000	0,000	0,000			0,976	0,910	2,55	3,10	5,29	1,06	
15		0,000	0,000	0,000			0,872	0,872	2,90	3,04	4,63	1,02	
16		0,000	0,000	0,000			0,806	0,852	4,45	3,35	4,13	0,997	
17		0,000	0,000	0,000			0,764	0,872	5,57	4,00	3,72	0,972	
18		0,000	0,000	0,000			0,743	1,58	5,76	4,24	3,40	0,935	
19		0,000	0,000	0,000			0,722	2,59	5,63	4,55	3,09	0,918	
20		0,000	0,000	0,000			0,722	3,17	6,18	5,18	2,89	0,885	
21		0,000	0,000	0,000			0,713	4,51	6,88	5,38	2,78	0,864	
22		0,000	0,000	0,000			0,768	5,22	6,86	5,25	2,65	0,827	
23		0,000	0,000	0,000			0,806	5,45	7,52	5,51	2,53	0,801	
24		0,000	0,000	0,000	0,839	0,918	4,97	7,86	5,77	2,40	0,772		
25		0,000	0,000	0,000	0,835	1,15	3,97	7,97	5,59	2,30	0,751		
26		0,000	0,000	0,000	0,776	1,50	2,80	8,16	5,84	2,19	0,722		
27		0,000	0,000	0,000	0,751	1,62	2,38	8,28	8,64	2,09	0,684		
28		0,000	0,000	0,000	0,705	1,28	2,22	8,28	11,4	2,01	0,663		
29		0,000	0,000	0,000	0,659	1,68	2,23	8,40	12,3	1,92	0,633		
30		0,000	0,000	0,000	0,625	1,79	2,56	8,26	13,0	1,82	0,690		
31		0,000		0,000		1,52	2,67		13,2		1,09		
Mo		0,000	0,000	0,000		1,52	2,07	4,69	5,85	6,37	1,07		
Débit minimum	-	m ³ /s le .../..	Apport Annuel	-	Km ³						
Débit maximum	-	m ³ /s le .../..	Lame d'eau écoulée-	-	mm						
Débit moyen annuel	-	m ³ /s										

Le Grand Balé à PA

1979

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour Janv Fevr Mars Avri Mai Juin Juil Aout Sept Octo Nove Dece

1						7,74	7,02	9,16	19,5	1,72	0,126
2							7,79	9,28	18,3	1,70	0,104
3							8,07	9,87	15,9	1,63	0,085
4						5,43	8,03	10,0	15,3	1,65	0,065
5							9,03	13,0	13,5	1,88	0,045
6								10,0	15,2	11,7	1,59 0,020
7								11,0	21,0	10,0	1,54
8					4,78		12,6	26,3	8,72	1,50	
9							13,1	31,2	7,62	1,45	
10							13,1	36,4	6,66	1,39	
11								12,8	40,8	5,89	1,34
12							7,69	12,4	44,6	5,25	1,27
13					2,75		11,8	47,3	4,73	1,23	
14					7,27		11,2	48,6	4,37	1,19	
15							10,5	49,3	4,07	1,12	
16						5,31	9,58	47,1	3,83	1,05	
17						6,30	8,46	45,4	3,65	1,01	
18						5,77	7,48	43,1	3,46	0,965	
19						5,23	7,07	40,7	3,28	0,899	
20						5,39	6,87	38,6	3,11	0,833	
21						5,39	6,87	36,4	3,01	0,767	
22						5,15	6,87	34,4	3,04	0,701	
23						5,39	6,87	32,5	3,03	0,657	
24						5,64	6,30	30,6	2,83	0,570	
25						5,43	5,90	28,9	2,57	0,496	
26							6,16	5,88	27,3	2,40	0,428
27						8,65	6,16	5,94	25,7	2,28	0,366
28						8,92	5,27	6,77	24,0	2,14	0,310
29						8,63	7,89	7,90	22,3	2,06	0,260
30				0,050	8,69		11,8	20,8	1,99	0,216	
31							12,3		1,84		

Mo 9,07 30,3 6,32 1,06

Débit minimum = m³/s le .../... Apport Annuel = Mm³
 Débit maximum = m³/s le .../... Lane d'eau écoulée = m³

Débit moyen annuel = m³/s

Le Grand Balé à PA

1983

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1		0,000	0,000				0,826	18,4	2,28	2,18	0,589	0,000
2		0,000	0,000				0,735	17,9	2,53	1,99	0,589	0,000
3		0,000	0,000				0,832	16,9	3,45	1,93	0,506	0,000
4		0,000	0,000				0,882	15,3	3,90	1,87	0,506	0,000
5		0,000	0,000				0,676	12,7	3,73	1,81	0,506	0,000
6		0,000	0,000				0,528	9,68	3,04	1,81	0,465	0,000
7		0,000	0,000				0,386	6,86	2,69	1,64	0,465	0,000
8		0,000	0,000				1,58	5,70	5,91	1,64	0,425	0,000
9		0,000	0,000				1,32	5,35	4,57	1,58	0,425	0,000
10		0,000	0,000				0,503	7,85	4,07	1,58	0,547	0,000
11		0,000	0,000				0,735	8,32	4,20	1,36	0,547	0,000
12		0,000	0,000				1,51	8,89	4,84	1,31	0,547	0,000
13		0,000	0,000				1,41	9,01	4,87	1,36	0,509	0,000
14		0,000	0,000				1,78	9,59	4,58	1,36	0,509	0,000
15		0,000	0,000			0,765	1,30	9,92	5,97	1,31	0,272	0,000
16		0,000	0,000			1,11	0,745	9,98	8,75	1,20	0,200	0,000
17		0,000	0,000			1,46	2,34	10,5	10,4	1,20	0,200	0,000
18		0,000	0,000			1,19	1,85	11,4	11,5	1,10	0,150	0,000
19		0,000	0,000			1,79	1,67	12,0	11,7	1,05	0,000	0,000
20		0,000	0,000			3,69	1,42	12,7	11,1	1,00	0,000	0,000
21		0,000	0,000			4,85	1,09	14,5	10,3	0,904	0,000	0,000
22		0,000	0,000			3,26	0,992	13,8	9,47	0,810	0,000	0,000
23		0,000	0,000			3,10	0,842	13,5	8,62	0,810	0,000	0,000
24		0,000	0,000			3,78	0,727	12,3	7,55	0,765	0,000	0,000
25		0,000	0,000			3,87	0,647	10,8	6,12	0,765	0,000	0,000
26		0,000	0,000			3,29	0,556	9,23	4,61	0,720	0,000	0,000
27		0,000	0,000			2,21	2,29	7,58	3,59	0,676	0,000	0,000
28		0,000	0,000			1,59	2,96	5,61	3,25	0,632	0,000	0,000
29		0,000	0,000			1,27	14,0	3,57	2,88	0,632	0,000	0,000
30		0,000	0,000			1,02	11,5	2,47	2,46	0,589	0,000	0,000
31		0,000	0,000				16,3	2,48		0,589	0,000	0,000
Mo		0,000	0,000				2,43	10,2	5,77	1,23	0,000	0,000

Débit minimum = m³/s le .../... Apport Annuel = Mm³
 Débit maximum = m³/s le .../... Lamé d'eau écoulée = mm
 Débit moyen annuel = m³/s

Le Grand Balé à PA

1960

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv.	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1							0,243	1,53	20,0	4,13	1,48	0,428
2							0,243	1,39	20,2	3,77	1,39	0,412
3							0,252	1,38	20,5	3,44	1,35	0,396
4							0,241	1,53	20,5	3,21	1,31	0,351
5						0,351	0,237	2,76	20,3	3,02	1,24	0,337
6		3,90				0,328	0,243	4,58	20,2	2,85	1,17	0,337
7						0,314	0,226	5,52	20,0	2,72	1,11	0,337
8						0,428	0,226	5,00	19,6	2,58	1,07	0,337
9						0,409	0,226	8,11	19,1	2,48	1,03	0,323
10	10,4					0,389	6,53	9,35	18,7	2,57	0,979	0,323
11						0,434	2,37	10,8	18,2	2,65	0,935	0,310
12						0,479	1,13	11,7	17,8	2,66	0,906	0,297
13						0,520	1,21	12,6	17,3	2,61	0,873	0,284
14						0,551	3,90	13,3	16,9	2,44	0,815	0,272
15							2,79	13,6	16,5	2,28	0,760	0,272
16							3,60	13,4	16,1	2,13	0,730	0,260
17							3,37	13,0	15,7	2,02	0,694	0,260
18						0,825	3,04	12,3	15,0	1,95	0,657	0,260
19						1,26	2,14	11,4	14,5	1,89	0,665	0,260
20						2,24	2,23	11,6	13,9	1,82	0,668	0,248
21						6,23	4,29	11,4	12,8	1,78	0,643	0,248
22						10,5	3,84	11,0	11,8	1,73	0,621	0,248
23				5,60		9,08	4,38	10,7	10,5	1,71	0,599	0,237
24	9,40					7,65	5,02	10,6	8,91	1,69	0,554	0,237
25						9,17	4,73	12,4	7,64	1,62	0,538	0,237
26						10,5	3,67	13,6	6,59	1,55	0,511	0,237
27						11,3	2,74	14,5	5,81	1,49	0,493	0,237
28						5,06	2,54	15,5	5,27	1,56	0,476	0,237
29						2,12	2,59	16,2	4,79	1,65	0,458	0,237
30	8,01					0,948	2,20	17,4	4,42	1,61	0,436	0,226
31							1,88	19,5		1,57		0,226
Mo							2,33	10,3	14,7	2,30	0,839	0,287

Débit minimum = m³/s le .../... Apport Annuel = Km³
 Débit maximum = m³/s le .../... Lame d'eau écoulée = mm
 Débit moyen annuel = m³/s

Le Grand Balé à PA

1984

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,165	0,230	4,33	3,07	2,70	0,559	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,165	0,159	8,93	2,52	4,20	0,547	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	0,108	7,03	2,70	3,88	0,506	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,108	0,091	4,75	1,89	2,41	0,465	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097	0,064	3,69	1,96	1,54	0,425	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,44	0,064	3,02	1,59	1,20	0,425	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,69	0,523	2,24	2,75	0,952	0,386	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,79	1,07	1,44	4,60	0,811	0,386	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,865	4,52	1,01	5,41	0,735	0,347	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,972	8,05	0,803	5,92	0,834	0,347	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,60	9,54	0,698	6,83	0,742	0,309	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,50	10,0	0,735	6,30	1,21	0,309	0,000
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,10	10,1	0,944	5,51	2,94	0,309	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,743	9,83	0,976	5,23	4,04	0,272	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	8,68	0,841	4,55	4,72	0,904	0,000
16	0,000	0,000	0,000	0,000	2,53	0,354	6,35	0,796	4,34	4,55	0,589	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,000	6,79	0,224	3,53	0,661	3,49	3,20	0,425	0,000
18	0,000	0,000	0,000	0,000	1,16	0,125	1,83	0,661	2,85	1,97	0,347	0,000
19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,528	1,60	1,86	0,911	2,17	1,64	0,309	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	0,626	1,79	1,59	1,86	1,49	0,272	0,000
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,604	0,613	1,89	2,00	1,52	1,24	0,236	0,000
22	0,000	0,000	0,000	0,000	3,48	0,759	1,50	2,36	1,28	1,07	0,236	0,000
23	0,000	0,000	0,000	0,000	1,79	0,466	1,47	3,04	1,30	0,960	0,236	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,571	0,520	1,36	2,97	1,14	0,872	0,236	0,000
25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,335	0,540	1,34	2,79	0,976	0,811	0,200	0,000
26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,303	0,412	0,936	1,84	0,972	0,750	0,200	0,000
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,254	0,428	0,903	5,68	0,803	0,720	0,200	0,000
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,236	0,896	0,834	3,46	0,811	0,705	0,200	0,000
29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,224	0,634	0,810	4,00	1,24	0,676	0,200	0,000
30	0,000		0,000	0,000	0,200	0,374	0,743	4,38	1,75	0,654	0,200	0,000
31	0,000		0,000		0,176		1,54	3,36		0,632		0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,643	0,781	2,96	2,64	2,90	1,77	0,354	0,000

Débit minimum = 0,000 m³/s le .01.01 Apport Annuel = 31,9 Mm³
 Débit maximum = 10,1 m³/s le .13.07 Lane d'eau écoulée = 9,10 mm
 Débit moyen annuel = 1,01 m³/s Ecoulement spéc. = 0,288 l/s/km²

Le Grand Balé à PA

1985

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dec
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17,6	18,6	6,35	5,06	0,720	0,130
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	21,1	18,4	6,56	4,67	0,676	0,097
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	22,4	18,9	7,10	4,53	0,532	0,097
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	22,4	20,5	7,46	4,06	0,539	0,064
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	21,6	23,3	8,29	3,83	0,539	0,032
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	19,9	25,3	9,57	3,59	0,547	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400	19,1	24,6	11,0	3,29	0,506	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	16,8	24,9	11,9	3,05	0,506	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	14,5	24,0	12,5	2,63	0,506	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,950	13,0	22,5	13,5	2,31	0,425	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,10	14,2	19,8	14,3	2,18	0,425	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,42	17,9	17,1	14,9	2,12	0,386	0,000
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,12	19,6	14,1	15,3	1,99	0,425	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,751	18,5	11,3	15,5	1,91	0,386	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,654	17,3	10,3	16,0	1,64	0,347	0,000
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,826	2,29	15,6	10,7	15,7	1,52	0,309	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,261	4,01	13,4	12,6	15,9	1,47	0,309	0,000
18	0,000	0,000	0,000	0,000	1,98	5,45	10,7	14,0	16,4	1,41	0,309	0,000
19	0,000	0,000	0,000	0,000	1,61	6,53	8,47	15,0	17,1	1,47	0,272	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,786	9,25	8,05	15,0	15,8	1,36	0,272	0,000
21	0,000	0,000	0,000	0,000	2,26	10,5	11,8	14,5	13,9	1,20	0,272	0,000
22	0,000	0,000	0,000	0,000	2,17	9,83	14,8	13,6	11,7	1,10	0,236	0,000
23	0,000	0,000	0,000	0,000	2,86	9,02	14,4	12,2	10,4	1,05	0,236	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000	2,78	7,65	13,9	10,9	9,50	1,00	0,236	0,000
25	0,000	0,000	0,000	0,000	1,32	6,78	13,7	9,75	8,46	0,952	0,200	0,000
26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,700	6,02	13,2	8,78	7,55	0,857	0,200	0,000
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,292	5,35	12,5	7,84	6,75	0,810	0,200	0,000
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	3,91	11,8	6,84	6,18	0,765	0,165	0,000
29	0,000	0,000	0,000	0,000	2,46	13,9	6,24	5,53	0,765	0,165	0,000	0,000
30	0,000	0,000	0,000	0,000	1,47	17,5	6,33	5,22	0,810	0,165	0,000	0,000
31	0,000	0,000	0,000	0,000			13,7	6,44		0,720		0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,577	3,28	15,8	15,0	11,2	2,06	0,374	0,013

Débit minimum $\hat{Q} = 0,000$ m³/s le .01.01 Apport Annuel = 128 Km³
 Débit maximum $\hat{Q} = 25,3$ m³/s le .06.08 Lane d'eau écoulée = 36,5 mm
 Ecoulement spéc. = 1.161/s/km²
 Débit moyen annuel = 4,06 m³/s

Le Grand Salé à PA

1986

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour Janv Fevr Mars Avri Mai Juin Juil Aout Sept Octo Nova Deca

1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,373	0,607	13,4	8,32	8,05	0,904	0,236
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,84	0,413	13,7	10,2	7,11	0,904	0,236
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,70	0,347	13,9	12,3	6,24	0,857	0,200
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,89	0,367	14,0	12,0	5,48	0,810	0,200
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,17	0,154	13,8	12,5	4,91	0,810	0,200
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,26	0,000	13,4	13,8	4,44	0,765	0,200
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,22	0,000	11,6	14,8	4,02	0,765	0,165
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,22	0,000	9,95	15,6	3,62	0,720	0,165
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,591	0,128	8,65	16,0	3,24	0,720	0,165
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,292	0,152	8,30	16,2	2,88	0,676	0,130
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,136	1,36	9,84	16,4	2,64	0,632	0,130
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,108	1,52	8,72	16,8	2,31	0,589	0,130
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,668	9,13	17,0	2,04	0,589	0,097
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,454	9,22	16,8	1,85	0,547	0,097
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,237	0,792	8,45	16,6	1,64	0,506	0,097
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,242	0,713	6,67	16,2	1,51	0,506	0,064
17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,367	0,322	5,74	15,8	1,40	0,465	0,064
18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,316	0,254	4,85	14,9	1,27	0,425	0,032
19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,303	1,13	4,80	13,7	1,25	0,386	0,032
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,448	2,63	5,09	12,2	1,23	0,309	0,032
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,17	6,61	3,54	10,5	1,18	0,425	0,000
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,07	7,09	4,49	8,71	1,13	0,386	0,000
23	0,000	0,000	0,000	0,000	2,99	3,42	3,96	5,66	8,10	1,07	0,347	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000	6,16	2,76	4,34	4,88	8,48	1,02	0,347	0,000
25	0,000	0,000	0,000	0,000	4,91	2,03	9,51	3,40	9,01	1,02	0,272	0,000
26	0,000	0,000	0,000	0,000	1,87	1,01	12,7	3,09	9,08	1,50	0,272	0,000
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,676	0,527	14,3	2,83	9,29	1,71	0,272	0,000
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,309	0,316	14,5	5,54	9,81	1,47	0,272	0,000
29	0,000	0,000	0,000	0,130	0,177	13,9	6,71	9,81	1,14	0,272	0,000	0,000
30	0,000	0,000	0,000	0,000	1,44	12,8	7,94	9,05	0,992	0,272	0,000	0,000
31	0,000	0,000	0,000	0,000		11,8	8,34		0,952		0,000	0,000

Mo 0,000 0,000 0,000 0,000 0,550 1,72 4,00 8,05 12,7 2,59 0,534 0,086

Débit minimum = 0,000 m³/s le .01.01 Apport Annuel = 79,6 Mm³
 Débit maximum = 17,0 m³/s le .13.09 Lane d'eau écoulée = 22,7 mm
 Débit moyen annuel = 2,52 m³/s Ecoulement spéc. = 0,719 l/s/km²

Le Grand Balé à PA

1987

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Déc
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,387	9,06	9,25	3,83	0,309	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,177	11,2	8,97	3,23	0,309	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,413	13,0	8,47	2,50	0,272	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,53	12,4	7,55	1,99	0,236	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,49	3,58	11,9	6,78	1,69	0,236	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,15	3,68	12,0	6,21	1,47	0,200	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,5	2,07	12,5	5,81	1,31	0,165	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,67	0,847	12,6	5,56	1,25	0,165	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,19	0,439	11,9	5,32	1,15	0,130	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,18	0,291	10,2	4,66	1,05	0,130	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,12	3,62	9,58	3,51	1,05	0,130	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,76	2,50	13,3	2,54	1,00	0,097	0,000
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,26	4,11	14,9	2,08	0,952	0,097	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,850	5,34	15,6	1,90	0,952	0,064	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,562	3,51	16,3	1,75	1,00	0,064	0,000
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,465	1,12	16,3	1,55	0,857	0,064	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,412	0,480	15,1	1,13	0,765	0,064	0,000
18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,260	0,303	14,3	1,53	0,676	0,032	0,000
19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,142	0,212	12,7	1,75	0,632	0,032	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097	0,200	10,4	1,59	0,676	0,032	0,000
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,324	0,136	8,10	1,35	0,632	0,032	0,000
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,272	0,080	6,69	1,23	0,589	0,032	0,000
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,165	0,032	5,29	1,16	0,589	0,032	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,102	2,19	3,75	1,24	0,547	0,032	0,000
25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097	10,6	2,86	1,35	0,506	0,000	0,000
26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097	6,61	2,49	1,49	0,465	0,000	0,000
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	6,73	2,67	1,72	0,425	0,000	0,000
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075	7,34	3,09	2,30	0,386	0,000	0,000
29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,264	6,56	5,09	3,41	0,386	0,000	0,000
30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,492	5,05	8,52	3,88	0,347	0,000	0,000	0,000
31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,04	9,66	0,347	0,000	0,000	0,000	0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,84	2,78	10,1	3,37	1,07	0,098	0,000

Débit minimum $\hat{Q} = 0,000$ m³/s le .01.01 Apport Annual = 51.7 Mm³
 Débit maximum $\hat{Q} = 16,3$ m³/s le .15.08 Lame d'eau écoulée = 14.7 mm
 Ecoulement spéc. = 0.467 l/s/km²
 Débit moyen annuel = 1,64 m³/s

Le Grand Balé à PA

1988

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,70	0,280	18,0	78,8	11,6	1,58	0,576
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,79	0,148	18,4	82,5	10,4	1,47	0,632
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,59	0,137	19,3	82,5	9,57	1,47	0,547
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,20	0,011	19,1	80,5	8,91	1,41	0,547
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,67	0,000	18,5	77,7	8,38	1,36	0,465
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,61	1,21	17,0	73,9	7,97	1,36	0,465
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,12	1,40	14,5	68,8	7,38	1,31	0,506
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,23	2,76	12,7	63,7	7,02	1,31	0,465
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,15	2,43	10,9	59,5	6,88	1,25	0,425
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,14	1,61	11,1	55,2	6,87	1,20	0,425
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,546	1,24	11,6	52,0	6,70	1,15	0,386
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,576	1,75	11,3	53,5	6,18	1,15	0,425
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,857	2,56	10,8	57,2	5,42	1,10	0,386
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,556	2,23	10,8	58,4	4,70	1,05	0,386
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,292	1,73	10,2	56,9	4,16	1,05	0,347
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	1,99	11,2	53,8	3,75	1,00	0,347
17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,177	7,31	14,7	50,8	3,38	0,952	0,347
18	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00	0,053	7,30	12,8	46,1	3,14	0,904	0,347
19	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00	4,02	7,05	20,6	42,1	2,99	0,765	0,347
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,676	1,44	8,81	21,3	38,6	2,80	0,857	0,347
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,547	0,590	10,3	22,5	35,5	2,59	0,857	0,272
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,465	1,28	11,2	23,9	32,8	2,38	0,765	0,236
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,236	1,52	11,7	24,5	30,6	2,22	0,720	0,272
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,165	1,44	12,3	24,9	28,6	2,09	0,720	0,272
25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097	1,20	13,1	27,8	26,7	2,01	0,676	0,309
26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,07	13,5	36,1	24,6	1,93	0,765	0,309
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,22	14,1	36,6	22,5	1,85	0,720	0,272
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,14	15,8	40,4	19,9	1,77	0,676	0,272
29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,874	17,0	48,9	17,6	1,67	0,765	0,272
30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,583	17,3	60,4	14,4	1,60	0,765	0,272
31	0,000	0,000	0,000	0,000	1,93	0,000	17,6	70,4	0,000	1,58	0,000	0,236
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,221	1,36	6,64	22,9	49,5	4,84	1,04	0,381

Débit minimum = 0,000 m³/s le .01.01

Apport Annuel = 228 Mm³

Débit maximum = 82,5 m³/s le .02.09

Lame d'eau écoulée = 65,1 mm

Écoulement spéc. = 2.06 l/s/km²

Débit moyen annuel = 7,22 m³/s

Le Grand Balé à PA

1989

Débits moyens journaliers en m³/s

Superficie du BV: 3510. Km²

Jour	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Deca
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,705	2,77	3,87	13,1	4,06	0,810	0,200
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,243	2,66	5,30	11,7	3,47	0,810	0,200
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,31	4,29	10,7	3,29	0,765	0,165
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,06	1,76	2,33	10,8	3,11	0,676	0,165
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,349	1,58	1,85	11,1	3,35	0,676	0,165
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	1,26	2,46	10,8	3,05	0,632	0,165
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,798	2,37	11,2	2,99	0,632	0,130
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,413	2,53	11,2	3,41	0,632	0,130
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,716	4,64	11,1	3,77	0,676	0,130
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,03	5,88	11,4	3,88	0,720	0,097
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,64	6,03	11,3	3,77	0,589	0,097
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,36	5,51	10,9	3,53	0,547	0,097
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,54	5,62	10,3	3,35	0,506	0,097
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,66	6,11	10,1	2,99	0,547	0,032
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,34	6,81	9,77	2,56	0,547	0,032
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,86	8,86	9,84	2,24	0,547	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,42	9,11	9,93	2,05	0,506	0,000
18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,45	10,5	9,96	1,93	0,465	0,000
19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,29	10,7	9,69	1,81	0,425	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,812	12,5	9,29	1,75	0,425	0,000
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,569	18,6	9,17	1,69	0,309	0,000
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,386	20,7	8,76	1,58	0,347	0,000
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,362	22,2	8,58	1,47	0,347	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,361	3,54	0,348	21,8	8,55	1,36	0,347	0,000
25	0,000	0,000	0,000	0,000	2,06	0,863	0,291	21,2	8,20	1,25	0,309	0,000
26	0,000	0,000	0,000	0,000	1,57	0,611	0,212	20,3	7,44	1,20	0,272	0,000
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,925	0,467	0,480	19,2	6,53	1,10	0,272	0,000
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,733	0,474	0,456	18,3	5,77	1,05	0,236	0,000
29	0,000		0,000	0,000	0,185	1,53	0,310	17,1	5,11	1,00	0,200	0,000
30	0,000		0,000	0,000	0,005	1,44	2,50	15,6	4,51	0,765	0,200	0,000
31	0,000		0,000		0,000		5,25	14,6		0,765		0,000
Mo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,188	0,410	2,06	10,5	9,56	2,37	0,499	0,061

Débit minimum = 0,000 m³/s le .01.01

Débit maximum = 22,2 m³/s le .23.08

Débit moyen annuel = 2,15 m³/s

Apport Annuel = 67,9 Mm³

Lame d'eau écoulée = 19,4 mm

Écoulement spéc. = 0,514 l/s/km²