

LES FORTES PLUIES DE LA REGION DU MONT CAMEROUN

Le cas d'Idenau

Daniel Sighomnou, Sigha Nkamdjou et Gregory Tanyileke

Centre de Recherches Hydrologiques

BP 4110, Yaoundé - CAMEROUN

RESUME

La façade océanique du Mont Cameroun est le siège d'une pluviométrie exceptionnelle occasionnée par l'obstacle orographique que représente la montagne face à une masse d'air pluvieux riche en noyaux de condensation.

Quinze années d'enregistrements pluviographiques à la station d'Idenau, située au pied de la montagne, ont été regroupés en deux échantillons homogènes de pluies convectives et de mousson, puis analysés.

Les résultats montrent que le modèle de pluie «double triangle symétrique» s'adapte bien aux averses convectives, alors que la forme des pluies de mousson peut être approchée par trois doubles triangles dont deux aux pointes d'intensité secondaire.

Un test de sensibilité montre par ailleurs que l'adoption, comme pour les averses convectives, de la forme double triangle à pointe unique pour les pluies de mousson conduit à des débits de pointe quasiment équivalents à ceux obtenus avec la pluie à trois pointes, mais avec un volume ruisselé de 20% inférieur.

ABSTRACT

Rainfall on the windward side of Mont Cameroun is exceptionally high, for the mountain acts as an orographic barrier to the moisture laden Monsoons.

This study analyzes a 15-years precipitation record from the Idenau station located at the foot of the Mountain. The data were regrouped into two homogeneous series of convective and monsoon rainfall prior to this analysis.

The results show that the convective storms fit the «symmetrical double triangle» model, while the form of the monsoon rains can be approximately represented by three double triangles with two secondary intensity peaks.

When the monsoon rainfall sample is subjected to the «single peak double triangle» model, the peak discharge obtained is very similar to that resulting from a three-peak rainfall event, though the total runoff is 20% less.

INTRODUCTION

La région côtière du Cameroun est en général caractérisée par de très fortes précipitations. Le total annuel évolue de 2,7 mètres à Campo à la frontière de la Guinée, à plus de 5 mètres vers la frontière du Nigeria, en passant par un maximum comparable aux records mondiaux (plus de 14 mètres à Debundscha, Olivry, 1986) au pied du Mont Cameroun (fig. 1a).

Deux raisons principales expliquent l'existence de ce maximum pluviométrique:

- d'une altitude de 4100 mètres, le Mont Cameroun plonge directement ses pieds dans la mer, façades ouest et sud. Cet obstacle orographique s'oppose à la

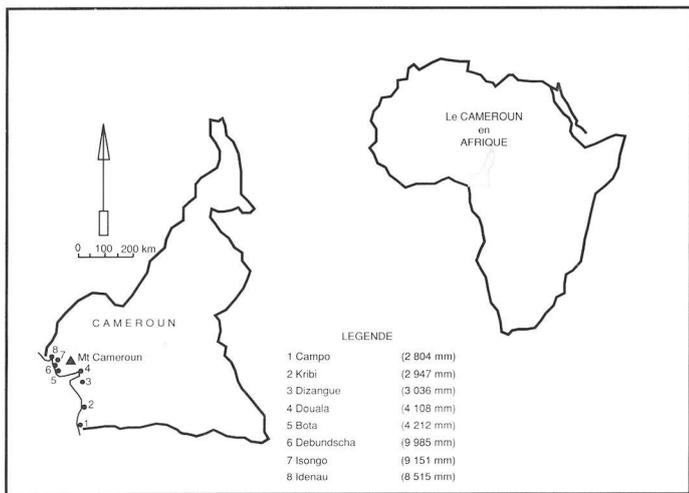


Figure 1a - Situation des points de mesures

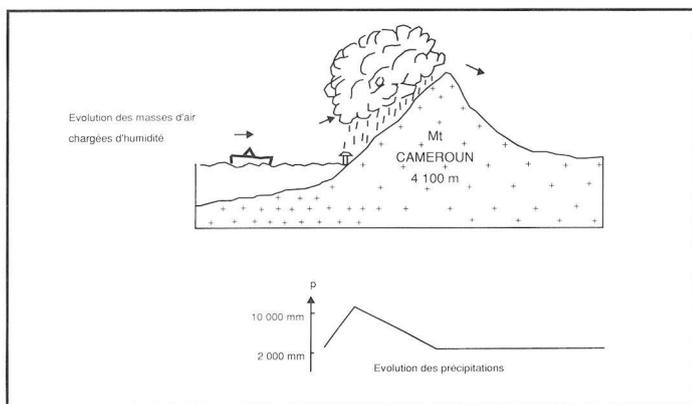


Figure 1b - Progression de la mousson et évolution des précipitations dans la région du Mont Cameroun

progression de la mousson en provenance de l'anticyclone de Ste-Hélène, entraînant ainsi une ascendance brusque de l'air. Dans son ascension, celui-ci se détend et se refroidit, ce qui augmente son humidité relative. Il se forme alors des nuages qui provoquent la pluie;

- d'autre part, l'air marin est fortement chargé de noyaux de condensation qui favorisent la formation des gouttelettes d'eau, qui grandissent progressivement par coalescence et accumulation de la vapeur d'eau autour du noyau, pour atteindre la taille d'une goutte d'eau, et tombent sous forme de pluie.

La conjugaison de ces deux phénomènes conduit à des nuages entretenus qui sont à l'origine de précipitations intenses et de longue durée.

Cette abondance pluviométrique diminue à mesure que l'on s'élève sur le flanc au vent de la montagne, alors que le versant continental reçoit à peine le cinquième du total enregistré au pied de la façade maritime. Une coupe de la région, de la mer vers l'intérieur du continent, est représentée sur la figure 1b.

Disposant d'une quinzaine d'années d'enregistrements pluviographiques dans la région, il nous a paru intéressant d'étudier en détail ces pluies particulières.

Après une brève présentation de la pluviométrie régionale, nous analyserons la structure des averses. Une étude de la sensibilité du modèle du réservoir linéaire aux caractéristiques des formes moyennes obtenues permettra de conclure sur la structure la plus représentative des averses de la région.

LES PRECIPITATIONS AU PIED DU MONT CAMEROUN

Trois stations de la région témoignent de ce que Suchel (1972) qualifie de «paroxysme pluvial». Les moyennes pluviométriques annuelles qui y sont enregistrées sont les suivantes (Olivry, 1986) :

Isongo	9151 mm	(10 ans)
Idenau	8515 mm	(21 ans)
Debundscha	9895 mm	(38 ans)

Les histogrammes moyens présentés à la figure 2 montrent une pluviométrie d'au moins 200 mm tous les mois de l'année, avec sept mois de pluviométrie supérieure à 600 mm.

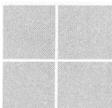
Station	Période de retour					
	1 an	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Debundscha	283,9	377,6	418,2	459,0	513,1	554,2
Idenau	278,9	380,5	424,9	469,6	529,1	574,4

Tableau 1 : Pluies journalières (mm) de diverses fréquences à Idenau et Debundscha.

L'analyse fréquentielle des précipitations journalières donne les résultats du tableau 1 (Olivry, 1986).

Deux types principaux de précipitations sont rencontrés dans la région: les pluies de mousson et les pluies de perturbation. Les premières sont caractérisées par des pointes d'intensité rela-

tivement faibles et des durées très longues pouvant dépasser la journée, alors que les secondes, de durée plus courte, sont caractérisées par des pointes d'intensité bien marquées. Les pluies de mousson sont en général observées entre août et novembre et les pluies de perturbation au début et à la fin de la saison des pluies.



PRESENTATION DES DONNEES ET ANALYSE DES RESULTATS

Les données pluviographiques analysées couvrent une période de 15 ans (1966-1980). Elles ont été enregistrées à la station d'Idenau située à 10 mètres au-dessus du niveau de la mer, par les soins de l'Office Français de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM) relayé par un service camerounais, le Centre de Recherches Hydrologiques (CRH).

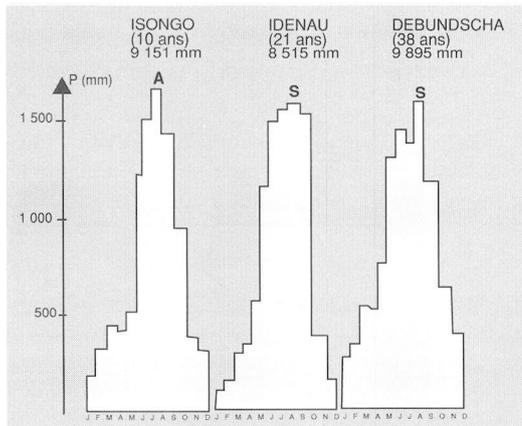


Figure 2 - Histogrammes moyens annuels de quelques stations de la région du Mont Cameroun (Olivry, 1986)

Du fait de la prédominance du caractère exceptionnel des événements pluvieux dans la plupart des études hydrologiques, nous nous sommes intéressés ici simplement aux deux événements les plus intenses de chaque mois. Trois à quatre événements ont cependant été retenus certains mois, quand il s'agissait d'événements de nature exceptionnelle. On a ainsi constitué un échantillon de 174 épisodes pluvieux, deux épisodes étant considérés comme distincts au sein d'un même enregistrement lorsqu'ils sont séparés par une pluie nulle d'au moins deux heures. Cette procédure de sélection peut conduire à éliminer un certain nombre

d'observations intenses sur de faibles durées, qui contribueraient à un relèvement des valeurs d'intensité pour les faibles pas de temps (5 à 10 mn). Du point de vue du ruissellement, l'importance de tels événements reste négligeable.

Etude des intensités maximales

L'analyse des 174 averses sélectionnées a donné les résultats du tableau 2. Compte tenu du critère restrictif de sélection des événements de notre échantillon, nous nous sommes limités dans les résultats aux événements de période de retour maximum égale à la durée de l'observation.

Δt (mn)	Période de retour T				
	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	15 ans
5	156,0	168,0	180,0	186,0	192,0
15	122,0	132,0	152,0	156,0	160,0
30	100,0	118,0	127,0	134,0	142,0
60	78,5	87,0	95,0	100,0	104,5
90	67,3	70,3	81,3	82,2	83,3
120	60,0	65,0	69,0	71,0	73,0
180	46,6	50,0	56,0	62,6	69,2
240	36,6	45,0	50,0	54,3	58,6
300	32,2	38,4	43,7	48,3	52,8

Tableau 2 - Intensités (mm/h) en fonction de la durée (Δt en mn) et de la période de retour (T).

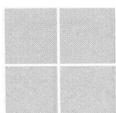
Ce tableau appelle les commentaires suivants :

Pour les faibles pas de temps (5 à 15 mn), les intensités moyennes maximales restent comparables à celles enregistrées dans d'autres régions de l'Afrique tropicale. Par contre, pour les pas de temps de durée supérieure, les intensités enregistrées à Idenau peuvent être jusqu'à deux fois supérieures à celles rencontrées habituellement (Sighomnou, 1986).

L'importance des volumes de pluie tombés au cours des averses exceptionnelles enregistrées dans la région serait donc due au maintien de «fortes intensités» pendant une longue durée, attribué aux nuages bien entretenus décrits plus haut.

Etude de la forme des averses autour de l'intensité maximale

Les épisodes pluvieux sont des phénomènes aléatoires à la structure complexe et difficilement reproductible. Ces aléas de la distribution des intensités autour de la forme moyenne sont cependant d'une importance secondaire pour la réponse du bassin versant. En conséquence, les hydrologues ont mis au point, à l'usage des ingénieurs aménagistes, des «pluies synthétiques» de forme simple dont la transformation au moyen des modèles appropriés conduit à des paramètres de ruissellement voisins de ceux enregistrés sur le terrain. L'élaboration de telles pluies repose sur l'analyse statistique de divers éléments (hauteur, durée, forme) des épisodes pluvieux. Plusieurs techniques de construction sont proposées. Ce sont les méthodes, bien connues, de Keiffer, Huff, Normand, Desbordes, etc. Nous avons montré dans



une précédente étude (Sighomnou et Desbordes, 1988) que les «formes moyennes double triangle symétrique» proposées par Desbordes et Raous (1980), à partir des observations faites en France, se retrouvaient dans les pluies enregistrées en Afrique tropicale.

Le concept de «pluie de projet» et son application en hydrologie

Ce concept a été discuté en France par l'hydrologue M. Desbordes (Desbordes, 1973; Desbordes et Raous, 1978); il désigne une représentation mathématique simple et synthétique de l'intensité de la pluie mesurée en un point en fonction du temps. Ne sont retenues dans la représentation du phénomène que les caractéristiques prépondérantes vis-à-vis du ruissellement issu de bassins versants. En effet ces bassins versants se comportent comme des "filtres" qui éliminent les variations à petite échelle de temps des précipitations. Parmi les caractéristiques des pluies les plus souvent retenues dans la conceptualisation d'une "pluie de projet", citons sa durée T , la durée T_p qui sépare le début de l'averse de l'instant où son intensité est maximale, l'intensité moyenne de la pluie sur la durée T , ainsi que son intensité moyenne pendant la durée critique T_M où la pluie est intense, l'allure de la courbe-type choisie pour schématiser la variation de l'intensité en fonction du temps,...

Ce concept de "pluie de projet" peut être utilisé en hydrologie urbaine, par exemple pour étudier le fonctionnement sur une durée de n années d'un réseau d'évacuation des eaux de pluie (débits de pointe, périodes de retour,...). Les statistiques permettant de chiffrer les risques de défaillance du réseau d'évacuation se déduisent alors, pourvu que l'on connaisse la relation pluie-débit pour la zone concernée, des statistiques portant sur les principales caractéristiques des "pluies de projet", elles-mêmes tirées de la climatologie locale.

Analyse des pluies du premier groupe ou pluies de convection

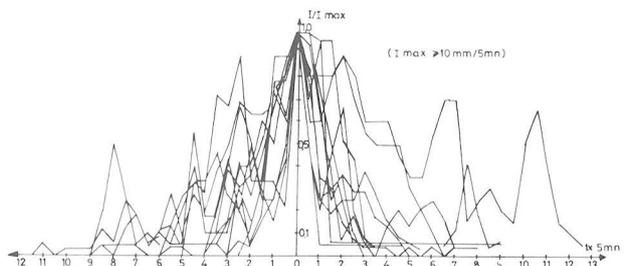


Figure 3 - Structure de quelques fortes pluies convectives à Idenau

Fondée sur l'étude de la sensibilité d'un modèle de transformation pluie-débit aux caractéristiques des averses, cette méthode a montré que les paramètres les plus influents sont : la durée de la pluie et l'intensité moyenne associée, une période de pluie intense sur une durée critique ainsi que sa position par rapport à la durée totale, la forme de la pluie et le pas de temps de discrétisation des intensités. L'application de la méthode, dans une région donnée, revient à déterminer ces caractéristiques et à vérifier leur représentativité pour les pluies de la région (Sighomnou et Desbordes, 1988). La «pluie de projet» est ensuite construite en tenant compte des caractéristiques du bassin étudié, et en particulier du temps de concentration. Dans ce qui suit, notre propos sera essentiellement axé sur l'étude de la forme de la pluie.

Des études récentes (Desbordes, 1987) ont montré que le regroupement des événements pluvieux en échantillons homogènes s'appuyant sur le mécanisme de formation améliore sensiblement les performances de la modélisation. Dans ce souci, les événements pluvieux retenus pour notre étude ont été regroupés en deux catégories:

- une première catégorie où ont été regroupés les événements caractérisés par de très fortes intensités de pointe et par une durée relativement courte (6 heures maximum). Il s'agit probablement des pluies issues des phénomènes de convection. 69 événements ont été enregistrés dans cette catégorie. Leur durée moyenne est de 3 h 30, et l'intensité moyenne maximale enregistrée en 5 minutes est de 192 mm/h,

- dans la deuxième catégorie ont été regroupés les événements de très longue durée (maximum enregistré 28 h) à intensités moyennes maximales faibles. Il s'agit essentiellement des pluies de mousson comportant plusieurs pointes d'intensité. 74 événements de ce type ont été enregistrés,

avec une durée moyenne de 12 heures et une intensité moyenne maximale de 114 mm/h en 5 minutes. Les deux catégories d'événements ont été étudiées séparément.

Les épisodes pluvieux ont été étudiés sous forme adimensionnelle, en portant en fonction du temps, le rapport de l'intensité à l'intensité maximale en 5 minutes. Les résultats obtenus (Fig. 3) appellent les commentaires suivants : les intensités restent en général assez soutenues autour du maximum. On observe également une

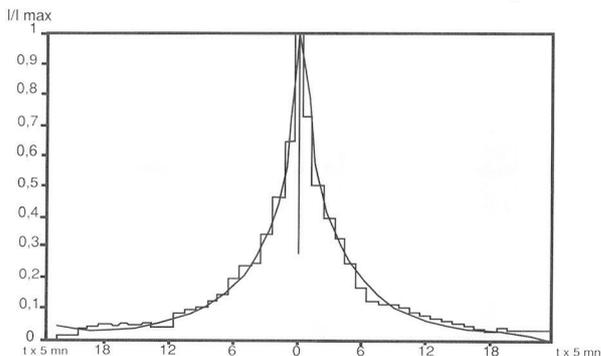


Figure 4 - Histogramme moyen des pluies convectives à Idenau

variation non négligeable du rapport I/I_{max} de part et d'autre du maximum, mais dans des proportions moindres que les pluies de mousson, comme nous le verrons plus loin. On se rappelle d'autre part que du point de vue du ruissellement, le bassin opère un lissage considérable du «bruit» de la pluie. Il a été montré par ailleurs (Desbordes et Raous, 1980; Sighomnou et Desbordes, 1988) que dans une certaine mesure, les formes moyennes de telles averses conduisent à des hydrogrammes simulés comparables à ceux observés.

Le tableau 3 montre le résultat de l'étude de la dispersion des rapports I/I_{max} autour du maximum d'intensité, pour des pas de temps variant de 5 en 5 minutes, et la figure 4 en représente la variation moyenne.

N°	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
Moyenne	0,134	0,190	0,235	0,245	0,340	0,461	0,642	1,0	0,724	0,501	0,395	0,329	0,247	0,172	0,119
Ecart T.	0,203	0,245	0,267	0,248	0,290	0,281	0,214	0,0	0,197	0,283	0,284	0,280	0,246	0,214	0,165
Coef. V.	1,46	1,29	1,14	1,01	0,854	0,609	0,333	0,0	0,272	0,560	0,719	0,851	0,992	1,24	1,38

Tableau 3 - Etude du rapport I/I_{max} (résultats partiels)

Ces résultats montrent en définitive qu'à Idenau, les averses convectives peuvent être représentées par une forme moyenne double triangle symétrique.

Analyse des pluies du deuxième groupe ou pluies de mousson

L'étude du rapport I/I_{max} autour du maximum d'intensité, pour des pas de temps variant de 5 en 5 minutes, donne le résultat de la figure 5. L'importance de la variation du rapport I/I_{max} ne permet pas d'envisager une forme moyenne d'averse qui soit représentative de l'ensemble.

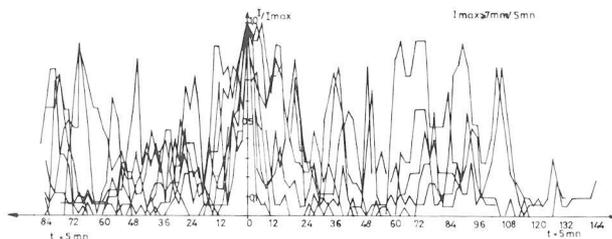


Figure 5 - Structure de quelques pluies de mousson à Idenau

Pour rester assez proche des pluies de ce groupe, caractérisées par l'existence de plusieurs points d'intensité, nous avons choisi de les étudier en regroupant les maxima d'intensité en trois points différents choisis dans la durée totale.

Une analyse des averses montre qu'elles comportent généralement une pointe principale précédée ou non par une ou plusieurs autres d'intensité secondaire d'une part, puis suivie par une ou plusieurs autres pointes d'intensité également secondaire d'autre part.

Pour se limiter aux seules pluies dont les pointes d'intensité secondaire pourraient avoir une influence notable et bien différenciée sur le débit de pointe, nous avons effectué un deuxième tri plus rigoureux sur les 74 épisodes pluvieux de ce groupe, s'appuyant sur les critères suivants : sont retenues comme pointes secondaires celles ayant une intensité au moins égale à la moitié de l'intensité maximale de la pointe principale, et située à au moins une heure de cette dernière. On a ainsi constitué un échantillon de 39 épisodes pluvieux.

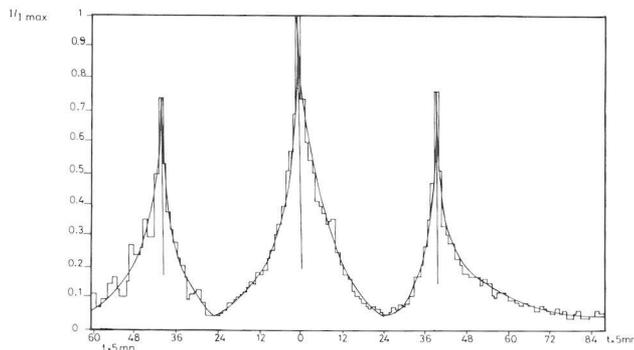


Figure 6 - Histogramme moyen des pluies de mousson à Idenau

Après avoir déterminé les rapports I/I_{max} et localisé les trois pointes d'intensité à retenir au sein de chaque averse, cette dernière est coupée en trois au niveau des points intermédiaires d'intensité instantanée la plus faible. Si la pluie présente plusieurs pointes d'intensités moyennes maximales équivalentes, celle apparue la première est considérée comme principale. De même, quand plusieurs pointes précèdent ou suivent la principale et remplissent la condition requise pour être considérées comme pointes secondaires, celle ayant l'intensité la plus forte est retenue.

Les positions moyennes des différentes pointes d'intensité déduites des observations sont les suivantes : 2/5ème de la durée totale de la pluie pour la pointe principale, 1/10ème de la durée totale pour la pointe située avant le maximum et 7/10ème de la même durée pour celle venant après.

L'étude de la dispersion des rapports I/I_{max} centrés en ces trois différents points donne les résultats du tableau 4 dont les variations moyennes sont représentées sur la figure 6.

Les résultats obtenus suggèrent d'approcher la forme du hystogramme moyen par trois doubles triangles symétriques, les intensités maximales matérialisées par les sommets des triangles secondaires étant de 25% inférieures à l'intensité maximale de la pointe principale.

Notre étude étant limitée aux données enregistrées dans une seule station pluviométrique, et par ailleurs sur un échantillon de fortes pluies de faible dimension (39 épisodes pluvieux), nos résultats doivent être considérés avec précaution. Ils pourraient être valorisés par la multiplication d'études semblables sur les données

N°	58	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	
Moyenne	0,104.....	0,256	0,343	0,291	0,291	0,496	0,733	0,521	0,367	0,318	0,274	0,228	0,203	
Ecart T.	0,127.....	0,180	0,287	0,200	0,203	0,231	0,164	0,192	0,203	0,264	0,237	0,210	0,263	
Coef. V.	1,22	0,701	0,835	0,687	0,698	0,466	0,224	0,369	0,553	0,832	0,867	0,918	1,29	
N°	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	
Moyenne	0,250	0,300	0,329	0,390	0,503	0,566	0,683	1,0	0,728	0,592	0,531	0,488	0,404	0,386	
Ecart T.	0,257	0,286	0,261	0,254	0,233	0,204	0,192	0,0	0,231	0,225	0,266	0,275	0,248	0,255	
Coef. V.	1,03	0,953	0,792	0,652	0,464	0,361	0,281	0,0	0,318	0,379	0,501	0,564	0,614	0,660	
N°	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	86
Moyenne	0,158	0,163	0,201	0,259	0,345	0,463	0,751	0,498	0,326	0,295	0,264	0,264	0,216	0,037
Ecart T.	0,200	0,200	0,243	0,254	0,281	0,256	0,105	0,221	0,168	0,202	0,221	0,232	0,196	0,115
Coef. V.	1,27	1,23	1,21	0,980	0,816	0,554	0,140	0,455	0,514	0,685	0,834	0,878	0,905	3,07

Tableau 4 - Etude du rapport I/Imax (résultats partiels)

issues d'autres sites de mesures, et en particulier par la comparaison de la réponse d'un modèle de ruissellement approprié, utilisant ces formes moyennes, aux résultats des mesures sur le terrain. Cependant, pour se faire une idée des résultats attendus, nous montrons sur la figure 7, à titre de comparaison, les hydrogrammes simulés au moyen du modèle du réservoir linéaire, à partir de la pluie double triangle symétrique à trois points et d'une pluie double triangle à pointe unique issue des mêmes données.

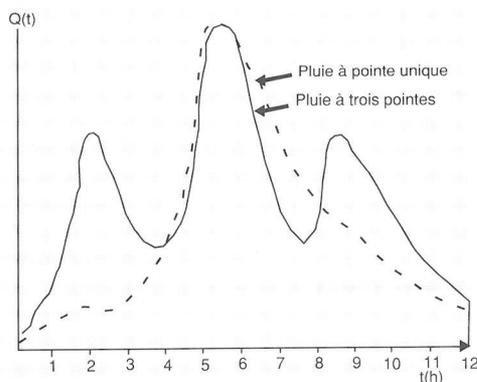


Figure 7 - Hydrogrammes de ruissellement suivant les deux modèles de pluie

Ces résultats appellent les commentaires suivants:

Les débits de pointe obtenus à partir des deux modèles de pluie sont quasiment identiques. Le rapprochement de la première pointe secondaire de la pointe principale conduit à une augmentation du débit de pointe engendré par la pluie à trois points, mais cette augmentation ne dépasse guère 8%. Les volumes ruisselés sont par contre différents, la pluie à trois points conduisant à un volume de 20% supérieur à celui obtenu avec la pluie à pointe unique. On remarquera cependant que cette valeur est assez proche de l'incertitude sur la mesure.

Seule la recherche d'une très bonne précision dans la détermination des volumes ruisselés semble donc justifier l'adoption de la forme de la pluie à trois points pour représenter les pluies de mousson de la région d'Idenau. Dans le cas contraire, la forme doublement triangulaire nous paraît suffisante pour la représentation des deux types d'averses rencontrés à Idenau.

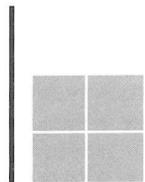
Au vu de ces résultats, obtenus dans des conditions de pluviométrie exceptionnelle, ainsi que des autres travaux déjà effectués sur le sujet (Desbordes et Raous, 1980; Sighomnou et Desbordes, 1988), on est tenté de croire que le modèle de pluie de projet «double triangle» est compatible, sous toutes les conditions climatiques, avec les objectifs poursuivis dans la plupart des travaux d'aménagement, et notamment les travaux d'hydrologie urbaine. On se rappelle que ce modèle de pluie est utilisable avec le modèle du réservoir linéaire, qui par ailleurs semble bien adapté (Desbordes, 1987) à des situations assez variables, allant d'un bassin versant de quelques mètres carrés à plusieurs centaines d'hectares. Des vérifications expérimentales de la relation pluie-débit sont cependant nécessaires pour conclure avec certitude.

CONCLUSION

La nature exceptionnelle des averses au pied du Mont Cameroun résulte de la présence d'un obstacle orographique situé face aux vents pluvieux, ce qui engendre une instabilité et provoque des phénomènes d'ascendance des masses d'air (riches en noyaux de condensation) favorables au déclenchement et au renforcement de la pluie.

Les épisodes pluvieux de la région se subdivisent en deux catégories bien distinctes.

Les pluies convectives de courte durée (3h30 en moyenne) dont la forme moyenne s'adapte assez bien à un double triangle symétrique.



Les pluies de mousson qui sont par contre de très longue durée (12h en moyenne) présentant plusieurs pointes d'intensité. Leur forme moyenne peut être approchée par trois doubles triangles dont un principal et deux secondaires.

Pour les pluies de mousson, un test de sensibilité montre que l'adoption de la forme «trois doubles triangles» a une influence pratiquement nulle sur le débit de pointe, comparativement aux résultats obtenus à partir d'une pluie équivalente et de forme, plus simple, doublement triangulaire. Une différence de l'ordre de 20% est cependant notée entre les volumes ruisselés obtenus à partir des deux modèles de pluie.

BIBLIOGRAPHIE

Desbordes M., 1973, Pluie de projet : essai de définition, Service Central Hydrologique, rapport LHM n° HC 045 19/73, 36 p.

Desbordes M., Raous P., 1980, Fondement de l'élaboration d'une pluie de projet urbaine : méthode d'analyse et application à la série de Montpellier - Bel-Air, *La Météorologie*, 6, 20-21, p. 317-336.

Desbordes M., 1987, Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain. Thèse de Doctorat d'Etat, USTL, Montpellier, 242 p.

Esconou G., 1980, Les fortes pluies de la bande côtière en Normandie, *La Météorologie*, 6, 20-21, p. 295-298.

Olivry J. C., 1986, *Fleuves et rivières du Cameroun*. Collection «Monographies Hydrologiques ORSTOM» N°9. MESRES-ORSTOM, Paris, 733 p.

Sighomnou D., 1986, Assainissement pluvial en zone urbaine en Afrique tropicale, cas de Yopougon (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat 3ème cycle, USTL, Montpellier, 245 p.

Sighomnou D., Desbordes M., 1988, Recherche d'un modèle de pluie de projet adapté aux précipitations de la zone tropicale africaine, cas d'Adiopodoumé - Abidjan (Côte d'Ivoire), *Hydrologie Continentale*, Vol. 3, N°2, p. 131-139.

Suchel J. B., 1972, *La répartition et les régimes pluviométriques au Cameroun*. Travaux et Documentations de géographie tropicale N°5, CEGET - CNRS Bordeaux, 283 p. + 94 fig.

