

CARACTERES HYDROLOGIQUES D'UN DEMBO PARTIELLEMENT
DEFRICHE DU SHABA MERIDIONAL (ZAÏRE)

Hydrology of a disturbed dambo in Southern Shaba.

M. LOOTENS * & BIHUNDA B. **

ABSTRACT

Many small catchments in Southern Shaba present at their headwater end a periodically inundated grass-covered depression (dambo). The study of the river flow after such a dambo shows a high overland flow, which forms the largest part of the total runoff. The surface outflow is delayed by several weeks because of the braking effect of the dambo's grass. This behaviour is clearly illustrated by the annual hydrograph and by the hydrographs for each separate runoff event.

RESUME

Une grande partie des petites vallées du Shaba méridional présentent dans leur cours supérieur un élargissement à fond plat, avec des sols hydromorphes et une végétation herbacée (dambo). Le débit de la rivière qui fait suite à ces dembos est formé pour une plus grande part par le ruissellement de surface que par l'écoulement de base. Ce ruissellement de surface est retardé de plusieurs semaines du fait de la rugosité due à la végétation herbacée. Ce phénomène apparaît clairement sur l'hydrogramme annuel et sur l'hydrogramme des crues individuelles.

* Geologisch Instituut, Rijkuniversiteit Gent, Krijgslaan, 281, B-9000 GENT.

** Département de Géographie, Université de Lubumbashi (UNILU), BP 1825, Lubumbashi, Zaïre.

INTRODUCTION

Les dembos sont des dépressions marécageuses, presque entièrement démunies d'arbres, qui occupent certaines têtes des vallées. Ils ont été principalement reconnus sur les plateaux de l'Afrique centrale. Ces vallons à fond plat ou en berceau sont périodiquement inondés et un écoulement pérenne n'est pas organisé en un lit défini. Ces élargissements sur sols hydromorphes se présentent sous forme de clairières dans la forêt. D'après BALEK (1977), ils occupent près de 25% (ou 85.000 km²) de toutes les zones marécageuses de l'Afrique.

ACKERMANN (1936) & MACKEL (1979) ont décrit ces dembos en Zambie et DE DAPPER & MALAISSE (1979) en ont étudié la morphologie et la végétation sur le plateau de la Manika au Shaba. BALEK & PERRY (1973) et BALEK (1977) ont suivi en détail le comportement hydrologique d'une série de quatre petits (maximum 1,5 km²) dembos vierges dans les environs de Chingola (Zambie), situés à quelque 100 km à peine au sud du bassin qui sera décrit ci-après. Au Shaba, seul ALEXANDRE (1977) a signalé certains aspects hydrologiques typiques des dembos. La présente note tente d'élargir nos connaissances à l'aide d'observations portant sur une durée de cinq ans. Le dembo étudié, proche d'une grande agglomération, a malheureusement subi une action anthropique manifeste.

L'insuffisance de l'équipement hydrométéorologique n'a pas permis d'établir un bilan hydrologique complet.

LE MILIEU

Le bassin versant est situé à 25 km au SE de la ville de Lubumbashi (Fig. 1); il est drainé par la rivière Mikuta, longue de 2,5 km, qui est un affluent de rive droite de la Kafubu. La Kafubu se jette à son tour dans le Luapula, qui rejoint le lac Moero. Le bassin (coordonnées de la station de jaugeage : 11°46' S et 27°37' E) couvre une superficie de 4,35 km². Son périmètre est de 8,4 km.

Morphographie (Fig. 2)

Le bassin présente en plan une forme de poire dont l'indice de compacité (Gravelius) est de 1,15 ; il se situe entre 1.157 et 1.203 m d'altitude. Ce niveau de 1.200 m se rattache à une large surface d'aplanissement d'âge fin-tertiaire, dans laquelle le réseau hydrographique actuel n'est que faiblement incisé, bien qu'il y ait plusieurs signes

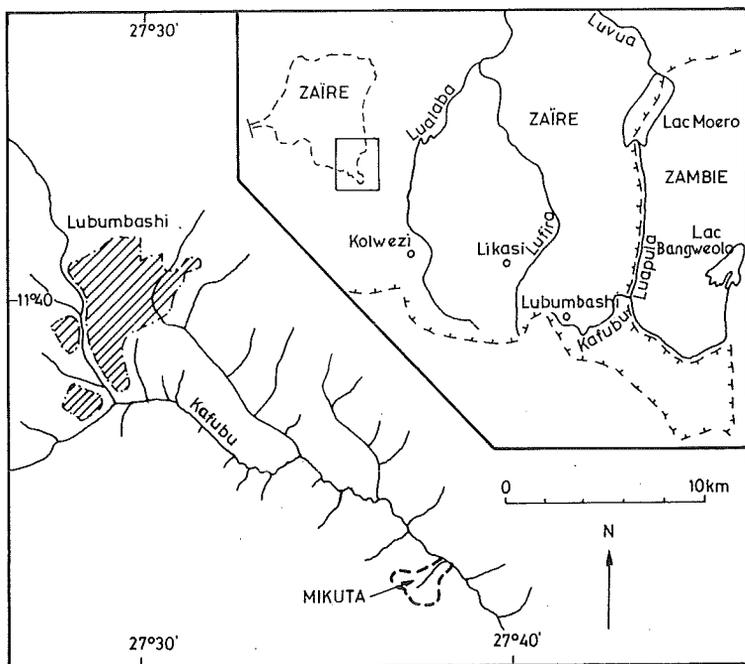


Fig. 1 : Localisation du bassin de la Mikuta.

d'une reprise d'érosion généralisée (ALEXANDRE & LEQUARRE, 1978).

Le dembo, à fond subhorizontal, est délimité par des versants subrectilignes ou légèrement convexes en pente douce (1 à $1,5^\circ$). La transition interfluve-versant est soulignée par une convexité nette et généralisée. Là où le dembo rétrécit, la rivière s'encaisse dans une vallée en forme de V dont les pentes sont nettement plus raides : 3 à 5° et même 8° sur la rive gauche. La rivière y présente de petits rapides et son lit mineur est localement bordé par un talus. Déjà BALEK (1977) signale que les dembos sont souvent drainés par des "gorges relativement profondes". Le tronçon en aval de la station de jaugeage, dans la zone de confluence avec la Kafubu, est à nouveau plus évasé et les versants y sont plus doux (1 à 2°). Le fond plat y atteint une largeur de 40 m tandis que le lit mineur n'a au maximum que 2 m de large.

Géologie et sols.

Le bassin est entièrement développé dans le flanc sud du synclinal de Lubumbashi, où affleurent les schistes gréseux du Kundelungu supérieur (Pré-Cambrien), interstratifiés avec quelques bancs de grès. L'altération chimique du substratum peut atteindre une profondeur de 50 m (BEUGNIES, 1954).

Les sols sont des latosols brun-rouge, à texture finement argileuse (fraction argileuse entre 35 et 40 %) et bien drainés, sauf localement en bas de pente (SYS & SCHMITZ, 1959). Leur épaisseur maximale est de 2,5 m et une stone-line, comprise entre 80 et 150 cm de profondeur, est omniprésente, sauf sur le fond plat. Ce niveau caillouteux est composé de concrétions ferrugineuses, de graviers de quartz et de fragments de schiste. Sur les interfluves, notamment à hauteur de la zone encaissée de la vallée, des vestiges de cuirasse latéritique peuvent être observées. Près de la station de jaugeage, la Mikuta traverse un lambeau de terrasse de la Kafubu (DIBANGA, 1982). Les sols gris hydromorphes dans le fond de vallée sont plus argileux (fraction < 2 μ m : 60 %) et leur origine est soit alluvionnaire, soit colluvionnaire.

Les versants sont parsemés de termitières géantes, érigées par *Macrotermes falciger*. Ces termitières ont une hauteur d'environ 8 m, un diamètre basal de 15 m et une densité de 3 à 5/ha (ALONI, 1975). Plus de la moitié de ces tumuli sont désertés par les termites bâtisseurs. Dans la partie amont du dembo, apparaît une importante concentration (6000/ha) de petites termitières (quelques décimètres de haut), pour la plupart érigées par *Cubitermes sp.*

Climat.

Le macroclimat de la région est de type tropical à saisons contrastées : une saison de pluie de novembre à mars et une saison sèche de mai à septembre, avec octobre et avril comme mois de transition. La moyenne annuelle des précipitations est de 1.270 mm (MALAISSE, 1979) mais il existe de grandes différences d'une année à l'autre (min : 716 mm ; max : 1.551 mm). BALEK & PERRY (1978) et SOYER & NTOMBI (1982) ont insisté sur le caractère local des averses. Les précipitations sur le bassin de la Mikuta même seront traitées ultérieurement. La température annuelle moyenne est de 20° C ; le mois le plus froid est juillet (15,6° C) et le mois le plus chaud

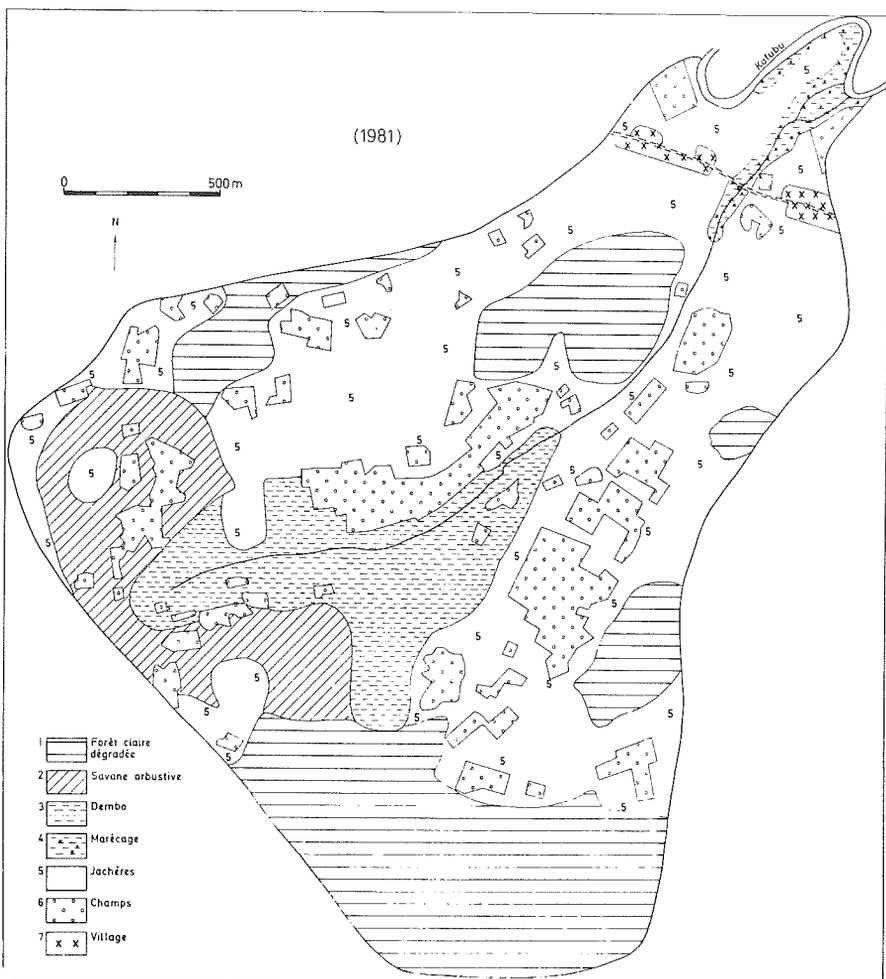


Fig. 3. : Végétation et occupation du sol.

est octobre (23° C), avec une moyenne du maximum journalier de 33° C.

Végétation et occupation du sol (Fig. 3).

La végétation originelle, la forêt claire (miombo), dominée par *Brachystegia - Julbernardia - Isoberlinia* (MALAISSE, 1979) est fortement attaquée par les feux de brousse, par les coupes de bois pour la fabrication de charbon de bois et bois de chauffage et par la mise en culture. La forêt dégradée, où l'action de l'homme est déjà bien visible, ne couvre plus que 26 % du bassin et subsiste surtout sur les interfluves. Dans le bas des versants on trouve la savane arbustive (8%), qui forme en quelque sorte une zone de transition vers le dembo. Cette zone marécageuse est caractérisée par une végétation herbacée avec des cyperaceae, liliaceae, iridaceae et *Hyparrhenia cymbarea*; elle occupe 11 % du bassin. Le long du cours inférieur se trouve une zone marécageuse avec *Phragmites mauritianus* (3%). A peu près la moitié du bassin se trouve actuellement ou s'est trouvée sous culture. 30 % sont des champs laissés en jachère et occupés par une savane de dégradation à divers *Hyparrhenia* et *Imperata cylindrica*. Lors du levé de terrain (mars 1981), 20 % du bassin étaient effectivement cultivés. Les champs sont de dimensions modestes et portent des billons. Les cultures principales sont le maïs, le manioc et le sorgho, à côté de quelques légumes en culture irriguée sur les bords du dembo. La route en terre Lubumbashi - Sambwa traverse la vallée juste en aval de la station de jaugeage. Elle est bordée par deux caniveaux. Les quelques cases le long de cette route, entourées d'arbres fruitiers (papayer, manguier, bananier) et de cultures maraîchères, hébergent au maximum 50 personnes.

LES PRECIPITATIONS

Les pluies ont été recueillies dans un pluviographe Casella (sauf pour l'année hydrologique 1979-1980, où on dut faire appel à des relevés effectués à l'aide d'un pluviomètre) installé à moins de 1 km au SE de la station de jaugeage. D'après STOCKING (1978), il est possible d'utiliser ces données sans erreur excessive. Vu le caractère local des averses tropicales, les valeurs relatives à une courte période de pluie peuvent être très variées (BALEK & PERRY, 1973). Pour vérifier si une pluie est effectivement tombée dans le bassin étudié, ces enregistrements ont donc été comparés aux résultats de trois pluviomètres implantés dans le bassin même, ainsi qu'aux données fournies par un pluvi-

graphe Fuess localisé à 1,5 km au NW de la station de jaugeage.

Les précipitations moyennes mensuelles ainsi que le nombre de jours de pluie par mois, portant sur quatre années d'observations (1/10/1980 - 30/9/1984), figurent dans le Tab. I. Les précipitations moyennes annuelles s'élèvent à 1.137,7 mm (10 % de moins que la moyenne calculée sur un plus long terme) réparties sur un nombre annuel moyen de 101 jours de pluie. L'analyse de la hauteur des averses individuelles (nombre annuel moyen de 127) montre que les pluies inférieures à 1 mm sont les plus fréquentes (24 %) (Tab. II). Si on fait la distinction entre jour (6h - 18h) et nuit (18h - 6h), on constate qu'il pleut davantage la nuit (55,6%) que le jour (43,4%) (LEBLANC & MALAISSE, 1978). L'examen des courbes d'intensité - durée - fréquence montre des averses orageuses avec un corps de courte durée et de forte intensité, suivi d'une queue de faible intensité.

LES DEBITS

Méthodologie.

Les débits ont été déterminés à partir d'une courbe de tarage, établie d'après une série de jaugeage volumétrique (dans une période proche de l'étiage) ou au moulinet. En l'absence de limnigraphe, une échelle limnimétrique a été installée (localisation : Fig. 2) et a été observée par un collaborateur de terrain au moins une fois par jour en saison sèche et au moins trois fois par jour en saison des pluies. Lors des crues importantes, les lectures se faisaient d'une manière encore plus intensive - toutes les cinq minutes - au moins pendant la phase montante. Ces relevés se sont alors poursuivis même au cours de la nuit, mais l'honnêteté scientifique nous oblige à avouer leur faible fiabilité. Comme il pleut un peu plus pendant la nuit que pendant le jour, les débits seront donc probablement sous-estimés.

Résultats.

Pendant la période d'observation de cinq ans (1/10/1979 - 30/9/1984) le débit moyen annuel a varié de 19,2 l/s à 50,4 l/s, avec une moyenne de 35,9 l/s. Ceci correspond à une lame d'eau écoulée de 259,4 mm ou de 8,4 l/s/km². Le débit moyen mensuel (Tab. I) est le plus faible en octobre avec 1,9 l/s (0,4 l/s/km² ou encore 0,3 % du module brut annuel, qui est de 1.127.000 m³) et le plus élevé en février avec 90,8 l/s (20,9 l/s/km² ou 21 % du module brut). Le débit moyen mensuel n'est

	Précipitations	Nombre de jours de pluie	Débit
octobre	32,7	4	1,9
novembre	143,7	15	5,8
décembre	257,8	21	45,2
janvier	232,1	20	68,5
février	246,3	20	90,8
mars	145,2	14	89,9
avril	71,2	4	53,2
mai	7,3	2	31,9
juin	0	0	19,2
juillet	0	0	13,4
août	0	0	8,3
septembre	1,4	1	4,0

Tab. I. : Précipitations moyennes mensuelles (mm), nombre moyen de jours de pluie et débits moyens mensuels (l/s).

Pluie	Nombre d'averses (%)
1 mm	123 (25%)
1-2 mm	73 (14%)
2-4 mm	77 (15%)
4-8 mm	85 (17%)
8-16 mm	65 (13%)
16-32 mm	61 (12%)
32-64 mm	22 (4%)
64-128 mm	4 (1%)

Tab. II. : Distribution des averses selon leur importance (période 1/10/80 - 30/9/84).

jamais le plus élevé en janvier, étant donné l'occurrence d'une petite saison sèche (LOOTENS & KISHIMBI, 1985). Pendant la période de janvier jusqu'en avril se concentre 71 % de l'écoulement annuel total. Le débit maximal mensuel a été observé en février 1983 (148,8 l/s) et le débit minimal mensuel en octobre 1981 (0,2 l/s).

Le débit journalier maximum (685,7 l/s) a été atteint le 7 mars 1981. Le maximum journalier se produit toujours lors des crues de la seconde moitié de la saison des pluies. Le débit maximal instantané observé, environ 1.400 l/s, est relativement faible. La différence maximale entre deux valeurs consécutives du débit moyen journalier a été de 479 l/s sur la branche montante de l'hydrogramme, tandis qu'une réduction maximale de 436 l/s a été observée lors de la décrue. Toutes ces valeurs traduisent le caractère capricieux de l'écoulement, ce qui est également illustré par la courbe des débits classés (Fig. 4).

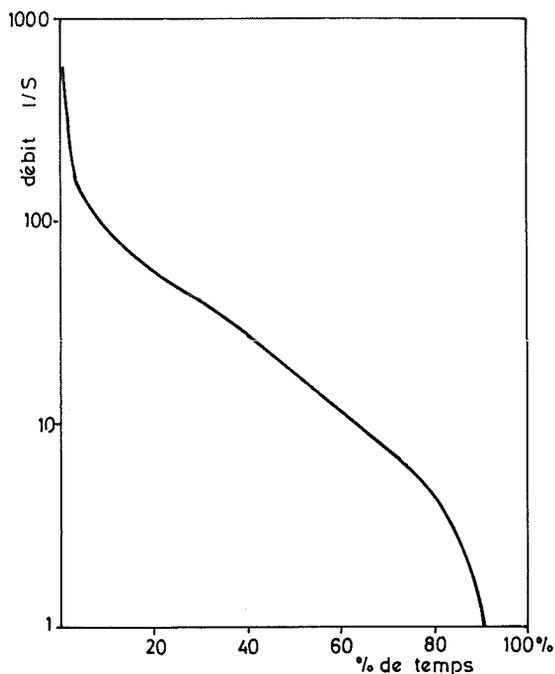


Fig. 4 : Courbe des débits classés (basée sur les débits moyens journaliers de la période 1979-1984).

La comparaison des débits spécifiques mensuels avec ceux de la Kafubu, dont la Mikuta est un affluent, montre qu'au début de la saison des pluies (novembre et décembre), ces débits sont supérieurs pour la Kafubu mais qu'à la fin de la saison pluvieuse (avril et mai), la situation est renversée. Suite au caractère intermittent de la Mikuta, les débits restent faibles jusqu'à mi-décembre; à partir de ce moment, le dembo est complètement saturé et commence à contribuer à l'écoulement de base (BALEK & PERRY, 1973). A la fin de la saison des pluies, le dembo va lâcher ses eaux avec un certain retard. Ce retard paraît être dû essentiellement à l'action freinante de la végétation. BALEK (1977) a démontré qu'ainsi l'écoulement superficiel en provenance d'un dembo continue à contribuer à l'écoulement global jusqu'à 50 jours environ après la dernière crue.

Le coefficient d'écoulement (22,7 %) est nettement plus élevé que dans les différents bassins plus ou moins vierges de la région, mais il est du même ordre de grandeur que dans le bassin de la Lubwe (LOOTENS & LUMBU, 1985), où l'action anthropique est très importante. Cet écoulement accru est dû au pourcentage du bassin occupé par les graminées au détriment de la forêt claire, où l'évapotranspiration est trois fois plus grande (BALEK & PERRY, 1973). La déforestation et la mise en culture sont d'autres facteurs influençant ces variations.

Hydrogramme annuel.

La figure 5 présente sur papier semi-logarithmique l'hydrogramme annuel - basé sur les débits moyens journaliers - pour l'année 1981-1982, qui est l'année pendant laquelle les différents paramètres hydrologiques se sont le moins écartés des valeurs moyennes.

L'étiage est atteint en octobre ou novembre, mais en tout cas après les premières pluies qui servent principalement à fournir au sol une humidité équivalente à la capacité au champ (ALEXANDRE, 1977). A partir de mi-décembre, donc un à deux mois après le début de la saison des pluies, une série de pics se superposent à l'écoulement de base en provenance du dembo où les sources sont devenues actives.

La forme générale de l'hydrogramme ressemble fortement à ceux des bassins au nord de la Zambie et notamment au bassin Luano-A, où le dembo occupe 10,3 % de la superficie. Les deux courbes de tarissement ont grosso modo la même pente; cette valeur augmenterait au fur et à

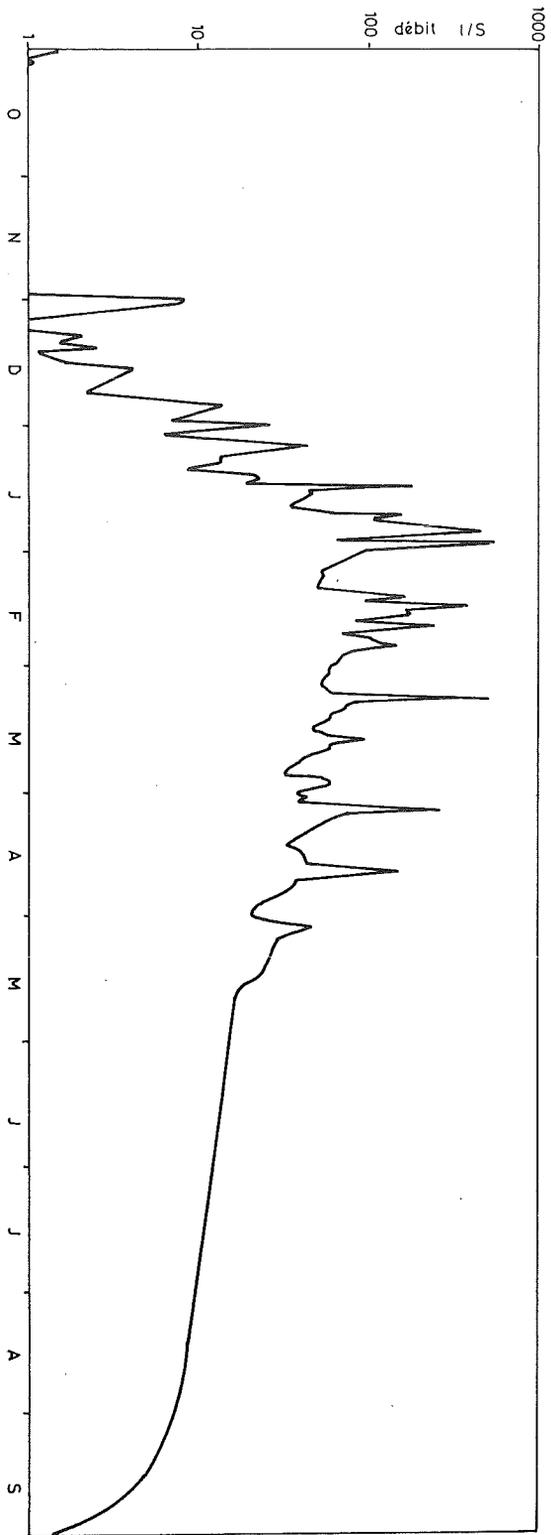


Fig. 5 : Hydrogramme annuel pour l'année hydrologique 1981-82.

mesure que le pourcentage occupé par le dembo diminue (BALEK & PERRY, 1973). Une fois que le débit de la Mikuta descend au-dessous de 6 l/s, la forme de l'hydrogramme est influencée par l'évaporation.

La répartition de l'écoulement total en écoulement de base et écoulement superficiel a été supputée selon la méthode préconisée par ALEXANDRE (1977) et en tenant compte du niveau de la nappe phréatique. Pour l'année 1981-82 on obtient une valeur de 138,2 mm (57,4 %) pour l'écoulement superficiel et 102,6 mm (42,6 %) pour l'écoulement de base. Ces valeurs correspondent assez bien avec celles trouvées par Balek, qui est d'avis que le pourcentage d'écoulement superficiel augmente dans la mesure où la part occupée par le dembo devient plus grande. Ceci implique que la fraction de l'écoulement superficiel en provenance du dembo provient de la pluie qui tombe sur le dembo même (BALEK & PERRY, 1973) et qui va surcharger l'eau qui y est déjà stockée dans la nappe qui vient en affleurement. L'apport latéral de l'écoulement superficiel en provenance de la forêt claire est négligeable. On constate en effet que pour des bassins plus grands, comme celui de la Lufira (ALEXANDRE, 1977) et même celui de la Kafubu (LOOTENS & KISHIMBI, 1985), où les pourcentages occupés par les dembos sont infimes, le ruissellement superficiel est extrêmement faible. Pour ALEXANDRE (1977), ceci est dû à la prépondérance des pentes douces et à l'épaisseur du manteau d'altération qui favorisent plutôt l'infiltration. D'un autre côté, il ne faut pas perdre de vue que dans les grands bassins, la part d'écoulement de base est plus importante parce que dans une partie des petits bassins qui le composent, les cours d'eau sont intermittents dès que leur lit est suspendu au-dessus de la nappe phréatique.

Le temps de tarissement, calculé d'après la formule de Maillet, serait de 100 jours. On constate pourtant que la rivière met au moins 130 jours avant de tarir. Cette différence d'environ 30 jours est imputable au rôle temporisateur du dembo. D'ailleurs, la hauteur de la lame d'eau écoulée en régime "non influencé" (43 mm) est supérieure à la réserve totale de la nappe phréatique qui est de 37 mm/an. La différence d'environ 6 mm viendrait de l'écoulement superficiel retardé par le dembo.

Hydrogrammes de crue.

Un certain nombre de crues importantes ont été suivies en détail afin de mieux saisir la relation pluie-débit. Il faut signaler que le

réseau hydrométéorologique n'était pas suffisamment dense pour vérifier parfaitement la position spatiale des averses étudiées. Les six meilleurs hydrogrammes enregistrés ainsi que les hyétogrammes des averses génératrices, sont regroupés dans la figure 6 et la valeur de certaines de leurs caractéristiques hydrologiques figure dans le Tab. III.

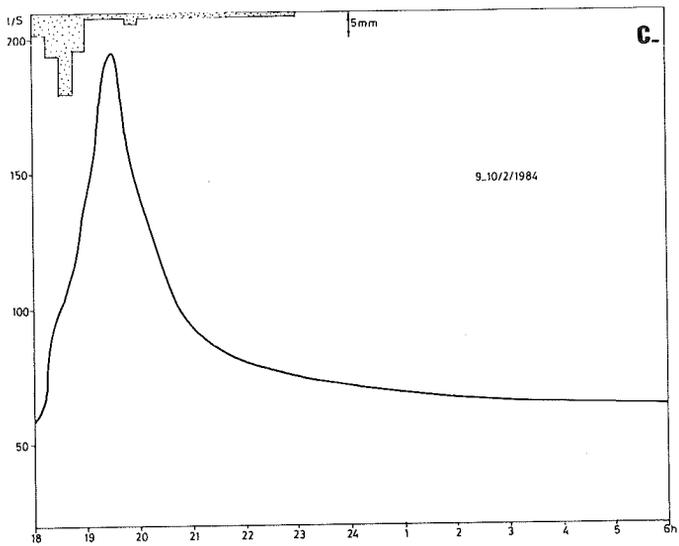
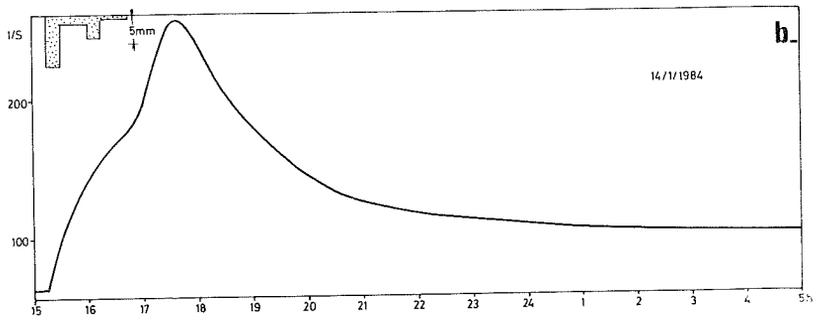
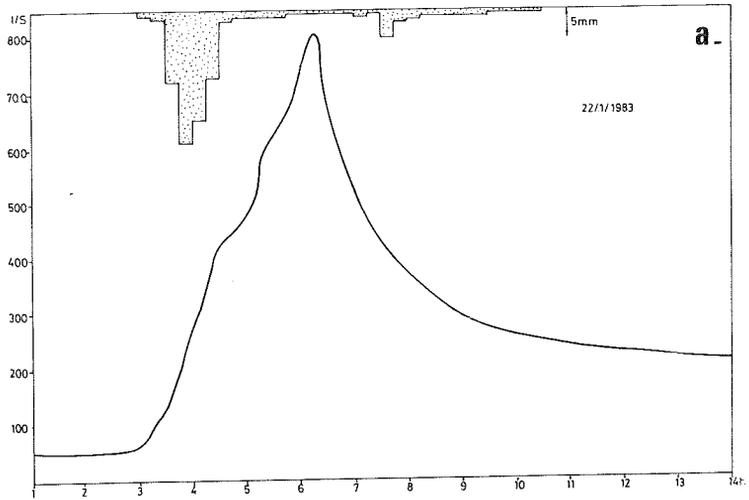
Les six relevés montrent à peu près la même configuration de la branche montante. Le fait étonnant est la présence constante d'un "palier", qui ne dépend pas de la distribution spatiale ou temporaire de la pluie. A notre avis, ce palier est provoqué par l'écoulement superficiel en provenance des environs immédiats de la station de jaugeage. Les surfaces nues, c'est-à-dire les parcelles autour des maisons et surtout la route en terre, subissent sans délai un écoulement superficiel important. Une fois cette masse d'eau passée, la montée du niveau dans la rivière ralentit un certain temps avant que n'arrive l'écoulement en provenance de la partie supérieure du bassin.

La forme de la branche descendante est également silimaire dans les six cas. Dans un premier temps, pendant une période d'environ 2h à 2h30, le débit diminue vite mais se maintient ensuite à une valeur relativement élevée et ne descend plus que très lentement. Ce niveau est trop élevé pour correspondre à l'écoulement de base et sur tous les hydrogrammes, la contribution de l'écoulement superficiel, constituée de l'eau de pluie temporairement stockée dans le dembo, se poursuit au-delà d'une période de 10 heures. Ceci est anormalement long pour un bassin de ces dimensions. A part l'action de frein exercée par la végétation aquatique, la forme du bassin peut également jouer un rôle retardateur. Pendant la saison des pluies, la période maximale qui puisse séparer deux averses sans que l'écoulement de base soit atteint est de 7 jours. ALEXANDRE (1977) note que le ruissellement à partir d'un dembo peut continuer pendant "plusieurs" jours, tandis que BALEK (1977) démontre que l'intervalle entre deux averses doit être supérieur à 50 jours avant que le niveau de base soit à nouveau atteint. Ceci ne peut donc se produire au cours de la saison des pluies.

La forme de la courbe de décrue ne permet donc pas de séparer l'écoulement superficiel et l'écoulement hypodermique de l'écoulement de base par l'une ou l'autre méthode classique (e.a. GREGORY & WALLING, 1973; SCHULZ, 1976). Le temps de base des crues et le volume du ruissellement ne peuvent être calculés. En comparaison avec d'autres bassins (e.a. LOOTENS & LUMBU, 1985), les débits de pointe ne sont pas

Crue N°	Date	Pluie (mm)	Débit avant montée (l/s)	Débit de pointe (l/s)	Temps de montée	Temps de réponse
1	22/1/83	103,5	52,6	808,6	3h30	2h15
2	14/1/84	17,5	64,7	253,4	2h15	2h00
3	9/2/84	35,3	36,7	194,8	1h30	50'
4	10/2/84	15,4	64,1	319,6	2h00	1h30
5	11/2/84	25,3	70,5	457,7	2h05	1h45
6	25/2/84	48,9	46,9	509,1	3h00	1h25

Tab. III. : Caractéristiques des hydrogrammes étudiés.



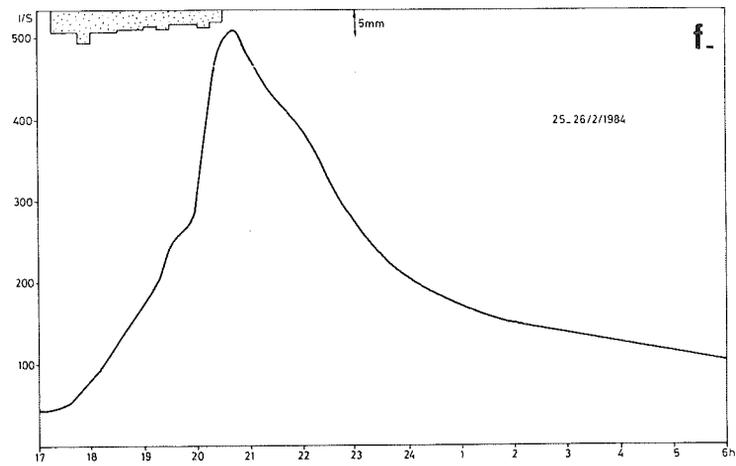
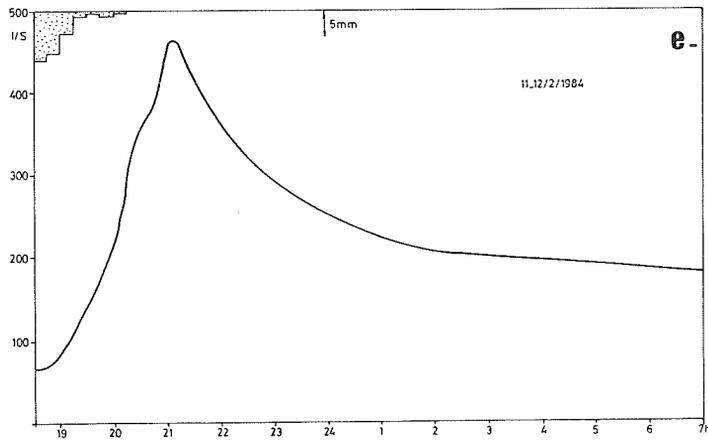
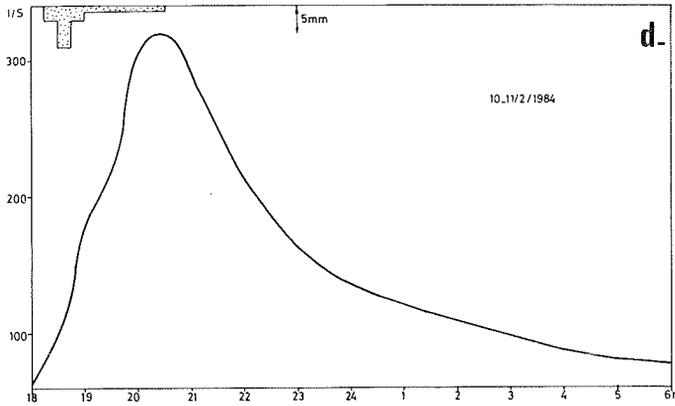


Fig. 6 : Hydrogramme de six crues individuelles.

très élevés et le temps de montée et le temps de réponse sont assez longs.

CONCLUSION

Les dembos influencent par leur forme et par la nature de leur végétation l'écoulement dans les rivières qui les drainent. Le ruissellement connaît une augmentation relative et devient plus important que l'écoulement de base. Le dembo lâche pourtant ses eaux avec un retard considérable et constitue ainsi une zone de stockage naturel au début de la saison sèche. Ce stockage est favorisé par l'imperméabilité relative de leur fond. Bien qu'ils soient limités en superficie, ces réservoirs d'eau peuvent jouer un rôle important dans le développement rural. De plus, les coûts de l'aménagement peuvent être très bas si l'on profite de la morphologie de leur exutoire pour la construction d'une digue simple.

Les observations dans les bassins comprenant un dembo sont à poursuivre et la recherche de nouvelles méthodes s'impose afin de pouvoir déterminer l'apport de chaque type d'écoulement dans une crue. Il importe, en outre, d'étudier l'impact possible de la mise en culture sur le comportement hydrologique de ces zones marécageuses.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la Coopération technique belge pour son appui logistique. Que le R.P. Van Waelvelde, directeur du Centre de Développement rural à Sambwa, soit aussi remercié pour son hospitalité et sa collaboration lors des relevés de pluie et de débit.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN, E., 1936. Dambos in Nordrhodesia. *Wiss. Veröff. deutschen Mus. Länderkunde Leipzig*, NS IV, 149-157.
- ALEXANDRE, J., 1977. Le bilan de l'eau dans le miombo (forêt claire tropicale) *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 13, 107-126.
- ALEXANDRE, J. & LEQUARRE, A., 1978. Essai de datation des formes d'érosion dans les chutes et les rapides du Shaba. *Geo-Eco-Trop*, 2, 2, 279-286.
- ALONI, J., 1975. Le sol et l'évolution morphologique des termitières géantes du Haut-Shaba (Rép. du Zaïre). *Pédologie*, XXV, 1, 25-39.

- BALEK, J., 1977. *Hydrology and water resources in tropical Africa*. Elsevier, Amsterdam, 208 p.
- BALEK, J. & PERRY, J.E., 1973. Hydrology of seasonally inundated African headwater swamps. *Journal of Hydrology*, 19, 227-249.
- BEUGNIES, A., 1954. La nappe phréatique des environs d'Elisabethville et les phénomènes connexes d'altération superficielle. *Ann. Serv. Mines et Serv. géogr. et géol. du C.S.K.*, série A, XVI, 3, 54 p.
- DE DAPPER, M. & MALAISSE, F., 1979. Relations entre les différents stades d'érosion d'une cuirasse latéritique et la végétation sur le plateau de la Manika (Shaba, Zaïre). *Geo-Eco-Trop*, 3, 2, 99-117.
- DIBANGA, B., 1982. Essai d'identification des différents niveaux de terrasse dans la région de Lubumbashi (Shaba, Zaïre). *Geo-Eco-Trop*, 6, 2, 91-104.
- GREGORY, K.J. & WALLING, D.E., 1973. *Drainage basin - form and process. A geomorphological approach*. Edward Arnold, London, 458 p.
- LEBLANC, M. & MALAISSE, F., 1978. *Lubumbashi, un écosystème urbain tropical*. UNAZA, Lubumbashi, 166 p.
- LOOTENS, M. & KISHIMBI, Y., 1985. Some aspects of water and sediment discharge in the upstream section of the Kafubu River (Shaba-Zaïre), (sous presse).
- LOOTENS, M. & LUMBU, S., 1985. Suspended sediment production in a sub-urban tropical basin (Lubumbashi, Zaïre). *Hydrological Sciences Journal*, 31, 1, 39-49.
- MACKEL, R., 1974. Dambos : a study in morphodynamic activity on the plateau regions of Zambia. *Catena*, 2, 267-307.
- MALAISSE, F., 1979. L'écosystème miombo. In : *Ecosystèmes forestiers tropicaux*, UNESCO, Paris, 641-659.
- MALAISSE, F., MALAISSE-MOUSSET, M. & SCHOROCHOFF, G., 1978. Analyse de la pluviosité à Lubumbashi et dans ses environs immédiats. *Geo-Eco-Trop*, 2, 3, 301-315.
- SCHULZ, E.F., 1976. *Problems in applied hydrology*. Water Resources publications, Fort Collins, 501 p.
- SOYER, J. & NTOMBI, M.K., 1982. Variabilité spatiale des pluies à Lubumbashi, Zaïre. *Geo-Eco-Trop*, 6, 1, 1-20.
- STOCKING, M., 1978. The measurement, use and relevance of rainfall energy in investigations into erosion. *Z. Géomorph.*, Suppl. Bd 29, 141-150.
- SYS, C. & SCHMITZ, A., 1959. Note explicative de la carte des sols et de la végétation de la région d'Elisabethville. *Publ. I.N.E.A.C.*, 69, 69 p.

