

Caractéristiques des crues des petits bassins versants représentatifs au Sahel

Jean-A. RODIER (1)

RÉSUMÉ

Il importe, dans les circonstances actuelles, d'éviter à tout prix d'ajouter aux très grandes difficultés que rencontre le Sahel des dommages supplémentaires résultant d'erreurs techniques. C'est pourquoi l'Organisation Météorologique Mondiale, le Comité Interafricain d'Études Hydrauliques et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (2) se sont rencontrés pour élaborer un programme d'études en vue d'améliorer les normes de calcul des ouvrages sur les petits cours d'eau sahéliens. Parmi les mesures de première urgence, on avait prévu de revoir les caractéristiques des crues des petits bassins représentatifs en reprenant les estimations qui avaient été faites pour une note de calcul Rodier-Auvray mise au point en 1965 et en ajoutant les données des bassins observés ultérieurement. C'est la catégorie de surface pour laquelle les diagrammes du calcul étaient les moins sûrs et qui présente les débits de crues spécifiques les plus élevés. Les résultats de cette étude sont présentés ci-après pour la totalité des bassins représentatifs sahéliens de superficie inférieure à 12 km² : temps de montée, temps de base, rapport du débit maximal ruisselé au débit moyen de ruissellement, coefficient de ruissellement pour une averse de 100 mm, une averse de 70 mm et l'averse décennale ont été estimés par une méthodologie identique pour tous les bassins. Les diagrammes donnent les variations de ces caractéristiques hydrologiques en fonction de la superficie du bassin, de son indice global de pente, d'un indice de perméabilité, et on tient compte de certains facteurs secondaires : les temps de montée et de base sont en général nettement inférieurs à ceux évalués en 1965, les coefficients de ruissellement sont moins élevés. Cette étude met bien en évidence la nécessité absolue et l'urgence de procéder à la réalisation de deux autres projets de première étape : le répertoire des aptitudes au ruissellement des couches superficielles des sols et un questionnaire permettant d'identifier tous les bassins à caractéristiques très particulières.

ABSTRACT

FLOODS CHARACTERISTICS OF SMALL REPRESENTATIVE BASINS IN SAHEL

It is very important in present conditions to avoid bringing in supplement of the very great difficulties known in Sahel, new damages by technical errors. It is the reason why the World Meteorological Organization, the Interafrican Committee of Hydraulic Studies and the Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, held meetings in 1984 in view of the working out of a study programme for the improvement of the computation rules of the various structures to be erected on small sahelian water courses. Among the first steps of the foreseen studies it was mentioned a review of the flood characteristics of the small representative basins by improving the estimations made for a computation note prepared in 1965 by Rodier and Auvray and by the use of the data of the representative basins observed since this time.

It is for this category of area that the diagrams used for the computation are particularly doubtful and highest the specific flood discharges. The results of this study are presented in this paper for all the basins covering less than 12 square kilometers : rise time, base time (duration of surface runoff for unit hydrograph), ratio of the maximum surface runoff discharge to the average surface runoff discharge, runoff coefficient (ratio of the surface runoff volume to the precipitation volume) for storms of depth 100 mm, 70 mm and for the 10-year storm were estimated by the

(1) Ingénieur en chef honoraire, 39, rue de la Parée, 85470 Bretignolles-sur-Marné.

(2) ORSTOM, devenu Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

same methodology for all basins. Diagrams present the variations of these hydrological characteristics in relation with the basin area, its global slope index, the permeability index taking into account the secondary factors.

Rise and base times are shorter than those evaluated in 1965, runoff coefficient is generally lower.

This study clearly shows the very great and urgent need of two study projects to be also realized as first step : catalogue of surface runoff capacities of superficial layers of the soils in Sahel and a check-list for the identification of basins with very particular runoff characteristics.

1. INTRODUCTION

L'étude de toute structure sur un cours d'eau du Sahel, qu'il s'agisse d'un pont ou d'un barrage, devrait être effectuée avec un minimum de connaissances sur les débits des crues. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas pour les petits bassins et cela s'explique, car le régime sahélien présente bon nombre de difficultés.

En principe, la fréquence de la crue à laquelle l'ouvrage doit résister (crue de projet) dépend de plusieurs facteurs dont : les conséquences de la rupture de l'ouvrage, les incertitudes sur l'estimation des débits de crues, le coût, etc.

Dans les notes pratiques qui ont été mises au point pour procéder à cette estimation, on a considéré la fréquence décennale car elle suffit, pour beaucoup de petits ouvrages, et on peut soit affecter le débit de crue décennale d'un coefficient de majoration, soit prendre une marge de sécurité plus grande si on doit prendre en compte une fréquence plus faible. Les débits de cette fréquence décennale ne sont pas trop difficiles à estimer et supposent des extrapolations moins hardies que pour la crue centennale, par exemple.

Pendant longtemps, on a utilisé à cet effet une note pratique mise au point en 1965, à la demande du Comité Interafricain d'Études Hydrauliques (CIEH), par C. Auvray et l'auteur du présent article, ou des notes qui en ont été dérivées. Elle repose sur l'utilisation de l'hydrogramme unitaire, l'estimation se faisant en trois temps :

- 1 - Calcul de la hauteur de précipitation décennale, les caractéristiques de cette averse étant choisies proches des valeurs moyennes pour les fortes averses avec cependant un élément de caractère conservatif, l'averse de 24 h est unique avec une seule pointe.

- 2 - Estimation de la hauteur de ruissellement qui en résulte et donc du volume de la crue par une série d'abaques.
- 3 - Choix des caractéristiques de forme de l'hydrogramme unitaire par une autre série d'abaques et détermination du débit maximal qui en résulte.

Les résultats étaient souvent acceptables, mais dans certains cas l'emploi de la méthode par tout autre qu'un hydrologue confirmé pouvait conduire à des erreurs atteignant parfois 200 %, ce qui était inacceptable, et elle supposait la détermination, a priori, d'un indice de perméabilité P_3 , détermination assez subjective et hasardeuse si elle n'était pas faite par un hydrologue.

Le CIEH s'était préoccupé de cette situation et en s'appuyant sur les résultats présentés en 1972 dans le Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux de l'ORSTOM, mis au point par P. Dubreuil et ses collaborateurs, et un certain nombre d'études du CIEH ou de l'ORSTOM depuis 1965, Ch. Puech et Chabiconni, hydrologues du CIEH, publiaient en 1983 une « méthode de calcul des débits de crue décennale pour les petits et moyens bassins versants d'Afrique de l'Ouest et Centrale ». Cette méthode emploie les régressions multiples entre les débits de crues décennales estimés dans le Recueil précité et les principaux facteurs du ruissellement, plus particulièrement la surface et la pente pour les bassins du Sahel. La méthode était d'application beaucoup plus facile que celle de 1965 et elle évitait l'appréciation des indices P.

En 1983, le CIEH demandait à l'Organisation Météorologique Mondiale (Département de l'Hydrologie et des Ressources en eau) son concours pour mettre au point un programme d'études en vue d'aboutir à une méthodologie acceptable du calcul des crues décennales au Sahel. L'OMM demandait par contrat à J. Rodier, en septembre 1983, de présenter un résumé et une évaluation des études faites dans le passé sur les crues décennales du Sahel pour des bassins versants de moins de 200 km², de procéder au même travail sur les données existantes sur l'intensité des pluies et enfin de préparer un cahier des charges des études à réaliser pour la révision des critères hydrologiques appliqués à la conception des ouvrages routiers et des petits barrages sur les petits bassins versants du Sahel. Le rapport prévu a été remis à l'OMM fin novembre 1983, ses conclusions ont été analysées en commun par le CIEH, l'OMM et l'ORSTOM au cours du premier semestre 1984.

Une partie des conclusions de ces entretiens a été publiée par le CIEH dans un article de J. Rodier, M. Meunier et C. Puech, intitulé « Le point sur les méthodes de calcul des débits de crues décennales en Afrique de l'Ouest et

en Afrique Centrale... (octobre 1984) ». La méthode de régressions multiples donne des résultats légèrement inférieurs à ceux de la méthode à caractère déterministe de la note de 1965. Pour les deux méthodes certains bassins à caractères particuliers non pris en compte par l'une ou l'autre des méthodologies présentent des résultats fortement aberrants. Dans les deux cas, les difficultés d'apprécier l'aptitude au ruissellement d'un bassin non observé ou ce qu'on appelle dans la note de 1965 l'indice de perméabilité P_i est la cause la plus fréquente de fortes erreurs.

La méthode de régressions multiples serait très nettement améliorée si on faisait intervenir dans les facteurs de régressions le coefficient de ruissellement Kr_{10} pour la crue décennale par exemple avec un moyen objectif de la déterminer et l'autre méthode serait plus sûre avec cette détermination objective.

La mesure la plus importante et la plus urgente, prévue par les trois organismes qui se sont ainsi concertés, est la préparation d'un répertoire des aptitudes au ruissellement des différents états de surface des sols (Opération PU 3.5.2. des notes établies au cours des réunions OMM-CIEH-ORSTOM, opération APRUSA du projet Dubreuil du 4.04.1984, voir programme en annexe). Elle est en cours de réalisation par les équipes de chercheurs de l'ORSTOM avec leurs moyens propres, mais elle ne pourra être menée à terme rapidement qu'avec une assistance financière extérieure.

Une autre mesure utile pour les deux méthodes est la préparation d'un questionnaire ou check-list (PU.3.7.1.) à considérer avant toute application de méthodologie de calcul quelle qu'elle soit. Ce questionnaire tentera d'attirer l'attention de l'utilisateur sur tous les cas particuliers, causes d'erreurs. Un manuel est également prévu.

Par ailleurs, les abaques de 1965 étant peu sûrs pour les superficies inférieures à 5 km², les courbes de coefficient de ruissellement en fonction de S et celles des temps de montées et de temps de base devront être revues d'après les rapports originaux ou les archives (opérations PU 3.5.4., PU 3.5.5. et PU 3.5.6. ou opérations PRELARUSA et PREHYDEC du projet Dubreuil).

Les études concernant cette dernière série d'opérations viennent de se terminer, le but du présent article est de présenter les résultats obtenus et les conditions suivant lesquelles ils ont été élaborés en vue de permettre leur utilisation pour l'une ou l'autre des deux méthodologies. En particulier en ce qui concerne la révision des coefficients de ruissellement.

Mais, tout au moins pour les très petits bassins, ces résultats ne pourront être utilisés pratiquement dans de bonnes conditions que lorsque le répertoire cité plus haut et la seconde partie de cette note seront publiés avec les temps de base et les valeurs de α correspondant non plus à l'hydrogramme instantané mais à l'hydrogramme décennal. En attendant, on peut se servir du présent article conjointement avec la note de calcul de 1965 ; pour des études approfondies, on devra compléter les éléments donnés ici par ceux du recueil des données de base de P. Dubreuil et ceux d'« Hydrologie de la Mare d'Oursi » où l'on trouvera notamment tous les détails sur la situation des divers bassins représentatifs.

2. BASSINS ÉTUDIÉS

Cette étude s'est limitée vers les faibles superficies à 0,100 km² ; mais vers les grandes superficies, afin de pouvoir se raccorder sans trop de difficultés aux courbes de variations qui seront établies plus tard pour des superficies plus élevées et pour ne pas tracer à l'aveuglette certaines courbes

$$Kr = f(S) \text{ ou } T_b = F(S)$$

nous avons pris comme limite supérieure $S = 10 \text{ km}^2$, et même certains bassins de projets d'études Mare d'Oursi qui avaient fait l'objet de la même étude tels que ceux des Outardes et de Gountouré, et des bassins bien caractéristiques tels que Taraïman (reg), Abou Goulem (terrain perméable) et Bachikélé (forte pente, sols rocheux peu perméables) ont été étudiés. De même quelques bassins tropicaux du Burkina-Faso et du Nord-Cameroun ont été incorporés à la série étudiée bien qu'ils reçoivent plus de 750 mm par an. Le Nord-Cameroun, en particulier, présente des bassins à fortes pentes peu fréquents en zone sahélienne. En principe sur ces divers bassins l'influence de l'homme est négligeable, tout au moins à l'époque où ils ont été étudiés, et nous n'avons pas cherché à prendre en compte les données des bassins urbains. Cependant, deux d'entre eux ont été conservés pour leur grande perméabilité : le bassin en grande partie sableux de Niamey VI, qui n'était pas du tout urbanisé en 1965, et celui du quartier de la BAO et du Trésor toujours à Niamey dans lequel le terrain est constitué uniquement par du sable avec une végétation artificielle bien entretenue, le très faible coefficient d'écoulement obtenu correspondant en grande partie aux très faibles surfaces artificielles imperméables : toitures très dispersées, rares éléments de routes goudronnées. C'est ce dernier bassin qui ruisselle le moins de tous ceux qui ont été étudiés. On a étudié également

le bassin Mogodé A où l'on voit très bien l'effet des mesures de conservation du sol.

Les caractéristiques révisées ci-après l'ont été sur la base des rapports originaux et dans certains cas (Pô, Kountkouzout, Bouloré, Diamnadié, Kolé, Jalafanka, Polaka, Tchalog, Outardes, Gountouré) d'après les documents de base du dépouillement. Il est à noter que dans le premier cas, presque tous les rapports comportent en annexe les hydrogrammes, les hyétogrammes et les cartes isohyètes de la plupart des averses.

3. RÉVISION DES CARACTÉRISTIQUES DE FORME DES CRUES

TEMPS DE MONTÉE, TEMPS DE BASE, COEFFICIENT $\frac{Q_{\max} r}{Q_r} = \alpha$. MÉTHODE D'ESTIMATION.

Ces opérations paraissent simples à première vue, le temps de montée est le temps qui s'écoule entre le début et le maximum de la crue, le temps de base, la durée du ruissellement superficiel et le coefficient α est le rapport entre le débit maximum de ruissellement superficiel et le débit moyen de ruissellement pendant le temps de base. Mais ces temps sont courts pour de très petits bassins et peu d'averses sont unitaires ou même aucune ne l'est. On devrait partir d'un hydrogramme proche de l'hydrogramme unitaire instantané qui serait créé par une averse de durée très courte à forte intensité. En fait on a constaté qu'une averse dont le corps est d'une durée égale ou inférieure à la moitié du temps de montée donne à peu près les mêmes résultats, ceci est valable pour le temps de montée et reste valable avec beaucoup de réserves pour le temps de base.

Dans la note de 1965, assez peu de très petits bassins avaient été observés et pour ces derniers, malgré une étude sur originaux, les règles d'estimation n'étaient pas assez strictes ; dans certains cas on a même été jusqu'à admettre que la durée de l'écoulement était égale à celle du ruissellement superficiel, on reviendra plus loin sur ce point.

Pour ces évaluations, l'idéal serait de disposer pour chaque averse d'au moins un diagramme des intensités, d'une carte d'isohyètes et de l'hydrogramme. Une bonne carte du réseau hydrographique n'est pas superflue.

Nous n'avons pas toujours disposé de tous ces éléments en particulier du ou des diagrammes d'intensité. On trouvera en annexe quelques indications sur les éléments utilisés pour les évaluations sur chaque bassin.

3.1. ÉVALUATION DU TEMPS DE MONTÉE

On ne doit pas perdre de vue qu'il s'agit d'un élément qui doit être utilisé pour la transposition à d'autres bassins. C'est pourquoi pour certains bassins qui présentent au moment même de l'averse une très courte montée préliminaire correspondant à un élément de très faible surface et ruisselant très bien situé à la station, ou la montée consécutive à la pluie du niveau de l'eau dans le trou où est situé le tube du limnigraphe, on a éliminé cette partie préliminaire qui dépasse rarement 5 minutes. Certains bassins présentent deux pointes successives qui se confondent en une seule pour les très fortes averses. C'est le cas pour Pô ou pour Kountkouzout (station barrage) ; nous n'avons pas pris en compte les temps de montée correspondant à la première pointe, mais ceux de la seconde. Ce phénomène s'explique très bien par les particularités du réseau hydrographique, mais toutes précautions ont été prises pour ne pas les confondre avec des irrégularités de l'hydrogramme correspondant à des singularités du hyétogramme. Deux écueils sont à éviter :

- Temps de montée trop court par suite d'un ruissellement qui ne couvre qu'une partie de la surface du bassin.
- Temps de montée trop long par suite de l'utilisation d'averses dont le corps dure trop longtemps. Si on n'observe pas un certain nombre d'averses il est possible de trouver pour une averse donnée un temps de montée de durée double de celle du corps de l'averse sans que pour cela l'averse soit unitaire.

Pour éviter de trouver des temps de montée trop courts, nous n'avons pas tenu compte des crues dont la lame de ruissellement est inférieure à 2 mm. Il vaut mieux une averse qui ruisselle beaucoup et qui ne soit pas tout à fait unitaire, qu'une averse bien unitaire qui fournit une lame ruisselée moyenne de 1 mm.

Pour trouver des temps de montée pas trop longs, il faut être sévère sur la durée du corps dont on voit la limite supérieure à admettre après l'observation de quelques averses. On est même obligé, dans certains cas, de considérer une seconde fois la totalité des averses. Mais si on est sévère sans discernement on élimine la totalité des averses. Seul le corps d'averse pour des intensités dépassant 10 mm/h est à prendre en compte, mais dans certains cas si le corps n'est pas précédé de pluies préliminaires on doit en éliminer la pluie d'imbibition et on a souvent tracé la courbe des capacités d'absorption sur le hyétogramme. La capacité d'absorption au début d'une averse peut dépasser 40 mm/h. En outre, si dans le corps sur quatre tranches d'intensité la troisième est à 80 mm/h et la quatrième à 15 mm/h on ne doit prendre en compte dans la durée que les trois premières tranches ; l'averse

peut alors être considérée comme unitaire pour les temps de montée ; dans ce cas, elle ne l'est pas obligatoirement pour le temps de base. Ces considérations expliquent pourquoi on a réussi à trouver des averses unitaires pour le temps de montée. Encore pour augmenter l'échantillon a-t-on considéré parfois des averses avec un corps dont la durée allait jusqu'au temps de montée, mais dans ce cas, on a soustrait de la valeur T_m brute ainsi obtenue un temps égal à la différence entre la durée du corps et la moitié du temps de montée, tel qu'il a pu être évalué pour les rares averses vraiment unitaires ; cet artifice est à employer avec beaucoup de précautions.

Dans le passé on a trouvé des valeurs trop élevées pour T_m car on a pris en compte un certain nombre d'averses plus ou moins unitaires et on a adopté la valeur moyenne de T_m alors que la probabilité d'obtenir sur les très petits bassins des valeurs trop élevées est telle qu'on aurait mieux fait de prendre les plus courtes valeurs. On a dû garder présents à l'esprit trois faits qui risqueraient de perturber la valeur des résultats.

1 - Même sur un très petit bassin versant le régime des intensités d'une averse n'est pas homogène bien que le hyétogramme conserve à peu près sa forme, les tranches d'intensités peuvent être largement majorées ou réduites. Un corps d'averse correspondant à une averse unitaire au pluviographe peut ne plus l'être sur l'ensemble du bassin si les tranches d'intensités faibles sont multipliées par deux.

2 - La végétation inexistante en saison sèche se développe pendant la saison des pluies, la vitesse du ruissellement en est affectée : ceci est particulièrement net sur les bassins recevant 750 mm et plus, mais c'est encore bien significatif sur des bassins tels que ceux de Pô et des Outardes qui sont en plein milieu du Sahel. Nous avons pris les temps de montée et les temps de base de juillet-début août où les averses sont particulièrement dangereuses. Mais nous avons étudié également le bassin de Sinkoroni en fin de saison des pluies, car c'est à ce moment-là que les matériaux remplissant les failles du grès, saturées, la perméabilité P choisie correspond bien à ce dernier type de roche.

3 - Dès que le bassin dépasse 2 km², les tornades qui remontent et qui descendent le bassin de l'amont à l'aval produisent des formes d'hydrogrammes différentes, le temps de montée étant plus court dans le dernier cas. (13 - 08 - 59 à In Azena 2,61 km²). Ceci est beaucoup plus net sur des bassins plus étendus par exemple celui de Gountouré. On obtient un effet du même genre si la partie aval du bassin est beaucoup plus arrosée que la partie amont, le déplacement de l'averse étant négligeable. On a donc dû éliminer des averses trop hétérogènes.

Enfin, avec toutes les précautions qui ont été prises, les valeurs de T_m sont souvent déterminées à 10 %, parfois à 20 % près. Il est peu probable que cet écart soit sensiblement dépassé.

3.2. ÉVALUATION DU TEMPS DE BASE

Ici on se heurte, comme dans l'étude du coefficient de ruissellement, à la séparation du ruissellement pur des autres formes de l'écoulement et il importe d'analyser ce phénomène dont une partie a été très bien étudiée sur parcelles ; nous disons une partie, car sur parcelles on n'observe pas les phénomènes qui intéressent les rigoles et les collecteurs du réseau hydrographique.

3.2.1. Différentes formes d'écoulement

L'arrêt du ruissellement pur laisse sur le sol d'un bassin un volume d'eau non négligeable, rétention superficielle, qui par unité de surface est nettement supérieure à ce qu'on observe sur parcelles puisque les versants sont loin d'être plans, il y a des micro-dépressions, des obstacles de toutes sortes qui retiennent plus ou moins l'eau, une partie de cette eau s'évapore, une autre s'infiltre et est généralement au Sahel évaporée par la suite, une dernière partie rejoint plus ou moins péniblement le réseau hydrographique au début par écoulement de surface, puis c'est une sorte de suintement à vitesse beaucoup plus faible. Il s'ajoute à cette forme d'écoulement l'accumulation d'eau au voisinage des talwegs qui s'égoutte le long des berges et la vidange partielle du réseau hydrographique. Sans qu'il y ait écoulement hypodermique ni nappes souterraines il existe presque toujours une forme d'écoulement intermédiaire ou retardé qui, nettement plus lent que le ruissellement superficiel pur, est beaucoup plus rapide, surtout à la fin du ruissellement pur, que l'écoulement hypodermique ou que le débit provenant des nappes souterraines ; ceci est bien visible sur pratiquement tous les hydrogrammes où la récession se termine par une période à lente et parfois très lente décroissance.

L'écoulement souterrain sur une partie importante du bassin n'existe vraiment qu'à Abou Goulem où il est permanent, mais de petites nappes temporaires existent sur d'autres bassins. Dubreuil (1956) signale, par exemple, la présence de sources temporaires dans le bassin de Bouloré, mais il s'agit là de phénomène tout à fait secondaire sans grande influence sur le régime hydrologique du bassin.

Le véritable écoulement hypodermique chemine à faible profondeur sous la surface du sol pour une partie importante du bassin ; il a été mis en évidence par Dubreuil en Côte-d'Ivoire (1960) et sur les parcelles ERLO

à Adiopodoumé par Roose sous le nom d'écoulement oblique. L'existence de cette forme d'écoulement n'est pas absolument exclue au Sahel pour certains sols perméables, mais presque toujours elle ne concerne que de très faibles superficies. Les deux dernières formes d'écoulement, quand elles existent au Sahel, prolongent un peu la courbe de tarissement, mais – en raison de la lenteur du cheminement des eaux – n'apportent aucune difficulté à la séparation du ruissellement ; il n'en est pas de même du début de l'écoulement intermédiaire décrit plus haut.

3.2.2. Séparation du ruissellement superficiel

Il ne s'agirait pas ici de trouver un mode de séparation qui corresponde parfaitement aux phénomènes physiques, mais d'utiliser une méthode simple avec des règles rigides qui soient les mêmes pour tous les bassins et qui soient en relation avec les principes de la transposition des résultats d'un bassin à un autre sans que le temps de base ou le volume de ruissellement que détermine cette séparation s'écartent sensiblement des valeurs réelles.

Cette séparation est indispensable car la méthode de l'hydrogramme unitaire ne s'applique qu'au ruissellement superficiel. Il y en a presque toujours au Sahel, on aurait tort de ne pas en profiter. Même si sans utiliser l'hydrogramme unitaire on considère la régression

$$\frac{Q_{\max}}{V_r} \quad (V_r : \text{volume ruisselé})$$

pour déterminer les débits de crues, il est préférable d'opérer sur V_r que sur V_e volume d'écoulement, car dans le cas de longues décrues on introduit un élément de dispersion.

L'arrêt du ruissellement pur marque une discontinuité dans le régime des vitesses d'écoulement qui se traduit souvent par une cassure dans la courbe de décrue, cassure plus nette dans la plupart des cas en coordonnées semi-logarithmiques. En première approximation, le ruissellement s'arrête à la première cassure en coordonnées semi-logarithmiques sur la courbe de décrue à condition qu'elle ne soit pas perturbée par la traîne de l'averse. Mais en fait avec ce mode de détermination on trouve à la fin du temps de base des valeurs d'écoulement intermédiaires très élevées, par exemple 9 l/s/km² à Kountkouzout SB et 270 l/s/km² à Diam-Nadié qui est peu perméable ; on a donc majoré systématiquement les temps de base bruts de 20 % du temps de base correspondant à l'averse unitaire (une majoration de 10 % était insuffisante) ; avec cette majoration assez arbitraire on retrouve, pour le cas où elle est bien marquée, la cassure de la décrue en coordonnées cartésiennes dans la plupart des cas et on récupère dans le ruissellement une partie de l'écoulement transitoire qui marque le début de l'écoulement retardé pour lequel il n'est pas évident sur un bassin versant que ce soit du ruissellement ou de l'écoulement intermédiaire. Il est à noter qu'on trouve en général à la fin du temps de base défini avec cette majoration des débits qui, pour un même bassin, croissent de façon modérée avec la lame d'eau ruisselée et qui, d'un bassin à l'autre pour une averse de même importance, croissent avec la perméabilité du bassin. A noter que la règle qui a été suivie ne s'applique plus à des bassins qui dépassent 10 km², on voit bien sur l'hydrogramme que la fin du temps de base ainsi défini est déjà très nettement en écoulement retardé. Il est bien difficile de savoir comment se séparent les écoulements pendant la durée du temps de base ; pour tout simplifier on trace une ligne droite entre le début de l'hydrogramme et la fin de la décrue du ruissellement pur telle qu'elle a été définie avec sa majoration de 20 %.

Par rapport à ce qui a été fait jusqu'ici sur la plupart des bassins, on note que la règle qui a été suivie ici définit un volume de ruissellement qui doit comporter très peu d'écoulement intermédiaire, alors que très souvent dans le passé on a effectué la séparation des écoulements de façon à avoir la certitude que ce que l'on séparait du ruissellement ne contenait que des formes d'écoulement très lents, hypodermiques ou souterrains, la totalité des écoulements transitoires étant restée englobée dans l'écoulement pur, c'est pourquoi très souvent on trouvera des temps de base plus longs et des volumes de ruissellement plus faibles que dans les rapports antérieurs, sans parler des cas où, a priori, on avait admis que tout l'écoulement était du ruissellement superficiel.

3.2.3. Mode opératoire

Comme pour les temps de montée, les averses à faible ruissellement ou à ruissellement hétérogène conduisent à des temps de montée trop courts, les averses trop longues à des temps de montée trop longs, on s'est imposé la même durée limite que plus haut : la moitié du temps de montée et on rencontre encore les trois genres de difficultés signalées au point 3.1 avec les différences suivantes :

La durée du corps peut dépasser de 20 % la moitié du temps de montée, l'estimation du temps de base pour la plupart des petits bassins n'est pas à 5 minutes près.

Par contre, la traîne de l'averse pose des problèmes sérieux surtout lorsque le bassin est peu perméable. Un gonflement de la traîne jusqu'à 6 ou 10 mm/h peut engendrer une pointe secondaire molle qui, dans certains cas, ressemble à s'y méprendre à un hydrogramme de crue hypodermique (certaines averses de Pô par exemple ou certains bassins de la Mare d'Oursi). Les averses intéressantes sont celles qui ne présentent pas de traîne avec un corps assez intense, même si la durée de celui-ci dépasse la moitié du temps de montée. Dans certains cas, on a même utilisé des averses de ce genre avec une durée atteignant le temps de montée et on a réduit en conséquence le temps de base obtenu de la même façon que pour les temps de montée. C'est une opération dont il ne faut pas trop abuser. De telles averses ne sont pas très fréquentes malheureusement, sauf en zone subdésertique ce qui compense le petit nombre d'événements pluvieux dans ces dernières régions. Lorsque la traîne ne dure que 5 à 10 minutes ou lorsqu'elle est composée d'épisodes pluvieux de courte durée de moins de 3 mm/h (5 mm/h en terrain perméable), la décrue n'est pas perturbée. Une décrue perturbée ne comporte pas de cassure ou une cassure avec un débit d'écoulement intermédiaire maximum beaucoup trop élevé en général. C'est là où vraiment un examen simultané des hydrogrammes et des diagrammes d'intensité est indispensable.

Comme pour les temps de montée, pour chaque bassin on dispose d'un petit nombre de valeurs sûres qui sont voisines, à la variation saisonnière près quand elle est nette, et d'autres en plus grand nombre qui sont moins sûres mais qui confirment les premières.

3.3. ÉVALUATION DU COEFFICIENT DE POINTE α

C'est le rapport entre le débit maximum ruisselé et le débit moyen ruisselé pendant le temps de base

$$\frac{Q_{\max r}}{Q_r} = \alpha$$

En principe, il faut pour le calculer que la lame ruisselée soit assez importante : au moins 5 mm, 10 mm est préférable, et que l'averse soit unitaire. Cette dernière condition peut ne pas être observée de façon très stricte. Une averse dont la durée du corps dépasse de 50 % la durée limite donnée plus haut donne la même valeur de α qu'une averse unitaire.

Bien entendu on prend pour chaque averse le temps de base réel même s'il est légèrement différent de celui qui a été adopté en définitive.

Une averse de trop longue durée donne en général une valeur de α trop faible, mais si l'averse comporte une tranche d'intensité particulièrement intense, avec une forte pointe de débit, α peut être beaucoup plus élevé que pour une averse unitaire.

Cette opération impose le calcul du volume de ruissellement V_r ; elle a été combinée avec l'étude des coefficients de ruissellement.

4. ÉVALUATION DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT

Dans les premières études sur bassins représentatifs on utilisait beaucoup la capacité d'infiltration qui devait être déduite de l'infiltration pour obtenir la pluie nette. Cette démarche était de caractère plus scientifique que celle qui utilise le rendement K_r de la pluie. On prenait en compte d'ailleurs la capacité d'absorption : somme de la capacité d'infiltration et de certaines pertes pour le ruissellement comme l'interception. Cam était la capacité d'absorption moyenne. Mais très vite l'hétérogénéité des bassins a conduit les chercheurs de l'ORSTOM à définir par zone, homogène, des capacités d'absorption qu'ils n'avaient pas encore les moyens d'évaluer, d'où un travail d'évaluation qui relevait beaucoup de l'imagination. On s'est donc trouvé dans l'obligation d'utiliser un procédé beaucoup plus grossier, celui du coefficient d'écoulement Ke ou de ruissellement superficiel qui facilite d'ailleurs les comparaisons. Avec les moyens dont on dispose maintenant, on peut revenir à cette démarche de la capacité d'infiltration mais pour permettre les comparaisons avec les notes antérieures nous garderons cette notion de coefficient de ruissellement.

4.1. CAUSES D'ERREUR DANS LES ÉVALUATIONS DE 1965

Dans la note de calcul, les coefficients de ruissellement pour la crue décennale $K_r 10$ résultent d'évaluations disparates. A peu de choses près ce sont ceux que l'on trouve dans les rapports originaux. Certains bassins ont

reçu une averse de fréquence décennale ou plus faible, et là l'estimation est sûre ; pour d'autres une extrapolation légère est nécessaire mais la valeur obtenue reste encore assez sûre ; pour d'autres enfin, moins favorisés, l'extrapolation est très forte et hasardeuse et dans ce cas de très larges marges de sécurité ont été prises. En outre les critères de séparation du ruissellement superficiel de l'écoulement retardé étaient très variables ; parfois cette séparation n'a même pas été effectuée. Enfin Kr 10 était estimé pour des averses de hauteurs Pm variant de 55 mm à 110 mm. On verra que dans beaucoup de cas si la lame écoulée varie largement avec Pm, Kr varie beaucoup moins mais on introduit en partant de valeurs variables de Pm une dispersion supplémentaire dans les courbes $Kr\ 10 = f(S)$. L'estimation hasardeuse de certaines valeurs de Kr pourrait conduire à des valeurs surestimées. Par ailleurs, le fait que les études étaient faites d'après des hauteurs d'averses mesurées dans les pluviomètres Association – et non d'après les pluies au sol – conduisait implicitement à admettre pour Kr estimé d'après le premier type de mesure une limite supérieure inférieure à 100 %. Or B. Pouyaud en 1972 au Lac de Bam a montré que l'écart entre pluie au sol et pluie dans le pluviomètre Association était important et depuis, les études de la Mare d'Oursi 1976-1981, effectuées suivant les instructions données par le projet OMM sur ce point, ont montré que la majoration pouvait facilement atteindre 30 % ce qui, a priori, justifie des valeurs de Kr calculées avec P Association supérieure à 100 %.

Donc dans certains cas les anciennes courbes de $Kr = f(S)$ évaluées à partir des précipitations dans le pluviomètre Association et supposant une limite théorique supérieure de 100 % risquaient de conduire à des valeurs sous-évaluées puisque cette limite supérieure passe maintenant à 130 % au Sahel, les valeurs de Kr restant toujours calculées à partir des données du pluviomètre Association et non pas par rapport à la pluie au sol.

Un troisième élément d'erreur intervient : les courbes $Kr\ 10 = f(S)$ sont tracées d'après très peu de points pour les faibles surfaces, et la croissance des valeurs de Kr avec la diminution de S estimée par des procédés uniquement graphiques risquait en papier semi-logarithmique d'être exagérée, on reviendra plus loin sur ce point. Dans la mise au point de la note de 1965 on avait révisé dans une très faible mesure les valeurs de Kr 10. Des améliorations sensibles peuvent être notées dans le recueil de Dubreuil (1969), mais il restait encore beaucoup à faire, à la suite d'éléments nouveaux qu'il serait trop long d'énumérer ici.

4.2. VALEURS CARACTÉRISTIQUES DE Kr

Afin d'obtenir des valeurs consistantes on a déterminé en principe des valeurs de Kr : Kr 10 correspondant à l'averse décennale sur le bassin représentatif, Kr 100 mm et Kr 70 mm correspondant à des averses ponctuelles de 100 mm et de 70 mm avec un hyétogramme de même forme, c'est-à-dire un corps d'averse de 75 à 80 % de la hauteur totale avec des intensités dépassant 18 à 20 mm/h, une partie préliminaire et une traîne à faible intensité, l'ensemble ne formant qu'une averse unique à une seule pointe de 120 mm/heure d'intensité maximale survenant 48 heures après une averse de 20 à 30 mm.

La plupart des hauteurs d'averses décennales dans le Sahel et les régions subdésertiques sont dans l'intervalle 70 mm, 100 mm ou voisines de ces hauteurs, ce qui dans l'application évitera toute extrapolation trop forte.

Avant d'effectuer toute extrapolation sur les valeurs observées, il convenait pour éviter les erreurs signalées en 4.1 de rechercher quelle pourrait être la valeur de Kr.

4.3. VALEURS MAXIMALES OBSERVÉES DU COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

On sait maintenant que la limite théorique est de l'ordre de 130 %. On avait soupçonné des valeurs dépassant largement 100 % à Gagara Est (Burkina-Faso), mais un meilleur tarage et plus tard une estimation précise de la superficie du bassin ont mis en évidence des valeurs beaucoup plus faibles. Par la suite, sur des bassins ruisselant aussi bien ou mieux que ce bassin de Gagara Est, avec un équipement pluviométrique et hydrométrique plus complet, on n'a jamais observé de valeurs approchant 100 %. Un exemple concluant est celui de la crue observée sur l'Oued Zita. Bien que celui-ci soit situé dans le Sud de la Tunisie avec des conditions climatiques différentes, l'exemple reste valable. La couverture végétale est typique de la zone subdésertique, elle ne couvre pas plus le sol que celle de la zone subdésertique au Sud du Sahara. L'indice global de pente est de 50 m/km (R3 suivant Dubreuil 1969, R5 suivant Rodier 1965). Il n'est pas rigoureusement imperméable, on peut le classer en P2. Le bassin de 3,2 km² a reçu en décembre 1973 deux averses successives le 12 et le 13 décembre.

Auparavant les 4 et 5 décembre il avait reçu 27 mm, étant donné la différence de température moyenne en décembre en Tunisie et en juillet au Sahel Tropical et la nature du sol argiles et gypses, les conditions de saturation n'étaient pas très inférieures à celles précisées en 4.2. La première averse a produit 99 mm en 24 h, valeur moyenne sur la surface du bassin. A priori les lois de l'abattement ne sont pas les mêmes qu'au Sud du Sahara, mais on

peut affirmer que l'averse considérée correspondait à un maximum ponctuel supérieur à 100 mm. Ce qui est très important c'est que la répartition des intensités correspondait à une tornade tropicale voisine de celle indiquée en 4.2 avec une intensité maximale de 105 mm/h. Le bassin était équipé de pluviomètres Association, d'enregistreurs et de pluviomètres installés correctement pour mesurer la pluie au sol.

Le seul élément pouvant donner lieu à des différences de comportement est la température de l'air, nettement inférieure à l'Oued Zita. Elle ne peut conduire qu'à des pertes plus faibles, donc à une valeur de Kr un peu plus élevée qu'en région tropicale.

Le coefficient d'écoulement a atteint 77 % par rapport à la pluie dans les pluviomètres Association. La partie préliminaire de l'averse a été absorbée par le sol et il y a un écoulement retardé net pas beaucoup plus important que sur les bassins sahéliens dans le cas de très fortes averses.

La séparation de l'écoulement retardé, effectuée exactement comme nous l'avons fait pour les petits bassins du Sahel, conduit à un coefficient de ruissellement un peu inférieur à 75 %. Il y a deux autres petits bassins plus petits qui ont pu être observés : Zita II pour 0,014 km² a reçu 106 mm, le coefficient d'écoulement a atteint 76 %, élément tendant à prouver que, a priori, la croissance de Kr sur de tels bassins, lorsque S décroît de 3 km² à 0,010 km², ne doit pas être énorme.

La seconde averses sur l'Oued Zita I (S = 3,2 km²) a atteint 159 mm ; le lendemain le coefficient d'écoulement était de 97 %. Il est à noter que le corps de la première averses a ruisselé avec un coefficient de 104 %. Rapportées à la pluie au sol les valeurs de Kr sont nettement plus faibles, on trouverait 67 % au lieu de 75 %.

Si on considère la courbe $L_r = f(P_m)$ pour le bassin de Gountouré (Mare d'Oursi) pour P_m compris entre 60 mm et 80 mm, la tranche de précipitation entre 60 et 80 mm ruissellerait théoriquement avec un coefficient très légèrement supérieur à 100 % en excluant les époques où les sols peu épais sont complètement secs. Pour Jalafanka dans les mêmes conditions, on trouve 87 % pour la tranche d'averse 70 à 100 mm.

On vérifie là les conclusions d'ordre qualitatif qu'on peut retirer de l'étude d'un bon nombre de bassins ruisselant bien : une averses de 50 à 60 mm bien concentrée dans le temps présente un coefficient de ruissellement relativement élevé, mais non exceptionnel, et les valeurs maximales observées pour un bassin donné correspondent à des secondes fractions d'averses ou à des pluies de 15 à 30 mm généralement sans traîne rencontrant des conditions de saturation exceptionnelles.

Pour une averses de 100 mm telle que celle qui a été décrite en 4.2 la partie préliminaire à intensité modeste (moins de 20-30 mm/h) est entièrement absorbée par le sol ; les pertes sont encore sensibles pour la première tranche à forte intensité ; quant à la traîne, tant que les intensités ne dépassent pas 3 mm/h en terrains peu perméables, elle ne fournit pas de ruissellement. Or cette traîne peut facilement correspondre à 10 ou 15 % de la totalité de l'averse. Notre définition relativement stricte du ruissellement superficiel pourra peut-être paraître futile à certains mais, dans la pratique, qu'il s'agisse du passage des crues sous un pont ou sur un déversoir, la fin de la crue à faible débit même si on arrivait à prouver qu'elle contient un peu de ruissellement pur ne présente aucun danger pour l'ouvrage. Si par contre, comme il a été dit plus haut, on trouve dans la traîne un épisode à 10 ou 15 mm/h, il y aura une seconde bosse assez molle dans l'hydrogramme, bosse qui peut présenter certains dangers dans le cas d'un petit réservoir, mais un tel type de traîne correspond à un corps d'averse moins important que celui que nous avons admis et à un débit maximal plus faible.

En conclusion, pour une averses de 100 mm telle qu'elle est définie en 4.2, on voit que la limite supérieure de Kr ne peut pas dépasser de beaucoup 75 % pour un bassin de perméabilité P2 quelle que soit la superficie.

4.4. MODE OPÉRATOIRE

On a revu les coefficients de ruissellement correspondant aux 5 ou 10 averses ayant produit les lames ruisselées les plus fortes et on en a déduit les corrections à apporter aux bases ayant servi au calcul de Kr 10 et également, dans certains cas, pour le calcul de Kr 70 mm et Kr 100 mm. On a dû souvent réduire les valeurs de Kr admises, parfois il n'y a eu aucune modification et dans des cas très rares on a dû augmenter les valeurs de Kr anciennes. Dans certains cas, on a été amené à tracer de nouvelles courbes de régression de L_r par rapport à P_m .

Le cas où il existe de telles courbes est le plus simple pour l'extrapolation si elle est nécessaire. On a contrôlé simplement que pour les valeurs de P_m les plus élevées la courbe de régression passe bien en dessous de points favorisés en ce qui concerne les conditions de ruissellement (averse à forte concentration des pluies dans le temps, indices d'humidité préalable plus forts que la normale) et au-dessus des points défavorisés (averses étalées dans le temps, sols plus secs que d'ordinaire) et on prend sur la courbe la valeur de L_r (ou Kr) correspondant à la valeur de précipitation décennale, à 70 mm ponctuel ou 100 mm ponctuel après abattement avec le dernier graphique de G. Vuillaume.

Lorsque de telles courbes n'existent pas on a employé pour l'extrapolation un procédé un peu plus hasardeux qu'autorisent cependant, dans une certaine mesure, les conclusions de la section 4.3. : dans la série des plus fortes valeurs de P_m observées, une averse est choisie et considérée comme la première tranche d'une averse de 70 mm. Cette averse doit correspondre à une concentration dans le temps et à des conditions d'humidité préalables voisines de ce que l'on admet pour l'averse de 70 mm (voir 4.2). Cette première tranche d'averse observée a un coefficient de ruissellement K_{r1} et une lame ruisselée L_{r1} connus. On lui ajoute une seconde tranche d'averse P_{m2} ($P_{m2} = 70xk - P_{m1}$) [k : coefficient d'abattement]. En admettant que P_{m2} comporte une traîne égale à 5 à 10 % de P_{m2} dont le coefficient de ruissellement est nul, et que l'on soustrait de P_{m2} , le reste est affecté d'un coefficient de ruissellement K_{r2} dont on peut avoir une idée d'après les valeurs de K_r observées pour la seconde pointe d'une averse double et qui est toujours nettement supérieur à K_{r1} , on obtient ainsi une lame ruisselée L_{r2} . On procède exactement de la même façon pour la tranche d'averse entre 70 mm x_k et 100 mm x_k en admettant encore une traîne à coefficient de ruissellement nul. La lame écoulée par $P_m = 100$ mm x_k est égale à $L_{r1} + L_{r2} + L_{r3}$. Il arrive que P_{10} soit supérieur à 70 mm et il ne reste à calculer que la lame écoulée d'une tranche complémentaire. Il est même possible de trouver des valeurs de P_{m10} supérieures à 100 mm ce qui simplifie tout.

Pour In Tiziouen II, cas le plus hasardeux puisqu'on a dû partir d'une averse de 27.8 mm avec une valeur de K_{r1} de 60 %, l'extrapolation jusqu'à l'averse décennale 50 mm est faite sans trop de difficulté avec une tranche supplémentaire qui ruisselle à 80 %. La tranche d'averse supplémentaire a une traîne de 1,5 mm à ruissellement nul, le reste ruisselle à 90 %, ce qui conduit à un coefficient de ruissellement global de 73 %. La dernière tranche de 70 à 100 mm a une traîne de 2,5 mm à ruissellement nul et ruisselle pour le reste à 100 %. La lame d'eau ruisselée est au total de 79 mm qu'on a arrondis à (80 mm) étant donné le caractère hasardeux de l'extrapolation et en conservant à l'esprit que la limite supérieure de K_r pour P2 ne doit guère s'éloigner de 75 %, comme cela a été précisé en 4.3.

Les autres extrapolations sont heureusement moins fortes, mais on a conservé le même principe. Il est à noter que le bassin de Diam-Nadié (Sénégal) seul situé dans la bande littorale avec une forme d'averse différente a pour le calcul des valeurs de K_r été affecté du même type d'averse à caractère continental, mais avec la hauteur P_m réelle de Diam-Nadié.

L'averse étant à pointe unique et à plus forte intensité conduit à une valeur de K_r plus élevée et à une valeur de Q max 10 plus forte que les valeurs réelles, mais la comparaison est possible avec les autres bassins, tous situés à l'intérieur.

5. RÉSULTATS ET NOUVELLES COURBES DE VARIATIONS DE T_m , T_b et K_r

5.1. RÉSULTATS

Ils ont été reportés dans le tableau I où les colonnes correspondent aux éléments suivants :

- Nom du bassin
 - S . Superficie en Km^2 (parfois la surface réduite par suppression des parties très perméables comme à Kaouara).
 - I_g . Indice global de pente ; en principe calculé comme dans le recueil de P. Dubreuil, mais pouvant être corrigé dans certains cas comme on le verra plus loin.
 - Temps de montée en minutes.
 - Temps de base en minutes.
 - $\frac{Q_{max r}}{Q_r} = \alpha$. Coefficient de pointe : débit maximum de ruissellement divisé par le débit moyen de ruissellement pendant le temps de ruissellement.
 - $K_r 10$. Coefficient de ruissellement décennal, défini plus haut.
 - $K_r 70$ mm. Coefficient de ruissellement, pour une averse de 70 mm ponctuel (à affecter du coefficient d'abattement correspondant à S).
 - $K_r 100$ mm. Coefficient de ruissellement, pour une averse de 100 mm ponctuel (à affecter du coefficient d'abattement correspondant à S).
- Ce coefficient est calculé même pour les bassins subdésertiques, ce qui est un peu hasardeux.

TABLEAU I
 Caractéristiques des crues des petits bassins versants représentatifs sahéliens

BASSINS	S km ²	Ig corr.	Tm min	Tb min	$\frac{Q_{max}}{Q_p}$	Kr 10	Kr 70mm (1)	Kr 100mm (1)	Indices
TIKARE I	0.113	75	7-10	20-30	2.5-2.6	24	21.5	24	P3 (P4)
KOUNIK. SS	0.265	(50)	7-8	22-25	2.3-2.4	48.2	43.5	50	P3
IN TIZ. II	0.67	61	4-5	25-30	2.5 ?	70	74	(80)	P2
ANSOURI	0.69	22	27	70	2.7	26	21	25	P3
KOUNIK. SB	0.71	17	30	72	2.5-2.6				
JALAFANKA	0.81	7	30-35	200	3.6	60	59.5	64	P2
MOGODE B	0.94	30	40	100-110	2.5	27	24.5	27	P3
NIAMEY VI	1.0	7?	7-10	45-55	2.5	21	14	21	P4 P3
KOLEL	1.05	75	12-13	55-60	3.3-3.4	23.5	21	25	P3 P4
MOGODE A	1.08		75			10-12	10	10-12	(P4 P5)
NIAMEY BAO Tr.	1.54	9	10	35	—	8.5	7	8.5	P5
SOFOYA V	1.63	15?	13-14	60	—	(50)	52	(60)	P2
IN TIZ. I	1.87	25	15-18	45-55	2.4-2.5	64	70	(75)	P2
TIKARE II	2.36	(40)	20	70	2.5	18.5	14	18.5	P3 P4
KAOUARA- réduit	2.5	18	20	90-95	3	69	66	71	P2 P1
DIAM-NADIE	2.6	11	50	210	2.4	(46.5)	(40)	(42)	P2 P3
IN AZENA	2.61	27	10	75	2.4	57	63	68	P2
PÔ	2.71	10	25-30	90-100	2.2-2.4	61	58	62.5	P2
BODEO	3.45	6.6	65	185-190	2.05-2.10	56	53	59	P2
BOULORE	3.75	58	10	45-50	2.3	45	41	44.5	P3 P2
KERENG	4. (4)	37	6-7	60	2.2-2.3	44.5	40	45	P3 P2
LELENG	4	45	10-15	55-60	2.3-2.4	32.5	21.4	31.3	P3
TAMBOUGOU	5.6		60	240					
KOURIEN- DOULIEN	7.8	73	35	110	(2)	(38)	(41.5)		P3 P2
SINKORONI DSP	8.9	18	20-30	120	2.8	16	14	17	P3
SINKORONI FSP			50-55	140-160	2.6	26.4	25	27	P3
POLAKA	9.14	15.5	45-55	110-130	2.8	26	25	30	P3
TCHALOL	9.28	15	45-55	145-150	2.1	50.5	49	58	P2
OUED ALI	10.4	15	25	130-140	2.4	36.5	35	40	P3 P2
TARAÏMAN	11.2	3	270	840	2	48.5	47.5	50	P2
ABOU GOULEM	12.3	14	30	90-100	2.8	18	14.3	18.5	P4
OUTARDES	16.5	7.2	75	280-300	2.1	40.5	37.5	53	P2

1) 70 mm ponctuel 100 mm ponctuel

2) S'il y a lieu (pentes latérales)

3) DSP : début de saison des pluies, FSP : fin de saison des pluies

4) 3 à 3,5 actifs

– Indices : c'est l'indice de perméabilité qui, autant que possible, a été déterminé dans les mêmes conditions qu'en 1965. On a cependant corrigé des erreurs flagrantes, comme l'attribution de P3 en 1965 aux regs du bassin de Taraïman.

C'est là où l'on voit que la mise au point d'un répertoire des aptitudes au ruissellement des couches superficielles des sols ne serait pas superflue. On trouvera en annexe quelques indications sur les conditions des estimations pour différents bassins.

Tous commentaires sur les valeurs anormales seront présentés dans les sections suivantes.

5.2. VARIATIONS DU TEMPS DE MONTÉE AVEC LA SUPERFICIE ET L'INDICE DE PENTE Ig

Mis à part le cas de bassins « réduits » les superficies sont celles du recueil de P. Dubreuil où elles avaient été déterminées avec soin après un très gros travail topographique. Les nouveaux bassins, en particulier ceux de

la Mare d'Oursi, présentent de bonnes garanties de précision en ce qui concerne la valeur de S. Pour les pentes c'est plus complexe. En 1965, pour le calcul de la pente, Rodier éliminait quelques pointements rocheux sans influence sur le ruissellement, des effondrements éventuels à l'aval et déterminait la pente longitudinale par la différence entre altitudes maximale et minimale après ces éliminations, divisée par une longueur qui correspondait à peu près à celle du plus long tributaire du bassin. En 1972, Dubreuil plus rigoureux divisait sensiblement la même différence de niveau par la longueur du rectangle équivalent pour obtenir l'indice global de pente I_g les contours du bassin étant tous stylisés de façon identique pour ne pas introduire un biais supplémentaire. En outre, constatant que pour un type de morphologie donné l'indice de pente I_g diminuait lorsque l'on considérait pour un même bassin des superficies croissantes, il affectait I_g d'un coefficient qui croissait avec S pour classer les bassins dans une catégorie de pente bien déterminée R_i . Alors que dans la note Rodier (1965), qui visait surtout les bassins de 10 à 50 km², une classe R_i correspondait à I_g constant.

Dans la présente étude, on ne considère la notion de catégorie que pour les comparaisons avec la note de 1965, par conséquent une catégorie correspond à une valeur de I_g constante. Ceci aura des conséquences non seulement sur la forme des courbes de T_m et T_b en fonction de S, mais aussi sur celles de K_r .

On s'est heurté ensuite à deux difficultés principales :

1 - Malgré les efforts de stylisation le calcul de la longueur du rectangle équivalent conduisait à des longueurs dépassant largement celle du plus long tributaire, d'où des valeurs de I_g trop faibles par rapport aux longueurs réelles. Cela ne se produisait bien entendu que sur des bassins à contours un peu festonnés, pas sur ceux à formes très simples. La stylisation n'était pas suffisante. En prenant de véritables caricatures, dont la surface et la forme d'ensemble étaient la même que celle du bassin, on est arrivé pour les quelques cas où la longueur du rectangle équivalent était surestimée à une longueur comparable à celle du plus long tributaire, ce qui a conduit à une majoration de pente.

2 - Ce calcul de I_g tient peu compte des pentes latérales ; sur les réseaux en arêtes de poisson celles-ci sont souvent beaucoup plus fortes que les pentes transversales. Ceci est très net sur le Mayo Kereng qui a à peu près les mêmes temps de montée et de base que Mayo Leleng, alors que les valeurs de I_g sont bien différentes : 11.6 et 45. On a pris, dans des cas tels que celui-ci, une valeur I_g corrigée très simple :

$$\frac{I_g}{2} + \frac{IT}{2} = I \text{ corr.}$$

IT étant une valeur moyenne des pentes transversales. On trouve dans le cas évoqué plus haut pour le Mayo Kereng $I_{\text{corr.}} = 37$ assez voisin de 45.

Notons que le réseau hydrographique du Mayo Leleng est nettement radial. On a dû faire cette correction 12 fois (y compris pour Gountouré) sur 27 bassins.

Enfin, on a retenu le cas où l'indice de Gravelius calculé avec la stylisation maximale dépassait 1.30 ; dans ce cas temps de montée et temps de base sont beaucoup plus forts qu'ils ne devraient être. On atteint facilement des valeurs doubles. Ceci a déjà été observé sur les bassins forestiers ; pour le moment il n'a pas été donné d'indications quantitatives pour une correction éventuelle.

Le tableau II présente les facteurs conditionnels les plus significatifs du temps de montée et du temps de base. Dans les douze colonnes figurent :

- Le nom du bassin.
- Sa superficie en Km².
- Le temps de montée T_m en minutes.
- Le temps de base T_b en minutes.
- L'indice de compacité de Gravelius $I \text{ comp. } R$, tel qu'il figure dans le Recueil des données de base ou dans le rapport hydrologique de la Mare d'Oursi.
- L'indice de compacité de Gravelius $I \text{ comp.}$, révisé s'il y a lieu après stylisation plus forte du périmètre.
- La longueur du rectangle équivalent défini par M. Roche LR telle qu'elle figure dans les deux ouvrages cités plus haut.
- La longueur du rectangle équivalent L après révision de $I \text{ comp.}$, s'il y a lieu.

TABLEAU II
Facteurs conditionnels des temps de montée et des temps de base

BASSINS	S Km ²	T _m min	T _b min	I _{comp} R	I _{comp}	LR km	L km	I _g R m/km	I _g	I _g corr.	Indice de relief
TIKARE I	0.11	7-10	20- 30	1.16	1.05	0.47	0.34	48	75	-	R6
KOUNTK. SS	0.26	7- 8	22- 25	1.13	1.13	0.52	0.52	79	(50) ₁	-	R5
IN TIZ. II	0.67	4- 5	25- 30	1.33	1.33	1.50	1.50	21	21	60	R6
ANSOURI	0.69	27	70	1.32	1.12	1.49	0.83	17	22	-	R5
KOUNTK. SS	0.71	30	72	1.38	1.30	1.64	1.45	33	18	-	R4
JALAFANKA	0.81	30-35	200	1.24	1.24	1.42	1.42	7	7	-	R3
MOGODE B	0.94	40	100-110	1.42	1.42	1.98	1.98	-	35	-	R4
NIAMEY VI	1.0	7-10	45- 55	-	-	-	-	-	7 ?	-	R3 ?
KOLEL	1.05	12-13	55- 60	1.19	1.19	1.45	1.45	55	55	75	R6
NIAMEY BAO-Tr.	1.54	10	35 (2)	1.13	1.13	1.50	1.50	8	8	-	-
SOFOYA V	1.63	13-14	60	-	1.10	-	1.28	-	(15)	-	R4 ?
IN TIZ. I	1.87	15-18	45-55	1.31	1.31	2.44	2.44	13	13	25	R5
TIKARE II	2.36	20	70	1.16	1.06	1.54	1.54	50	(40) ₃	-	R4 (3)
KAOUARA - réduit	2.5	20	90- 95	1.20 (4)	1.12	2.45	2.17	21	18	-	R4
DIAM-NADIE	2.6	50	210	1.22	1.22	2.40	2.40	11	11	-	R4
IN AZENA	2.61	10	75	1.30	1.30	2.84	2.84	14	14	27	R4
PÔ	2.71	25-30	90-100	1.12	1.12	1.65	1.65	8.5	8.5	10	R4
BODEO	3.45	65	185-190	1.20	1.20	2.70	2.70	6.6	6.6	-	R3
BOULORE	3.75	10	45-50	1.16	1.16	2.52	2.52	58	58	-	R6
KERENG	4	6- 7	60	1.40	1.27	4.05	3.34	12	12	37	R5
LELENG	4	10-15	55- 60	1.37	1.37	3.84	3.84	46	46	-	R5
TAMBOUGOU	5.6	60	240	-	-	-	-	-	(10) ₃	-	R3
KOURIEN- DOULIEN	7.8	35	110	1.54	1.54	6.44	6.44	16	16	73	R5
SINKORONI	8.9	20-30	120	1.13	1.13	3.37	3.37	22	18	-	R4
POLAKA	9.14	45-55	110-130	1.19	1.19	4.30	4.30	8	8	15.5	R4
TCHALOL	9.28	45-55	145-150	1.38	1.21	5.90	4.53	7.6	9.9	15	R4
OUED ALI	10.4	25	130-140	1.26	1.15	5.3	4.0	11	15	-	R4
TARAIMAN	11.25	270	840	1.13	1.13	3.8	3.8	3	3	-	R2
ABOU GOULEM	12.3	30	90-100	1.19	1.19	4.98	4.98	13	13	22	R4
OUTARDES	16.5	75	280-300	1.30	1.17	7	5.55	6	7.2	-	R3
GOUNTOURE	24.6	90-100	450-500	1.20	1.1	7.2	5.0	3.5	4.6	7.3	R3

- 1) Éboulis du bord supérieur éliminés
- 2) Kr max = 5 % ruissellement partiel
- 3) Un champ d'épandage perturbe T_m et T_b
- 4) Concerne le bassin entier

- L'indice global de pente I_{gr}, tel qu'il a été défini par Dubreuil et tel qu'il figure dans les deux ouvrages cités plus haut.

- L'indice global de pente I_g après la révision de I_{comp} s'il y a lieu ou parfois après certaines corrections justifiées en bas du tableau.

- L'indice global de pente corrigé I_g corr., si la pente latérale est forte ainsi que cela a été précisé plus haut.

- L'indice de relief tel qu'il a été défini par Rodier (1965) R_i; pour ne pas diviser trop brutalement les pentes en catégories on a indiqué par R₄ :

- . R4 fort, plus faible que R5, et R4
- . R4 faible, plus fort que R3.

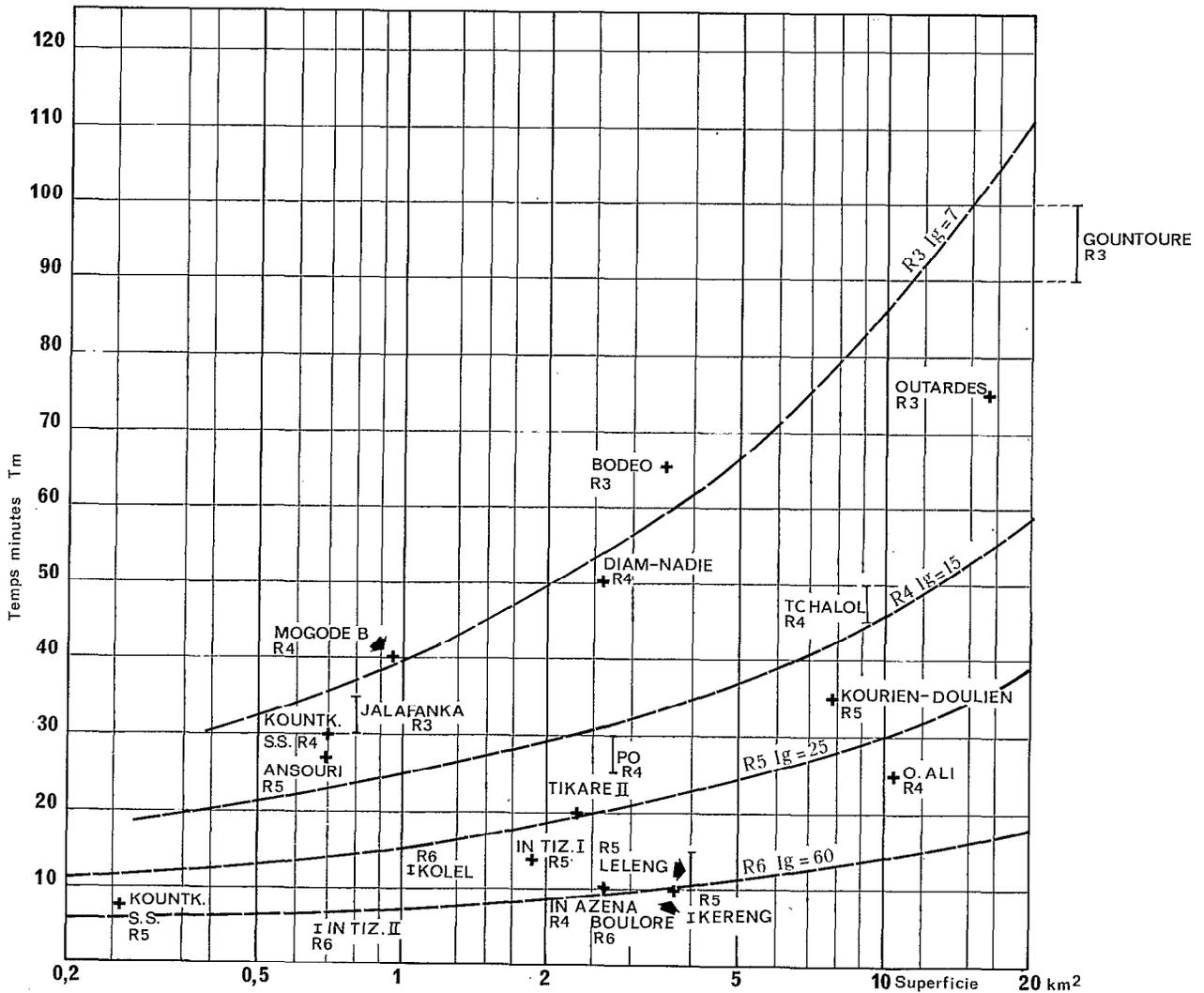


FIG. 1. - Temps de montée

On a reporté sur le graphique I les temps de montée en fonction de la surface en coordonnées logarithmiques, et on a tracé les courbes moyennes de T_m en fonction de S pour une valeur donnée de I_g :

$$I_g = 60, I_g = 25, I_g = 15, I_g = 7.$$

La dispersion est grande, ce qui est normal comme on va le voir par la suite. Pour le tracé de ces courbes on s'est guidé sur une expression mathématique simple. Si on divise un bassin en bandes isochrones correspondant à un pas de temps dt , le temps de montée pour une averse de durée inférieure à dt correspond sensiblement au temps qui s'écoule entre le début de ruissellement de l'averse et l'arrivée à la station de jaugeage du ruissellement provenant de la bande isochrone qui fournit le plus fort ruissellement. Si le bassin est homogène c'est la bande la plus longue, on voit que la configuration du bassin, sa morphologie et la forme du réseau hydrographique, la végétation jouent toutes un rôle, ce qui promet une grande dispersion si on ne considère qu'une petite partie de ces facteurs. Le temps de montée comme le temps de base est un temps de parcours qui comporte deux phases : le temps que met l'eau de ruissellement de son origine sur un interfluve jusqu'à son arrivée au petit ruisseau d'ordre

un (c'est un écoulement en nappe de faible vitesse de l'ordre de 10 cm/s) puis le temps que met ce volume de ruissellement dans le réseau hydrographique pour rejoindre la station de jaugeage, la vitesse est de 0,4 à 1 m/s (parfois plus), qui au début peut croître de l'amont à l'aval si l'augmentation du rayon hydraulique et la diminution de la rugosité l'emportent sur la diminution de la pente, mais n'oublions pas que nous opérons en moyenne à I_g constant. Ceci peut se traduire pour une valeur donnée de I_g par l'équation générale :

$$T_m = a \sqrt{S - S_0} + b$$

a en minutes par Km, S_0 est en Km^2 , b est en minutes.

Pour une valeur de I_g donnée a et b sont des constantes, b correspondant au temps de parcours sur l'interfluve, S_0 serait à relier à la surface minimale dans une géomorphologie homogène pour qu'apparaisse le talweg d'ordre un.

Après tâtonnements on détermine S_0 et b et on ajuste a d'après les points du graphique. En toute rigueur il serait peut-être préférable de prendre $(S - S_0)^n$ avec n légèrement inférieur à 0,5, mais pour les temps de montée la dispersion est telle que cela paraît un raffinement inutile.

On aboutit aux régressions suivantes :

$$\begin{array}{ll} I_g = 60 \text{ (R6)} & T_m = 3,02 \sqrt{S - 0,1} + 4,5 \\ I_g = 25 \text{ (R5)} & T_m = 6,64 \sqrt{S - 0,1} + 9 \\ I_g = 15 \text{ (R4)} & T_m = 9,49 \sqrt{S - 0,2} + 16 \\ I_g = 7 \text{ (R3)} & T_m = 20 \sqrt{S - 0,3} + 23 \\ I_g = 3 \text{ (R2)} & T_m = 71 \sqrt{S - 0,5} + 75 \end{array}$$

Il n'est pas évident que ces équations restent valables pour $S > 20 \text{ km}^2$. L'ensemble paraît à peu près consistant, beaucoup plus qu'en 1965. Expliquons quelques points aberrants.

Mogodé, Kourien Doulien, sont nettement au-dessus de leurs courbes ; ce sont des bassins longs avec I comp dépassant nettement 1.30. Pour Kolel la rugosité extraordinaire du bassin, couvert de blocs, est certainement la cause d'une valeur de T_m presque deux fois trop élevée.

Pour Tikaré II le T_m est trop long, les pentes assez fortes se terminent par un champ d'épandage à l'amont de la station ; la réduction de I_g de 50 à 40 traduit insuffisamment l'effet d'amortissement. Tout montre bien la nécessité d'élaborer un questionnaire avant tout calcul de crue sur petit bassin versant pour passer en revue autant que possible toutes les singularités conduisant à des valeurs beaucoup trop faibles ou beaucoup trop fortes. Mais on ne doit pas perdre de vue le fait que l'évaluation à 20 % près d'un temps de montée ou d'un temps de base est une bonne évaluation.

Comment se placent les nouvelles courbes par rapport à celles de 1965 ? Pour les très faibles superficies (20 km^2), les courbes sont à peu près les mêmes pour $I_g = 7 \text{ (R3)}$ et $I_g = 15 \text{ (R4)}$. Pour $I_g = 25 \text{ (R5)}$ la courbe a été relevée de 11.5 mn à 18.5 mn. Pour les superficies plus grandes les courbes de T_m sont sensiblement abaissées : pour $S = 10 \text{ km}^2$ $T_m = 46$ mn au lieu de 61 mn pour $I_g = 15$ et 85 mn au lieu de 120 pour $I_g = 7$. Pour $I_g = 25$ il n'y a pas de changement pour $S = 10 \text{ km}^2$. Cette réduction fréquente tient sûrement aux critères plus rigoureux pour la détermination de chaque valeur de T_m . Mais le tracé plus que hasardeux des courbes de 1965, dans cette partie basse, laissait présager des bouleversements importants. Il ne faudrait pas de là conclure que les courbes de 1985 sont les bonnes courbes définitives. Elles correspondent simplement, nous le pensons, à une meilleure approximation.

5.3. VARIATIONS DU TEMPS DE BASE AVEC LA SUPERFICIE ET L'INDICE DE PENTE I_g

Le temps de base est l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'arrivée des premières fractions de ruissellement à la station de jaugeage et l'arrivée des dernières fractions correspondant aux points les plus éloignés du bassin. Par sa nature il est moins capricieux que le temps de montée, le phénomène de la vague (où les écoulements auront rattrapé les écoulements aval) n'apporte guère de perturbation ; si pour des raisons diverses une petite parcelle du bassin apportait son ruissellement beaucoup plus tard que les autres, cet apport serait noyé dans l'écoulement retardé ; on doit donc s'attendre à une dispersion plus faible.

Il existe une corrélation très lâche entre T_m et T_b . Nous avons trouvé $T_b = 3.7 T_m$ pour une vingtaine de points. Pour un autre échantillon ce rapport serait peut-être légèrement différent, il n'est pas impossible d'ailleurs que la régression ne soit pas linéaire. La dispersion correspond surtout à la nature de T_m et T_b ; les erreurs d'estimation n'en sont qu'une cause secondaire.

Les équations de ces courbes sont les suivantes :

$I_g = 60$ (R6)	$T_b = 15.5 \sqrt{S - 0.05} + 16$
$I_g = 25$ (R5)	$T_b = 28 (S - 0.1)^{0.45} + 30$
$I_g = 15$ (R4)	$T_b = 35.3 (S - 0.15)^{0.45} + 50$
$I_g = 10$ limite R3-R4	$T_b = 58.85 (S - 0.2)^{0.45} + 80$
$I_g = 7$ (R3)	$T_b = 98.1 (S - 0.3)^{0.45} + 120$
$I_g = 3?$ (R2)	$T_b = 215 (S - 0.5)^{0.45} + 300$

Elles sont probablement un peu mieux adaptées que celles des temps de montée, même si on conserve cette forme ce serait illusoire de considérer les valeurs des divers paramètres comme définitives. Il faudra probablement les modifier si on revoit les valeurs de T_m et de T_b jusqu'à $S = 100 \text{ km}^2$ avec la même méthodologie. Mais comme pour les temps de montée nous pensons qu'elles constituent un net progrès par rapport aux courbes de 1965.

Considérons les points aberrants qui sont à peu près les mêmes que pour les temps de montée.

On retrouve les longs bassins de Mogodé B et Kourien Doulien dont les longueurs de rectangles équivalents sont respectivement de 1.98 et 6.44 km. Si on ramène ces longueurs à celles d'un bassin de même superficie avec un indice de compacité de 1.15, on trouve 1.21 et 3.48 km ; en réduisant les temps de base dans les mêmes proportions on trouve des valeurs de 64 mn et 60 mn qui ramènent les points à proximité des courbes qui les concernent. Pour le Mayo Leleng, les deux « cornes » aux extrémités du bassin ruissellent très peu de sorte qu'en réalité le temps de base correspond à une valeur de I comp nettement plus faible que 1.37. Le bassin ne doit pas être considéré comme un bassin « long ». On voit que les concepts que nous utilisons pour l'analyse sont des instruments bien grossiers si on veut arriver à quelque chose d'objectif.

Pour les mêmes raisons que plus haut, la valeur de $I_g = 40$ affectée à Tikaré II est beaucoup trop forte ; la présence d'un champ d'épandage ou d'un marais dans le réseau hydrographique d'un bassin versant pose de sérieux problèmes. Sur le bassin de Kolel, la rugosité multiplie presque par 2 le temps de base.

Le point Niamey BAO Trésor ne veut rien dire, car le peu de ruissellement qui y est observé correspond surtout à un ensemble de surface imperméable ne couvrant qu'une faible partie du bassin et l'eau court dans des caniveaux. Le seul intérêt de ce bassin est son très faible coefficient de ruissellement. T_b pour Diam-Nadié est élevé. Il y a probablement un problème d'influence des cultures. Il semble de façon générale que des valeurs élevées de K_r pour $I_g \leq 30$ conduisent à des valeurs de T_b plus faibles que la moyenne : par exemple à Gountouré et aux Outardes, et ce serait logique mais c'est une simple impression.

Ces temps de montée correspondent au début de la saison des pluies, alors que des averses très fortes se produisent souvent à cette époque. A la fin de l'hivernage, ils sont souvent plus élevés surtout vers le Sud où la végétation a le temps de pousser : T_b passe de 90 à 100 mn, à 120-130 mn pour Abou-Coulem, de 280 à 400 mn pour les Outardes, de 50-60 mn à 60-70 mn à Kolel, de 200 à 250 mn à Jalafanka, de 120 à 140-160 mn à Sinkoroni, de 90-100 mn à 120 mn à P6 et sur un bon nombre de bassins sur lesquels le phénomène est moins net généralement parce que l'échantillon de crues aptes à déterminer T_b est trop faible.

Par rapport aux courbes de 1965, l'ajustement est nettement plus satisfaisant. Pour $I_g = 25$ et $I_g = 15$ T_b a nettement diminué : de 30 à 45 % pour $S = 10 \text{ km}^2$, un peu moins pour $S = 2 \text{ km}^2$. C'est logique puisque la séparation du ruissellement a été beaucoup plus stricte. Pour $I_g = 7$ et $I_g = 3$ c'est beaucoup moins net car la différence provient du fait que les anciennes courbes ont été tracées presque sans données, dans ces conditions l'erreur tend à être aléatoire. Pour $I_g = 7$, T_b est à peu près le même que pour $S = 2 \text{ km}^2$ et il diminue de 20 % pour $S = 10 \text{ km}^2$. Pour $I_g = 3$ T_b augmente de 30 % pour $S = 2 \text{ km}^2$ et diminue de 10 % pour $S = 10 \text{ km}^2$. Compte tenu de la précision avec laquelle on évalue généralement T_b , on trouve ces modifications souvent significatives mais pas le bouleversement des courbes que nous avions prévu.

On verra plus loin que la baisse des temps de montée sera compensée par des baisses fréquentes de K_r 10 de sorte que dans bien des cas l'évaluation du débit décennal de crue ne sera pas sensiblement modifié.

5.4. VALEURS DU COEFFICIENT DE POINTE $\frac{Q_r \text{ max}}{Q_r} = \alpha$

Ce coefficient égal au rapport du débit maximum de ruissellement à la moyenne du débit de ruissellement pendant le temps de base, varie entre les extrêmes 2 et 3,6 ; sur 27 valeurs, α est compris entre 2,2 et 2,7 pour 17 valeurs, entre 2 et 2,2 pour 5 valeurs, entre 2,7 (exclu) et 3 pour 3 valeurs et au-dessus de 3 pour 2 valeurs, Jalafanka 3,6 et Kolel 3,3-3,4.

Mais ce qui est important c'est qu'on ne retrouve plus de valeurs entre 4 et 5 comme dans l'étude de 1965.

Ceci tient au fait que l'intervalle T_b est limité presque uniquement au ruissellement superficiel pur (une augmentation de T_b réduit $\overline{Q_r}$ et augmente donc α).

Les valeurs faibles de α correspondent généralement à des bassins présentant des pointes doubles qui, en cas de fortes crues, peuvent être remplacées par un maximum plat ; c'est lorsque les deux tributaires principaux fournissent leur apport principal avec un léger décalage. C'est très net pour Tchalo et pour les Outardes. Il est difficile d'expliquer les valeurs très élevées : le bassin de Kolel est très spécial et la petite pointe aiguë du maximum est toujours très nette. Elle entraîne une valeur élevée de α même pour le cas où T_b aurait été surestimé et devrait être réduit. Pour Jalafanka la valeur 3,6 n'est pas très sûre : sur deux averses unitaires en juillet, l'une conduit à $\alpha = 2,4$, qui a de bonnes raisons d'être trop faible, mais il est certain qu'à ce début de saison des pluies α doit être égal ou au moins égal à 3 ; en août les valeurs de α sont plus faibles mais ce n'est guère valable pour juillet.

Dans la pratique il semble que la meilleure solution consisterait à adopter $\alpha = 2,5$ valeur constante jusqu'à $S = 10 \text{ km}^2$, mais il faudrait élucider les circonstances qui conduisent à des valeurs supérieures ou égales à 3. On comprend pourquoi dans ces cas, à Polaka par exemple, où la partie aval du bassin imperméable donne une pointe aiguë alors que T_b , qui correspond à peu près à tout l'ensemble du bassin, est relativement long d'où une valeur forte de $\alpha = 2,8$. Mais seul un examen très approfondi des bassins à $\alpha > 3$ pourrait permettre d'y voir clair pour les autres cas car, a priori, on ne peut lier ces fortes valeurs de α ni à la pente ni au coefficient de ruissellement. Pour plus de sécurité dans les normes pratiques qui pourraient être élaborées par la suite, on pourrait adopter $\alpha = 2,8$, ce qui ne conduirait qu'à une erreur de 20 % sur le débit de crue décennale pour le cas d'une valeur de α aberrante.

5.5. VARIATIONS DU COEFFICIENT DE RUISSÈLEMENT AVEC LA SUPERFICIE, L'INDICE GLOBAL DE PENTE I_g ET L'INDICE DE PERMÉABILITÉ P_i

Pour un bassin homogène en régions sahéliennes K_r est une fonction décroissante de S pour les raisons suivantes :

- Le coefficient d'abattement décroît, la pluie moyenne décroît, le volume de ruissellement aussi et moins rapidement le coefficient de ruissellement.
- La pente moyenne décroît donc ; K_r , qui est manifestement croissant avec la pente, décroît.
- Au-delà d'une certaine surface et en relation avec I_g la dégradation hydrographique croît et K_r décroît rapidement.
- Lorsque S croît, la probabilité pour que le bassin contienne de petites zones à faible perméabilité ou plus ou moins endoréiques augmente.

Pour de très petits bassins le 3^e facteur intervient très peu ou pas du tout. Pour des valeurs de I_g constantes, le second facteur joue de façon complexe : plus S croît plus le bassin contient à l'amont des régions à pente supérieure à I_g et à l'aval des zones à pente inférieure à I_g . Si l'influence de celles-ci l'emporte sur celles-là K_r diminue, mais pour les très petits bassins versants ceci joue peu. On voit que jusqu'à 2 km^2 il ne reste que les facteurs 1 et 4, L_r diminue peu et K_r encore moins, le coefficient d'abattement décroît par exemple de 1 à 95 %, la variation de K_r imputable à cette influence est inférieure à 5 %. Le fait de reporter les surfaces en coordonnées logarithmiques rend encore plus plates les courbes $K_r = F(S)$ pour S compris entre 0,2 et 2 km^2 contrairement à ce qu'on peut observer sur le diagramme de 1965 où ne tenant pas compte de ce qui vient d'être exposé et utilisant quelques rares données extrapolées trop généreusement, on avait admis pour ces courbes $K_r = F(S)$ des pentes plus fortes entre 5 et 20 km^2 . Pour le tracé des courbes à très faibles perméabilités on a tenu compte de ce qui a été exposé à la section 4.3.

5.5.1. Variations du coefficient de ruissellement pour une pluie ponctuelle de 100 mm : $K_r 100$

Le fait de calculer K_r pour une même averse de 100 mm (ponctuel), à hyétogramme identique pour tous les bassins, revient à les comparer du point de vue du coefficient de ruissellement, en éliminant pratiquement la variable régime pluviométrique-climat. La répétition de cette opération pour $K_r 70$ mm permet, dans le cadre de l'utilisation, de partir de conclusions proches des conditions climatiques et pluviométriques pour des précipitations annuelles de l'ordre de 700 mm (diagramme $K_r 100$ mm), ou de l'ordre de 300-400 mm (diagramme $K_r 70$ mm). Pour des régimes intermédiaires on pourra interpoler entre les deux diagrammes.

On a donc reporté sur la figure 3 les points représentatifs des coefficients de ruissellement affectés des indices R_i et P_i comme dans la note de 1965 et on a tracé les courbes $R_i P_i$. De façon générale le tracé des courbes n'a pas été trop difficile et le nombre de points aberrants est limité. Il a été cependant nécessaire de reporter certains points pour $10 < S < 20 \text{ km}^2$ pour appuyer ces courbes sur quelques points sûrs. Mais au-delà de $S = 10 \text{ km}^2$ tous les points disponibles n'ont pas été reportés.

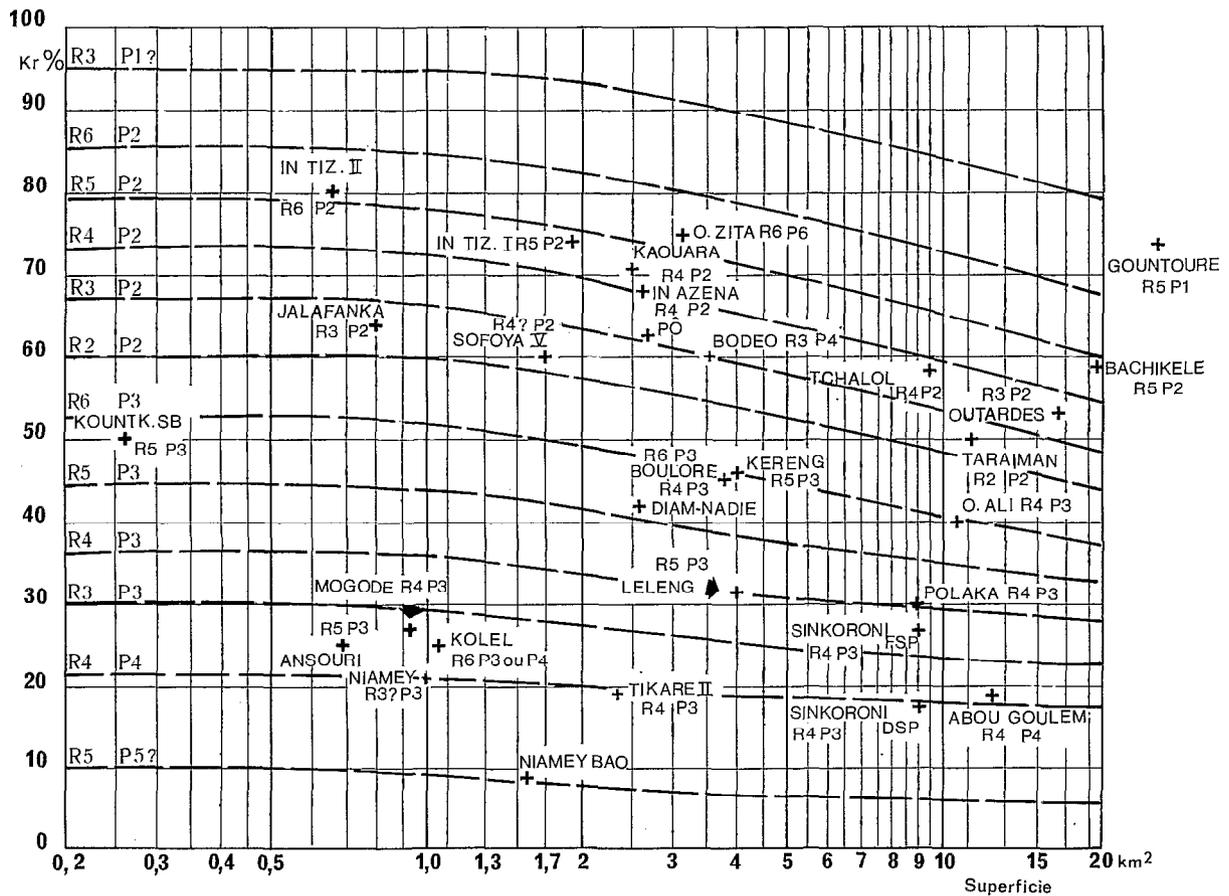


FIG. 3. - Régimes sahéliens et subdésertiques. Coef. de ruissellement pour précipitation ponctuelle $H = 100$ mm (Tornade simple - corps d'averse à plus de 12 mm/h 75 %)

Il est à noter qu'un écart de 5 points de rendement par rapport à une courbe est tout à fait normal, compte tenu de la précision avec laquelle $\bar{K}r$ 100 mm a été évalué.

Les points aberrants sont les suivants :

- Sofoya V : Kr 100 trop faible ; on connaît très mal l'indice R, il correspond au moins à R3, c'est probablement R4 (R4 faible), mais ce n'est pas sûr.
- Oued Ali semble trop fort, mais on doit noter que l'influence de P est plus importante que celle de R, $\bar{K}r$ est nettement supérieur à P3. Tout irait mieux si, comme pour les pentes, on pouvait affecter à la perméabilité un paramètre quantitatif ; pour l'Oued Ali, bassin hétérogène, il est difficile de donner une perméabilité globale ; on ne dispose pas d'une étude détaillée comme sur Polaka.
- La position du LeleNG est facile à expliquer : près d'un quart du bassin, amas de blocs de granite, ruisselle très peu et Kr 100 devrait être majoré de 25 % en considérant un bassin réduit, ce qui ramènerait le point sur la courbe R5 P3.
- Mogodé B en R4 P3 est déjà en régime tropical avec une végétation qui réduit Kr .
- A noter la position de Sinkoroni en début de saison des pluies alors que la perméabilité est maximale.
- Niamey BAO Trésor donne simplement une idée de la position de la courbe R3 P5. En fait, elle est probablement placée trop haut car une bonne partie du ruissellement de ce bassin est fournie par de petites surfaces imperméables.

Contrairement au procédé employé pour tracer les courbes T_b ou $T_m = f(S, I_g)$, nous ne sommes pas partis d'expressions mathématiques pour esquisser les courbes $R_i P_i$, les raisons physiques de la décroissance de Kr avec S

étant trop complexes. Cependant il est possible d'adapter sans trop de distorsion des courbes une expression générale telle que :

$$K_r = \frac{K_{ro} e}{enS + b}$$

K_{ro} étant la valeur de K_r pour $S = 0.5 \text{ km}^2$

A titre d'exemple pour la courbe R5 P2 on pourrait prendre $n = 0.015$, $b = 0.9925$; la courbe obtenue par cette formule serait un peu plus plate que la courbe de la figure 3 vers $S = 2 \text{ km}^2$ et plongerait un peu plus vers $S = 20 \text{ km}^2$. ($K_r = 59 \%$ au lieu de 61% pour cette valeur de S), mais cette déformation donnerait peut-être une nouvelle courbe plus logique. Le paramètre n varierait de 0.007 à 0.018 pour l'ensemble des courbes du graphique III. Il y a peut-être des expressions qui s'adapteraient mieux mais à quoi bon s'y attacher lorsque l'on songe que dans de bonnes conditions K_r est déterminé à 6 ou 8% près.

Bien qu'une partie seulement des points corresponde à des précipitations proches de la pluie décennale, on peut rapprocher les valeurs obtenues des graphiques de K_r 10 en 1965.

L'ancienne courbe R4 P2 pour $S = 2 \text{ km}^2$ donnait une valeur de K_r égale à 82% au lieu de $69,5 \%$, R3 P2 pour la même superficie 73% au lieu de $63,5 \%$, R3 P3 35% au lieu de 25% . Nous n'avions aucun élément pour tracer la courbe R4 P1, mais pour $S = 2 \text{ km}^2$ elle serait certainement au-dessus des $92,5$ obtenus en 1965 (à noter une légère erreur de dessin sur l'ancien diagramme qui donne un maximum à K_r vers $S = 3 \text{ km}^2$).

On reviendra plus loin sur ces différences à la section 5.5.3 étude de K_r 10.

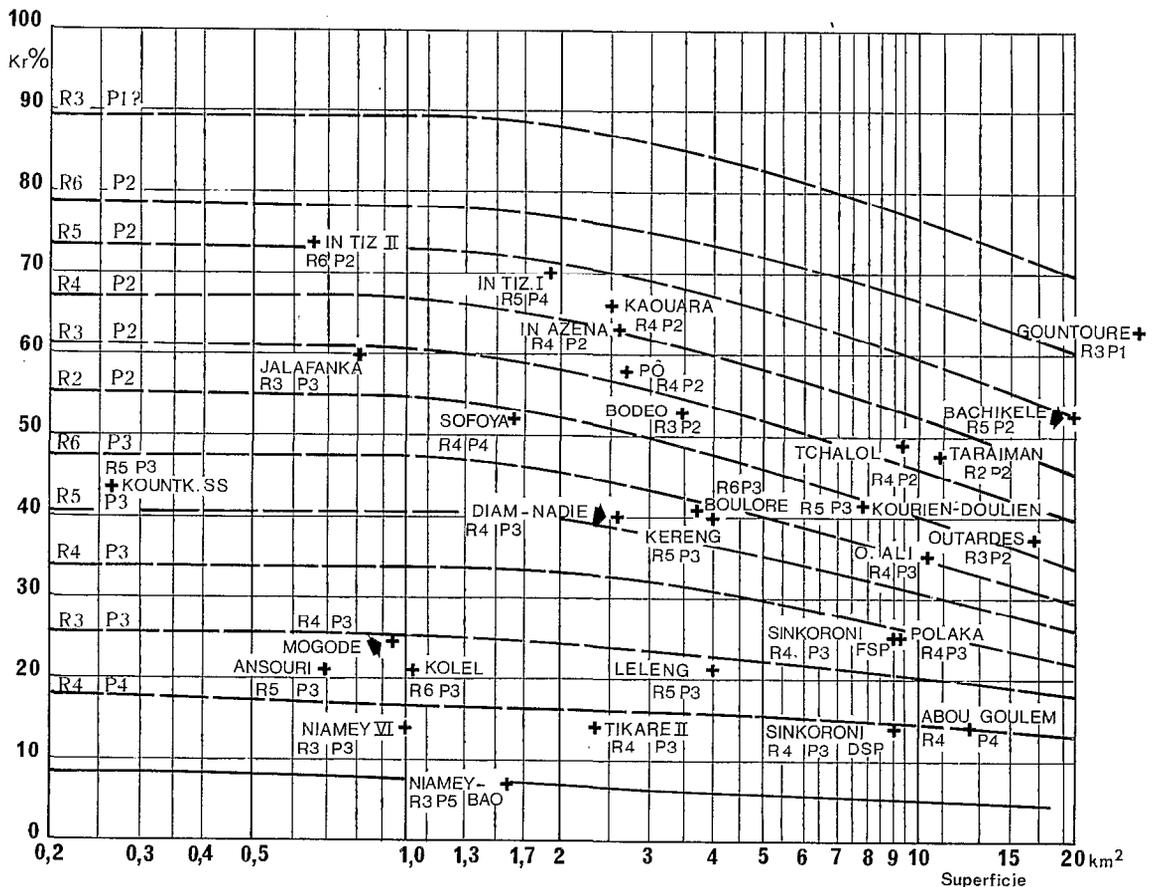


FIG. 4. - Régimes sahéliens et subdésertiques. Coef. de ruissellement pour précipitation ponctuelle $H = 70 \text{ mm}$ (Tornado simple corps d'averse à plus de 12 mm/h 75 %).

5.5.2. Variations du coefficient de ruissellement pour une pluie ponctuelle de 70 mm

Dans ce cas, les extrapolations ne sont pas trop fréquentes et elles sont toujours modérées. On devrait s'attendre à un tracé plus facile des courbes Ri Pi. Il n'en est rien, ce qui montre bien que la dispersion est due aux particularités des bassins non pris en compte par S Ri Pi et par le caractère subjectif de Pi et non aux incertitudes sur l'estimation de K. Considérons par exemple les cas des bassins de Taraïman et des Outardes : le bassin de Taraïman a bénéficié en 1961 d'une pluviosité exceptionnelle de sorte que Kr 70 mm n'est pas extrapolé et est assez sûr, il en est de même pour les Outardes. Mais par contre, la détermination de l'indice P2 correspond à des situations différentes : le bassin de Taraïman est couvert par un reg imperméable et un petit marais drainé vers la station exactement comme à Gagara-Est alors qu'aux Outardes la partie amont du bassin comportait un massif de gabbros altérés et un piémont sableux ruisselant peu. Si au lieu de la classe P on pouvait adopter un indice quantitatif, la valeur de celui de Taraïman serait nettement supérieure à celui des Outardes.

Par rapport au graphique précédent pour S = 2 km², Kr pour R5 P2 passe de 76 % à 70,5 % et pour R3 P3 de 27 % à 24 %. Ce ne sont pas de très fortes différences, on reviendra plus loin sur ce détail.

Les points aberrants sont à peu près les mêmes : on fait sur la figure 4 les constatations suivantes :

- Sofoya V : pour les mêmes raisons : mauvaises connaissances de Ig donc de R.
- Oued Ali : même commentaire que dans la section précédente.
- Taraïman : l'écart est plus important que sur le graphique précédent ; peut-être que Kr 100 a été un peu sous-estimé pour ce bassin.
- Mayo Leleng : influence des surfaces perméables amont.
- Sinkoroni DSP : en fait à cette époque l'indice P devrait être P3.

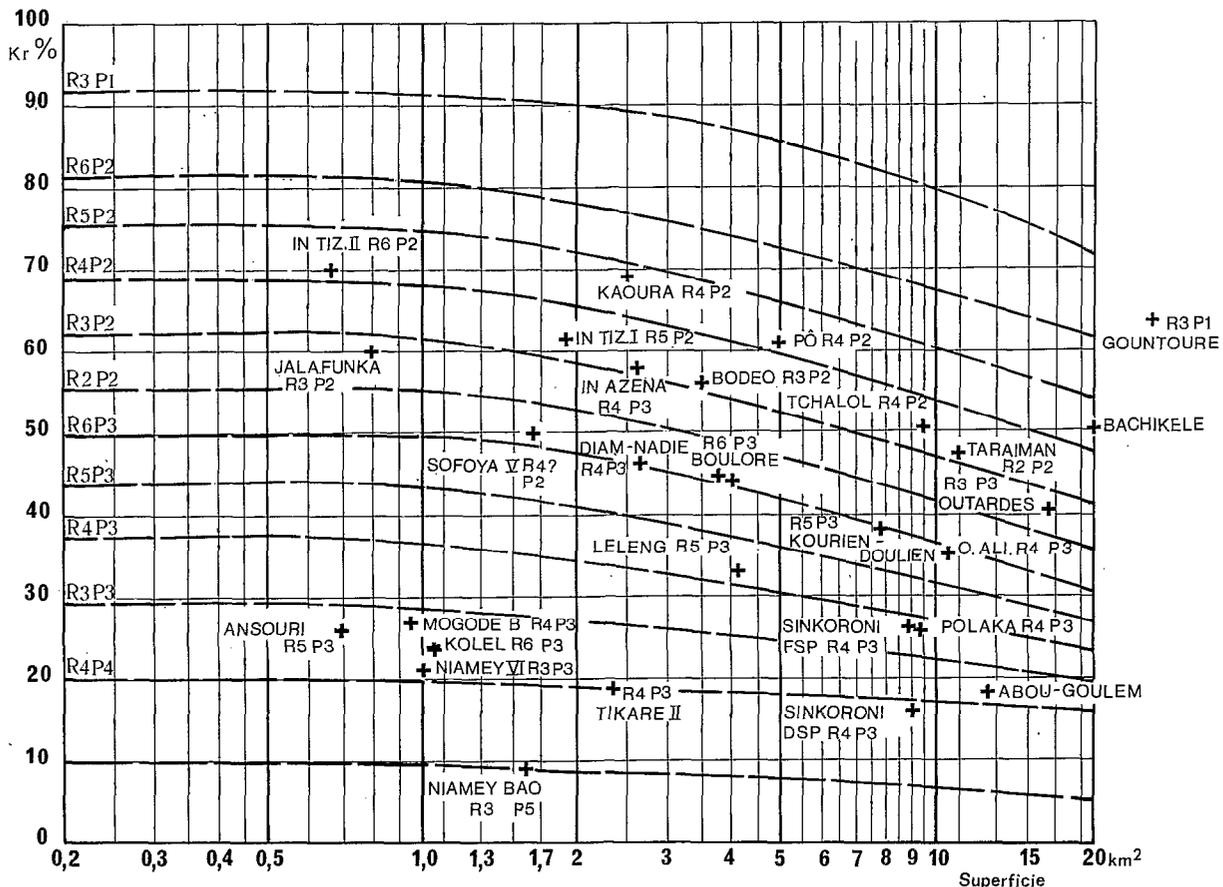


FIG. 5. - Régimes sahéliers et subdésertiques. Coefficient de ruissellement décennal Kr 10

– *Ansouri* : il faudrait mieux connaître la perméabilité de la partie amont à forte pente (lithosols sur schistes argileux) ; c'est cette partie qui justifie la classification R5.

– *Mogodé B* : est tropical.

On constate, comme plus haut, que l'influence de P est beaucoup plus forte que celle de R.

5.5.3. Variations du coefficient de ruissellement décennal Kr 10

Chaque point correspond à un régime différent, la mise au point des courbes Ri Pi n'est plus une opération particulièrement logique et, après les deux précédentes, on est quelque peu troublé pour les mettre en place : on s'efforce de passer nettement au-dessus des points subdésertiques et au milieu des points correspondant aux isohyètes 500-600 mm comme ceci avait été fait en 1965 pour pouvoir effectuer des comparaisons qui sont la raison d'être de la figure 5.

Pour un bassin de 2 km² on trouve pour R5 P2 Kr = 72 %, pour R3 P3 Kr = 26.5 %. Kr 10 est compris entre Kr 100 mm et Kr 70 mm mais sa position entre ces deux valeurs est plus ou moins aléatoire étant donné les valeurs variables de Pm correspondant aux divers points représentatifs du graphique V.

Si on compare les courbes à celles du graphique de 1965, on constate que les nouvelles valeurs de Kr 10 sont nettement plus faibles que les anciennes et ceci contrairement à nos prévisions qui escomptaient des valeurs de Kr supérieures aux anciennes pour lesquelles nous envisagions en 1965 une limite théorique de 100 %.

Pour : S = 2 km ²	pour R4 P2 Kr 10 = 66 % au lieu de 82.2 %
	R3 P2 Kr 10 = 59 % au lieu de 73.3 %
	R3 P3 Kr 10 = 26.5 % au lieu de 35 %
S = 5 km ²	pour R4 P2 Kr 10 = 58.5 % au lieu de 79.5 %
	R3 P2 Kr 10 = 52 % au lieu de 70 %
	R3 P3 Kr 10 = 24 % au lieu de 31.1 %
S = 10 km ²	pour R4 P2 Kr 10 = 53.5 % au lieu de 73 %
	R3 P2 Kr 10 = 47 % au lieu de 63 %
	R3 P3 Kr 10 = 22 % au lieu de 27.2 %

La baisse de Kr est très sensible surtout pour les faibles perméabilités.

Il y a ici plusieurs raisons :

– Le passage du plafond théorique de 100 à 130 % n'a qu'une influence sur Kr 100 mm comme on l'a vu à la section 4.3.

– Comme ceci a été précisé en 4.1 les extrapolations de 1965 ont comporté des marges de sécurité beaucoup trop fortes, or les plus fortes extrapolations pour les petits bassins sont sur des regs en régions subdésertiques ce qui explique en partie la position beaucoup trop haute de R4 P2 et R3 P2 en 1965.

En outre, on ne doit pas oublier, pour les valeurs 1985, que la prise en compte d'averses avec traîne notable comme sont les averses décennales ou de 100 mm tend à réduire aussi le coefficient d'écoulement, souvent extrapolé autrefois sans tenir compte de cette traîne.

– Il y a trois points représentatifs sur les graphiques de 1965 pour le Sahel entre S = 2 km² et S = 10 km² ; le tracé des courbes, très hasardeux, cela se voit d'après leur forme, a cherché à éviter à tout prix une sous-estimation.

– La séparation plus rigoureuse du ruissellement a conduit à des valeurs observées de Lr plus faibles, d'où des valeurs de Kr observées un peu plus faibles.

– Les coefficients d'abattement sont souvent plus faibles que ceux qui ont été adoptés autrefois. Il n'y a pas lieu de s'étonner après ces justifications que Kr baisse de près de 25 % dans le cas où la baisse relative est la plus importante. Elle est plus souvent comprise entre 5 % et 15 %. Pour le calcul du débit maximum décennal ceci sera en partie compensé par la diminution du temps de base.

6. CONCLUSION

A l'issue de cette étude, on dispose pour tous les bassins représentatifs du Sahel, de superficie inférieure à 12 km², des valeurs révisées des temps de montée, des temps de base, de la valeur du coefficient de pointe et

des coefficients de ruissellement Kr_{10} , ainsi que des coefficients de ruissellement. C'est dans cette gamme de surfaces que les données étaient les plus hasardeuses. Pour cette opération, on a véritablement raclé tous les fonds de tiroir des archives de l'ORSTOM et on a essayé de tirer parti de cas parfois désespérés. Mais toutes ces valeurs sont liées au mode de séparation du ruissellement superficiel. Ce mode repose sur une règle qui pourra paraître plus ou moins arbitraire mais les autres modes de séparation ne conduiraient pas à des résultats très différents, en particulier sur le temps de base qui serait le plus affecté. On donne en annexe, cas par cas, les corrections qui seraient à effectuer si pour une raison quelconque on était amené à éliminer notre majoration de 20 % de T_b qui a l'avantage de conduire à peu près aux mêmes résultats que la séparation du ruissellement faite sur l'hydrogramme en coordonnées cartésiennes et présente des valeurs toujours vraisemblables du maximum d'écoulement retardé.

Ces chiffres peuvent être utilisés pour calculer la crue décennale soit par la méthodologie de la note Rodier-Auvray de 1965, soit par toute autre méthodologie, en particulier celle des régressions multiples, sous réserve qu'on prenne en compte Kr_{100} mm ou mieux Kr_{70} mm et qu'on donne tout leur poids aux valeurs correspondant aux plus fortes perméabilités trop peu étudiées. Pour la première méthodologie, il reste à mettre au point des directives pratiques concernant le cas où la durée du corps de l'averse décennale ou de 100 mm ou 70 mm dépasse la moitié du temps de montée ; il faut alors découper l'averse en tranches appropriées, recomposer les hydrogrammes qui en résultent et en déduire le temps de base et le coefficient de pointe α de l'hydrogramme composé. A cette occasion on reverrait tous les débits maximums de crues décennales des averses étudiées ici. Ce sera l'objet d'une seconde note technique.

Mais indépendamment de ces résultats chiffrés, on doit souligner d'autres acquis importants. L'analyse des rapports originaux et des données plus ou moins élaborées de ces trente bassins sahéliens a bien mis en valeur la nécessité de réaliser deux opérations urgentes qui d'ailleurs sont faciles à entrevoir dans ce texte même.

— Pour la perméabilité globale des bassins on ne peut pas s'en tenir au choix d'un indice P_i même en l'agrémentant puisque P_i couvre déjà une assez large marge de perméabilité, de \bar{P}_i et de \underline{P}_i . Autrefois, on a utilisé la hauteur de précipitation limite pour définir P_i mais c'est assez difficile dans le cas de bassins hétérogènes et inapplicable à des bassins non observés. C'est le principal motif de dispersion pour les diagrammes de Kr . Alors que pour les pentes l'utilisation de I_g avec quelques corrections donne à peu près satisfaction. Or avec l'emploi combiné du mini-simulateur et de la télédétection, comme l'ont montré Casenave et Chevallier, on peut définir objectivement un critère quantitatif de perméabilité et même faire comme cela a été envisagé un « Répertoire des aptitudes au ruissellement des couches superficielles du sol au Sahel ». Les types de couches sont peu nombreux, les pédologues les connaissent. La mise au point du répertoire peut être rapide si des moyens financiers suffisants sont mis rapidement à la disposition des chercheurs. On pourra alors remplacer par autre chose nos P_i dont nous ne sommes pas tellement fiers.

— Au cours de toute cette étude, on a eu présent à l'esprit les futures notes d'application à mettre dans les mains de tous les techniciens, et il est clair que l'on va buter sur un certain nombre de cas qui habituellement donnent lieu à des erreurs de 200 à 300 % sur l'estimation du débit de crue décennale si on ne tient pas compte de leur nature particulière. Le plus connu est le bassin type Maggia : un plateau de blocs de grès à très faible ruissellement (moins que Kolel) domine des pentes de colluvions argileuses très imperméables, il faut alors éliminer cette partie perméable ; c'est ce qu'on a fait pour Kaouara, on pourrait le faire pour le Mayo Leleng et peut-être pour Polaka ? Autre exemple : Tikaré II avec ses bonnes pentes dominant un champ d'épandage, la pente moyenne ne veut plus rien dire. Enfin il y a la dégradation hydrographique. D'où la nécessité de préparer un questionnaire ou check-list à consulter obligatoirement avant tout calcul de crues. Nous y travaillons actuellement.

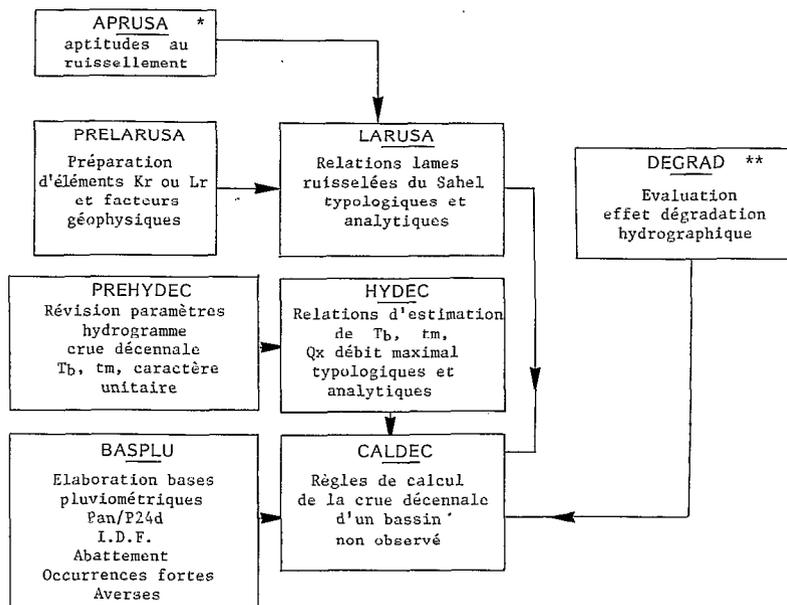
Évidemment, il faut faire beaucoup de choses pour que même au Sahel la transposition des résultats de bassins dits représentatifs conduise à des résultats, non pas acceptables dans trois cas sur quatre, mais à des résultats sûrs. Cela en vaut la peine.

ANNEXE I

Ia - Révision des notes de calcul des crues décennales au Sahel (projet)

Première Urgence P. U .	Seconde Urgence S. U .	Troisième Urgence T. U .
P.U. 3.5.1.1. Estimation des corrections d'anomalies locales des précipitations (relief - plan d'eau) (1)		
P.U. 3.5.1.2. Etudes complètes des intensités à Niamey (en cours)	S. U. 3.5.1.2. Etudes définitives des intensités au SAHEL (relation averse/jours) (relation corps/averses)	T.U. 3.5.1.3. Occurrence saisonnière fortes averse
P.U. 3.5.1.4. Aباques abattement des pluies d'après VUILLAUME		
P.U. 3.5.2.1. Répertoire des aptitudes au ruissellement des divers états de surface (mini-simulateur) Valeurs Kr/Lr pour averse types Classification - Catalogue photos aériennes	S.U. 3.5.2.1. Révision abaques Kr ou (Ig Lr en fonction (Apt Rt. (S	T.U. 3.5.3. Modélisation P Q pour obtention série des crues pour calcul de la véritable Q10 et correction à en déduire
P.U. 3.5.2.3. Remplacer Ri par Ig Estimation des corrections éventuelles de Ig pour fortes pentes latérales	S.U. 3.7.2. Révision abaques PUECH en fonction de (Ig (Apt. Rt. (S	
P.U. 3.5.4. Correction provisoire des courbes Kr pour les bassins < 5 km ²		
P.U. 3.5.5. Révision Tb, Tm sur originaux 3.5.6. pour les bassins < 5 km ²	S.U. 3.5.5. Révision générale Tb, Tm Révision provisoire $k = \frac{Qx}{Q}$	T.U. 3.5.5. Révision $k = \frac{Qx}{Q}$
P.U. 3.7.1. Esquisse du questionnaire (Check list)	S.U. 3.7.1. Mise au point du questionnaire (Check list) LH/CIEH	
P.U. 3.7.1. Esquisse du Manuel	S.U. 3.7.2. Mise au point du Manuel	
Note 1ère étape d'après : 3.5.1.1. P.U. 3.5.2.1. provisoire S.U. 3.5.2.1. provisoire 3.5.1.3., 3.5.2.3., 3.5.4., 3.5.5., 3.5.6.	S.U. 3.5.8. Révision note PUECH 1983 pour bassins > 150 km ²	
(1) peut être classée en S.U.	Note 2ème étape d'après P.U. 3.5.2.1. final, S.U. 3.5.5. S.U. 3.5.1.2.	Note 3ème étape finale d'après en plus Tu

Ib - Projet décade (P. Dubreuil), Schéma récapitulatif



* APRUSA aura certainement une consistance différente hors du Sahel où le rôle des états de surface n'est plus prioritaire.
 ** DEGRAD est spécifique du Sahel.

- Campagne 1964 :

04.08.64 Qmax = 0,400 m3/s-1
Tm net = 7' Crue complexe

30.08.64 Qmax = 0,178 m3/s-1 Pas de pluviographe (étude sommaire en 1964)
Tm net = 10'

- Campagne 1965 :

17.07.65 Qmax = 0,555 m3/s-1 Corps efficace \geq 10'
Tm brut = 16'

07.08.65 Qmax = 0,420 m3/s-1 Durée totale du corps 34' mais seulement 14'
avant la pointe.
Tm brut = 16'
Tm net = 7' ?
Tb brut = 50'
Tb net = 55'
à déduire 30' pour un corps trop long
Tb = 25'

09.09.65 Qmax = 0,575 m3/s-1 corps efficace 38' mais 14' seulement comptent pour la pointe.
Tm brut = 20'
Tm net = 10'

Conclusion : Tm 7-10' Tb 20-30'

Estimation du coefficient α : Elle n'est pas facile.

L'averse du 14.07.63 est assez proche d'une averse unitaire mais elle est trop longue et l'intensité est trop forte ; conditions idéales pour obtenir une valeur de α trop forte, on a reconstitué tant bien que mal ce que donnerait la crue du 09.09.65 si l'averse était réduite à la pointe de 96 mm/heure du début.

On trouve pour la première crue :

Vr = 113,5 m3 Tb = 24' = 1440 sec. Qr = $\frac{113,5}{1440}$ = 0,0785 m3/s-1
Qmax r = 0,24 m3/s-1 α = 3,05

et pour la seconde :

Vr = 610 m3 Tb = 40' = 2400 sec. Qr = $\frac{610}{2400}$ = 0,254 m3/s-1
Qmax = 0,56 m3/s-1 α = 2,2

Valeur trop faible avec un hydrogramme trop massif.

La valeur convenable de α doit être entre les deux : $\alpha = 2,5 - 2,6$

Valeurs de Kr calculées avec la nouvelle surface 0,113 km²

09.09.65	Pm = 59,2 mm Ta = 1 jour	Imax = 96 mm/h	Qmax = 0,575 m3/s-1 (* estimation : difficile de séparer le ruissellement)	Kr = 20% (*)
17.07.65	Pm = 50,7 mm Ta = 5 jours ?	Imax = 140 mm/h	Qmax = 0,555 m3/s-1	Kr = 14,4%
07.08.65	Pm = 38,5 mm Ta = 6 jours ?	Imax = 100 mm/h	Qmax = 0,420 m3/s-1	Kr = 15,4%
05.09.65	Pm = 42,0 mm Ta = 1 jour	Imax = 63 mm/h	Qmax = 0,037 m3/s-1	Kr = 15,2%
14.07.63	Pm = 39,2 mm Ta = 2 jours (après faible pluie)	Imax = 144 mm/h	Qmax = 0,254 m3/s-1	Kr = 2,3%
20.07.65	Pm = 33,2 mm Ta = 3 jours	Imax = 55 mm/h	Qmax = 0,240 m3/s-1	Kr = 16,9%
14.09.63	Pm = 17,5 mm Ta = 3 jours	Imax = 58 mm/h	Qmax = 0,220 m3/s-1	Kr = 12%
21.09.63	Pm = 18,6 mm Ta = 6 jours	Imax = 70 mm/h	Qmax = 0,178 m3/s-1	Kr = 6,6%

07.08.65 Qmax = 1,48 m3/s-1 corps efficace 20' + traîne assez homogène
 Tm brut = 28' Qint brut = 0,54 m3/s-1
 Tm net = 18 Qint net = 0,34 m3/s-1
 Tb brut = 60'
 Tb net = 74'
 Tb = 64' peu précis (traîne ?)

05.09.65 Qmax = 2,08 m3/s-1 inutilisable pas de pluviographe

09.09.65 inutilisable.

Conclusion : Tm = 20' Tb = 70' valables pour juillet.

Estimation du coefficient α:

17.07.65 (pas très loin de l'averse unitaire)

$$Vr = 14400 \text{ m3} \quad Tb = 82' = 4920 \text{ s} \quad Qr = \frac{14400}{4920} = 2,92 \text{ m3/s-1}$$

Qmax r = 7,20 au lieu de 7,35 m3/s-1 (Qmax) α = 2,45

20.07.65

$$Vr = 2000 \text{ m3} \quad Tb = 58' = 3480 \text{ s} \quad Qr = \frac{2000}{3480} = 0,575 \text{ m3/s-1}$$

Qmax r = 1,40 au lieu de 1,51 m3/s-1 α = 2,43

21.07.65

$$Vr = 7030 \text{ m3} \quad Tb = 82' = 4920 \text{ s} \quad Qr = \frac{7030}{4920} = 1,43 \text{ m3/s-1}$$

Qmax r = 2,97 au lieu de 3,35 m3/s-1 α = 2,08
 Valeur trop faible Tb trop faible (voir plus haut)

26.07.65 (unitaire mais faible et récession bizarre)

$$Vr = 657 \text{ m3} \quad Tb = 78' = 4670 \text{ s} \quad Qr = \frac{657}{4670} = 0,14 \text{ m3/s-1}$$

Qmax r = 0,41 au lieu de 0,42 m3/s-1 α = 2,9

Conclusion : α = (2,5)

Valeurs de Kr :

17.07.65	Pm = 50,2 mm	Imax = 138 mm/h	Qmax = 7,35 m3/s-1	Hr = 6,1 mm	Kr = 12,2 %
		Ta = 5 jours?			
09.09.65	Pm = 52,6 mm	Imax = 96 mm/h	Qmax = 5,56 m3/s-1	Hr = 6,7 mm	Kr = 12,7 %
		Ta = 1 jour		Bon indice d'humidité antérieur	
21.07.65	Pm = 42,9 mm	Imax = 72 mm/h	Qmax = 3,35 m3/s-1	Hr = 2,97 mm	Kr = 6,9 %
		Ta = 1 jour			
30.08.64	Pm = 55,6 mm	Imax = 76 mm/h	Qmax = 2,05 m3/s-1	Hr = 2,4 mm	Kr = 6,4 %
		Ta = 2 jours			
20.07.65	Pm = 23,6 mm	Imax = 66 mm/h	Qmax = 1,51 m3/s-1	Hr = 0,85 mm	Kr = 3,6 %
		Ta = 3 jours			
14.08.64	Pm = 43 mm	Imax = 70 mm/h	Qmax = 1,41 m3/s-1	Hr = 2,4 mm	Kr = 5,07 %
		Ta = 8 jours			
26.07.64	Pm = 22,1 mm	Imax = 90 mm/h	Qmax = 0,414 m3/s-1	Hr = 0,26 mm	Kr = 1,25 %
		Ta = 2 jours			

On peut adopter la courbe He du rapport pour représenter Hr.

Hr < He mais nos valeurs de Hr sont plus grandes que celles du rapport surtout parce que la surface du bassin est plus petite que l'ancienne.

 P10 = 105 mm P10 = 100 mm On trouve sur la courbe Hr10 mm = 18,5 mm
 d'où Kr10 = 18,5 %

On peut admettre Kr100 mm = Kr10 = 18,5 %

 P70 mm = 66,5 mm On trouve sur la courbe Hr70 mm = 9,3 mm
 d'où Kr70 mm = 14 %

3°) - KOUNTKOUZOUT STATION-SECONDAIRE-SS. S = S. 265 Km²

Base de l'étude : hydrogrammes originaux et données des pluviographes pour certaines averse.

Estimations de Tm et Tb

24.08.64	1° épisode Tm = 8'	Qmax = 1,93 m ³ /s-1 Tb brut = 18,5' Tb net = 23'	Durée du corps 5' unitaire. cassure nette Qint brut = 0,450 m ³ /s-1s Qint net = 0,350 m ³ /s-1
			2° épisode pluie très longue.
11.09.64	Tm brut = 11'	Qmax = 3,75 m ³ /s-1 Tb brut = 22,5' Tb net = 27,0'	Pas tout à fait unitaire. cassure Qint brut = 0,750 m ³ /s-1 Qint net = 0,400 m ³ /s-1
11.06.65	Tm brut = 11' Tm net = 7'	Qmax = 2,55 m ³ /s-1 Tb brut = 22,5' Tb net = 27,0'	Qint brut = 0,850 m ³ /s-1 Qint net = 0,500 m ³ /s-1
01.08.65		Qmax = 2,5 m ³ /s-1 Tb brut = 25'-7' Tb net = 23'	Corps trop long (durée du corps = 18') Qint brut = 0,75 m ³ /s-1 Qint net = 0,500 m ³ /s-1
02.09.65		Qmax = 2,5 m ³ /s-1 Tb net = 24'	Qint brut = 0,650 m ³ /s-1 Qint net = 0,500 m ³ /s-1

Conclusions sur Tm et Tb :

10 valeurs estimées de Tb net entre 23' et 28'. On admettra Tb net = 25' compte tenu du fait que la durée du corps est souvent trop longue.
Tm difficile à estimer : 7-8 minutes?

Estimation du coefficient α

24.08.64	(presque unitaire)	Qmax = 1,9 m ³ /s-1			
	Vr = 1055 m ³	Tb = 23,5' = 1410 s		$Qr = \frac{1055}{1410} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s-1}$	α = 2,4
		Qmax r = 1,8 m ³ /s-1			
11.09.64	(probablement pas tout à fait unitaire)	Qmax = 3,75 m ³ /s-1			
	Vr = 2300 m ³	Tb = 27' = 1625 s		$Qr = \frac{2300}{1625} = 1,415 \text{ m}^3/\text{s-1}$	α = 2,54
		Qmax r = 3,6 m ³ /s-1			
02.09.65		Qmax = 2,5 m ³ /s-1			
	Vr = 1440 m ³	Tb = 24' = 1440 s		$Qr = \frac{1440}{1440} = 1 \text{ m}^3/\text{s-1}$	α = 2,30
		Qmax r = 2,30 m ³ /s-1			

Valeurs de Kr calculées sur les hydrogrammes :

10.07.64	Pm = 73,4 mm	Imax = 150 mm/h	Qmax = 6,6 m ³ /s-1	Ke = 64 %	Kr = 54,5 %
		Ta = 18 h			
05.08.66	Pm = 52,8 mm	Imax = 200 mm/h	Qmax = 5,1 m ³ /s-1	Ke = 50 %	Kr = 40,5 %
		Ta = 50 h			
16.09.66	Pm = 53,1 mm	Imax = 120? mm/h	Qmax = 4 m ³ /s-1	Ke = 18,4 %	Kr = 17 %
		Ta = 167 h			
11.09.64	Pm < 27 mm	Imax = 126 mm/h	Qmax = 3,75 m ³ /s-1	Ke = 37,8 %	Kr > 32 %
		Ta = 72 h			
11.06.64	Pm = 40,4 mm	Imax = 96 mm/h	Qmax = 2,5 m ³ /s-1	Ke = 22,3 %	Kr = ?
		Ta = 103 h			
01.08.65	Pm = 17,6 mm	Imax = 72 mm/h	Qmax = 2,5 m ³ /s-1	Ke = 52,1 %	Kr = 41 %
		Ta = 44 h			
02.09.65	Pm = 25,2 mm	Imax = 66 mm/h	Qmax = 2,5 m ³ /s-1	Ke = 29,9 %	Kr = 21,5 %
		Ta = 18 h			

24.08.64 1° épisode

Pm = 9 mm I_{max} = 76 mm/h Q_{max} = 1,9 m³/s-1 K_e = 65 % K_r = 44,5 %
Ta = 120 h

Averse du 05.08.66 pris comme base : Ta moyen I_{max} un peu fort, mais compensé par une traîne significative : K_r peut être légèrement trop élevé par rapport à la moyenne.

K_{r10} : P10 = 85 mm P10 = 85 mm

52,8 x 0,405 = 21,3
29,2 x 0,65 = 19
3 x 0 = 0 (traîne)

$$K_{r10} = \frac{40,3}{85} = 47,5 \%$$

H_{r10} = 40,3 mm

K_{r100} mm : P100 = 100 mm

52,8 x 0,405 = 21,3
29,2 x 0,65 = 19
13,5 x 0,70 = 9,4
2 x 0 = 0

$$K_{r100} \text{ mm} = 50 \%$$

H_{r100} mm = 49,7 mm

K_{r70} mm : P70 = 70 mm

52,8 x 0,405 = 21,3
15,2 x 0,60 = 9,1
4,5 x 0 = 0

$$K_{r70} \text{ mm} = \frac{30,4}{70} = 43,5 \%$$

H_{r70} mm = 30,4 mm

4°) - KOUNTKOUZOUT STATION BARRAGE : SB

S = 0.707 Km²

Base de l'étude : hydrogrammes originaux et quelques données du pluviographe PEI à 1600 m du bassin (moins important par suite de T_m et T_b très long). L'hydrogramme est systématiquement à deux pointes ce qui s'explique par deux zones de ruissellement, amont et aval, tendant à se confondre en une pointe lorsque la crue est trop forte.

Estimation de T_m et T_b :

- Campagne 1965 :

30.08.65 Q_{max} = 0,515 m³/s-1
T_b brut = 66' T_b net = 78'

- Campagne 1966 :

26.05.66 Q_{max} = 1,04 m³/s-1
T_m net = 30' T_b net = 72' ?
T_b brut = 60'

20.07.66 Q_{max} = 0,61 m³/s-1
T_m brut = 30' T_b net = 72'
T_b brut = 60'

05.08.66 Q_{max} = 1,61 m³/s-1
(corps efficace 10-18' unitaire mais traîne)

T_m brut = 40' peut-être un peu forte (partie préliminaire)
T_b brut = 65-67' T_b net = (80') (influence de la traîne)

- Campagne 1967 :

16.08.67 Q_{max} = 3,06 m³/s-1
T_m brut = 30'
T_b brut = 60' T_b net = 72'

24.07.67 Q_{max} = 1,36 m³/s-1
T_m brut = 34'
T_b brut < 60 T_b net < 72'

Conclusion : T_m = (30') plus long que dans le recueil, on considère la seconde pointe. (exemple du 05.08.66)

T_b = 72' cas spécial bassin très long avec deux zones ruisselantes.

Estimation du coefficient α :

30.08.65 $Q_{max} = 0,515 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
-- 916
 $V_r = 916 \text{ m}^3 \quad T_b = 78' = 4675 \text{ s} \quad Q_r = \frac{916}{4675} = 0,196 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max r} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = 2,55$

05.08.66 $Q_{max} = 1,61 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
-- 2840
 $V_r = 2840 \text{ m}^3 \quad T_b = 80' = 4800 \text{ s} \quad Q_r = \frac{2840}{4800} = 0,593 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max r} = 1,52 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = 2,56$

Conclusion = 2,5-2,6 paraît assez logique.

Estimation de K_r : K_r10 révisé serait voisin de 20 % mais le bassin est traversé par une piste ce qui n'arrange rien, la double pointe rend souvent difficile la séparation du ruissellement et enfin le premier pluviographe est à plus de 1600 m. On a renoncé à une étude systématique.

5°) - IN TIZIOUEN II $S = 0,67 \text{ Km}^2$

Base de l'étude : rapports originaux où presque tous les hydrogrammes et hyétogrammes sont reproduits : pluviographe à la limite des deux bassins IN TIZIOUEN I et II.

Estimation de T_m et T_b

- Campagne 1959

03.08.59 $Q_{max} = 2,65 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad H_e = 2,4 \text{ mm}$ corps efficace
 $T_m \text{ net} = 5' \quad \text{dure moins de } 5' \text{ (unitaire)}$
 $T_b \text{ total} = 30'$

06.08.59 $Q_{max} = 7,6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad H_e = 18 \text{ mm}$ corps efficace 16'
 $T_m \text{ brut} = 14' \quad T_m \text{ net} \leq 5' \text{ et non } 18' \text{ (rapport) courte traîne}$
 $T_b \text{ brut} = 40' \quad T_b \text{ net} = 46' \quad (Q_{int} \text{ brut}) = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $(Q_{int} \text{ net}) = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$

A déduire 13,5' pour durée du corps
 $T_b = 32,5'$

13.08.59 $Q_{max} = 2,05 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
1ère crue 1ère pointe du hyétogramme durée 4' à 40 mm/h

$T_m = 4'$
2° pointe du hyétogramme durée 6' à 50 mm/h
 $T_m = 4'$
 T_b pour la première crue : $(50') - (25') = 25'$

- Campagne 1960

18.08.60 $Q_{max} = 5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad H_e = 9 \text{ mm}$ durée du corps efficace 6' pas tout à fait unitaire

$T_m \text{ brut} = 11' \quad T_m \text{ net} = 11 - 3,5 = 7,5'$
 $T_b \text{ net} = 45' \quad \text{à déduire } 10' \text{ à } 12' \text{ (perturbation de la traîne et durée du corps)}$
Pas de cassure.
 $T_b = 33 - 35'$

21.08.60 $Q_{max} = 2,85 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad H_e = 4,2 \text{ mm}$ durée du corps efficace 18 à 21'
 $T_m \text{ brut} = 10' \quad T_m \text{ net} \leq 4' \text{ (pour la pointe } 10/13)$
 $T_b \text{ total} = 38' \text{ pas de cassure}$
à déduire 6 à 7'
 $T_b = 30 - 32'$

Il semble qu'il y a très peu d'écoulement retardé pour la crue du 06.08.59 la cassure peut être due à un léger effet de traîne.

Conclusion : $T_b = 4 \text{ à } 5' \quad T_m = 25 \text{ à } 30'$.

Estimation du coefficient α :

03.08.59 L'averse paraît unitaire et l'écoulement retardé doit être négligeable.

-- 1600
 $V_r = 1600 \text{ m}^3 \quad T_b = 30' = 1800 \text{ s} \quad Q_r = \frac{1600}{1800} = 0,89 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max r} = 2,65 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = 2,97$

06.08.59 amputé de la première partie de l'hydrogramme : 10'

$$V_r = 7700 \text{ m}^3 \quad T_b = 46' - 10' = 36' = 2160 \text{ s} \quad Q_r = \frac{7700}{2160} = 3,56 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$

$$Q_{\max r} = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = 2,10$$

Inutile d'essayer autre chose : il n'y a aucun autre hydrogramme vraiment utilisable à la fois pour l'estimation correcte de T_m et T_b . L'hydrogramme du 03.08.59 est particulièrement aigu. On propose $\alpha = 2,5$?

Valeurs_de_Kr : Estimation de Kr_{10} avec la nouvelle surface $S = 0,67 \text{ Km}^2$

06.08.59	$P_m = 27,8 \text{ mm}$	$I_{\max} = 200 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 7,6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$	$K_r = 56 \%$ (peut-être par défaut)
		$T_a = 1 \text{ jour}$ (petite pluie)		
		$V_r = 10420 \text{ m}^3$		
18.08.60	$P_m = 20 \text{ mm}$	$I_{\max} = 200 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 5,2 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$	$K_r = 42,6 \%$
		$T_a = 2 \text{ jours}$ (petite pluie)		
		$V_r = 5700 \text{ m}^3$		
21.08.60	$P_m = 14,4 \text{ mm}$	$I_{\max} = 75 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 2,85 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$	$K_r = 29 \%$
		$T_a = 2 \text{ jours}$		
		$V_r = 2800 \text{ m}^3$		
03.08.59	$P_m = 9,4 \text{ mm}$	$I_{\max} = 84 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 2,65 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$	$K_r = 25,3 \%$
		$T_a = 2 \text{ jours}$ (petite pluie)		
		$V_r = 1600 \text{ m}^3$		
14.08.59	$P_m = 10 \text{ mm}$	$I_{\max} = 54 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 2,06 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$	$K_r = 50,7 \%$
		$T_a = 0,17 \text{ jours}$		
		$V_r = 3400 \text{ m}^3$		

Excellentes conditions de saturation.

On prend comme base l'averse du 06.08.59 avec $K_r = 60 \%$

$$P_{10} = 50 \text{ mm} \quad \overline{P}_{10} = 50 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} 27,8 \text{ mm} \times 0,6 = 16,7 \\ 22,2 \text{ mm} \times 0,8 = 17,8 \end{array}$$

$$Hr_{10} = 34,5 \text{ mm} \quad Kr_{10} = \frac{34,5}{50} = 70 \%$$

$$P_{70} \text{ mm} = 70 \text{ mm} \quad Hr_{70} \text{ mm} = 34,5 \text{ mm} + 18,5 \text{ mm} \times 0,9 + 1,5 \times 0 = 34,5 + 16,7 = 51,2 \text{ mm}$$

(1,5 mm traîne) (arrondi à 52 mm)

$$Kr_{70} \text{ mm} = \frac{52}{70} = 74 \%$$

$$P_{100} \text{ mm} = 100 \text{ mm} \quad Hr_{100} \text{ mm} = 51,2 \text{ mm} + 27,5 \text{ mm} \times 1 + 2,5 \times 0 = 78,7 \text{ mm}$$

(2,5 mm traîne)

$$Kr_{100} \text{ mm} = \frac{80}{100} = 80 \%$$

6°) - IN TIZIOUEN I : $S = 1,87 \text{ Km}^2$

Base de l'étude : identique à celle de In Tiziouen II

Estimation de T_m et T_b :

- Campagne 1959 :

06.08.59 $Q_{\max} = 21 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $He = 14,1 \text{ mm}$ corps efficace $\leq 16'$ courte traîne
 T_m brut = 22' T_m net = 22-7 = 15' peut-être sous estimé
 T_b brut = 45' T_b net = 45 + 9 = 54' à déduire 9' (corps trop long)
 cassure nette $T_b = 45'$ trop court : décrue perturbée par la traîne

13.08.59 $Q_{\max} = 2,45 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $He = 2,54 \text{ mm}$ corps efficace 14'
 1ère crue T_m brut = 20' T_m net = 22-5 = 17'
 T_b brut = 60'? T_b net = 69' à déduire 7' $T_b = 62'?$

14.08.59 $Q_{\max} = 3,15 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $He = 4,65 \text{ mm}$ corps efficace 16' traîne
 2ème crue T_m brut = 26' T_m net = 19' Q_{int} brut = 2,8 m^3/s^{-1}
 T_b brut = 74' T_b net = 74 + 9 = 83' Q_{int} net = 2,4 m^3/s^{-1}
 à déduire 7' = $T_b = 76'$

Temps de base plus long qu'au début des pluies vers le 1er août.

- Campagne 1960

18.08.60 $Q_{max} = 12,7 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $He = 6,4 \text{ mm}$ corps efficace : 6' unitaire homogène traîne courte
 $T_m \text{ brut} = 3,5'$ (flotteur bloqué au début de la crue)
 $T_b \text{ brut} = 24'$ + quelques minutes pour déclenchement limnigraphe
 $T_b \text{ net} = 33'$ + ? T_b probablement entre 48 et 55'
 $Q_{int} \text{ brut} = 2,25 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{int} \text{ net} = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}-1$

21.08.60 $Q_{max} = 9,9 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $He = 5,1 \text{ mm}$ corps efficace 15' hétérogène.
 $T_m \text{ brut} = 10'$ le ruissellement ne couvre pas tout le bassin.
 $T_b \text{ brut} = 29'$ $T_b \text{ net} = 38'$ (hétérogène)

23.08.60 $Q_{max} = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $He = 9,1 \text{ mm}$ corps efficace 10' (pour la pointe)
 $T_m \text{ net} = 15'$
 $T_b \text{ brut} = 48'$ $T_b \text{ net} = 57'$ traîne
 $Q_{int} \text{ brut} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{int} \text{ net} = 1,05 \text{ m}^3/\text{s}-1$

Conclusion :

Le choix est délicat : on propose $T_m = 15-18'$ $T_b = 45-55'$

Estimation du coefficient α :

06.08.59 pas très éloigné d'une averse unitaire

$$V_r = 26850 \text{ m}^3 \quad T_b = 54' = 3240 \text{ s} \quad Q_r = \frac{26850}{3240} = 8,3 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Q_{max} r = 20,3 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad \alpha = \frac{20,3}{8,3} = 2,44$$

18.08.60 La première partie du diagramme n'a pas été enregistrée

21.08.60 = hétérogène

$$V_r = 7000 \text{ m}^3 \quad T_b = 38' = 2280 \text{ s} \quad Q_r = \frac{7000}{2280} = 3,08 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Q_{max} r = 9,4 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad \alpha = 3,03$$

Trop fort par suite de pluie de pluie hétérogène déformant le diagramme

23.08.60 Hétérogène mais le diagramme est moins déformé par suite de K_r plus élevé

$$V_r = 12700 \text{ m}^3 \quad T_b = 57' = 3420 \text{ s} \quad Q_r = \frac{12700}{3420} = 3,72 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Q_{max} r = 10,4 \quad \alpha = 2,8$$

trop fort mais moins que le précédent

Conclusion : $\alpha = 2,4-2,5$

Valeurs de K_r Estimation de K_{r10} : (calcul fait sur les hydrogrammes)
(déduction faite de l'écoulement retardé)

06.08.59	$P_m = 26 \text{ mm}$	$Imax = 200 \text{ mm/h}$ $T_a = 2 \text{ jours ?}$	$Q_{max} = 21 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 26850 \text{ m}^3$	$K_r = 55,5 \%$
18.08.60	$P_m = 20,7 \text{ mm}$	$Imax = 200 \text{ mm/h}$ $T_a = 2 \text{ jours (pluie faible)}$ manque partie antérieure de limnigraphe.	$Q_{max} = 12,7 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 6000 \text{ m}^3$	$K_r = 15,5 \% + ?$
23.08.60	$P_m = 16,2 \text{ mm}$	$Imax = 120 \text{ mm/h}$ $T_a = 2 \text{ jours}$	$Q_{max} = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 12700 \text{ m}^3$	$K_r = 42 \%$
21.08.60	$P_m = 14,6 \text{ mm}$	$Imax = 75 \text{ mm/h}$ $T_a = 2 \text{ jours}$	$Q_{max} = 9,9 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 7000 \text{ m}^3$	$K_r = 25,6 \%$
14.08.59 2ème crue	$P_m = 10 \text{ mm}$	$Imax = 54 \text{ mm/h}$ $T_a = 0,17 \text{ jours}$ humidité antérieure élevée	$Q_{max} = 3,15 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 5750 \text{ m}^3$	$K_r = 30,7 \%$

Averse de base : celle du 06.08.59

7°) IN AZENA S = 2,61 Km².

Base_de_l'étude : même rapport que pour les bassins précédents mais seule l'année 1959 a été observée.

Estimation de Tm et Tb

06.06.59 Qmax = 8,6 m³/s-1 He = 7,8 mm corps efficace, durée 13' ou 18' pour la pointe
Tm brut = 18' durée totale 51'
Tm net = 10' ?

Tb brut = 110
pas d'écoulement retardé pas de cassure

à déduire 40' Tb = 70' maximum

Tm court pluie surtout concentrée sur l'aval

13.08.59 Qmax = 7 m³/s-1 He = 7,65 mm corps efficace, durée 10' à 12', traîne
Tm brut = 10'
Tm net = 10' ? Tb impossible à calculer correctement
Tb = 70 ? - 5 = 65' ?

14.08.59 Qmax = 7,75 m³/s-1 He = 9,65 mm corps efficace, durée 16'

2ème crue

Tm brut = 19' Pluie forte surtout sur l'aval
Tm net = 10' Cassure nette
Tb brut Tb net = 95' à déduire 15'-20'
Tb = 75-80' Qint brut = 1,35 m³/s-1

Fin de décrue peu explicable dure 2 heures alors que la traîne dure 20' et que souvent il n'y a pas d'écoulement retardé, peut-être le puits du limnigraphe s'est-il bouché ?
De façon générale, les durées efficaces sont ici très différentes de celles du rapport où la capacité d'absorption est représentée par une horizontale et non une courbe rapidement décroissante après élimination de la pluie d'absorption. En réalité, très souvent la fin de la pluie efficace n'intervient pas dans le temps de montée.

Conclusion : Tm = 10' Tb = 75' bassin très long

Estimation du coefficient α : Plutôt difficile

06.08.59 Durée dépasse nettement celle de l'averse unitaire.

Vr = 20400 m³ Tb = 110' x 60 = 6600 s $Qr = \frac{20400}{6600} = 3,09$ m³/s-1

Qmax r = 8,6 m³/s-1

14.08.59 L'hydrogramme est corrigé pour que $\alpha = \frac{8,6}{3,09} = 2,8$

2è averse Tm soit ramené à 10'

Vr = 16100 m³ Tb corrigé = 84' = 5040 s $Qr = \frac{16100}{5040} = 3,2$ m³/s-1

Qmax r = 7,65 m³/s-1

Conclusion = 2,4 ? $\alpha = \frac{7,65}{3,2} = 2,4$

Valeurs de Kr - Estimation de KR10 :

06.08.59 Pm = 20 mm Imax = 60 mm/h Qmax = 8,6 m³/s-1 Kr = 39 %
Ta = 1 jour (petite pluie) Vr = 20400 m³

14.08.59 Pm = 15 mm Imax = 38 mm/h Qmax = 7,75 m³/s-1 Kr = 46 %
2è averse Ta = 0,12 jour Vr = 18200 m³/s-1 (sous estimé ?)
saturation exceptionnelle (sous estimé ?)

13.08.59 Pm = 19,8 mm Imax = 60 mm/h Qmax = 7 m³/s-1 Kr = 35 %
Ta = 0,2 jour Vr = (18000 m³)

Crue de base celle du 06-08-59

P10 = 50 mm P10 = 47 mm 20 x 0,39 = 7,8 mm
27 x 0,70 = 19 mm

Kr10 = $\frac{26,8}{47} = 57$ %

26,8 mm

P70 mm = 66 mm Hr70 mm = 26,8 mm + 1 x 0 + 18 x 0,8 = 41,2 mm

41,2

Kr70 mm = $\frac{66}{41,2} = 63 \%$

66

P100 mm = 94 mm Hr100 mm = 41,2 mm + 2 x 0 + 26 x 0,85 = 63,3 mm

63,3

Kr100 mm = $\frac{94}{63,3} = 68 \%$

94

Estimation encore plus hasardeuse que les deux précédentes.

8°) ANSOURI S = 0,69 Km²

Base de l'étude : Rapports originaux comprenant en annexe presque tous les hydrogrammes et les hyétogrammes.

Estimation de Tm et de Tb

- Campagne 1963

14.07.63 Qmax = 1,78 m³/s-1 Hr = 4,45 mm corps efficace 10' unitaire
Tm brut = Tm net = 27' homogène
Tb brut = 59' Tb net = 59' + 12' = 71' cassure Qint brut = 0,28 m³/s-1
Tb = 71' Qint net = 0,12 m³/s-1

09.08.63 Qmax = 1,45 m³/s-1 Hr = 3,22 mm corps efficace 5' unitaire
Tm net = 27' Tb net = 69' cassure nette sans log
Qint net = 0,12 m³/s-1

- Campagne 1964

04.08.64 Qmax = 2,34 m³/s-1 Hr = 5,22 mm corps efficace 5' unitaire
Tm net = 29' légère traîne
Tb brut = 66'
Tb net = 66' + 12' = 78' Qint brut = 0,30 m³/s-1
Tb = 78' Qint net = 0,20 m³/s-1

- Campagne 1965

17.07.65 Qmax = 1,12 m³/s-1 Hr = 3,26 mm corps efficace 10' unitaire
Tm = 36' (courbe molle)
Tb brut = 69' Tb net = 69' + 12' = 81' cassure
Tb = 81' Qint brut = 0,15 m³/s-1
Qint net = 0,10 m³/s-1

21.07.65 Qmax = 1,785 m³/s-1 Hr = 4,5 mm corps efficace 24' non unitaire
Tm brut = 44' Tm net = 44' - 11' = 33' cassure Qint brut = 0,55 m³/s-1
Tb brut = 65' Tb net = 65' + 12' = 77' Qint net = 0,29 m³/s-1
à déduire 10' Tb = 67'

07.08.65 Qmax = 2,56 m³/s-1 Hr = 6,02 mm corps efficace 24' non unitaire, traîne
Tm brut = 38' Tm net = 38' - 11' = 27'
Tb brut = 73' Tb net = 73' + 12' = 85' à déduire 10' cassure
Tb = 75' Qint brut = 0,36 m³/s-1
Qint net = 0,22 m³/s-1

05.09.65 Qmax = 3,98 m³/s-1 Hr = 14,9 mm corps efficace 24', non unitaire, traîne
Tm brut = 31' Tm net = 20'
Tb déterminé directement sur l'hydrogramme (perturbé par la traîne)
Tb = 122' certainement allongé par la traîne très importante

Conclusion : Tm = 27' Tb = 70' (paraît croître pendant la saison des pluies)

Estimation du coefficient α :

14.07.63 averse unitaire durée du corps 10'
Vr = 3080 m³ Tb = 71' = 4260 s Qr = $\frac{3080}{4260} = 0,722$ m³/s-1
Qmax r = 1,71 m³/s-1 $\alpha = \frac{1,71}{0,722} = 2,36$

09.08.63 averse unitaire durée du corps 5'
Vr = 2220 m³ Tb = 69' = 4130 s Qr = $\frac{2220}{4130} = 0,537$ m³/s-1
Qmax r = 1,40 m³/s-1 $\alpha = \frac{1,40}{0,537} = 2,70$

25 et 26.08.63 non unitaire $\alpha = 3,7$
 La forme de l'hydrogramme s'explique parfaitement

04.08.64 averse unitaire durée du corps 5' légère traîne
 $V_r = 3588 \text{ m}^3$ $T_b = 78' = 4680 \text{ s}$ $Q_r = \frac{3588}{4680} = 0,77 \text{ m}^3/\text{s-1}$
 $Q_{\max r} = 2,27 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $\alpha = \frac{2,27}{0,77} = 2,98$
 α fort résulte de T_b un peu long.

17.07.65 averse unitaire durée du corps 10' concentrée un peu sur l'amont.
 $V_r = 2250 \text{ m}^3$ $T_b = 81' = 4860 \text{ s}$ $Q_r = \frac{2250}{4860} = 0,46 \text{ m}^3/\text{s-1}$
 $Q_{\max r} = 1,12 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $\alpha = \frac{1,12}{0,46} = 2,43$

21.07.65 averse non unitaire
 $V_r = 3100 \text{ m}^3$ $T_b = 77' = 4620 \text{ s}$ $Q_r = \frac{3100}{4620} = 0,671 \text{ m}^3/\text{s-1}$
 $Q_{\max r} = 1,84 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $\alpha = \frac{1,84}{0,671} = 2,75$
 Non unitaire T_b trop long, trop fort.

07.08.65
 $\alpha = 3,06$ pour la même raison : non unitaire

Conclusion : par raison de sécurité, on prend $\alpha = 2,7$ alors que 2,5-2,6 serait peut-être plus vraisemblable.

Valeurs de K_r - Estimation de K_{r10}

05.09.65	$P_m = 57,6 \text{ mm}$ $T_a = 1,3 \text{ jours}$	$I_{\max} = 110 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 3,98 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 10300 \text{ m}^3$	$K_r = 25,8 \%$
07.08.65	$P_m = 53,2 \text{ mm}$ $T_a = (0,15 \text{ jour})$	$I_{\max} = 100 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 2,56 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 4160 \text{ m}^3$ traîne importante	$K_r = 11,35 \%$
04.08.64	$P_m = 39 \text{ mm}$	$I_{\max} = 121 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 3588 \text{ m}^3$	$K_r = 13,4 \%$
25 et 26.08.63	$P_m = 42,5 \text{ mm}$ $T_a = 4,5 \text{ jours}$		$Q_{\max} = 2,00 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 2100 \text{ m}^3$	$K_r = 7,2 \%$
21.07.65	$P_m = 47,8 \text{ mm}$	$I_{\max} = 93 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 1,785 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 3100 \text{ m}^3$	$K_r = 9,4 \%$
14.07.63	$P_m = 44,7 \text{ mm}$ $T_a = 2 \text{ jours}$ (pluie faible)	$I_{\max} = 130 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 1,78 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 3080 \text{ m}^3$	$K_r = 10 \%$
09.08.63	$P_m = 21,7 \text{ mm}$ $T_a = 0,05 \text{ jour}$	$I_{\max} = 130 \text{ mm/h}$	$Q_{\max} = 1,45 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $V_r = 2220 \text{ m}^3$	$K_r = 14,9 \%$

La courbe H_e du rapport est valable pour H_r révisé $= \frac{V_r}{S} = \frac{V_r}{0,69}$

On l'utilise pour le calcul de K_{r10} etc.

$P_{10} = 105 \text{ mm}$ $P_{10} = 105 \text{ mm}$ $H_{r10} = 27 \text{ mm}$
 $K_{r10} = 26 \%$

On détermine sur la courbe $H_{r70} \text{ mm} = 14,7 \text{ mm}$

$K_{r70} \text{ mm} = \frac{14,7}{70} = 21 \%$

$H_{r100} \text{ mm} = 25 \text{ mm}$

$K_{r100} \text{ mm} = \frac{25}{100} = 25 \%$

9° JALAFANKA : S = 0,81 Km²

Base_de_l'étude : Rapport hydrologique de la Mare d'Oursi (en particulier les tableaux des caractéristiques des crues). Hydrogrammes originaux et listing donnant les intensités des précipitations aux différents intervalles de temps pour la station DP1 du bassin et la station météo après révision systématique faite par l'équipe habituelle du laboratoire d'hydrologie.

Estimation_de_Tm_et_de_Tb : Quelques difficultés pour Tb. Il y a incontestablement un écoulement retardé après le ruissellement superficiel mais comme il s'agit d'un bassin imperméable et à pente pas très forte, il faut aller chercher la cassure très loin sur le tarissement de l'hydrogramme pour des débits très faibles pour lesquels la sensibilité de la station et les moindres défauts de fonctionnement du limnigraphe jouent un rôle très important.

- Campagne 1977 :

12.06.77 Qmax = 4,20 m³/s-1 Hr = 17,9 mm Hyétogramme inconnu unitaire ?
Tm (net?) = 30' cassure nette
Tb brut = 170' Tb net = 170 + 34 = 204' Qint brut = 0,070 m³/s-1
(fin d'écoulement après 260') Qint net = 0,020 m³/s-1
Bon exemple, c'est à peu près le seul.

04.07.77 (B3) Qmax = 1,79 m³/s-1 Hr = 7,3 mm corps 16', durée totale d'averse 26'
Tm net = 34' cassure
Tb brut = 173' Tb net = 173 + 34 = 207' Qint brut = 0,035 m³/s-1
Qint net = 0,010 m³/s-1

13.08.77 (B10) Qmax = 2 m³/s-1 Hr = 11,4 mm durée averse 21' unitaire
Tm net = 40'
Tb brut = 194'? Tb net = 228' (août)

La fin de l'hydrogramme est au contact de la seconde crue d'où légère incertitude sur Tb (Q = 0,018 m³/s-1)

29.08.77 averse trop longue 75'

22.09.77 Qmax = 4,57 m³/s-1 Hr = 25,2 mm Hyétogramme inconnu
Tb brut = 215' Tb net = 250' (septembre)

- Campagne 1978 :

07.09.78 (C14) Qmax = 3,19 m³/s-1 Hr = 21 mm durée de l'averse efficace 64'
Tb net = 254' à déduire 50' (durée de l'averse)
Tb = 204' (court pour septembre)
déduction de 50' trop importante ?

- Campagne 1979 :

11.07.79 (D7) Qmax = 1,15 m³/s-1 Hr = 4,8 mm durée de l'averse 20'
Tm net = à peine 30' Qint brut = 0,040 m³/s-1
Tb brut = 130' Qint net = 0,020 m³/s-1
Tb net = 167' cassure
Ruissellement partiel ?

- Campagne 1980 : inutilisable ; les fins de décrue ne sont pas enregistrées (ensablement du puits du limnigraphe).

- Campagne 1981 :

21.07.81 (F8) Qmax = 1,05 m³/s-1 Hr = 6,1 mm durée totale de l'averse 60'
Tb brut = 155' Tb net = 155' + 34' = 189' cassure nette
Qint brut = 0,050 m³/s-1
Qint net = 0,018 m³/s-1

01.08.81 (F12) Qmax = 0,573 m³/s-1 Hr = 3,6 mm durée du corps 10', à 15' totale 67'
1 pointe secondaire dans la traîne
Tb brut = 210' Tb net = 227' cassure nette
Qint brut = 0,024 m³/s-1
Un peu allongé par la pointe secondaire Qint net = 0,012 m³/s-1

05.08.81 (F13) $Q_{max} = 3,64 \text{ m}^3/\text{s}-1$ Hr = 18,8 mm corps 30-35' durée averse 205'
 Tb net = 290' cassure assez nette
 à réduire certainement pour une partie de la durée de l'averse.
 $Q_{int} \text{ brut} = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{int} \text{ net} = 0,034 \text{ m}^3/\text{s}-1$

18.08.81 Rien à en tirer

22.08.81 $Q_{max} = 6,47 \text{ m}^3/\text{s}-1$ Hr = 24 mm corps pour la pointe 15' unitaire
 durée totale 45'
 $T_m \text{ net} = 30'$ Tb = 285' pour $Q_{int} \text{ net} = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}-1$ cassure invisible
 Conclusion : T_m nettement 30-3 Tb = 200' en juillet 250' environ en septembre.

Estimation du coefficient α :

12.06.77 d'après l'hydrogramme, cette averse serait unitaire
 $V_r = 14440 \text{ m}^3$ Tb = 204' = 12200 s $Q_r = \frac{14440}{12200} = 1,185 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{max r} = 4,2 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $\alpha = \frac{4,2}{1,185} = 3,55$

04.07.77 unitaire
 $V_r = 5900 \text{ m}^3$ Tb = 207' = 12400 s $Q_r = \frac{5900}{12400} = 0,476 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{max r} = 1,79 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $\alpha = \frac{1,79}{0,476} = 3,76$

21.07.81 à peu près unitaire mais traîne
 $V_r = 4960$ Tb = 189' = 11400 s $Q_r = \frac{4960}{11400} = 0,434 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{max r} = 1,05 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $\alpha = \frac{1,05}{0,434} = 2,4$
 2,4 est certainement trop faible d'après le hyétogramme

01.08.81
 $V_r = 2930 \text{ m}^3$ Tb = 227' = 13600 s $Q_r = \frac{2930}{13600} = 0,216 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $Q_{max r} = 0,576 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $\alpha = \frac{0,576}{0,216} = 2,67$

Conclusion : Il est bien regrettable qu'on ne connaisse pas le hyétogramme de l'averse du 12-06-77. C'est peut-être une valeur surestimée mais il est plus prudent de prendre $\alpha = 3,6$ qui paraît valable pour les fortes averses en juillet. Cette prudence s'impose d'autant plus que pour les forts débits les estimations sont incertaines, la section de jaugeage étant encadrée de barrages plus ou moins étanches.

Valeurs de K_r - Estimation de K_{R10}

22.08.81	$P_m = 34,5 \text{ mm}$	$I_{max} = 156 \text{ mm/h}$	$Q_{max} = 6,47 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 69,7 \%$
2ème averse	Ta < 1 jour	$V_r = 19500 \text{ m}^3$	$V_r = 0,48 \%$	
22.09.77	$P_m = 65,1 \text{ mm}$		$Q_{max} = 4,57 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 40,2 \%$
		$V_r = 21200 \text{ m}^3$	$V_r = 0,47 \%$	
12.06.77	$P_m = 54,0 \text{ mm}$		$Q_{max} = 4,20 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 33 \%$
	Ta grand	$V_r = 14440 \text{ m}^3$	$V_r = 1,08 \%$	
05.08.81	$P_m = 39,9 \text{ mm}$	$I_{max} = 84 \text{ mm/h}$	$Q_{max} = 3,64 \text{ m}^3/\text{s}-1$	erreur dans le rapport $K_r = 47 \%$
	Ta \approx 2 jours	$V_r = 15215 \text{ m}^3$	$V_r = 2,45 \%$	
29.08.77	$P_m = 35,7 \text{ mm}$	$I_{max} = 50,4 \text{ mm/h}$	$Q_{max} = 3,19 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 72 \%$
	Ta \approx 2 jours	$V_r = 20700 \text{ m}^3$	$V_r = 0,5 \%$	
26.07.81	$P_m = 30,2 \text{ mm}$	$I_{max} = 96 \text{ mm/h}$	$Q_{max} = 3,19 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 46 \%$
	Ta = 1 jour	$V_r = 11240 \text{ m}^3$	$V_r = 1,4 \%$	
13.08.77.	$P_m = 21,2 \text{ mm}$	$I_{max} = 109,3 \text{ mm/h}$	$Q_{max} = 2,00 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 53,6 \%$
	Ta grand	$V_r = 9240 \text{ m}^3$	$V_r = 0,9 \%$	
04.07.77	$P_m = 20,3 \text{ mm}$	$I_{max} = 96,0 \text{ mm/h}$	$Q_{max} = 1,79 \text{ m}^3/\text{s}-1$	$K_r = 36 \%$
	Ta = 1 jour	$V_r = 5900 \text{ m}^3$	$V_r = 1,6 \%$	

21.07.81 Pm = 26,5 mm I_{max} = 108 mm/h Q_{max} = 1,05 m³/s-1 Kr = 23 %
Ta & 2 jours Vr = 4960 m³ Vr = 2,6 %

01.08.81 Pm = 12,6 mm I_{max} = 36 mm/h Q_{max} = 0,573 m³/s-1 Kr = 29,2 %
Ta & 1 jour Vr = 2930 m³ Vr = 3,2 %

Conclusion Hr > 20 mm (16000 m³) Vr moyen = 0,5 %

La correction à apporter à la courbe Lr (Hr) = F (Pm) du rapport de la Mare d'Oursi est pratiquement nulle pour retrouver nos valeurs Hr.

10 mm < Hr < 20 mm Vr = 1,3 % correction Hr (Lr) = 1,3 %
Hr < 10 mm Vr = 2,5 % correction Hr (Lr) = 2,5 %

Seule la partie haute de cette courbe nous intéresse ; de plus vérification faite, cette courbe nous paraît parfaitement valable. On l'utilisera donc pour les valeurs de Kr élevées.

P10 = 75 mm P10 = 75 mm Hr = 45 mm
45
Kr10 = $\frac{45}{75} = 60\%$
--- 75
P70 mm = 70 mm Hr70 mm = 41,25 mm
41,25
Kr70 mm = $\frac{41,25}{70} = 59\%$
---- 70
P100 mm = 100 mm Hr = 63,5 mm
Kr100 mm = 63,5 arrondi à 64 %

10°) MOGODE B : S = 0,94 Km²

Base de l'étude : Rapport original sur les Kapsiki avec un seul hydrogramme, celui du 18-09-60 et un seul hyétogramme avec une échelle des temps peu compréhensible. Heureusement que le tableau des caractéristiques donne la durée de la pluie efficace ce qui correspond à peu près à la durée du corps efficace et que la séparation du ruissellement superficiel se fait dans les conditions que nous avons adoptées ; donc les valeurs de Tb sont les mêmes.

Une seule campagne : 1960. Bassin tropical.

Estimation de Tm et de Tb

24.08.60 (49) Q_{max} = 0,66 m³/s-1 Hr = 1,75 mm corps 8' unitaire
Tm net = 50' Tb net = 120' long mais petite crue donc molle.
(d'après GUISCAFRE)

26.08.60 (51) Q_{max} = 3,06 m³/s-1 Hr = 6,17 mm coprs 12' unitaire
Tm net = 37' On n'a aucune indication permettant de déterminer Tb

04.09.60 (53) Q_{max} = 4,06 m³/s-1 Hr = 11,75 mm corps 46' pas loin
Tm = 45' (net ?) Tb net = 120' - 130' à déduire 20' Tb = 100' ?

18.09.60 (61) Q_{max} = 3,20 m³/s-1 Hr = 7,7 mm corps 21' unitaire (2 pointes espacées de 7')
Tm net = 40' Tb brut = 85'
Tb net = 85' + 0,2 x 85 = 102' cassure nette

Qint brut = 0,95 m³/s-1
Qint net = 0,68 m³/s-1

Conclusion : Tm = 35-40' Tb = 100-110'

Estimation du coefficient α :

18.09.60 (unitaire)

Vr = 7250 m³ Tb = 102' = 6120 s Qr = $\frac{7250}{6120} = 1,18$ m³/s-1
2,93
Qmax r = 2,93 m³/s-1 α = $\frac{2,93}{1,18} = 2,49$

12.10.60 unitaire mais en octobre Tb relativement long

Vr = 6260 m³ (GUISCAFRE) Tb = 120' = 7200 s Qr = $\frac{6260}{7200} = 0,87$ m³/s-1
2
Qmax r = (2 m³/s-1) α = $\frac{0,87}{2} = (2,3)$

04.09.60

Vr = 11090 m³ Tb = 130' = 7800 s Qr = $\frac{11090}{7800} = 1,53$ m³/s-1
3,75
Qmax r = (3,75 m³/s-1) α = $\frac{3,75}{1,53} = (2,45)$

Conclusion : α = 2,5

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10

04.09.60	Pm = 42,6 mm Ta = 4 jours	Imax = 80 mm/h	Qmax = 4,06 m3/s-1 Vr = 11090 m3	Kr = 26 % corps plus fort que la moyenne, saturation médiocre.
18.09.60	Pm = 43,2 mm Ta = 1 jour	Imax = 135 mm/h	Qmax = 3,20 m3/s-1 Vr = 7250 m3	Kr = 18,1 % assez bonne saturation, corps assez faible.
26.08.60	Pm = 33,1 mm Ta = 1 jour	Imax = 120 mm	Qmax = 3,06 m3/s-1 Vr = 5830 m3	Kr = 18,8 % assez bonne saturation. Corps pas brillant.
12.10.60	Pm = 30,5 mm Ta = 1 jour	Imax = 86 mm/h	Qmax = 2,20 m3/s-1 Vr = 6260 m3	Kr = 21,8 % corps pas très fort.
16.09.60	Pm = 37,1 mm Ta = 3 jours	Imax = 68 mm/h	Qmax = 1,27 m3/s-1 Vr = 4160 m3	Kr = 12,9 % conditions d'humidité.
03.08.60	Pm = 44,1 mm Ta = 4 jours	Imax = 66 mm/h	Vr = 5375 m3	Kr = 11,9 % intensité faible.

On a pris comme crue de base celle du 04.09.60.

P10 = 93 mm	P10 = 93 mm	42,6 x 0,24 = 10,2
		42,4 x 0,35 = 14,8
On a supposé une traîne de 8 mm		8 x 0 = 0
		<hr/>
		Hr 10 = 25,0 mm

(peut-être un peu trop long mais on est en régime tropical).

$$KR10 = \frac{25,0}{93} = 26,8 \text{ arrondi à } 27 \%$$

P100 mm = 100 mm
Kr100 mm = 27 %

P70 mm = 70 mm	42,6 x 0,24 = 10,2
	23,4 x 0,30 = 7
	4,0 x 0 = 0
	<hr/>
	Hr 70 mm = 17,2 mm

$$Kr70 = \frac{17,2}{70} = 24,5 \%$$

11°) MOGODE A : S = 1,08 Km²

Base de l'étude : Rapport des bassins de Mogodé (Kapsiki) où on donne peu de détails sur le bassin A. Les aménagements anti-érosifs réalisés sur ce bassin sont très efficaces comme on peut en juger ci-après

Estimation du temps de montée :

L'averse du 26-08-60 avec une pluie efficace de 12' est bien unitaire ; Tm est de 75'. Nous n'avons pas Tb très difficile à estimer, dans le rapport ; on a simplement séparé l'écoulement souterrain du reste. Tb serait peut-être de l'ordre de 300' ?

Valeurs de Kr :

03.08.60	Pm = 36,9 mm Ta = 4 jours	Imax = 195 mm/h	Qmax = 0,27 m3/s-1 Vr = 1700 m3	Kr = 4,1 %
26.08.60	Pm = 36,6 mm Ta = 1 jour	Imax = 100 mm/h	Qmax = 0,68 m3/s-1	Kr = 7,9 %
18.09.60	Pm = 48,8 mm Ta = 1 jour	Imax = 100 mm/h	Qmax = 0,59 m3/s-1	Kr = 5,5 %

P10 = 93 mm	P10 = 93 mm	48,8 x 0,07 = 3,48
		44,2 x 0,15 = 6,10
		<hr/>
		Hr10 = 9,58 mm

Kr10 = 12 %
Kr100 mm = 10-12 % ?
Kr70 mm = 10 % ?

12°) NIAMEY-BASSIN VI : S = 1,0 Km²

Base de l'étude : Rapports originaux sur le Gounti Yéna qui comporte pour la plupart des averses les diagrammes classiques : carte des isohyètes, hyétogrammes, hydrogrammes.
Malheureusement, le bassin n° VI dont l'intérêt était secondaire pour l'étude du Gounté Yéna n'a pas été cartographié à une échelle suffisante et il est difficile d'estimer correctement son indice de pente, de même les sols n'ont pas été cartographiés et ce n'est pas du sable classique de Niamey sur toute la surface.

Estimation de Tm et de Tb :

- Campagne 1963

01.08.63	Qmax = 0,7 m ³ /s-1	Hr = 1,5 mm	durée du corps 24' trop long, petite crue, hydrogramme mou.
	Tm brut = 42'	Tb net = 23'	durée totale 32'
	Tb impossible à bien déterminer.		
01.09.63	Qmax = 0,73 m ³ /s-1	Hr = 0,92 mm	durée du corps 8'
	Tm = 19' trop long,	influence de la partie préliminaire de l'averse	
	Tb brut = 46'	Tb net = 46' + 10' = 56'	cassure
			Qint brut = 0,25 m ³ /s-1
			Qint net = 0,2 m ³ /s-1
04.09.63	Qmax = 1,58 m ³ /s-1	Hr = 3,6 mm	durée du corps 10' presque unitaire
	Tm brut = 10'	Tm net = 7'?	cassure
	Tb brut = 56'	Tb net = 56' + 10' = 66'	
		Tb = 65'	Qint brut = 0,24 m ³ /s-1
			Qint net = 0,2 m ³ /s-1

- Campagne 1965

05.07.65	Qmax = 1,77 m ³ /s-1	Hr = 2,12 mm	
		Tm net = 7'	
		Tb = 50-60'	
01.09.65	Qmax = 1,18 m ³ /s-1	Hr = 1,16 mm	corps 6 à 7'
	Tm brut = 12'	Tm net = 10'	
	Tb brut = 36'	Tb net = 36' + 10' = 46'	Qint net = 0,4 m ³ /s-1
		Tb = 45'	
Conclusion : Tm = 7 à 10'		Tb = 45 à 55'	

Estimation du coefficient α : deux crues seulement sont utilisables.

01.09.63	pas loin d'unitaire mais petite crue		
Vr = 920 m ³	Tb = 56' = 3360 s	Qr = 0,274 m ³ /s-1	
	Qmax r = 0,67 m ³ /s-1	$\alpha = 2,44$	

01.09.65			
Vr = 1160 m ³	Tb = 46' = 2760 s	Qr = 0,421 m ³ /s-1	
	Qmax r = 1,08 m ³ /s-1	$\alpha = 2,57$	

Conclusion : $\alpha = 2,5$

Valeurs de Kr - Estimation de KR10 :

03.09.65	Pm = 75,3 mm	Ta = 1 jour	Qmax = 3,32 m ³ /s-1	Kr = 16,1 %
			Vr = 12100 m ³	un peu fort
04.09.63	Pm = 29,2 mm	Ta = 2 jours	Qmax = 1,58 m ³ /s-1	Kr = 12,3 %
			Vr = 3610 m ³	
01.09.65	Pm = 16,8 mm	Ta = 1 jour	Qmax = 1,18 m ³ /s-1	Kr = 7 %
			Vr = 1160 m ³	
01.09.63	Pm = 26,6 mm	Ta = 4 jours	Qmax = 0,73 m ³ /s-1	Kr = 3,4 %
			Vr = 920 m ³	

P10 = 95 mm P10 = 95 mm
Kr10 estimé = 21-22 % (peut-être un peu fort)
Kr100 mm estimé = 21-22 %
Kr70 mm = 14 % (l'averse du 03-09-65 a une valeur de Kr trop forte)

13°) KODEL : S = 1,05 Km²

Base de l'étude : Rapport hydrologique de la Mare d'Oursi, limnigrammes et listing donnant les intensités de précipitation pour les différents intervalles de temps du pluviographe du bassin comme pour Jalafanka.

Courbe d'étalonnage tendant à donner des débits trop élevés pour les deux plus fortes crues, sans influence sur les courbes de lames écoulées en fonction des précipitations.

Estimation de Tm et de Tb :

- Campagne 1976 :

19.07.76 Qmax = 26,2 m³/s-1 Hr = 22,2 mm Durée de l'averse 18' (pour Tb)
Tm = 13' Tb brut = 60 cassure nette Qint brut = 0,47 m³/s-1
Tb net = 60' + 10' = 70' Qint net = 0,30 m³/s-1
à déduire 12' pour la durée du corps
Tb = 70 - 12' = 58'

02.08.76 Qmax = 6,2 m³/s-1 Hr = 6,48 mm corps = 16' ?
Tm = 14' Tb brut = 56' cassure nette Qint brut = 0,42 m³/s-1
Tb net = 56' + 10' = 66' Qint net = 0,30 m³/s-1
à déduire 10' pour la durée du corps
Tb = 56'

24.08.76 Qmax = 4,95 m³/s-1 Hr = 5,85 mm corps 15-20' mais corps excédentaire 7-8'
Tm = 12-13' Tb brut = 60'
Tb net = 60' + 12' = 72' unitaire, cassure nette
Qint brut = 0,25 m³/s-1
Qint net = 0,18 m³/s-1

- Campagne 1977 :

12.06.77 Qmax = 13 m³/s-1 Hr = 11,35 mm corps 20' - imbibition peut-être 10'
presque unitaire
Tm = 14' Tb brut = 50' cassure nette
Tb net = 50' + 10' = 60' théoriquement il faudrait déduire 4 à 6'
pour avoir Tb.
60' est un maximum Qint brut = 0,37 m³/s-1
Qint net = 0,27 m³/s-1

21.09.77 Qmax = 3,58 m³/s-1 Hr = 4,6 mm Qint brut = 0,30 m³/s-1
Tm = 22' (10' de trop) Qint net = 0,21 m³/s-1
Tb brut = 49' cassure nette
Tb net = 75' à déduire 10' (d'après le corps)
Tb = 65'

09.06.80 Qmax = 9,86 m³/s-1 Hr = 9,6 mm corps efficace 15' ?
Tm net = 12' Tb brut = 49' cassure nette Qint brut = 0,35 m³/s-1
Tb net = 49' + 10' = 59' Qint net = 0,18 m³/s-1
à déduire quelques minutes
Tb = 55' ?

14.08.80 Qmax = 17 m³/s-1 Hr = 16,5 mm
Tm = 14' Tb brut = 45'
Tb net = 55' La décrue est plus ou moins reconstituée
sur le limnigramme.

07.07.81 Qmax = 13,6 m³/s-1 Hr = 13,25 mm corps 15' maximum (pour la pointe)
Tm brut = 17' Tm net = 17' - 5' ou 7' = 10' ou 12'
Tb brut = 60' Qint brut = 0,40 m³/s-1
Tb net = 60' + 10' = 70' Qint net = 0,29 m³/s-1
à déduire 5 ou 7'
Tb = 65'

21.07.81 inutilisable, un peu long ; décrue retardée peut-être par légère pointe tardive.

22.08.81 Qmax = 7,57 m³/s-1 Hr = 8,9 mm corps 10 à 15' presque unitaire.
Tm = 12' Tb brut = 58' Qint brut = 0,31 m³/s-1
Tb net = 58' + 12' = 70' Qint net = 0,20 m³/s-1
à déduire 8'
Tb = 62'

Conclusion : Tm = 12'-13' peut-être un peu fort
Tb = 55'-60' en juin-juillet
65'-70' en septembre

Estimation du coefficient α :

Tous les hydrogrammes présentent une pointe très aigüe, ce n'est pas un problème d'étalonnage (qui se pose pour les deux ou trois plus fortes crues) puisque même les plus faibles crues présentent ce type de pointe, c'est une caractéristique du bassin très particulière : des valeurs de T_m et T_b fortes à cause de la rugosité et une pointe aigüe conduiront à une valeur de α très forte. On ne considèrera ici que les crues unitaires ou presque, les averses de durée plus longues conduisent à des valeurs supérieures à 4 surtout lorsqu'il y a une petite recrudescence dans la traîne.

24.08.76 unitaire

$$\begin{aligned} V_r &= 6130 \text{ m}^3 & T_b &= 72' = 4320 \text{ s} & Q_r &= 1,42 \text{ m}^3/\text{s}-1 \\ & & & & & \frac{4,80}{1,42} &= 3,38 \\ Q_{\max r} &= 4,80 \text{ m}^3/\text{s}-1 & \alpha &= \frac{4,80}{1,42} & & & \end{aligned}$$

09.06.80 presque unitaire

$$\begin{aligned} V_r &= 10100 \text{ m}^3 & T_b &= 59' = 3540 \text{ s} & Q_r &= 2,85 \text{ m}^3/\text{s}-1 \\ & & & & & \frac{9,81}{2,85} &= 3,45 \\ Q_{\max r} &= 9,81 \text{ m}^3/\text{s}-1 & \alpha &= \frac{9,81}{2,85} & & & \end{aligned}$$

22.08.81 presque unitaire

$$\begin{aligned} V_r &= 9350 \text{ m}^3 & T_b &= 70' = 4200 \text{ s} & Q_r &= 2,22 \text{ m}^3/\text{s}-1 \\ & & & & & & \\ Q_{\max r} &= 7,52 \text{ m}^3/\text{s}-1 & \alpha &= 3,37 & & & \end{aligned}$$

Conclusion : $\alpha = 3,3-3,4$.

Valeurs de K_r - Estimation de K_{r10} :

19.07.76	$P_m = 44,1 \text{ mm}$	$T_a \approx 2 \text{ jours}$	$Q_{\max} = 26,2 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $K_r = 50 \%$ surestimé (étalonnage) $V_r = 23300 \text{ m}^3$
14.08.80	$P_m = 37 \text{ mm}$	$T_a \approx 2 \text{ jours}$	$Q_{\max} = 17,00 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $K_r = 44,6 \%$ surestimé ? $V_r = 17300 \text{ m}^3$ Il y a une erreur dans le dépouillement, corrigée ici.
	(flotteur coincé à la montée) (et qui se libère d'un coup ?)		
07.07.81	$P_m = 52,1 \text{ mm}$	$Imax = 118,8 \text{ mm/h}$ $T_a \approx 3 \text{ jours ?}$	$Q_{\max} = 13,6 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 13900 \text{ m}^3$ $K_r = 25,4 \%$
12.06.77	$P_m = 44,2 \text{ mm}$	$Imax = 122,4 \text{ mm/h}$ T_a très long	$Q_{\max} = 13,0 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 11950 \text{ m}^3$ $K_r = 25,7 \%$
09.06.80	$P_m = 32,5 \text{ mm}$	$Imax = 58,8 \text{ mm/h}$ $T_a \approx 1 \text{ jour}$	$Q_{\max} = 9,86 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 10100 \text{ m}^3$ $K_r = 29,4 \%$
22.08.81	$P_m = 30,4 \text{ mm}$	$Imax = 92,4 \text{ mm/h}$ $T_a \approx 2 \text{ jours}$	$Q_{\max} = 7,57 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 9350 \text{ m}^3$ $K_r = 29,3 \%$
02.08.76	$P_m = 39,5 \text{ mm}$	$T_a = 4 \text{ jours ?}$	$Q_{\max} = 6,2 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 6900 \text{ m}^3$ $K_r = 16,4 \%$
24.08.76	$P_m = 35,1 \text{ mm}$	$Imax = 140 \text{ mm/h}$ $T_a = \text{plus. jours}$	$Q_{\max} = 4,95 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $V_r = 6130 \text{ m}^3$ $K_r = 16,7$

La courbe des lames écoulées par rapport à P_m doit être rectifiée pour passer au-dessus de $P_m = 57,5 \text{ mm}$
 $H_r = 11,58 \text{ mm}$ $K_r = 20,02 \%$

Sur le graphique ainsi corrigé, on trouve les valeurs de H_r correspondant aux trois valeurs de K_r calculées ci-dessous :

$P_{10} = 75 \text{ mm}$	$P_{10} = 75 \text{ mm}$	$H_{r10} = 17,5 \text{ mm}$	$K_r = 23,5 \%$
$P_{70} = 70 \text{ mm}$		$H_{r70} = 15,75 \text{ mm}$	$K_r = 21 \%$
$P_{100} = 100 \text{ mm}$		$H_{r100} = 25 \text{ mm}$	$K_r = 25 \%$

14°) NIAHEY BAO - TRESOR : S = 1,54 Km²

Bassin urbain mais avec une grande surface de jardins d'où une proportion notable de couverture végétale et une grande perméabilité. En fait, le ruissellement est dû à la faible proportion de surfaces imperméables : toitures, quelques rues imperméables.

Base de l'étude : comme pour Niamey VI rapport original avec hydrogrammes, hyétogrammes, et cartes d'isohyètes pour toutes les averses notables.

Estimation de Tm et de Tb :

- Campagne 1963 :

14.07.63 Qmax = 2,6 m³/s-1 Hr = 2,7 mm Durée efficace 6' unitaire
(identique à celui d'HERBAUD)
Tm net = 10' Durée totale du corps 36'
Tb net = 57'

à déduire 28,5' pour la durée du corps Tb = 30'

27.07.63 Qmax = 1,92 m³/s-1 Hr = 2 mm

2 pointes :

1ère pointe Tm brut = 15' Tm net = 10'
2ème pointe Tb définitif = 30'

04.09.63 Qmax = 1,26 m³/s-1 Hr = 1,13 mm corps efficace 18' pour la durée du corps.
Tm = 8' Tb net = 45' à déduire 13'

03.09.65 Qmax = 1,9 m³/s-1 Hr = 1,94 mm Tb = 32'
Tb net = 45' à déduire 10'?

Conclusion : Tm = 10' Tb = 30-35' peut-être trop faible par suite de ruissellement partiel.

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 :

Les valeurs de Vr donc de Kr sont identiques à celles calculées par J. HERBAUD dans le rapport ; on déduit de ses courbes :

P10 = 95 mm P10 = 95 mm
Kr10 = 8,5 % (c'est un maximum)

Kr100 mm = 8,5 %

Kr70 mm = 7 %

15°) SOFOYA V :

Ce bassin n'avait pas la priorité dans l'étude de Sofoya, cependant nous avons essayé de tirer le maximum des données rassemblées.

Malheureusement, nous n'avons pas d'éléments précis pour lui donner une classe de relief ; ce n'est sûrement pas R2 et ce n'est sûrement pas R5.

Base de l'étude : Rapports originaux Ouadi Fera Kadjemeur et Sofoya où sont les hydrogrammes des quatre crues observées en deux ans 1966 et 1967. Pas de pluviographe en 1966, étalonnage sommaire en 1967, heureusement, les averses sont assez violentes et très courtes : lit mineur peu encaissé avec sable : sol homogène, reg granitique, pente relativement forte.

Estimation de Tm et Tb

- Campagne 1966 :

23.07.66 Qmax = 16 m³/s-1 He = 19,6 mm unitaire pour Tm Pm = 42 mm
sûrement pas pour Tb
Tm brut = 15' probablement trop long
Tb brut = 110' sûrement trop long

06.08.66 Qmax = 0,42 m³/s-1 He = 0,2 mm Pm = 22 mm
Tm brut = 30'
Tb brut = 60'

- Campagne 1967 :

22.08.67

2ème crue $Q_{max} = 0,43 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $H_e = 0,4 \text{ mm}$ corps 6' $P_m = 10,3 \text{ mm}$
 $T_m \text{ net} = 13'$

31.08.67

$Q_{max} = 15 \text{ m}^3/\text{s}-1$ $H_e = 12,1 \text{ mm}$ $P_m = 20,9 \text{ mm}$
 $T_m = 18'$ On peut en déduire 4' partie préliminaire correspondant au début de l'averse
 $T_m \text{ net} = 14'$
 $T_b \text{ brut}$ déduction faite de $T_m \text{ brut} = 36'$ cassure nette $Q_{int} \text{ brut} = 1 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $T_b \text{ brut} = 36' + 14' = 50'$ (14 temps de montée net) $Q_{int} \text{ net} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}-1$
 $T_b \text{ net} = 50' \times 1,2' = 60'$ un peu long, il y a une légère traîne

Conclusion : $T_m = 13'-14'$ $T_b = 60'$

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 :

23.07.66 Pm = 42 mm Qmax = 16 m3/s-1 (max. observé) Kr = 44 %
Vr = 30100 m3

31.08.67 Pm = 20,9 mm Ta = 2 jours Qmax > 6 m3/s-1 Kr = 54,8 %
Vr = 18580 m3

P10 un peu plus fort que pour Fada

P10 = 50 mm P10 = 50 x 0,97 = 48,3 mm

D'après l'averse du 23.07.66

Kr10 = 50 %

P70 = 68 mm 48,3 x 0,50 = 24,15
17,7 x 0,62 = 11
2 x 0 = 0 (traîne)

Hr70 mm = 35,15 mm

Kr70 mm = $\frac{35,15}{68} = 52 \%$

P100 = 97 mm/h Hr100 mm = 35,15 + 27 x 0,75 + 2 x 0 = 55,35 mm

Kr100 mm = $\frac{55,35}{97} = 57 \%$ arrondi à 60 % compte tenu de la forte extrapolation

16°) **KAOUARA** : S réduit = 2,5 km² après élimination des grès disloqués horizontaux.

Base de l'étude : Rapports originaux des "vallées sèches" avec les hydrogrammes principaux et les hyétogrammes surtout pour la campagne 1965.

Estimation de Tm et Tb :

01.07.65 Qmax = 15,2 m3/s-1 Hr = 12,3 mm Durée du corps 25', pointe aigüe 5'-10' après le début.
Tm brut = 30' Tm net 30-10 = 20' Durée de la pluie donnant lieu à écoulement : 100'.
60' < Tb net < 110' (150'-40' et 110'-60') (Tb probable 90')

03.07.85 Qmax = 13 m3/s-1 Hr = 9,95 mm Durée du corps 15' presque unitaire
Tm brut = 25' Tm net = 25-5=20' Durée de la pluie donnant écoulement : 25-30'
Tb net = 122' à déduire 15'
Tb = 107' maxi (probable 95')

15.08.65 Qmax = 29,4 m3/s-1 Hr = 26,5 mm Durée du corps 35-40' mais pas de traîne.
Tm brut = 44' Tm net = 44-25=19' Qint brut = 0,4 m3/s-1
Tb net = 126' cassure
à déduire 25' (durée du corps trop longue)
Tb = 101'

27.08.65 Qmax = 16,3 m3/s-1 Hr = 17,4 mm Durée du corps 30' pas de traîne ou peu
Tm brut = 48' Tm net = 48-20=28'
Tb net = 120' cassure nette Qint brut = 0,3 m3/s-1
Tb = 120-70' Durée du corps = 100'

29.08.65 Qmax = 17,8 m3/s-1 Hr = 22,2 mm Durée de l'averse 95'
Tb net = 180'
Tb = 95'

Conclusion : Tm = 20' Tb = 90-95'

Estimation du coefficient α :

13.07.65 presque unitaire

$$Vr = 24900 \text{ m}^3 \quad Tb = 107' = 6430 \text{ s} \quad Qr = \frac{24900}{6430} = 3,87 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Qmax \text{ r} = 12,8 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad \alpha = \frac{12,8}{3,87} = 3,30$$

15.08.65 pas de traîne mais pas unitaire

$$Tb = 126' = 7550 \text{ s} \quad Qr = \frac{66290}{7550} = 8,77 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Qmax \text{ r} = 29,2 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad \alpha = \frac{29,2}{8,77} = 3,33$$

27.08.64 pas loin unitaire

$$Vr = 43490 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad Tb = 120' = 7200 \text{ s} \quad Qr = \frac{43490}{7200} = 6,05 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Qmax \text{ r} = 16,2 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad \alpha = \frac{16,2}{6,05} = 2,7$$

(avec un temps de base de 90', l'averse du 13.07.65 a un coefficient de 3,07)

Conclusion : $\alpha = 3$

Valeurs de Kr -- Estimation de Kr10

15.08.65	Pm = 43,1 mm	Ta = 2 jours	Qmax = 29,4 m ³ /s-1 Vr = 66290 m ³	Kr = 61,4 % conditions moyennes
29.08.65	Pm = 50,5 mm	Ta = 2 jours	Qmax = 17,8 m ³ /s-1 Vr = 55390 m ³	Kr = 44 %
27.08.65	Pm = 25,7 mm	Ta = 0,17 jour	Qmax = 16,3 m ³ /s-1 Vr = 43490 m ³	Kr = 67,7 % conditions très favorables
01.07.65	Pm = 42,5 mm	Ta = 7 jours	Qmax = 15,2 m ³ /s-1 Vr = 30745 m ³	Kr = 29 % conditions très défavorables
13.07.65	Pm = 28,8 mm	Ta = 3 jours	Qmax = 13 m ³ /s-1 Vr = 24900 m ³	Kr = 34,6 %

Avec S réduite, on trouve fatalement des valeurs de Kr bien supérieures à celles du rapport, mais la surface éliminée a un écoulement non nul mais négligeable.

On prend comme averse de base celle du 15.08.65 avec une valeur de Kr = 61 %

P10 = 86 mm	P10 = 86 x 93,5 £ 80 mm	43 x 0,61 = 26,3 mm
54,7		35,5 x 0,80 = 28,4 mm
Kr10 = $\frac{54,7}{80} = 68,5$ arrondi à 69 %		1,5 x 0 = 0 mm (traîne)
		<hr/>
		Hr10 = 54,7 mm
Kr70 mm = $\frac{42,65}{65,5} = 65,5$ % arrondi à 66 %		43 x 0,61 = 26,3 mm
		21,8 x 0,75 = 16,35 mm
		<hr/>
		Hr70 mm = 42,65 mm
Kr100 mm = $\frac{65,95}{93,5} = 70,7$ % arrondi à 71 %		43 x 0,61 = 26,3 mm
		35,5 x 0,80 = 28,4 mm
		12,5 x 0,90 = 11,25 mm
		1 x 0 = 0 mm
		<hr/>
		Hr100 mm = 65,95 mm

17°) DIAM NADIE (Sebikotane) S = 2,6 km²

Une seule campagne utilisable avec des crues multiples fortes, heureusement, mais leur caractère complexe ne simplifie pas notre tâche.

Base_de_l'_étude : Rapport original et hydrogrammes, hyétogrammes et cartes d'isohyètes des archives.

Estimation_de_Tm_et_Tb :

11.08.62 Qmax = 0,635 m3/s-1 Hr = 0,7 mm corps efficace 9' mais pointe de crue préliminaire
Tm brut = 75'
Tm net = 45' (élimination pointe préliminaire)
Tout le bassin a-t-il ruisselé ?
Tb brut = 84' Quint brut = 1,6 m3/s-1
Tb net = 84' + 16' = 100' Quint net = 0,75 m3/s-1

25.08.62 (a) Qmax = 5,8 m3/s-1 Hr = 12,75 mm corps 40' (16' pour la pointe)
1ère pointe Tm = 40'
Tb brut = 200' Tb net = 216'

26.08.62 (c) Qmax = 6,4 m3/s-1 Hr = 13,3 mm corps entre 25' et 36' pas loin d'unitaire
3ème pointe Tm = 50' (net ?)
Tb brut = 200' Tb net = 216'

Conclusion : Tm = 50' Tb = 210'

Estimation_du_coefficient_α :

25.08.62 Première crue pas unitaire

Vr = 33200 m3 Tb = 216' = 12960 s $Qr = \frac{33200}{12960} = 2,56 \text{ m3/s-1}$

Qmax r = 5,7 m3/s-1 $\alpha = \frac{5,7}{2,56} = 2,22$ Tb trop long

26.08.62 Troisième crue plus proche de la crue unitaire

Vr = 34700 m3 Tb = 216' = 12960 s $Qr = \frac{34700}{12960} = 2,68 \text{ m3/s-1}$

Qmax r = 6,06 m3/s-1 $\alpha = \frac{6,06}{2,68} = 2,26$ Tb trop long

Conclusion : α = 2,36

Valeurs de Kr - Estimation de Kr 10 :

26.08.62 Troisième crue

Pm = 34 mm Imax = 64 mm/h Qmax = 6,4 m3/s-1 Kr = 39,5 %
Ta = 0,1 jour Vr = 34700 m3 conditions très favorables

26.08.62 averse totale

Pm = 60 mm Imax = 64 mm/h Qmax = 6,4 m3/s-1 Kr = 35,8 %
Ta = 0,3 jour Vr = 55900 m3 conditions favorables

25.08.62 Première crue

Pm = 35 mm Imax = 50 mm/h Qmax = 5,8 m3/s-1 Kr = 33 %
Ta = 2 jours Vr = 33200 m3

25.08.62 averse totale

Pm = 86 mm Imax = 50 mm/h Qmax = 5,8 m3/s-1 Kr = 29 %
Ta = 2 jours Vr = 65020 m3

P10 = 120 mm $P10 = 120 \times 0,94 = 113 \text{ mm}$ $60 \times 0,395 = 23,7 \text{ mm}$
 $53 \times 0,55 = 29,2 \text{ mm}$ (on ne tient pas compte de la traîne)

Hr10 = 52,9 mm

Kr10 = $\frac{52,9}{113} = (46,5 \%)$

P70 mm = 70 x 0,94 = 66 mm par comparaison avec les averses du 26.08 et du 25.08 et en supposant des pluies plus concentrées dans le temps (hors du littoral), on admet un peu plus que pour la troisième crue du 26.08 soit :

Kr70 mm = (40 %)

P100 mm = 94 mm

66 x 0,40 = 26,4

28 x 0,48 = 13,4

39,8

Kr100 mm = $\frac{39,8}{94}$ (42 %)

Hr10 mm = 39,8 mm

94

18°) PO : S = 2,71 km²

Ce bassin a été analysé deux fois : la forme du réseau hydrographique conduit à une pointe double dont le caractère systématique n'avait pas été décelé la première fois.

Base de l'étude : il n'y a pas de rapport original mais les données ont été dépouillées et interprétées par Y. BRUNET MORET, on a donc pu disposer d'un ensemble d'hydrogramme et de relevés pluviographiques et de hétéogrammes impeccables.

Estimation de Tm et Tb :

- Campagne 1964 :

30.07.64 Qmax = 5,7 m³/s-1 Hr & 20 mm corps 15 - 20', averse 50' (y compris traîne)
Tm brut = 30' Tm net = 30' - 5' = 25'

02.08.64 Qmax = 8,6 m³/s-1 Hr = 7,6 mm corps 15', averse 35' presque unitaire
Tm brut = 25' Tm net = 25' - 2,5' = 22,5'

Limnigraphe arrêté, décrue reconstituée (dommage)

Tb net = 90' ?

10.08.64 Qmax = 4,9 m³/s-1 Hr = 5,5 mm corps 30' (15' pour Tm) averse 30'
Tm brut = 35' Tm net = 32,5' cassure nette
Tb brut = 80' Tb net = 80' + 16,5' = 96,5' Qint brut = 1,6 m³/s-1
à déduire 15' Tb = 81,5' Qint net = 0,9 m³/s-1

Un bon nombre d'averses peu utilisables, crues compatibles avec Tb & 100'

24.09.64 Qmax = 7,45 m³/s-1 Hr = 11,5 mm corps 30' (10' pour la pointe), traîne très courte
Tm brut = 25' Tm net = 25'
Tb brut = 117,5' Tb net = 133,5' cassure Qint brut = 0,65 m³/s-1
à déduire 17,5' Tb net = 116' Qint net = 0,40 m³/s-1

Pour toute l'année 1964 le pluviographe était à plus de 2,5 km du centre du bassin, les durées des averses et des corps sont approximatives.

- Campagne 1966 :

11.07.66 Qmax = 5,3 m³/s-1 Hr & 7,4 mm corps 45' + traîne
Tb brut = 116' Tb net = 116' + 16,5' = 132,5' Qint brut = 0,56 m³/s-1
à déduire 32,5' Tb & 100' Qint net = 0,40 m³/s-1

21.08.66 Qmax = 7,6 m³/s-1 Hr = 11,15 mm corps 30', averse 40', très peu de traîne
Pas incompatible avec Tm = 30'
Tb brut = 112' Tb net = 128,5' cassure très nette
à déduire 20-25' Tb = 100-105' Qint brut = 1,05 m³/s-1
Qint net = 0,60 m³/s-1
Fin de saison des pluies

02.09.66 Qmax = 8,1 m³/s-1 Hr = 12,8 mm corps 40' pas de traîne
Tm brut = 50' Tm net = 35' cassure Qint brut = 0,55 m³/s-1
Tb brut = 135' Tb net = 135' + 16,5' = 151,5' Qint net =
à déduire 25' Tb & 125' Fin de saison des pluies

06.10.66 Qmax = 7,3 m³/s-1 Hr & 1 mm durée du corps 5' mais petites pluies ultérieures
Tm net = 30'
Tb brut = 120' Tb net = 136,5' cassure Qint brut = 0,20 m³/s-1
Tb & 130' Qint net = 0,15 m³/s-1
Fin de saison des pluies

- Campagne 1967 :

18.07.67 $Q_{max} = 3 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ Hr $\approx 4,5 \text{ mm}$ averse à deux pointes, corps 35', averse 40'

Si les deux pointes de la crue dues au réseau se confondaient,

$T_m \text{ net} \approx 30'$
 $T_b \text{ brut} = 95'$ $T_b \text{ net} = 111,5'$ à déduire 20'-25'
 $T_b \approx 90-95'$

20.07.67 Deuxième crue :

$Q_{max} = 16 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ Hr = 20,2 mm averse à double pointe, corps 45'
 $T_m \text{ brut} = 55'$ $T_m \text{ net} = 55' - 30' = 25'$ averse 65'
 $T_b \text{ brut} = 125'$ $T_b \text{ net} = 141,5'$ à déduire 65' Qint brut = 1,5 m^3/s^{-1}
 $T_b \approx 110'$

03.08.67 $Q_{max} = 25,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ Hr = 31 mm corps 50'
Décrue reconstituée avant la bosse dûe à une forte traîne
 $T_b \text{ net} \approx 140'$ à déduire 35' Qint net supposé = 0,8 m^3/s^{-1}
 $T_b \approx 105'$

10.08.67 $Q_{max} = 11,2 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ Hr = 16,85 mm corps 35', forte traîne
Décrue reconstituée comme pour l'averse précédente conduit à T_b de l'ordre de 110'
 $T_m \text{ brut} = 45'$ $T_m \text{ net} = 25'$

23.08.67 $Q_{max} = 8,3 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ Hr = 15,3 mm corps 30', averse 65-70'
 $T_m \text{ brut} = 60'$ perturbé par pointe tardive
 $T_b \text{ brut} = 150'$ $T_b \text{ net} = 166,5'$ cassure Qint brut = 1 m^3/s^{-1}
à déduire 50-55' $T_b = 110-120'$

10.09.67 $Q_{max} = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ Hr $\approx 8,5 \text{ mm}$ corps 30', pas de traîne
 $T_m \text{ brut} \approx 40'$ $T_m \text{ net} = 25-30'$ Qint brut = 0,6 m^3/s^{-1}
 $T_b \text{ brut} = 130'$ $T_b \text{ net} = 146,5'$ cassure Qint net = 0,4 m^3/s^{-1}
à déduire 15' $T_b = 130'$ Fin de saison des pluies

Conclusion :

Pour T_m très peu de crue unitaire : $T_m = 25-30'$ en juillet.

Pour T_b peu de pluies sans longues traînes qui perturbent tout lorsque les averses sont convenables, il y a parfois des pannes de limnigraphes. T_b croît pendant la saison des pluies ; en juillet $T_b = 90-100'$

Pour les faibles crues l'hydrogramme aurait tendance à comporter deux pointes successives (voir plus loin Tchaloï) ceci correspond à la structure du réseau hydrographique.

Estimation du coefficient α : Peu de crues peuvent permettre cette estimation.

02.08.64 presque unitaire. Malheureusement une partie de la décrue est reconstituée.

$V_r = 20500 \text{ m}^3$ $T_b = 93' = 5580 \text{ s}$ $Q_r = \frac{20500}{5580} = 3,68 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$

$Q_{max} r = 8,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{8,4}{3,68} = 2,28$

10.08.64 Averse courte

$V_r = 14800 \text{ m}^3$ $T_b = 96,5' = 5780 \text{ s}$ $Q_r = \frac{14800}{5780} = 2,58 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$

$Q_{max} r = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{4,5}{2,58} = 1,75$
Petite crue molle

20.07.67 Deuxième crue bien nette, malheureusement léger effet de traîne.

$V_r = 54800 \text{ m}^3$ $T_b = 141,5' = 8500 \text{ s}$ $Q_r = \frac{54800}{8500} = 6,45 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$

$Q_{max} r = 15,65 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{15,65}{6,45} = 2,43$

Conclusion : $T_b = 2,2' - 2,4'$

Relativement faible, pointe émoussée (double pointe fondue en une seule)

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 : On ne reproduit que les plus fortes valeurs de Kr.

03.08.67	Pm = 50,7 mm	Imax = 67 mm/h Ta = 2,5 jours	Qmax = 25,7 m3/s-1 Vr = 84100 m3	Kr = 61,2 %
20.07.67 2ème pointe	Pm = 31,1 mm	Imax = 42 mm/h Ta = 0,3 jour	Qmax = 16 m3/s-1 Vr = 54800 m3	Kr = 65 % conditions favorables
09.08.66	Pm = 60,5 mm	Imax = 67 mm/h Ta = 13 jours	Qmax = 14,8 m3/s-1 Vr = 79500 m3	Kr = 48,3 % Conditions pas très favorables
10.08.67	Pm = 31,6 mm	Imax = 43 mm/h Ta = 7 jours	Qmax = 11,2 m3/s-1 Vr = 45600 m3	Kr = 53,3 %
30.08.64	Pm = 34 mm	Imax = 54 mm/h Ta = 1 jour	Qmax = 10,7 m3/s-1 Vr = 45200 m3	Kr = 49 %
15.08.64	Pm = 30 mm	Imax = 60 mm/h Ta = 4,6 jours	Qmax = 9,5 m3/s-1 Vr = 36400 m3	Kr = 44,9 %
23.08.67	Pm = 36 mm	Imax = 65 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 8,2 m3/s-1 Vr = 41500 m3	Kr = 42,5 %
02.09.66	Pm = 30,9 mm	Imax = 60 mm/h Ta = 11,8 jours	Qmax = 8,1 m3/s-1 Vr = 34600 m3	Kr = 41,4 %
21.08.66	Pm = 26,1 mm	Imax = 71 mm/h Ta = 3 jours	Qmax = 7,6 m3/s-1 Vr = 30200 m3	Kr = 42,8 %
23.09.64	Pm = 32 mm	Imax = 106 mm/h Ta = 9 jours	Qmax = 7,45 m3/s-1 Vr = 31120 m3	Kr = 35,8 %
09.09.67	Pm = 43,4 mm	Imax = 56 mm/h Ta = 5 jours	Qmax = 7 m3/s-1 Vr = 38300 m3	Kr = 32,8 %
5 et 6.7.66	Pm = 49,3 mm	Imax = 108 mm/h Ta = 10 jours	Qmax = 5,7 m3/s-1 Vr = 45800 m3	Kr = 34,3 %

Deuzième crue : Kr = 42,2 % pour P = 18,1 mm Ta = 0,04 jour.

03.09.67	Pm = 19,9 mm	Imax = 45 mm/h Ta = 0,17 jours	Qmax = 4,9 m3/s-1 Vr = 22750 m3	Kr = 42,1 % conditions très favorables.
31.08.64 Première crue	Pm = 27 mm	Imax = 42 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 4,35 m3/s-1 Vr = 22750 m3	Kr = 31,1 %
31.08.64	Pm = 21 mm	Imax = 36 mm/h Ta = 0,29 jour	Qmax = 3 m3/s-1 Vr = 25800 m3	kr = 45,3 %
31.08.64 totale	Pm = 48 mm	Imax = 42 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 4,35 m3/s-1 Vr = 48550 m3	Kr = 45,3 %

Y. BRUNET MORET avait préparé et probablement terminé l'interprétation. Nous n'avons pas retrouvé les graphiques de corrélation, c'est regrettable car ses valeurs de Kr sont peu différentes des nôtres.

On a étudié la corrélation Hr et Pm avec correction d'après :

Ta : Tao = 2 jours. Il y a trois points de rendement à réduire pour Ta = 11 jours. La courbe de régression correspond à Tao = 2 jours, C12/Pm = 0,75 (C12, corps a plus de 12 mm/h). Au-dessus de Pm = 35 mm, on peut représenter la courbe par la droite Hr = 0,55 Pm + 15.

L'inclinaison de cette droite est la même que pour le bassin de Djabinine.

$$P10 = 93 \text{ mm} \quad \text{---} \\ P10 = 93 \times 0,93 = 86,5 \text{ mm} \\ \text{sur le diagramme Hr} = 53 \text{ mm}$$

$$Kr10 = \frac{53}{86,5} = 61 \%$$

$$\text{---} \\ P70 \text{ mm} = 65,5 \text{ mm} \quad Hr70 \text{ mm} = 38 \text{ mm}$$

$$Kr70 \text{ mm} = \frac{38}{65,5} = 58 \%$$

$$\text{----} \\ P100 \text{ mm} = 93 \text{ mm} \quad Hr100 = 58 \text{ mm}$$

$$Kr_{100} \text{ mm} = \frac{58}{93} = 62,5 \%$$

19°) BODEO S = 3,45 km²

Base de l'étude : Rapport original. Débits pas très sûrs.
Y. BRUNET MORET a fait tout ce qu'il a pu pour recaler les limnigrammes par rapport au zéro de l'échelle (aucun élément direct sur les enregistrements et le jaugeage pour le débit maximum n'est pas brillant). Peu d'importance pour Tm et Tb.

Estimation de Tm et Tb : une seule campagne 1964.

26.06.64	Qmax = 3,9 m ³ /s-1 Tm net = 67' Tb brut = 181'	Hr = 6,13 mm	corps 15'	Averse 62' unitaire + légère traîne à déduire 32' averse trop longue
		Tb net = 181' + 36' = 217'		Tb = 185'
03.07.64	Qmax = 4,15 m ³ /s-1 Tm net = 66' Tb brut = 191'	Hr = 7,5 mm	corps 15'	Averse allongée par pluie secondaire à 6,5 mm/h, deux h. après la pluie principale. à déduire ?
		Tb net = 191' + 36' = 227'		

Conclusion : Tm = 65' Tb = 185-190'

Estimation du coefficient α :

26.06.64	Crue unitaire avec petite traîne		
Vr = 24000 m ³	Tb = 217' = 13000 s	Qr = $\frac{24000}{13000}$	= 1,845 m ³ /s-1
	Qmax r = 3,83 m ³ /s-1	α = $\frac{3,83}{1,845}$	= 2,07
	Tb trop court ?		
03.07.64	Hydrogramme déformé par la traîne		
Vr = 26000 m ³	Tb = 227' = 13600 s	Qr m = $\frac{26000}{13600}$	= 1,915 m ³ /s-1
	Qmax r = 4,04 m ³ /s-1	α = $\frac{4,04}{1,915}$	= 2,11

Conclusion : α = 2,05 - 2,10, mais que valent ces chiffres ?

Valeurs de Kr -- Estimation de Kr10 :

06.08.64	Pm = 69,4 mm	Averse simple	Qmax = 22,8 m ³ /s-1 Vr = 128400 m ³	Kr = 53,8 %
11.07.64	Pm = 53 mm	2 pointes rapprochées	Qmax = 11,3 m ³ /s-1 Vr = 89200 m ³	Kr = 51,5 %
28.08.64	Pm = 38,4 mm		Qmax = 6,3 m ³ /s-1 Vr = 48000 m ³	Kr = 40 %
03.07.64	Pm = 33,4 mm		Qmax = 4,15 m ³ /s-1 Vr = 26000 m ³	Kr = 22,7 %
26.06.64	Pm = 27,1 mm		Qmax = 3,90 m ³ /s-1 Vr = 24000 m ³	Kr = 25,6 %

Averse de base : celle du 06.08.64.

P10 = 89 mm	P10 = 82 mm	69,4 x 0,538 = 37,4 mm
		11,6 x 0,7 = 8,13 mm
		1 x 0 = 0 mm (traîne)
		<hr/>
		Hr10 = 45,53 mm

$$Kr_{10} = \frac{45,53}{82} = 55,6 \text{ arrondi à } 56 \%$$

P70 mm = 64,5 mm inférieur à Pm maximum observé

Kr70 mm = estimé à 53 %

P100 mm = 92 mm

	69,4 x 0,538 = 37,4
	11,6 x 0,7 = 8,13
	10 x 0,8 = 8
	1 x 0 = 0

Kr100 mm = $\frac{53,53}{92} = 58,3$ arrondi à 56%

Hr100 mm = 53,53 mm

20°) BOULORE : S = 3,75 Km²

Base_de_l'étude : Rapport original + archives avec tous les éléments sur hydrogrammes et pluviographie.
Excellent dépouillement malgré pluviomètres et limnigraphes plutôt primitifs.

Estimation_de_Tm_et-Tb

- Campagne 1954 :

12.07.54 Qmax = 10,4 m³/s-1 Hr = 2,56 mm corps efficace 12-13', traîne 25'.
Tm brut = 18' Tm net = 10' traîne 25'
Tb net = 60' maximum (fin d'écoulement peu net)

24.08.54 Qmax = 10,4 m³/s-1 Hr = 2,74 mm
Tm net = 10'
Tb = 60' ?

01.09.54 Qmax = 27,6 m³/s-1 Hr = 11,6 mm corps 60'
Tb net = 100' à déduire 40 à 50'
Tb net dépasse pas 60'

- Campagne 1955 :

21.07.55 Qmax = 7,5 m³/s-1 Hr = 3,44 mm corps efficace 22', peu de traîne, décruée un peu
Averse b Tb brut = 50' Tb net = 60' perturbée, assez bon hydrogramme
à déduire 15' Tb = 45-50' Qint brut = 2,3 m³/s-1
Qint net = 1,5 m³/s-1

28.07.55 Qmax = 7 m³/s-1 Hr = 3,57 mm corps 20', peu de traîne
Tb brut = 62' Tb net = 72' Qint brut = 0,9 m³/s-1
à déduire 15' Tb = 57' Qint net = 0,7 m³/s-1

03.08.55 Qmax = 3,1 m³/s-1 Hr = 1,3 mm corps 14'
Tm brut = 13' Tm net = 10' Qint brut = 1,1 m³/s-1
Tb brut = 50' Tb net = 60' Qint net = 0,8 m³/s-1
à déduire 9' Tb = 51-55'

19.08.55 Qmax = 7 m³/s-1
Tm = 6' ruissellement ne concerne que la partie amont

13.09.55 Qmax = 5,75 m³/s-1 Hr = 2,96 mm corps 15', forte intensité, unitaire pour Tm.
Tm = 10'
Tb brut = 60' Tb net = 70' Qint brut = 1 m³/s-1
à déduire 10' Tb = 60' Qint net = 0,75 m³/s-1
Fin de saison des pluies

Conclusion : Tm = 10' Tb = 60'
Tb difficile à déterminer par suite de légères traînes.

Estimation_du_coeffficient_α :

28.08.54 non unitaire étudié uniquement pour avoir une valeur de α avec Qmax élevé.

Vr = 98750 m³ Tb = 128' = 7680 s

$$Qr = \frac{98750}{7680} = 12,8 \text{ m}^3/\text{s-1}$$
$$\alpha = \frac{38,4}{12,8} = 3$$

Qmax r = 38,4 m³/s-1

21.07.55 pas tout à fait unitaire

$$V_r = 13000 \text{ m}^3 \quad T_b = 60' = 3600 \text{ s} \quad Q_r = \frac{13000}{3600} = 3,61 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$
$$Q_{\max r} = 7,3 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{7,3}{3,61} = 2,02$$

28.07.55 plus unitaire que la précédente

$$V_r = 13400 \text{ m}^3 \quad T_b = 72' = 4315 \text{ s} \quad Q_r = \frac{13400}{4315} = 3,10 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$
$$Q_{\max r} = 6,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{6,8}{3,10} = 2,20$$

13.09.55 plus unitaire que la précédente

$$V_r = 10700 \text{ m}^3 \quad T_b = 70' = 4200 \text{ s} \quad Q_r = \frac{10700}{4200} = 2,54 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$
$$Q_{\max r} = 5,65 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{5,65}{2,54} = 2,22$$

Conclusion : $\alpha = 2,3$

Valeurs de Kr -- Estimation de Kr10 :

28.08.54	Pm = 63,5 mm	Imax = 77 mm/h (sous-estimé) Ta = 2 jours	Qmax = 39 m ³ /s-1 Vr = 98750 m ³	Kr = 41,5 %
			Pluie assez concentrée, conditions trop favorables	
01.09.54	Pm = 35,4 mm	Imax = ? Ta = 2 jours	Qmax = 27,6 m ³ /s-1 Vr = 43500 m ³	Kr = 33 %
12.07.54	Pm = 16,4 mm	Imax = 51 mm/h Ta assez élevé	Qmax = 10,4 m ³ /s-1 Vr = 9600 m ³	Kr = 15,6 %
24.08.54	Pm = 27 mm	Imax = ? Ta = 5 jours	Qmax = 10,4 m ³ /s-1 Vr = 10300 m ³	Kr = 10,1 % mauvaises conditions d'humidité
21.07.55 2ème crue	Pm = 23,4 mm	Imax = 38 mm/h Ta = 0,08 jour	Qmax = 7,5 m ³ /s-1 Vr = 13000 m ³	Kr = 14,9 %
28.07.55	Pm = 21,4 mm	Imax = 56,4 mm/h Ta = 1 jour	Qmax = 7 m ³ /s-1	Kr = 16,7 %

Dans le rapport de P. DUBREUIL, les valeurs de Hr sont étudiées à partir de Pm et CA (Capacité d'Absorption). Les nouvelles valeurs de Kr sont inférieures à celles de P. DUBREUIL qui n'éliminait de He que le produit des "nappes souterraines". Avec les nouvelles valeurs de Kr, CA est à majorer de 11,5 %.

$$P_{10} = 105 \text{ mm} \quad \bar{P}_{10} = 105 \times 0,91 = 96 \text{ mm} \quad \text{corps 72 mm pendant 62'}. \text{ Intensité moyenne 70 mm/h}$$

$$Hr_{10} = 41,5 \text{ mm/h} \times \frac{62'}{60} = 43,2 \text{ mm} \quad (CA = 28,5 \text{ mm/h})$$

$$Kr_{10} = \frac{43,2}{96} = 45 \%$$

Kr100 mm estimé égal à 44,5 %
Kr70 mm estimé égal à 41 %

21°) KERENG : S = 4 Km²

Base_de_l'étude : Rapport original à peu près aussi fouillé que le précédent, sans hydrogramme malheureusement, mais avec assez de détails sur leurs caractéristiques et en plus, l'auteur H. Pelleray part de la cassure de la courbe de décrue en coordonnées logarithmiques ; il suffit de majorer de 20 % de la valeur définitive choisie pour cette "durée de ruissellement", pour obtenir notre temps de base.

Estimation de Tm et Tb :

Tm : On trouve Tm net de 6 à 7' pour des averses efficaces de 5 à 10'.

Une valeur de Tm = 5' est éliminée (01-09-56) ruissellement partiel.

Crues typiques : ("Hr" lame d'eau de H. PELLERAY) :

15.08.55 Qmax = 2,05 m³/s-1 "Hr" = 0,70 mm corps efficace 5' Tm = 6'

22.07.56 Qmax = 8,7 m³/s-1 "Hr" = 2,91 mm corps efficace 10' Tm = 7'

Compte tenu de la durée de la "pluie" efficace et du grand nombre de valeurs de Tm : 6 à 7' et du fait que sur 42 crues une seule, celle du 01-09-56, présente une valeur plus brève, on peut admettre comme H. PELLERAY cette valeur de 6 à 7' pour Tm net.

Tb : On peut utiliser les diagrammes de distribution, l'écoulement retardé est très faible mais l'auteur du rapport ne considère que de petites crues.

Sur les neuf crues étudiées dans le rapport, huit présentent une "durée de ruissellement" de 60' (Qmax varie de 0,21 à 10,3 m³/s-1, "Hr" de 0,08 à 4,08 mm). Le corps efficace de 5' à 27' avec huit averses durant 10' au maximum, on peut donc considérer que Tb brut est au maximum de 60', au minimum de 55'. Pour Tb brut = 60' Tb net = 60 + 12 = 72'.

Si on considère des averses plus éloignées de l'averse unitaire mais plus fortes :

31.07 à 01.08.56 Qmax = 3,3 m³/s-1 "Hr" = 1,61 mm pluie efficace 39'
Tb brut = 100' Tb net = 100 + 12 = 112' à déduire 36' Tb = 74'

24.07.56 Qmax = 18,2 m³/s-1 "Hr" = 15 mm pluie efficace 60'
Tb brut = 110' Tb net = 110 + 12 = 122' à déduire 57' Tb = 65'

14.08.56 Qmax = 52 m³/s-1 Hr = 28,9 mm pluie efficace 39', légère traîne
Tb brut = 85' Tb net = 85 + 12 = 97' à déduire 37' Tb = 60'
Qint brut = 2,2 m³/s-1
Qint net = 1,1 m³/s-1

13 et 14.09.56 Qmax = 18,2 m³/s-1 Hr = 13,5 mm pluie efficace 37'
Tb brut = 110' Tb net = 110 + 12 = 122' à déduire 34' Tb = 88'

En conclusion, Tb varie de 60 à 70' valable pour les faibles crues comme pour les fortes crues.

Estimation du coefficient α :

On considère l'hydrogramme type du rapport établi pour Vr = 10000 m³

Tb = 60' Qmax r = 6,4 m³/s-1

Avec la majoration de 20 % de Tb

Vr = 10000 m³ + 2300 m³ = 12300 m³ Tb = 72' = 4320 s $Qr = \frac{12300}{4320} = 2,85 \text{ m}^3/\text{s-1}$
Qmax r = 6,5 m³/s-1 $\alpha = \frac{2,85}{6,5} = 2,28$

14.08.56 non unitaire

Vr = 115800 m³ Tb = 97' = 5820 s $Qr = \frac{115800}{5820} = 19,9 \text{ m}^3/\text{s-1}$
Qmax r = 50 m³/s-1 $\alpha = \frac{19,9}{50} = 2,51$

Conclusion : α = 2,2 - 2,3

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10

14.08.56 Pm = 87,5 mm Ieff (1) = 78,2 mm/h Qmax = 52 m³/s-1 Kr = 33 %
Ta = 0,56 jour Vr = 115800 m³ Pluie efficace 50,6 mm

29.07.55 Pm = 75 mm Ieff = 64,5 mm/h Qmax = 40,4 m³/s-1 Kr = 42,8 %
Ta = 3,3 jours Vr = 128500 m³ Pluie efficace 66 mm

28.08.56	Pm = 48,9 mm	Ieff = 114 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 32,6 m3/s-1 Vr = 70900 m3	Kr = 36,1 %
09.09.56	Pm = 77,1 mm	Ieff = 71,3 mm/h Ta = 0,18 jour	Qmax = 28,2 m3/s-1 Vr = 109500 m3	Kr = 35,5 % Pluie efficace 46 mm
26.07.56	Pm = 43 mm	Ieff = 24 mm/h Ta = 0,23 jour	Qmax = 21,3 m3/s-1 Vr = 72880 m3	Kr = 41,8 % Pluie efficace 36,5 mm
04.08.56	Pm = 67,5 mm	Ieff = 114,5 mm/h Ta = 1,5 jours	Qmax = 20,5 m3/s-1 Vr = 55000 m3	Kr = 20,4 % Pluie efficace faible 26,8 mm
13 et 14.09.56	Pm = 46,2 mm	Ieff = 48,6 mm/h Ta = 0,75 jour	Qmax = 18,2 m3/s-1 Vr = 54000 m3	Kr = 29,1 %

(1) Intensité moyenne pendant la durée efficace.

22.07.55	Pm = 28,4 mm	Ieff = 46 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 16,4 m3/s-1 Vr = 34700 m3	Kr = 30,5 %
31.08.55 2ème crue	Pm = 39,2 mm	Ieff = 123 mm/h Ta = 0,02 jour	Qmax = 14,2 m3/s-1 Vr = 30700 m3	Kr = 19,6 % Pluie efficace 14,7 mm

Dans le cas précédent, DUBREUIL avait séparé le ruissellement de telle façon qu'il avait la certitude de ne laisser après que de l'écoulement provenant des nappes souterraines ; ici Pelleray a opéré de façon à avoir la certitude que ses valeurs de Vr ne contiennent que du ruissellement superficiel.

Ici, avec la majoration de 20 % de Tb, on prend une position intermédiaire de sorte qu'en général nous avons majoré les valeurs de Kr de PELLERAY et diminué celles de DUBREUIL.

Averse de base celle du 29.07.55.

P10 = 103 mm $\overline{P10} = 103 \times 0,92 = 95 \text{ mm}$

75	x 0,428	= 32,1
1,5	x 0	= 0 (traîne)
18,5	x 0,54	= 10
<hr/>		
Hr10		= 42,1 mm

$Kr10 = \frac{42,10}{95} = 44,5 \%$

P100 mm = 92 mm
Kr100 mm estimé à 44 %

P70 mm = 64,5 mm inférieur aux valeurs maxi observées
Kr70 mm estimé à 40 % (valeurs un peu supérieures à celles du rapport)

22°) LELENG : S = 4 Km² (Godola-Motorsolo)

Base_de_l'étude : Rapport original avec hydrogrammes, hyétogrammes et cartes isolyètes pour les 16 crues les plus intéressantes.

Estimation_de_Im_et_Tb :

- Campagne 1966 :

10.08.66	Qmax = 29,5 m3/s-1	Hr = 10,0 mm	corps 12',	Averse efficace. 22,5' traîne.
	Tm = 12-15'			averse probablement unitaire.
	Partie préliminaire perturbe Tm (montée reconstituée trop raide)			
	Tb brut = 47'	Tb net = 47 + 9 = 56'		
		Tb = (60') cassure		
	Tarisement troublé par 35' de forte traîne.			Qint brut = 6 m3/s-1
				Qint net = 4 m3/s-1
13.08.66	Qmax = 40,7 m3/s-1	Hr = 23,6 mm	corps = 30',	traîne 25'
	Tm brut = 37'	Tm net = 37' - 23' = 14'		cassure
				Qint brut = 6,5 m3/s-1
				Qint net = 4,7 m3/s-1
	Tb brut = 76'	Tb net = 76 + 9 = 85'		
	à déduire 23'	Tb = 62'	peut être allongé par la traîne.	

- Campagne 1967 :

22.07.67 $Q_{max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 16,2 \text{ mm}$ corps 30' trop court (pour T_m) corps total 60' (1)
 $T_m \text{ brut} = 31'$ $T_m \text{ net} = 31 - 22,5 = 8,5'$
(suppression partie préliminaire : correction trop importante)
 $T_b \text{ brut} = 78'$ $T_b \text{ net} = 78 + 9 = 87'$ $Q_{int} \text{ brut} = 4,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
à déduire 30' $T_b = 57'$ $Q_{int} \text{ net} = 3,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
(Une partie notable avant la pointe d'intensité correspond à T_m).

- Campagne 1968 :

19.07.68 1ère pointe $T_m \text{ net} = 16,5'$ Inutilisable pour T_b .
25.07.68 $Q_{max} = 37 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 18,2 \text{ mm}$ corps 15 à 20' (pour T_m), corps total 40', traîne.
 $T_m \text{ brut} = 27'$ $T_m \text{ net} = 27' - 12,5' = 14,5'$ cassure $Q_{int} \text{ brut} = 6,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $T_b \text{ brut} = 76'$ $T_b \text{ net} = 76' + 9' = 85'$ $Q_{int} \text{ net} = 5,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
à déduire 32,5' $T_b = 52,5'$ affecté par trop forte correction
02.08.69 $Q_{max} = 53 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 29,3 \text{ mm}$ corps 42' (pour T_m), corps total 68', longue traîne
 $T_m \text{ brut} = 40'$ $T_m \text{ net} = 40' - 34,5' = 6,5'$ trop court, correction abusive.
 $T_b \text{ brut} = 93'$ $T_b \text{ net} = 102'$ plus ou moins reconstitué
à déduire 50-60' $T_b = (50')$

Conclusion : Pas très précis ; il semble que T_m soit égal à 10-15' et T_b à 55-60'

Q_{int} est très important. Le bassin est assez perméable et pour la dernière crue, il y a certainement 2 m^3/s^{-1} d'écoulement de base. La cassure peut se produire juste avant l'arrivée des apports des deux parties éloignées du bassin (couvertes de blocs) ce qui expliquerait également les valeurs de Q_{int} élevées.

Estimation du coefficient α :

10.08.66 Averse efficace 22,5' Pas loin d'unitaire.

$$V_r = 41000 \text{ m}^3 \quad T_b = 60' \text{ maximum} = 3600 \text{ s} \quad \alpha = \frac{41000}{3600} = 1,14 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \text{ minimum}$$
$$Q_{max \text{ r}} = 28,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{28,4}{11,4} = 2,48 \text{ maximum (2,10 minimum)}$$

13.08.66 (élimination pointe préliminaire) corps 30'

$$V_r = 91000 \text{ m}^3 \quad T_b = 85' = 5110 \text{ s} \quad \alpha = \frac{91000}{5110} = 17,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$
$$Q_{max \text{ r}} = 38,6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{38,6}{17,8} = 2,17$$

22.07.67 Corps 60' non unitaire

$$V_r = 65000 \text{ m}^3 \quad T_b = 87' = 5220 \text{ s} \quad \alpha = \frac{65000}{5220} = 12,48 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$
$$Q_{max \text{ r}} = 23,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{23,4}{12,48} = 1,87 \text{ non unitaire}$$

25.07.68 Corps total 40' non unitaire mais mieux que pour la précédente.

$$V_r = 73000 \text{ m}^3 \quad T_b = 85' = 5110 \text{ s} \quad \alpha = \frac{73000}{5110} = 14,3 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$
$$Q_{max \text{ r}} = 35,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{35,8}{14,3} = 2,51$$

Conclusion : $\alpha = 2,3 - 2,4$

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 :

02.08.69	Pm = 81,4 mm	Imax = 120 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 53 m3/s-1 Vr = 117000 m3	Kr = 36 % Bonne saturation
13.08.66	Pm = 72 mm	Imax = 114 mm/h Ta = 3-4 jours	Qmax = 40,7 m3/s-1 Vr = 94000 m3	Kr = 32,8 %
25.07.68	Pm = 64 mm	Imax = 184 mm/h Ta = faible	Qmax = 37 m3/s-1 Vr = 73000 m3	Kr = 35 % Conditions très favorables
10.08.66	Pm = 48 mm	Imax = 180 mm/h Ta = 0,54 jour	Qmax = 29,5 m3/s-1 Vr = 41000 m3	Kr = 21,4 % Conditions favorables
22.07.67	Pm = 64 mm	Imax = 84 mm/h Ta = grand	Qmax = 25 m3/s-1 Vr = 65000 m3	Kr = 25,3 % Conditions médiocres.

Pour les fortes crues, les valeurs de Kr sont inférieures de 5 % à celles données par E. CADIER dans le rapport. On utilise le graphique 65 du rapport et le diagramme de correction. Le graphique 65 donne "Hr" en fonction de P utile (Pu) pour Imax en 5' = 100 mm/h ("Hr" CADIER).

$$P_{10} = 105 \text{ mm} \quad \overline{\overline{P}}_{10} = 105 \times 0,92 = 96,5 \text{ mm} \quad \overline{\overline{\overline{P}}}_{10} = (96,5-5) \times 0,9 = 82,5 \text{ mm} \text{ avec } \text{Imax} = 120 \text{ mm/h.}$$

$$\text{"Hr10"} = 32,5 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} = 33 \text{ mm} \text{ (avec correction d'intensité)}$$

Hr se déduit de "Hr" par une réduction de 5 %.

$$\text{Hr10} = 33 \times 0,95 = 31,3 \text{ mm} \quad \text{Kr10} = \frac{31,3}{96,5} = 32,5 \%$$

$$\overline{\overline{\overline{P}}}_{100} \text{ mm} = 92 \text{ mm} \quad \overline{\overline{\overline{\overline{P}}}}_{100} \text{ mm} = (92-5) \times 0,9 = 78,5 \text{ mm}$$

$$\text{"Hr100"} \text{ mm} = 29,8 + 0,5 = 30,3 \text{ mm}$$

$$\text{Hr100} \text{ mm} = 30,3 \times 0,95 = 28,8 \text{ mm}$$

$$\text{Kr100} \text{ mm} = \frac{28,8}{92} = 31,3 \%$$

$$\overline{\overline{\overline{P}}}_{70} \text{ mm} = 64,5 \text{ mm} \quad \overline{\overline{\overline{\overline{P}}}}_{70} \text{ mm} = (64,5-5) \times 0,9 = 53,5 \text{ mm}$$

$$\text{"Hr70"} \text{ mm} = 14 + 0,5 = 14,5 \text{ mm}$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{H}}}}_{70} = 14,5 \times 0,95 = 13,8 \text{ mm}$$

$$\text{Kr70} \text{ mm} = \frac{13,8}{64,5} = 21,4 \%$$

23°) TAMBOUGOU : S = 5,6 Km²

Base de l'étude : Rapports originaux

La station n'a pas été étalonnée. L'observation des limnigrammes montre que Tm = 60' Tb semble être de l'ordre de 240'. Le lit est probablement encombré de végétation comme beaucoup de cours d'eau analogues de cette région voltaïque.

24°) KOURIEN DOULIEN : S = 7,8 Km²

Base de l'étude : Rapport original avec hydrogrammes, hyétogrammes et cartes isohyètes. Ce bassin étant en zone désertique n'a fait l'objet que d'un examen sommaire ; d'ailleurs le nombre des crues pendant l'unique campagne ne permettrait guère de faire davantage.

Estimation de Im et Id :

08.08.57	Qmax = 12 m3/s-1 Tm net = 34' Tb brut = 89'	Hr = 4,65 mm	Après 2 mm à faible intensité, corps 14' unitaire Montée avec une bosse résultant du réseau hydrographique. Tb net = 89' + 18' = 107' cassure nette Qint brut = 1,7 m3/s-1 Qint net = 1,2 m3/s-1
----------	---	--------------	--

30.08.57	Qmax = 8,4 m3/s-1 Tm net = 39' Tb brut = 90'	Hr = 3,49 mm	corps 17,5' unitaire cassure nette Qint brut = 1,6 m3/s-1 Qint net = 1,1 m3/s-1
----------	--	--------------	--

Conclusion : $T_m = 35'$ $T_b = 108-110'$
 Deux crues moyennes, c'est peu pour déterminer T_m et T_b .

Estimation du coefficient α :

08.08.57

$$V_r = 36200 \text{ m}^3 \quad T_b = 107' = 6420 \text{ s} \quad Q_r = \frac{36200}{6420} = 5,63 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$

$$Q_{\max r} = 11,15 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{11,15}{5,63} = 1,98$$

30.08.57

$$V_r = 27200 \text{ m}^3 \quad T_b = 108' = 6500 \text{ s} \quad Q_r = \frac{27200}{6500} = 4,17 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$$

$$Q_{\max r} = 7,9 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \quad \alpha = \frac{7,9}{4,17} = 1,9$$

Conclusion : $\alpha = 2 ?$

Valeurs de K_r -- Estimation de K_{r10} :

08.08.57 $P_m = 13,2 \text{ mm}$ $Q_{\max} = 12 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $K_r = 35,2 \%$
 $V_r = 36200 \text{ m}^3$

30.08.57 $P_m = 9,6 \text{ mm}$ $I_{\max} = 45 \text{ mm/h}$ $Q_{\max} = 8,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $K_r = 36,4 \%$
 $V_r = 27200 \text{ m}^3$

$P_{10} = 47 \text{ mm}$ $P_{10} = 47 \times 0,86 = 40,4 \text{ mm}$

Hypothèse de R. BRAQUAVAL dans le rapport : première averse 10 mm, $K_r = 25 \%$, deuxième averse 30 mm, $K_r = 40 \%$. On admettra une hypothèse voisine avec une traîne de 3 mm avec $K_r = 0$. Il reste pour la seconde averse : une tranche de 15 mm avec $K_r = 40 \%$, et une tranche de 12,4 mm avec $K_r = 55 \%$. Ceci à la lumière des données des bassins désertiques étudiés après Kourien Doulien.

10 mm $\times 0,25 = 2,5$
 15 mm $\times 0,40 = 6$
 12,4 mm $\times 0,55 = 6,8$
 3 mm $\times 0 = 0$

$H_{r10} = 15,3 \text{ mm}$

$K_{r10} = \frac{15,3}{40,4} = 38 \%$

$P_{70} \text{ mm} = 60 \text{ mm}$ $40,4 \text{ mm} \times 0,38 = 15,3$
 $17,6 \text{ mm} \times 0,55 = 9,65$
 $2 \quad \times 0 = 0$

$H_{r70} \text{ mm} = 24,95 \text{ mm}$

$K_{r70} \text{ mm} = \frac{25}{60} = 41,5 \%$ Trop hasardeux de calculer $K_{r100} \text{ mm}$

25°) SINKORONI III : $S = 8,9 \text{ Km}^2$

Base de l'étude : Rapports originaux
 Très peu d'hydrogrammes mais des diagrammes de distribution.

Estimation de T_m et de T_b :

Première moitié de la saison des pluies :

31.07.56 $Q_{\max} = 3,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 0,93 \text{ mm}$ Pluie utile 15' unitaire mais hydrogramme mou
 $T_m \text{ net} = 20'$
 $T_b \text{ brut} = 75'$ T_b étudié sur diagramme de distribution :
 $T_b \text{ net} = 75 + 17 = 92'$ cassure nette
 $Q_{\text{int}} \text{ brut} = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{\text{int}} \text{ net} = (0,52) \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$

23.07.56 $Q_{\max} = 8,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r \text{ \& } 4,85 \text{ mm}$ Pluie efficace 15' unitaire.
 $T_m \text{ net} = 15'$

18.08.56 $Q_{max} = (50) \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 18,7 \text{ mm}$ Averse à trois corps. Pluie efficace 50' au total.
 $T_m \text{ brut} = 60'$ Cassure sur décrue reconstituée.
 Elimination des effets de la première et de la seconde pointe.

$T_b \text{ brut}$ correspondant à la cassure = 100' $Q_{int} \text{ brut} = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $T_b \text{ net} = 120'$ $Q_{int} \text{ net} = 3,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$

Deuxième pointe efficace : 21' à déduire 10' $T_b = 110'$

14.07.57 $Q_{max} = 29,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 7,9 \text{ mm}$ Pluie utile 31' pas très loin d'unitaire.
 Première crue $T_m \text{ brut} = 35'$ $T_m \text{ net} = 16 \text{ à } 20'$
 $T_b \text{ brut} = 93'$ $Q_{int} \text{ brut} = 3,2 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $T_b \text{ net} = 93 + 17 = 110'$ $Q_{int} \text{ net} = (1,9) \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 à déduire 16' $T_b = 94'$

Conclusion : $T_m = 20-30'$ $T_b = 100'$ début juillet, 120' le 15 août.

Deuxième moitié de la saison des pluies

05.09.56 $Q_{max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 9 \text{ mm}$ Pluie utile = 40'
 $T_m \text{ brut} = 65'$ $T_m \text{ net} = 65 - 15 = 50'$
 $T_b = 125' - 140'$

21.08.57 $Q_{max} = 18 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 6,75 \text{ mm}$ Pluie utile = 39'
 $T_m \text{ brut} = 65'$
 $T_b \text{ net} = 155'$ $T_m \text{ net} = 50'$ cassure $Q_{int} \text{ brut} = 4,4 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 à déduire 15' $T_b = 140'$

03.09.57 $Q_{max} = 20,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 8,7 \text{ mm}$ Pluie utile 38'
 $T_m \text{ brut} = 70'$ $T_m \text{ net} = 57'$ cassure $Q_{int} \text{ brut} = 4,2 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $T_b \text{ net} = 160'$
 à déduire 13' $T_b = 147'$

Conclusion pour la seconde moitié de la saison des pluies

$T_m = 50-55'$ $T_b = 140'$

On est obligé de faire cette distinction entre les deux moitiés de la saison des pluies car c'est dans la seconde et non en Juillet que les parties perméables étant plus ou moins saturées le bassin ruisselle à fond.

Estimation du coefficient α :

1°- Début saison des pluies

14.07.57 Pluie utile 31' Pas très loin d'unitaire.

$V_r = 70000 \text{ m}^3$ $T_b = 110' = 6600 \text{ s}$ $Q_r = \frac{70000}{6600} = 10,6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max} r = 29 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{29}{10,6} = 2,74$

18.08.56 Crue totale non unitaire

$V_r = 166500 \text{ m}^3$ $T_b = 168' = 10100 \text{ s}$ $Q_r = \frac{166500}{10100} = 16,5 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max} r = 47 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{47}{16,5} = 2,85$

Conclusion pour la première moitié de la saison des pluies
 (peut-être surestimé) $\alpha = 2,8$

Deuxième moitié de la saison des pluies

05.09.56 Pluie utile 40'

$V_r = 80000 \text{ m}^3$ $T_b = (136') = 8150 \text{ s}$ $Q_r = \frac{80000}{8150} = 9,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max} r = 24,6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{24,6}{9,8} = 2,5$

26°) POLAKA : S = 9,14 Km²

Base_de_l'étude : Rapport hydrologique final de la Mare d'Oursi "Pluies et crues au Sahel" Limnigrammes originaux et listing des précipitations et de leur intensité comme pour Kolel et DjalaFanka.

Estimation_de_Tm_et_Tb :

04.09.76	Qmax = 29,1 m ³ /s-1 Tm brut = 55' Tb brut = 110'	Hr = 10 mm corps 32', averse totale 52' Tm net = 55 - 8,5 = 46,5' Tb net = 110 + 20 = 130'	Qint brut = 4 m ³ /s-1 Qint net = 2,4 m ³ /s-1
09.09.76	Qmax = 23,1 m ³ /s-1 (hyétogramme peu représentatif) Tm brut = 70' Tb brut = 110'	Hr = 6,13 mm corps 25' averse totale 140' Montée complexe Longue traîne Tm net = 70' Tb net = 110 + 20' = 130'	Qint brut = 4,15 m ³ /s-1 Qint net = 2,8 m ³ /s-1
Hyétogramme à PP6 peu représentatif.			
03.07.77	Qmax = 15,8 m ³ /s-1 Tm brut = 55' Tb brut = (110')	Hr = 2,8 mm corps 35', averse 170'. Limnigraphe hebdomadaire Tm net = 55 - 10 = 45' Tb net = (100') + 20' = 120'	Qint brut = 0,85 m ³ /s-1 Qint net = 0,25 m ³ /s-1
Traîne longue mais à faible intensité.			
19.07.77	Qmax = 26,6 m ³ /s-1 Tm = 40' Tb brut = 85'	Hr = 6,43 mm (pluviog. en panne). Limnigraphe hebdomadaire Tb net = 85 + 20 = 105' un peu court	Qint brut = 4,2 m ³ /s-1 Qint net = 2,5 m ³ /s-1
29.08.77	Qmax = 22 m ³ /s-1 Tm brut = 60' Tb brut = 170'	Hr = 8,25 mm corps 40' moins pour la pointe Tm net = 60 - 15 = 45' Averse totale Tb net = 170 + 20 = 190' Tb = 190 - 17,5 = 172,5'	Qint brut = 1,22 m ³ /s-1 Qint net = 0,90 m ³ /s-1
09.06.80	Qmax = 22,2 m ³ /s-1 Tm net = 55' Tb brut = 88'	Hr = 5,27 mm Averse totale 28' unitaire. cassure bien nette Tb net = 88 + 20 = 108'	Qint brut = 4,8 m ³ /s-1 Qint net = 3 m ³ /s-1
02 et 03.07.80	Qmax = 19,2 m ³ /s-1 Tm brut = 50' Tb brut = 95'	Hr = 4,92 mm corps 30', averse totale 180', traîne longue et faible Tm net = 42,5' Tb net = 115' cassure nette Tb = 110'	Qint brut = 4,7 m ³ /s-1 Qint net = 3,2 m ³ /s-1

Conclusion : l'hydrogramme a une bosse systématique correspondant à la forme du réseau hydrographique.

Tm et Tb croissent manifestement pendant la saison.

En juillet Tm = 45-55' Tb = 110-130'.

Pour l'indice de pente même corrigé, ces valeurs sont faibles, en fait, les cuirasses latéritiques et les zones de blocs à l'amont ruissellent peu. On devrait presque considérer un bassin réduit après élimination de ces zones à faible ruissellement ou sans ruissellement.

Estimation_du_coefficient_α :

04.09.76	pas loin d'unitaire, corps 32'		
Vr = 91800 m ³	Tb = 130' = 7800 s	Qr = 11,75 m ³ /s-1	
		28,1	
	Qmax r = 28,1 m ³ /s-1	α = $\frac{28,1}{11,75} = 2,37$	
Trop faible sommet, hydrogramme complexe.			
09.09.76	montée complexe malgré un corps court.		
Vr = 56000 m ³	Tb = 130' = 7800 s	Qr = 7,19 m ³ /s-1	
		21,7	
	Qmax r = 21,7 m ³ /s-1	α = $\frac{21,7}{7,19} = 3$	
Un peu fort. Tb allongé par la montée complexe.			

19.07.77 (pas de pluviographe)

$$\begin{aligned} V_r &= 58800 \text{ m}^3 & T_b &= 105' = 6300 \text{ s} & Q_r &= \frac{58800}{6300} = 9,35 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \\ Q_{\max r} &= 25,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} & \alpha &= \frac{25,8}{9,35} = 2,77 \end{aligned}$$

09.06.80 unitaire

$$\begin{aligned} V_r &= 48200 \text{ m}^3 & T_b &= 108' = 6500 \text{ s} & Q_r &= \frac{48200}{6500} = 7,43 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \\ Q_{\max r} &= 20,7 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} & \alpha &= \frac{20,7}{7,43} = 2,78 \end{aligned}$$

02 et 03.07.80 corps 30'

$$\begin{aligned} V_r &= 45000 \text{ m}^3 & T_b &= 115' = 6900 \text{ s} & Q_r &= \frac{4500}{6900} = 6,53 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} \\ Q_{\max r} &= 17,8 \text{ m}^3/\text{s}^{-1} & \alpha &= \frac{17,8}{6,53} = 2,73 \end{aligned}$$

Conclusion : $\alpha = 2,8$

Valeurs de Kr -- Estimation de Kr10 :

Les différences avec Kr sont importantes par rapport aux valeurs du rapport.

04.09.76	Pm = 39,0 mm	Imax = 74,4 mm/h IK = 0,4	Qmax = 29,1 m ³ /s-1 Vr = 91800 m ³	Kr = 25,6 % Hr = 10 mm au lieu de 11,8 (Lr)
20.07.80	Pm = 44,5 mm Ta = 2 jours	Imax = 69,6 mm/h IK = 6,9	Qmax = 27,8 m ³ /s-1 Vr = 76500 m ³	Kr = 19,8 % Hr = 8,37 mm au lieu de 16,3 mm

Sur le limnigramme, la décrue a été reconstituée de façon beaucoup trop généreuse.

19.07.77	Pm = 31,9 mm	Imax = ? IK = 4,4	Qmax = 26,6 m ³ /s-1 Vr = 58800 m ³	Kr = 23,8 % Hr = 6,43 mm au lieu de 8,05 mm
13.09.77	Pm = 50,9 mm Ta = 15 jours	Imax = 98,4 mm/h IK = 0	Qmax = 23,7 m ³ /s-1 Vr = 112700 m ³	Kr = 24,1 % Hr = 12,25 mm au lieu de 13,8 mm
09.09.76	Pm = 32 mm	Imax = 91,2 mm/h IK = 5,1	Qmax = 23,1 m ³ Vr = 56000 m ³ /s-1	Kr = 19,2 % Hr = 6,13 mm au lieu de 8,91 mm
09.06.80	Pm = 23,1 mm	Imax = 72 mm/h IK = 1,9	Qmax = 22,2 m ³ Vr = 48200 m ³ /s-1	Kr = 22,8 % Hr = 5,27 mm au lieu de 8,41 mm
20.08.77	Pm = 34,9 mm Ta = 2 jours	Imax = 105,6 mm/h IK = 5,4	Qmax = 22,2 m ³ Vr = 75500 m ³ /s-1	Kr = 23,8 % Hr = 8,25 mm au lieu de 10,8 mm
19.07.79	Pm = 52,1 mm Ta = 2 jours	Imax = 67,2 mm/h IK = 8,8	Qmax = 21,5 m ³ Vr = 69500 m ³ /s-1	Kr = 14,6 % Hr = 7,6 mm au lieu de 8,68 mm

La courbe Hr (Lr) en fonction de Pm du rapport a été modifiée ; elle passe maintenant au dessus du point 19.07.79 et tangente, en dessous, le point du 13.09.77. Cette courbe donne les valeurs de Hr (Lr) utilisée ci-dessous.

$$\begin{aligned} P_{10} &= 75 \text{ mm} & P_{10} &= 75 \times 0,86 = 63,7 \text{ mm} \\ H_{r10} &= 16,5 \text{ mm} \\ H_{r10} &= \frac{16,5}{63,7} = 26 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{70} &= 70 \text{ mm} & P_{70} &= 70 \times 0,86 = 60 \text{ mm} \\ H_{r70} &= 15 \text{ mm} \\ H_{r70} &= 25 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{100} &= 86 \text{ mm} \\ H_{r100} &= 25,5 \text{ mm} \\ H_{r100} &= \frac{25,5}{86} = 29,5 \text{ arrondi à } 30 \% \end{aligned}$$

27°) TCHALOL : S = 9,28 Km²

Base de l'étude : Rapport final hydrologique de la Mare d'Oursi "Pluies et crues au Sahel". Hydrogrammes originaux et listing des précipitations et de leur intensité comme pour Kolel et Djalafanka.

Estimation de Tm et Tb :

04.09.76	Qmax = 17,6 m ³ /s-1 Tb brut = 200'	Hr = 12 mm Tb net = 200 + 30 = 230' Tb = 160'	Hyétogramme à deux pointes ? cassure nette à déduire 70' ? (écart entre les deux pointes) Qint brut = 3 m ³ s-1 Qint net = 2,2 m ³ /s-1
12.06.77	Qmax = 14,1 m ³ /s-1 Tm brut = 70' Tb brut = 140'	Hr = 7,22 mm Tm net = 45' ? Tb net = 170' Tb = 170' ?	Pas de hyétogramme cassure nette Qint brut = 2 m ³ /s-1 Qint net = 1,15 m ³ /s-1
Pas facile de suivre une décrue avec trois points !			
19.07.77	Qmax = 13,4 m ³ /s-1 Tm brut = 55' Tb brut = 113-130'	Hr = 6,5 mm Tm net = 45' ? Tb net = 140-160'	Pas de hyétogramme
19.07.79	Qmax = 22,8 m ³ /s-1 Tm brut = 77'	Hr = 16,85 mm Tm net = 62'	Corps = 40', durée totale 175' traîne perturbe la décrue
12.08.79	Qmax = 10,8 m ³ /s-1 Tm brut = 78' Tb brut = 130'	Hr = 5,6 mm Tm net = ? Tb net = 160' Tb = 160'	Pas de hyétogramme Qint brut = 3 m ³ /s-1 Qint net = 1,2 m ³ /s-1
14.08.79	Qmax = 12,1 m ³ /s-1 Tm brut = 80'	Hr = 9,5 mm Tm net = 80 - 25 = 55' Tb net = 240' Tb = 210' ?	Corps = 50' ? Durée totale 65' Pas de cassure
09.06.80	Qmax = 11,1 m ³ /s-1 Tm = 70' Tb brut = 120'	Hr = 4,79 mm Tb net = 120' + 30 = 150'	Durée averse 20' unitaire. cassure nette Qint brut = 2,5 m ³ /s-1 Qint net = 1 m ³ /s-1
02.07.80	Qmax = 20,5 m ³ /s-1 Tm brut = 70' Tb brut = 180'	Hr = 14,15 mm Tm net = 50' Tb net = 210' Tb = 180'	Corps = 45', durée totale 180' cassure nette Qint brut = 3,5 m ³ /s-1 Qint net = 2,2 m ³ /s-1
17.07.80	Qmax = 11,5 m ³ /s-1 Tm = 30'	(Averse hétérogène dans l'espace ?)	
20.07.80	Qmax = 17,8 m ³ /s-1 Tm brut = 80' Tb brut = 160'	Hr = 11,20 mm Tm net = 70' Tb net = 160' + 30 = 190' Tb = 190 - 30 = 160'	Averse double, 1ère pointe 55' Corps = 35' pas de traîne. Qint brut = 4,1 m ³ /s-1 Qint net = 2,9 m ³ /s-1

Conclusion : Tm difficile à déterminer ; la montée présente systématiquement plusieurs bosses, la plus forte variant suivant la répartition spatiale des précipitations, d'où des variations de Tm même pour des corps d'averses courts. Nous avons choisi Tm = 45-50' dans l'hypothèse où une très forte averse régulariserait ces bosses mais il n'est pas exclu que Tm = 60-70' ; cela serait sûrement une valeur maximale correspondant à la dernière bosse (dernier tributaire).

Tb = 150' (crue du 09-06-80) (valeur de juin-juillet)

Tb comme Tm doivent croître de juillet à septembre.

Estimation du coefficient α : Ce coefficient est faible malgré des valeurs élevées de Kr pour la raison suivante :

Pour des valeurs de Pm élevées, les diverses pointes de l'hydrogramme tendent à se fondre en une bosse aplatie au lieu de donner une pointe assez aigüe comme à Polaka ou très aigüe comme à Kolel.

12.06.77 (pas de pluviographe) pas très loin d'unitaire ?
 $V_r = 66900 \text{ m}^3$ $T_b = 170' = 10200 \text{ s}$ $Q_r = \frac{66900}{10200} = 6,57 \text{ m}^3/\text{s-1}$
 $Q_{\max r} = 13,7 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $\alpha = \frac{13,7}{6,57} = 2,08$

19.07.77 (pas de pluviographe)
 $V_r = 60200 \text{ m}^3$ $T_b = 155' = 9300 \text{ s}$ $Q_r = \frac{60200}{9300} = 6,46 \text{ m}^3/\text{s-1}$
 $Q_{\max r} = 12,8 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $\alpha = \frac{12,8}{6,46} = 1,98$

09.06.80 unitaire
 $V_r = 44400 \text{ m}^3$ $T_b = 150' = 9000 \text{ s}$ $Q_r = \frac{44400}{9000} = 4,94 \text{ m}^3/\text{s-1}$
 $Q_{\max r} = 10,5 \text{ m}^3/\text{s-1}$ $\alpha = \frac{10,5}{4,94} = 2,13$

Conclusion : $\alpha = 2,1$

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 :

19.07.79	Pm = 50 mm Ta = 2 jours	Imax = 97,2 mm/h IK = 8	Qmax = 22,8 m ³ /s-1 Vr = 156500 m ³	Kr = 33,7 %
02.07.80	Pm = 30,7 mm Ta = 1 jour	Imax = 68,4 mm/h IK = 3,3	Qmax = 20,5 m ³ /s-1 Vr = 131000 m ³	Kr = 46,1 %
13.09.77	Pm = 45 mm Ta = 15 jours	Imax = 98,4 mm/h IK = 0	Qmax = 18,9 m ³ /s-1 Vr = 147000 m ³	Kr = 35,1 %
09.09.76	Pm = 34,5 mm Ta = 2 jours	Imax = 91,2 mm/h IK = 4,5 Longue décrue éliminée du ruissellement.	Qmax = 18,4 m ³ /s-1 Vr = 146000 m ³	Kr = 45,6 %
20.07.80	Pm = 34,7 mm ? Ta = 2 jours	Imax = 69,6 mm/h IK = 7,1	Qmax = 17,8 m ³ /s-1 Vr = 106000 m ³	Kr = 32,3 %
04.09.76	Pm = 33 mm Ta = 1 jour	Imax = 74,4 mm/h IK = 0,4	Qmax = 17,6 m ³ /s-1 Vr = 109000 m ³	Kr = 36 %
29.08.77	Pm = 37,3 mm Ta = 2 jours	Imax = 105,6 mm/h IK = 12,4	Qmax = 17,4 m ³ /s-1 Vr = 145500 m ³	Kr = 42,15 % Bonne saturation
12.06.77	Pm = 20,4 mm Ta (très grand)	Imax = 81,6 mm/h IK = 0	Qmax = 14,1 m ³ /s-1 Vr = 66900 m ³	Kr = 35,5 %
19.07.77	Pm = 28,7 mm Ta = 1 jour	Imax = ? IK = 1,7	Qmax = 13,4 m ³ /s-1 Vr = 60200 m ³	Kr = 22,6 % peut-être 25 %
20.08.80	Pm = 36,3 mm Ta = 1 jour	Imax = 54 mm/h IK = 16,4	Qmax = 13,3 m ³ /s-1 Vr = 156700 m ³	Kr = 46,5 % crue double
02.08.76	Pm = 17,8 mm Ta = 1 jour	Imax = ? IK = 1,3	Qmax = 12,4 m ³ /s-1 Vr = 61300 m ³	Kr = 37 %

Dans le rapport, on a parfois utilisé l'ancienne courbe d'étalonnage d'où de très gros écarts entre notre Hr et Lr du rapport :

En moyenne, pour $40 < P_m < 50 \text{ mm}$, la réduction de Hr est de 15 % mis à part le cas d'erreur comme dans la seconde crue.
 Pour $30 < P_m < 40 \text{ mm}$, la réduction de Hr est de 20 % .

La courbe $L_r = f(P_m)$ du rapport doit être abaissée vers les grandes valeurs de P_m . Elle doit passer entre le point représentatif du 29.08.77 favorisé à la fois par une humidité très forte et une forte intensité, et le point représentatif du 19.07.79, averse étalée dans le temps sans très forte intensité. On trouve donc $H_r = 22,3 \text{ mm}$ pour $P_m = 50 \text{ mm}$ au lieu de $L_r = 27,6 \text{ mm}$ dans ce rapport.

La nouvelle courbe donne les valeurs de Hr10, Hr70 mm, Hr100 mm.

$P_{10} = 75 \text{ mm}$ $P_{10} = 75 \times 0,86 = 63,7 \text{ mm}$
 $H_{r10} = 32,2 \text{ mm}$

$$Kr10 = \frac{32,2}{63,7} = 50,5 \% \text{ et encore, c'est probablement surestimé.}$$

$$\begin{aligned} P70 &= 70 \times 0,86 = 60 \text{ mm} \\ Hr70 \text{ mm} &= 29,4 \text{ mm} \\ &29,4 \\ Kr70 \text{ mm} &= \frac{\quad}{60} = 49 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P100 \text{ mm} &= 86 \text{ mm} \\ Hr100 \text{ mm} &= 49,75 \text{ mm} \\ &49,75 \\ Kr100 \text{ mm} &= \frac{\quad}{86} = 58 \% \end{aligned}$$

Valeurs très supérieures à celles de Polaka mais le coefficient α est si faible que les débits Q_{max} sont légèrement moins élevés.

28°) OUED ALI : $S = 10,4 \text{ Km}^2$

Base de l'étude : Rapports originaux par Y. BRUNER-MORET : très peu d'hydrogrammes mais une analyse très fine avec des diagrammes de distribution.

Estimation de T_m et T_b :

- Campagne 1957 :

28.08.57	$Q_{max} = 9,4 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$Hr = 2,9 \text{ mm}$	Phase préliminaire 20'	
	Première averse		+ corps 20'	
	$T_m \text{ brut} = 69'$	$T_m \text{ net} = 69 - 43 = 26'$		
	$T_b \text{ brut} = 102'$	$T_b \text{ net} = 102 + 20 = 122'$	cassure	
		$T_b = 125' - 130'$		$Q_{int} \text{ brut} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s-1}$
				$Q_{int} \text{ net} = 1,3 \text{ m}^3/\text{s-1}$

- Campagne 1958 :

02.08.58	$Q_{max} = 5 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$Hr = 1,78 \text{ mm}$		
	$T_m = 30 - 40'$	$T_b = 140'$	(Y. B. M.)	
05.08.58	$Q_{max} = 17 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$Hr = 5,3 \text{ mm}$		
	$T_m = 30 - 40'$	$T_b = 120 - 140'$		
20.08.58	$Q_{max} = 34 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$Hr = 11,5 \text{ mm}$	corps 16'	(1ère pointe de l'averse)
	$T_m \text{ brut} = 19'$	$T_m \text{ net} = 19'$		Presque unitaire
	$T_b \text{ brut} = 118'$	$T_b \text{ net} = 118 + 20 = 138'$		Averse totale 30'
	(Pluie sur la moitié aval sous estimée)			$Q_{int} \text{ brut} = 1,9 \text{ m}^3/\text{s-1}$
		$T_b = 130' - 140'$		

- Campagne 1959 :

04.08.59	$Q_{max} = 9,4 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$Hr = 3,36 \text{ mm}$	corps 45'
	$T_m = 30'$	$T_b = 120 - 130'?$	
27.08.59	$Q_{max} = 32,7 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$Hr = 12,6 \text{ mm}$	corps 34'
	$T_m \text{ brut} = 40'$	$T_m \text{ net} = 20 - 30'$	
	$T_b \text{ brut} = 110'$	$T_b \text{ net} = 110 + 20 = 130'$	

Conclusion : $T_m = 25'$ $T_b = 130 - 140'$

Estimation du coefficient α :

28.08.57 Première averse presque unitaire

$V_r = 30400 \text{ m}^3$	$T_b = 125' = 7500 \text{ s}$	$Q_r = \frac{30400}{7500} = 4,04 \text{ m}^3/\text{s-1}$
	$Q_{max} r = 9,1 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$\alpha = \frac{9,1}{4,04} = 2,25$

20.08.58 Ramenée à une averse unitaire

$V_r = 100700 \text{ m}^3$	$T_b = 130' = 7800 \text{ s}$	$Q_r = \frac{100700}{7800} = 12,9 \text{ m}^3/\text{s-1}$
	$Q_{max} r = 33,8 \text{ m}^3/\text{s-1}$	$\alpha = \frac{33,8}{12,9} = 2,62$

27.08.59 Pas loin d'unitaire.

$$Vr = 130000 \text{ m}^3 \quad Tb = 130' = 7800 \text{ s} \quad Qr = \frac{130000}{7800} = 16,7 \text{ m}^3/\text{s}-1$$

$$Q_{\max} r = 31,8 \text{ m}^3/\text{s}-1 \quad \alpha = \frac{31,8}{16,7} = 1,91$$

Conclusion : $\alpha = 2,4$

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 :

20.08.58	Pm = 30,1 mm	Imax = 110 mm/h Ta = 6 jours	Qmax = 34 m ³ /s-1 Vr = 116700 m ³	Kr = 37,3 %
27.08.59	Pm = 45,4 mm	Ta = 5 jours	Qmax = 32,7 m ³ /s-1 Vr = 130000 m ³	Kr = 27,5 % Ta trop fort
05.08.58	Pm = 20,3 mm	Ta = 2 jours	Qmax = 17 m ³ /s-1 Vr = 55000 m ³	Kr = 24 % (Y. B. H.)
28.08.57	Pm = 35,3 mm (totale)	Ta = 5 jours	Qmax = 11,3 m ³ /s-1 Vr = 102800 m ³	Kr = 28 %
28.08.57	Pm = 18,8 mm Deuxième pointe	Ta = 0 jours	Vr = 68800 m ³ /s-1	Kr = 35,2 %
04.08.59	Pm = 23,8 mm	Ta = 6 jours	Qmax = 9,4 m ³ /s-1 Vr = 35000 m ³	Kr = 14,2 %

Averse de base : celle du 20.08.58.

On part de P = 35 mm avec Kr = 32 %

$$P_{10} = 82 \text{ mm} \quad P_{10} = 70 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} 35 \times 0,32 = 11,2 \\ 35 \times 0,41 = 14,3 \end{array} \quad \text{On ne s\u00e9pare pas la tra\u00eene pour des valeurs de Kr de cet ordre.}$$

$$Hr_{10} = 25,5 \text{ mm}$$

$$Kr_{10} = \frac{25,5}{70} = 36,5 \%$$

$$P_{70} \text{ mm} = 70 \times 0,85 = 59,5 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} 35 \times 0,32 = 11,2 \\ 24,5 \times 0,39 = 9,6 \end{array}$$

$$Hr_{70} \text{ mm} = 20,8 \text{ mm}$$

$$Kr_{70} \text{ mm} = \frac{20,8}{59,5} = 35 \%$$

$$P_{100} \text{ mm} = 85 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} 35 \times 0,32 = 11,22 \\ 50 \times 0,45 = 22,5 \end{array}$$

$$Hr_{100} \text{ mm} = 33,7 \text{ mm}$$

$$Kr_{100} \text{ mm} = \frac{33,7}{85} = 39,7 \% \text{ arrondi \u00e0 } 40 \%$$

29°) TARAIMAN : S = 11,2 Km² Une seule campagne mais exceptionnellement humide. 1961.

Base de l'\u00e9tude : Rapport original (Ouadi Enn\u00e9) avec les hydrogrammes, hy\u00e9togrammes et les cartes isohy\u00e8tes.

Estimation de Tm et Tb :

08.08.61 Qmax = 9,05 m³/s-1 Hr = 21,8 mm Averse efficace 120' unitaire.
Tm = 270' Tb impossible \u00e0 d\u00e9terminer, d\u00e9crue perturb\u00e9e.

09 et 10.08.61 Qmax = 6,10 m³/s-1 Hr = 14,8 mm corps 60' tra\u00eene 6 h. perturbe peu la d\u00e9crue.
Tm = 330'
Tb brut = 755' Tb net = 755 + 140' = 895' cassure nette
Tb peut-\u00eatre un peu long (tra\u00eene)
Qint brut = 0,6 m³/s-1
Qint net = 0,28 m³/s-1

10.08.61 Qmax = 2,45 m³/s-1 Hr = 4,8 mm corps 90' pluie commence en aval.
Tm = 255' Tb net estim\u00e9 \u00e0 750'

13.08.61 Crue triple, on ne considère que la troisième.
 $Q_{max} = 4,68 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 9,6 \text{ mm}$ averse 150'
 $T_m \text{ brut} = 342'$ $T_m \text{ net} = 327'$ cassure nette.
 $T_b \text{ brut} = 780'$ $T_b \text{ net} = 780 + 140 = 920'$ $Q_{int} \text{ brut} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $T_b = 900'$ $Q_{int} \text{ net} =$

25.08.61 $Q_{max} = 16 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $H_r = 41,2 \text{ mm}$ averse 330', corps 70' unitaire pour la pointe.
 $T_m \text{ net} = 240'$
 $T_b \text{ difficile à déterminer} = 1080'$ à déduire 240' pour la traîne.
 $T_b = 840'$

Il y a systématiquement une bosse à la montée, elle est due à l'affluent RG

Conclusion : $T_m = 270'$ $T_b = 840'$ (Influence de la répartition spatiale)

Estimation du coefficient α :

09 et 10.08.61 Pas loin d'unitaire.

$V_r = 166600 \text{ m}^3$ $T_b = 895' = 53500 \text{ s}$ $Q_r = 3,10 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max} r = 5,86 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{5,86}{3,10} = 1,89$

10.08.61

$V_r = 54200 \text{ m}^3$ $T_b = 750' = 45000 \text{ s}$ $Q_r = \frac{54200}{45000} = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max} r = 2,25 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{2,25}{1,2} = 1,87$

13 et 14.08.61

$V_r = 107000 \text{ m}^3$ $T_b = 920' = 55200 \text{ s}$ $Q_r = \frac{107000}{55200} = 1,93 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$
 $Q_{max} r = 4,23 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $\alpha = \frac{4,23}{1,93} = 2,20$

Conclusion : $\alpha = 2$

Valeurs de K_r - Estimation de K_{r10} :

25 et 26.08.61 $P_m = 79,9 \text{ mm}$ $I_{max} = 120 \text{ mm/h}$ $Q_{max} = 16 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $K_r = 51,5 \%$
 $T_a = 1 \text{ jour}$ $V_r = 46300 \text{ m}^3$

08.08.61 $P_m = 44,1 \text{ mm}$ $T_a = 1 \text{ jour}$ $Q_{max} = 9,05 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $K_r = 49,5 \%$
 $V_r = 245000 \text{ m}^3$

09 et 10.08.61 $P_m = 28,7 \text{ mm}$ $I_{max} = 50 \text{ mm/h}$ $Q_{max} = 6,10 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $K_r = 51,2 \%$
 $T_a = 1 \text{ jour}$ $V_r = 166000 \text{ m}^3$

13 et 14.08.61 $P_m = 14,7 \text{ mm}$ $I_{max} = 50 \text{ mm/h}$ $Q_{max} = 4,68 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ $K_r = 65 \%$
Troisième crue $T_a = 0,04 \text{ jour}$ $V_r = 107000 \text{ m}^3$ saturation maximale.

Averse de base celle du 25 et 26.08.61 avec K_r réduit à 50 % .

$P_{10} = 80 \text{ mm}$ $P_{10} = 80 \times 0,845 = 67,5 \text{ mm}$

Pour $P = 80 \text{ mm}$ $H_r = 40 \text{ mm}$
A déduire de cette valeur de H_r $12,5 \times 0,58 = 7,25 \text{ mm}$.

$H_{r10} = 40 - 7,25 = 32,75 \text{ mm}$

$K_{r10} = \frac{32,75}{67,5} = 48,5 \%$

$P_{70} \text{ mm} = 70 \times 0,845 = 59,2 \text{ mm}$
 $H_{r70} \text{ mm} = 32,75 - (8,3 \times 0,56) = 28,1 \text{ mm}$

$K_{r70} \text{ mm} = \frac{28,10}{59,2} = 47,5 \%$

$P_{100} = 84,5 \text{ mm}$
 K_{r100} estimé à 50 %

30°) ABOU GOULEM : S = 12,3 Km²

Base_de_l'_étude : Rapport original avec les hydrogrammes, les hyétogrammes et les cartes isohyètes.

Estimation_de_Tm_et_Tb :

19.07.58	Qmax = 9,3 m ³ /s-1 Tm = 20' Tb brut = 67,5' Ruissellement hétérogène.	Hr = 1,4 mm cassure Tb net = 67,5 + 18 = 85,5'	corps 30', corps efficace beaucoup plus court.	Qint brut = 0,9 m ³ /s-1 Qint net = 0,4 m ³ /s-1
05.08.58	Qmax = 5,7 m ³ /s-1 Tm net = 35' Tb brut = 50'	Hr = 4,9 mm Tb net = 50' + 18 = 68'	corps 25', corps efficace 15' cassure nette	Qint brut = 1,1 m ³ /s-1 Qint net = 0,5 m ³ /s-1
07.08.58	Qmax = 8,9 m ³ /s-1 Tm brut = 40-45' Tb brut = 92'	Hr = 1,95 mm Tm net = 30' Tb net = 92 + 18 = 110' à déduire 15' Tb = 95'	corps 45', corps efficace 30'?	Qint brut = 1,5 m ³ /s-1 Qint net = 0,7 m ³ /s-1
18.08.58	Qmax = 1,3 m ³ /s-1	Hr = 0,25 mm Tm net = 40' Tb = (120') hydrogramme mou.	corps 10' unitaire homogène.	
19.08.58	Qmax = 8,4 m ³ /s-1 Tm net = 45' unitaire homogène. Tb brut = 105'	Hr = 1,7 mm Tb net = 123' Tb = 125'	corps 20', corps efficace plus court.	Qint brut = 1,2 m ³ /s-1 Qint net = 0,75 m ³ /s-1

Conclusion : avant le 15 août : Tm = 30' Tb = 90'
après le 15 août : Tm = 45' Tb = 120'

Estimation_du_coefficient_α :

19.07.58 Pas loin d'unitaire.

Vr = 17200 m ³	Tb = 85,5 = 5130 s	Qr = 3,35 m ³ /s-1 9,25
	Qmax r = 9,25 m ³ /s-1	α = $\frac{9,25}{3,35} = 2,75$

07.08.58 Non unitaire.

Vr = 24000 m ³	Tb = 110' = 6600 s	Qr = 3,64 m ³ /s-1 8,6
	Qmax r = 8,6 m ³ /s-1	α = $\frac{8,6}{3,64} = 2,36$

19.08.58 Unitaire.

Vr = 21000 m ³	Tb = 123' = 7400 s	Qr = 2,84 m ³ /s-1 8,05
	Qmax r = 8,05 m ³ /s-1	α = $\frac{8,05}{2,84} = 2,83$

Conclusion : α = 2,8

Valeurs_de_Kr -- Estimation_de_Kr10 :

10.08.59	Pm = 47,2 mm Ta = 0,42 jour	Imax = 120 mm/h Ta = 12 jours	Qmax = 15,2 m ³ /s-1 Vr = 70000 m ³	Kr = 12 % corps pas très fort par rapport à l'averse. (Vr = 90000 serait un maximum)
19.07.58	Pm = 25 mm	Ta = 12 jours	Qmax = 9,25 m ³ /s-1 Vr = 17200 m ³	Kr = 5,55 %
07.08.58	Pm = 29 mm	Imax = 60 mm/h Ta = 1,5 jour	Qmax = 8,9 m ³ /s-1 Vr = 24000 m ³	Kr = 6,75 %
19.08.58	Pm = 26,8 mm	Imax = 60 mm/h Ta = 1 jour	Qmax = 8,4 m ³ /s-1 Vr = 21000 m ³	Kr = 6,4 %
05.08.58	Pm = 20,4 mm	Imax = 96 mm/h Ta = 2 jours	Qmax = 5,7 m ³ /s-1 Vr = 6000 m ³	Kr = 2,3 %

30.08.59 Pm = 28 mm I_{max} = 108 mm/h Q_{max} = 5,2 m³/s-1 Kr = 4,9 %
 Ta = 2 jours Ve = 13500 m³ ?
 Vr = (17000) m³

Pour calculer Hr₁₀, on part de l'averse du 10.08.59, mais comme le corps est un peu plus faible que celui qui correspondrait aux conditions standards choisies, on admet : Hr = 6 mm au lieu des 5,68 mm correspondant à Vr = 70000 m³.

P₁₀ = 95 mm P₁₀ = 95 x 0,855 = 81 mm

47,2 x 0,127 = 6 (On ne déduit pas la traîne
 33,8 x 0,25 = 8,5 pour de si faibles valeurs de Kr).

Hr₁₀ mm = 14,5 mm
 $Kr_{10} = \frac{14,5}{81} = 18 \%$

P₇₀ mm = 70 x 0,855 = 60 mm

47,2 x 0,127 = 6
 12,8 x 0,2 = 2,56

Hr₇₀ mm = 8,56 mm
 $Kr_{70} = \frac{8,56}{60} = 14,3 \%$

P₁₀₀ mm = 85,5 mm 81 x 0,18 = 14,5
 4,5 x 0,3 = 1,35

Hr₁₀₀ mm = 15,85 mm
 $Kr_{100} = \frac{15,85}{85,5} = 18,5 \%$

31) LES OUTARDES :

Base de l'étude : Rapport hydrologique final de la Mare d'Oursi "Pluies et crues au Sahel" Hydrogrammes originaux, précipitations et diagrammes d'intensité.

Estimation de T_m et T_b : Pour les temps de base aussi longs que ceux des Outardes, la majoration de 20 % est manifestement trop forte, on majore de 10 % seulement soit 30'.

- Campagne 1976 :

17.07.76 Q_{max} = 18,3 m³/s-1 Hr = 8,8 mm Hyétogramme ?
 T_m brut = 120' Cassure peu nette.
 T_b brut = 240' T_b net = 240 + 30 = 270' Q_{int} brut = 1,6 m³/s-1
 Q_{int} net = 0,95 m³/s-1

19.07.76 Q_{max} = 19,5 m³/s-1 Hr = 12,47 mm Double pointe pas loin d'unitaire ?
 (1ère pointe) T_m = 100'
 T_b brut = 260' T_b net = 260 + 30 = 290' Q_{int} brut = 4 m³/s-1
 Q_{int} net = 2,35 m³/s-1

13.08.76 Q_{max} = 18,3 m³/s-1 Hr = 11,17 mm Corps efficace 20' unitaire.
 T_m net = 130'
 T_b brut = 355' T_b net = 355 + 30 = 385' Cassure nette.
 Q_{int} brut = 1,3 m³/s-1
 Q_{int} net = 0,9 m³/s-1

- Campagne 1977 :

29.08.77 Q_{max} = 18,2 m³/s-1 Hr = 12,83 mm Corps 45' pas de traîne
 T_m net = 160' cassure assez nette
 T_b brut = 390' T_b net = 420'
 T_m trop long conduit à T_b trop long. Q_{int} brut = 1,9 m³/s-1
 Q_{int} net = 1,5 m³/s-1

22.09.77 Q_{max} = 29,8 m³/s-1 Hr = 26,4 mm Corps 35' légère traîne presque unitaire.
 T_m net = 125'
 T_b brut = 405' T_b net = 405 + 30 = 435' Cassure.
 Q_{int} brut = 3 m³/s-1
 Q_{int} net = 2,2 m³/s-1

- Campagne 1978 :

30.07.78 Q_{max} = 20,2 m³/s-1 Hr = 13,9 mm 3ème pointe, corps efficace 48'
 T_m net = 120' (sans partie préliminaire) Traîne 80'
 T_b brut = 400' T_b net = 430' Averse préliminaire.
 Trop long, influence de la traîne. Q_{int} brut = 2 m³/s-1
 Q_{int} net = 1,5 m³/s-1

11.08.78	Qmax = 25,2 m ³ /s-1 Tm net = 70' Tb brut = 340'	Hr = 17,05 mm Tb net = 370' Tb = 310'	Corps 40', traîne 3 h 30, faible intensité. à déduire pour traîne 60' Qint brut = 2 m ³ /s-1 Qint net = 1,6 m ³ /s-1
09.06.80	Qmax = 14,7 m ³ /s-1 (1 ^è pointe) Tm net = 75' Tb brut = 250'	Hr = 9,34 mm (2 ^è me pointe) Tm net = 100' Tb net = 250 + 30 = 280' Tb = 270'	Corps 45' pas de traîne. Averse à 2 pointes. à déduire 10' Qint brut = 1,9 m ³ /s-1 Qint net = 1,4 m ³ /s-1
20.07.80	Qmax = 14,7 m ³ /s-1 Tm = 70' (deux paliers plus faibles après la pointe) Tb brut = 276'	Hr = 10,75 mm Tb net = 276 + 30 = 306'	Corps 60' + traîne faible intensité. Unitaire pour la pointe. Qint brut = 2,7 m ³ /s-1 Qint net = 2,0 m ³ /s-1
13.08.80	Qmax = 17,5 m ³ /s-1 2 ème averse Tm = 100' (première pointe) Tb brut = 340'	Hr = 16 mm Tm = 175' (dernière pointe) Tb net = 370' cassure nette.	Corps 30' pas de traîne Qint brut = 2,7 m ³ /s-1 Qint net = 1,65 m ³ /s-1

Conclusion :

Les hydrogrammes ont systématiquement une bosse à la montée et un maximum à plusieurs pointes exactement comme pour Tchaloï, la pointe la plus forte étant, soit la première, soit celle du milieu, plus rarement la dernière (d'où une valeur de α faible).
Tm correspond quelquefois à la première pointe (averse de 1980) à celle du milieu ou à la dernière. En plus Tm et Tb croissent pendant la saison des pluies. D'où des valeurs dispersées de Tm. On a adopté pour le début de la saison des pluies Tm = 75' Tb = 300', pour la fin Tm = 100' Tb = 400'. Si on considérait la pointe du milieu Tm serait de 100' en juillet.

Estimation du coefficient α :

17.07.76

Vr = 145000 m ³	Tb = 270' = 16200 s	Qr = 8,95 m ³ /s-1
		17,8
	Qmax r = 17,8 m ³ /s-1	$\alpha = \frac{17,8}{8,95} = 1,99$

13.08.76

Vr = 184300 m ³	Tb = 385' = 23200 s	Qr = 7,95 m ³ /s-1
		17,9
	Qmax r = 17,9 m ³ /s-1	$\alpha = \frac{17,9}{7,95} = 2,25$

29.08.77

Vr = 212200 m ³	Tb = 420' = 25200 s	Qr = 8,43 m ³ /s-1
		17,65
	Qmax r = 17,65 m ³ /s-1	$\alpha = \frac{17,65}{8,43} = 2,10$

22.09.77 presque unitaire

Vr = 436000 m ³	Tb = 435' = 26100 s	Qr = 16,7 m ³ /s-1
		29,3
	Qmax r = 29,3 m ³ /s-1	$\alpha = \frac{29,3}{16,7} = 1,78$

11.08.78

Vr = 281200 m ³	Tb = 370' = 22200 s	Qr = 12,65 m ³ /s-1
		24,95
	Qmax r = 24,95 m ³ /s-1	$\alpha = \frac{24,95}{12,65} = 1,97$

13.08.80 unitaire mais deux pointes égales

Vr = 263500 m ³	Tb = 370' = 22200 s	Qr = 11,85 m ³ /s-1
		16,98
	Qmax r = 16,98 m ³ /s-1	$\alpha = \frac{16,98}{11,85} = 1,43$

Conclusion = 1,9 - 2,1 (plus faible pour les crues à pointes multiples)

Valeurs de Kr - Estimation de Kr10 :

22.09.77	Pm = 63,5 mm IK = 0,7	Vr = 436000 m3	Qmax = 29,8 m3/s-1 V = 54000 m3	Kr = 41,6 %
11.08.78	Pm = 54,4 mm IK = 1,1	Imax = 58,8 mm/h Vr = 281200 m3	Qmax = 25,2 m3/s-1 V = 40800 m3	Kr = 31 %
13.09.77	Pm = 60,8 mm IK = 0,2	Vr = 310000 m3	Qmax = 23 m3/s-1 V = 70000 m3	Kr = 30,8 % (sous-estimé)
30.07.78	Pm = 38,5 mm IK = 31,6 Ta = 0,2 jour	Imax = 46,8 mm/h Vr = 229400 m3	Qmax = 20,3 m3/s-1 V = 37600 m3	Kr = 36,2 %
19.07.76	Pm = 30,4 mm IK = 8,5 Ta = 2 jours	Vr = 205700 m3	Qmax = 19,5 m3/s-1 V = 36300 m3	Kr = 41,1 %
17.07.76	Pm = 17 mm IK = 1,1	Vr = 145000 m3	Qmax = 18,3 m3/s-1 V = 13000 m3	Kr = 51,7 %
13.08.76	Pm = 27,2 mm IK = 6,5	Imax = 145 mm/h Vr = 184300 m3	Qmax = 18,3 m3/s-1 V = 26200 m3	Kr = 41,1 %
29.08.77	Pm = 39 mm IK = 4,3 Ta = 2 jours	Imax = 94,8 mm/h Vr = 310000 m3	Qmax = 18,2 m3/s-1 V = 34800 m3	Kr = 32,8 %
13.08.80	Pm = 32,2 mm IK = 32,2	Imax = 66 mm/h Vr = 263500 m3	Qmax = 17,4 m3/s-1 V = 18500 m3	Kr = 49,8 %
30.07.78	total Pm = (62,4) mm IK = 32,3 Ta = 1 jour	Imax = 46,8 mm/h Vr = 306400 m3	Qmax = 20,3 m3/s-1	Kr = 29,5 %

La courbe Hr en fonction de Pm n'est plus l'ancienne courbe Lr. Elle passe nettement au dessus du point 30.07.78 total, au dessus du point 13.09.77, un peu au dessus du point 11.08.78 et vers le point du 22.09.77 (humidité du sol faible mais averse bien concentrée dans le temps). De cette courbe, on déduit Hr10, Hr100 mm, Hr70 mm.

$$P10 = 75 \text{ mm} \quad \text{---} \quad P10 = 75 \times 0,825 = 61,8 \text{ mm} \quad \text{Hr10} = 25 \text{ mm}$$

$$Kr10 = \frac{25}{61,8} = 40,5 \%$$

$$\text{---} \quad P70 \text{ mm} = 70 \times 0,825 = 57,7 \text{ mm} \quad \text{Hr70 mm} = 21,5 \text{ mm}$$

$$Kr70 \text{ mm} = \frac{21,5}{57,7} = 37,5 \%$$

$$\text{---} \quad P100 \text{ mm} = 82,5 \text{ mm} \quad \text{Hr100 mm} = 43,5 \text{ mm}$$

$$Kr100 \text{ mm} = \frac{43,5}{82,5} = 53 \%$$

32°) GOUNTOURE : S = 24,6 Km².

Tm et Tb : on ne donne pas ici le détail ; un point important à noter : l'influence de la répartition spatiale des précipitations et du sens de déplacement de l'averse joue un rôle très significatif qu'on avait déjà entrevu pour des bassins plus petits.

Exemple : pour l'averse du 13.08.80 Qmax = 66,9 m3/s-1 Tb = 550'
(La valeur correcte de Tb est de 450-500') car l'averse remonte le bassin ; pour l'averse du 11.07.79 Qmax = 39,9 m3/s-1 Tb = 345' car l'averse descend le bassin.

Le temps de montée est de 90-100'.

Valeurs de Kr :

29.08.77	Pm = 63 mm	Qmax = 103 m3/s-1 Vr = 1140000 m3	V = 15500 m3	Kr = 73,5 %
17.07.80	Pm = 36,6 mm	Qmax = 75,5 m3/s-1 Vr = 678000 m3	V = 8000 m3	Kr = 75,3 %

13.08.80 Pm = 33,9 mm Qmax = 66,9 m³/s-1
2ème averse Vr = 718000 m³ V = 15000 m³ Kr = 86 %
Excellentes conditions de saturation, pluie très concentrée.

19.07.76 Pm = 35,6 mm Qmax = 61,8 m³/s-1
Vr = 645000 m³ V = 10000 m³ Kr = 73,8 %
Conditions de saturation exceptionnelles.

La courbe Hr = f(Pm) choisie passe par le point Pm = 70 mm Hr = 50 mm
d'où Kr10 = 65,5 % Kr100 mm = 73,5 %

α est nettement supérieur à 3. (Influence de la superficie ?)

Ont été également revues les valeurs de Kr de Bachikelé :

Kr10 = 50 % Kr70 mm = 52 % Kr100 mm = 58,5 %

Achévé d'imprimer sur les presses des Imprimeries MAURY
21, rue du Pont-de-Fer - 12102 Millau
en février 1986
pour le compte des Éditions de l'ORSTOM
70-74, route d'Aulnay- 93140 Bondy (France)

Dépôt légal : février 1986
Numéro d'imprimeur : L85/10361