

LE RUISSELLEMENT A BRAZZAVILLE

Bienvenu MAZIEZOULA

DGRST/ORSTOM

Notre propos, qui est une brève réflexion sur le ruissellement et ses multiples problèmes à Brazzaville, tient avant tout à mettre l'accent sur quelques considérations purement générales afin d'établir la relation, combien intime, qui existe entre l'hydrologie urbaine et l'aménagement de la ville d'une part, et d'autre part à montrer la reponsabilité des décideurs dans la politique d'aménagement de la ville.

En effet les projets d'aménagement, on le sait, peuvent produire, en plus des bienfaits espérés, des effets secondaires défavorables à l'environnement en général, aux régimes hydrologiques en particulier ainsi qu'aux conditions socio-sanitaires des populations concernées par lesdits projets. Autrement dit, pour assurer un aménagement harmonieux du site de Brazzaville, il y a lieu de prendre en compte certains effets secondaires relatifs à l'aménagement de la ville. Cette considération conduit nécessairement à évaluer, entre autre, l'impact socio-économique et écologique des modifications des régimes hydrologiques, dans la mesure où ces modifications posent de sérieux problèmes aux autorités municipales, à savoir : l'évacuation optimale des eaux pluviales, la dégradation du site par érosion pluviale, l'inondation de certains quartiers etc.

1. PRESENTATION DU SITE DE BRAZZAVILLE

Si l'on se réfère aux données du CRETH, la surface urbanisée, selon l'hypothèse optimale, peut être estimée à :

- 52	km ²	en 1975	pour une population de	320 000 Hbts ;
- 61,5	km ²	en 1980	" " "	" 430 000 Hbts ;
- 69,5	km ²	en 1985	" " "	" 528 000 Hbts ;
- 95	km ²	en 2000	" " "	" 850 000 Hbts.

Cette estimation représente une augmentation moyenne de la surface urbanisée de près de 8,5 km² tous les 5 ans.

S'agissant d'hydrologie, le site de Brazzaville peut s'identifier à une aire dont le contour délimite un ensemble de petits bassins versants dont les plus importants sont :

- le bassin versant de la Mfoa, superficie : 6,3km²
- le bassin versant de la Ouenze, superficie : 6,7km²
- le bassin versant de Makélékélé, superficie : 3,08 km²
- le bassin versant de la Tsiémé, superficie : 8 km²

On peut également citer les bassins versants de Mfilou, de Mikalou, de la Glacière, de Mpila, du "Ruisseau de la Maladie du Sommeil", et du ravin de l'Hôpital Général. A ceux-ci il convient d'ajouter une partie des bassins versants du Djoué, de la Djiri et de la Loa.

De toute la liste, seuls trois bassins versants ont fait l'objet d'études hydrologiques en vue de l'assainissement. Il s'agit particulièrement des bassins versants de la Mfoa, de la Ouenzé et de Makélékélé. Cependant il convient de signaler que ces études ont été réalisées à des périodes assez reculées qui ne prennent pas en compte l'importante urbanisation actuelle sur lesdits bassins versants.

Dans l'ensemble, ces bassins versants sont dominés par des collines avoisinantes aux pentes souvent assez fortes. Sur l'ensemble du site de la ville, ces collines contrastent très nettement avec des zones basses sujettes à des étalements des eaux de pluies ; c'est le cas du Centre ville, de Poto-Poto, de Mpila, de Ouenzé et d'une partie de Moungali.

Du point de vue des sols, les sables prédominent sur le site de Brazzaville et ses environs. Ceux-ci sont, soit des sables de l'altération des grés du Stanley-Pool, soit des sables proluviaux de recouvrement, élaborés à partir des formations gréso-sableuses téké. Plusieurs études ont mis en évidence que ces sols sont fortement désaturés et instables. La dénudation de ces sols et la sensible réduction de la couverture végétale dues à l'essor de l'agglomération s'accompagnent d'une perturbation sensible des valeurs d'infiltration, d'évaporation et d'évapo-transpiration.

L'apport essentiel des précipitations à Brazzaville demeure la pluie qui atteint en moyenne 1 400 mm/an. Cette moyenne est voisine de la pluviométrie annuelle sur l'ensemble du territoire national (1 655 mm/an). On notera que des pluies de plus de 80 mm sont observées pendant les périodes les plus pluvieuses. Deux types de pluie intéressent la région de Brazzaville :

- Les pluies thermoconvectives, très localisées et de durée relativement courte ;
- Les pluies de perturbation de secteur est, responsables des abats les plus intenses et caractérisées par une durée de chute plus longue, bien que l'essentiel de la pluie tombe en peu de temps.

2. LE RUISSELLEMENT A BRAZZAVILLE

Le ruissellement, de façon générale, peut se définir comme l'écoulement de l'eau consécutif à une précipitation. Pour Brazzaville, il s'agit essentiellement des différents types de pluie mentionnés ci-dessus. C'est donc là un phénomène naturel dont il faut apprécier les valeurs extrêmes et leur fréquence, car le véritable problème du ruissellement en zone urbaine se résume à l'évacuation optimale des eaux pluviales.

Dans le contexte du ruissellement en zone urbaine, le rôle de l'hydrologue est non seulement la détermination des débits de fréquence donnée, qu'il faut prendre en compte pour assurer l'évacuation optimale du ruissellement pluvial, mais aussi la mise à la disposition des projecteurs d'ouvrages des données nécessaires pour :

- définir la pluie de projet, c'est-à-dire l'avènement pluvieux de fréquence donnée à retenir, la lame d'eau correspondante en tout point du bassin, le volume d'eau sur l'ensemble du bassin versant et sa répartition dans le temps
- déterminer les postes d'écoulement (ou déficit d'écoulement)
- élaborer des modèles représentant le plus fidèlement possible le processus du ruissellement sur le bassin et d'écoulement dans l'ensemble du réseau hydrographique.

Il s'agit donc de transformer la pluie en débit, autrement dit de transformer le hyétogramme en hydrogramme.

Des études réalisées sur les bassins versants de la Mfoa en 1954-1955, de la Ouenze en 1954-1955 et de Makélékélé en 1955-1957, on peut tirer quelques valeurs extrêmes observées afin de se faire une idée, quoique globale, du ruissellement à Brazzaville.

Il ressort que pour apprécier le ruissellement à Brazzaville, il faut connaître de façon assez précise les événements pluvieux avec leurs différentes intensités d'une part, et d'autre part, l'écoulement c'est-à-dire les débits et leur répartition dans le temps, puis élaborer entre ces deux paramètres (pluie et débit) une relation qui puisse traduire le plus fidèlement possible la transformation de la pluie en écoulement, de telle sorte qu'à partir des chroniques de précipitations l'on puisse générer des chroniques de débits.

Tableau 1 : VARIATION DES PRINCIPAUX PARAMETRES OBSERVES SUR LES BASSINS URBAINS DE BRAZZAVILLE

Bassin versant	Sup. km ²	Période	P.moyen mm	P.max. mm	Vr m ³	Kr %	Q max. m ³ /s
Makélékélé	3,08	1955-1957	6,8	23,5	970	2,9	0,88
			61,0	68,8	130.700	19	8,16
Mfoa	6,3	1954-1955	4,5	9,8	110.000	3,0	3,2
			78,0	87,0	160.700	19	18
Ouenzé	6,7	1954-1955	6,9	12,6	115.900	3,0	3
			89,6	95,0	174.300	16	+ 8,5

Sup. =Superficie du bassin versant

P.moy.=Pluie moyenne journalière

P.max.=Pluie maximale journalière

Vr. =Volume ruisselé

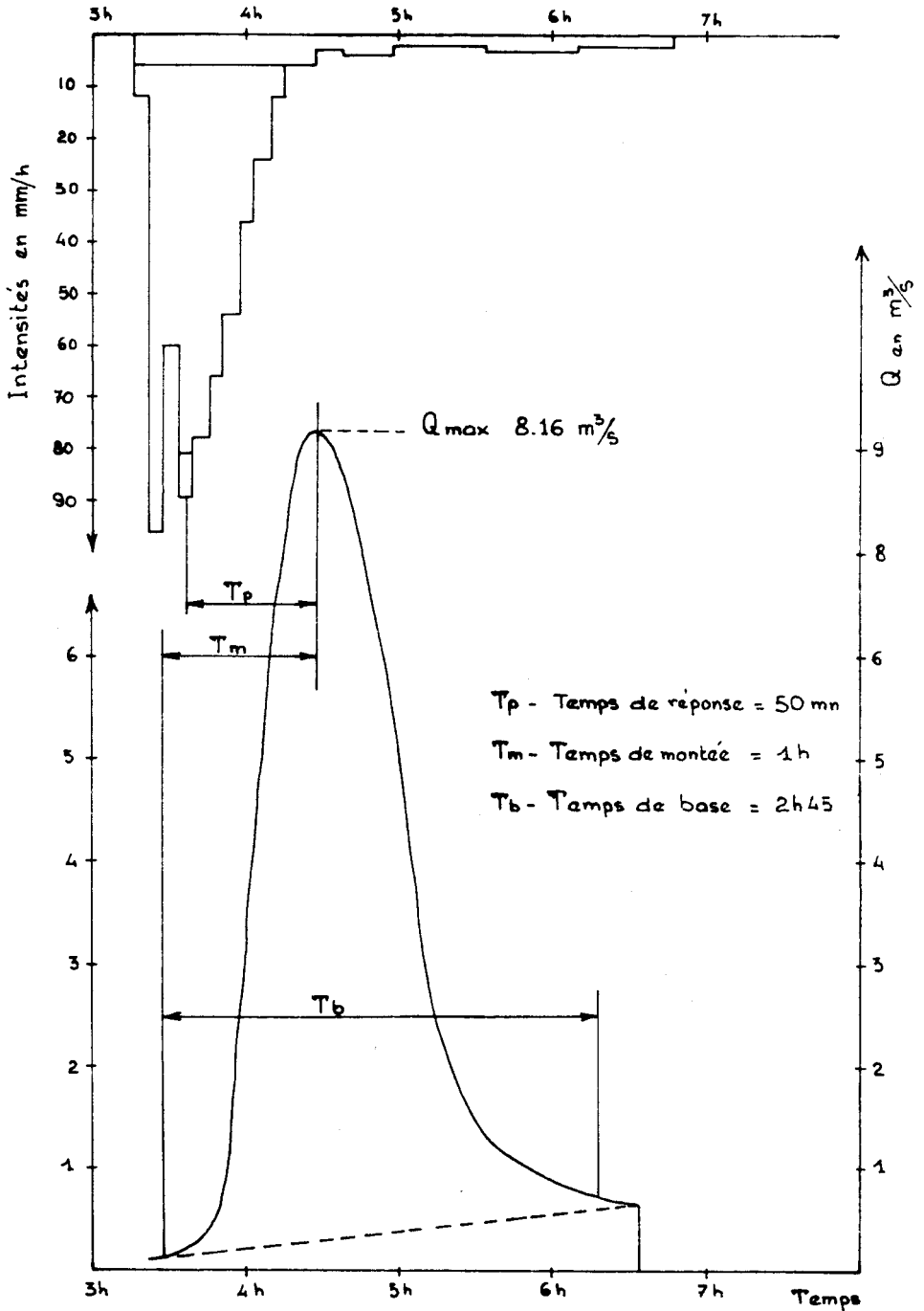
Kr. =Coefficient de ruissellement

Q.max.=Débit maximal de ruissellement

Tableau 2 : CRUES OBSERVEES SUR LE BASSIN VERSANT DE MAKELEKELE

Date	Pluie			Crue			
	Pl. moyen observée sur le b.v.	Pl.max. ponctuelle observée sur le b.v.	Nb/jour sans pluie avec crue	Débit de base	Débit maximal de crue	Volume ruisselé	Coefficient de ruissellement en %
2-9-55	58,3	65,7	4	0,16	4,96	18 000	10
16-1-56	50,7	62,0	0,5	0,08	3,87	19 500	12,5
22-1-56	45,6	62,0	1	0,15	7,65	26 300	19
11-9-56	59,4	68,8	6	0,03	3,36	9 400	5
6-4-57	60,1	67,4	2	0,12	8,16	30 700	16,6

Hydrogramme et Hyétogramme moyen de l'averse du 6-4-1957 sur le bassin versant de Makélékélé



Cette méthode a été appliquée à ce qui a été fait dans "l'Etude du ruissellement en zone urbaine à Brazzaville le bassin du Makélékélé" (J. Herbeaud, 1966). Nous retiendrons cette étude pour essayer de comprendre ce qui se passe à Brazzaville à partir d'une zone témoin : le bassin versant de Makélékélé. Pour ce faire nous porterons notre attention sur quelques crues observées.

Du tableau 2, il ressort que le volume ruisselé dépend non seulement de la quantité d'eau tombée mais également de l'intensité de la pluie et de l'état de saturation du sol avant la pluie considérée. La figure n° 1 montre l'évolution dans le temps des débits ruisselés en relation avec la répartition temporelle de la pluie.

Dans le contexte de Brazzaville, l'écoulement permanent reste celui d'un ensemble de ruisseaux drainant les différents petits bassins versants de 3 à 8 km². L'écoulement habituel dans ces ruisseaux est assez modeste (0,02 m³/s à 0,3 m³/s). Cependant ces ruisseaux, jouent également le rôle de collecteurs, et par conséquent leur écoulement dans ces canaux naturels subit de violentes et soudaines crues lors des pluies de forte intensité, comme on peut le constater sur le tableau 2 et sur la figure n°1.

Pour le dimensionnement des ouvrages destinés à l'évacuation des eaux pluviales sur le bassin versant de Makélékélé, dans les conditions d'urbanisation stoppée à l'état où elle se trouvait en 1955, on pourrait retenir comme pluie de projet, la pluie de récurrence décennale estimée à 120 mm pour l'ensemble du bassin versant. Une telle estimation suppose un débit maximal de ruissellement à évacuer de l'ordre de 17 à 20 m³/s soit un volume de ruissellement de près de 83 000 m³. Ici se pose le problème d'évacuation et plus précisément du temps au bout duquel la crue peut être évacuée avec le minimum de dégât possible ; d'où la nécessité de régulariser le ruissellement.

Il convient de signaler que des pluies maximales journalières de plus de 130 mm ont été observées à Brazzaville. D'ailleurs l'étude des pluies journalières, peu fréquentes au Congo, réalisée par le CIEH, estime la pluie de fréquence décennale entre 130 et 140 mm pour Brazzaville. De même si l'on considère les pluies exceptionnelles du 26-2-80 et du 01-12-80, avec des hauteurs respectives de 169 et 143 mm, enregistrées à la station de l'ORSTOM ou celle enregistrée à Maya-Maya au cours de la même année avec une hauteur de 154 mm, on trouve dans tous ces cas des résultats dépassant de très loin les possibilités d'évacuation en 1955. De telles pluies causeraient, dans les conditions actuelles, (surface habitée beaucoup plus grande) des inondations dont on peut imaginer les conséquences.

3. IMPORTANCE DE L'URBANISATION POUR LE RUISSellement A BRAZZAVILLE

3.1. Augmentation du débit maximal de crue en fonction de l'urbanisation

De nombreuses études réalisées sur différentes villes ont permis d'établir d'une part que, sur la plupart des bassins urbains, les valeurs des pointes de crue sont accrues et leurs temps de montée considérablement réduits, et d'autre part, que la grande cause en est la forte urbanisation qui entraîne une sensible diminution des surfaces perméables, susceptibles d'occasionner des pertes en eau par infiltration, évaporation et évapotranspiration. En conséquence, le ruissellement augmente; on peut s'en convaincre à travers l'expression simplifiée du bilan hydrologique ci-dessous :

pluie tombée = écoulement divers + déficit d'écoulement
(infiltration, évaporation et évapotranspiration).

Il est évident que dans les mêmes conditions de pluie, lorsqu'on diminue le déficit d'écoulement (c'est-à-dire les pertes d'eau par infiltration et/ou par évapotranspiration) on augmente l'écoulement. Déjà en 1961 M. Carter estimait que l'augmentation des débits ruisselés était de 80 %.

Si les surfaces imperméables augmentent avec l'essor de l'urbanisation du bassin versant, la superficie du bassin versant, quant à elle, ne varie que très peu, pour ne pas dire qu'elle reste pratiquement invariable. Il est donc évident qu'une forte urbanisation du bassin versant entraîne nécessairement une imperméabilisation du bassin et, par conséquent, une concentration accrue des eaux de pluies, avec pour conséquence des modifications des régimes hydrologiques.

En nous fondant toujours sur l'exemple du bassin versant de Makélékélé, on peut supposer que la surface urbanisée est passée de 1,86 km² en 1955 à près de 3,08 km² c'est-à-dire à l'ensemble du bassin. Dans ces conditions, si le débit maximal de crue dans les conditions d'urbanisation de 1955 est estimé à près de 20 m³/s pour une récurrence décennale, ce même débit peut alors, dans les conditions actuelles d'urbanisation, atteindre un ordre de grandeur de 36 m³/s avec toutes les conséquences imaginables.

3.2. Facteurs de concentration des eaux de pluie

La forte concentration des eaux pluviales à Brazzaville s'explique par les facteurs suivants :

- exigüité des bassins versants. En effet la taille suffisamment réduite des bassins a tendance à réduire le temps de réponse des bassins versants.

- Type d'habitat. Celui-ci présente deux variantes extrêmes :

les zones d'habitation dense dites de type cité, caractérisées par des maisons de petite ou moyenne taille, érigées au milieu des parcelles de 400m² et couvertes de tôle ondulée. Les toitures de ces maisons couvrent facilement les 2/3 des parcelles, aussi la concentration des eaux, lors des forts abats, peut-elle atteindre 45 mm/m² pour une pluie de 30 mm alors que cette concentration serait largement inférieure à 30 mm/m² dans une parcelle non habitée.

Les zones commerciales avec un taux d'occupation du sol très important, caractérisées par des aires partout cimentées ou bitumées et où les pertes en eau sont diminuées au maximum, favorisant ainsi le ruissellement.

- Les routes asphaltées développées très souvent dans le sens de la plus grande pente. Ici on peut également citer la politique de la municipalité qui a consisté à cimenter les trottoirs des grandes artères.
- Le tassement des sols, non protégés par une quelconque végétation et soigneusement balayés, favorise également le ruissellement
- La présence, à moins d'un mètre, de la nappe phréatique dans certains quartiers entraîne la saturation des sols de ces quartiers, ce qui est une condition favorable au ruissellement.

- Enfin, le réseau de drainage sur les différents bassins versants est limité à quelques quartiers, et les caniveaux qui le constituent, souvent sous-dimensionnés, sont pour la plupart très encombrés.

En raison de toutes ces conditions favorables au ruissellement qui n'est pas du tout maîtrisé, de nombreuses situations critiques ont marqué la ville. On peut citer :

- l'érosion et le ravinement : la pluie du 24-11-74 avait creusé à Massina un ravin de près de 3200 m³ en 24 heures. Le même phénomène a été observé le 5-1-78 en face du quartier OCH de l'Hopital Général et en 1980 à côté du square De Gaulle, à Moukounzingouaka et à Moukondo ;
- l'inondation : lors des fortes pluies, la pluie nette, ne pouvant être évacuée dans l'espace de temps nécessaire ni régularisée, a tendance à s'étaler dans les zones basses qui deviennent pour la circonstance des zones de retenue pour la régularisation. C'est le cas de Poto-Poto, de Ouenzé, des

abords immédiats du Pont du centenaire, du Centre-ville et de Mpila. Ici on se rappellera cette pluie de décembre 1980 qui a entraîné l'inondation du quartier Mpila.

Il est opportun pour conclure, d'insérer la réflexion de J. Cruette sur le problème d'assainissement : "Nous nous proposons, en tant qu'hydrologues, de considérer notre éventuelle intervention, non plus au stade de l'assainissement mais plus en amont, dès l'élaboration des premiers schémas d'urbanisation et des premiers plans d'utilisation des sols. Nous pensons, en effet, que l'évacuation du ruissellement urbain n'est pas obligatoirement la seule façon d'intervenir sur le cycle de l'eau en zone urbaine. Nous concevons actuellement notre intervention selon un protocole qui devra être précisé en collaboration avec les spécialités intéressées, et adapté à chaque cas concret..."

L'hydrologue qui a mobilisé l'information hydroclimatologique pour accroître la précision de la détermination d'un événement de fréquence donnée, afin de permettre à l'ingénieur de dimensionner un ouvrage, choisit cette fréquence selon des critères, la plupart du temps sommaires (la tradition, un règlement de considération budgétaire etc.), alors qu'il s'agit d'une décision à caractère économique s'appuyant sur le coût des dommages et le coût des ouvrages. A la complexité et au raffinement du modèle hydrologique s'oppose donc cruellement l'aspect rudimentaire de l'outil de décision économique (et parfois vice-versa). Nous ne nous sommes guère appesantis sur cet aspect du problème, mais il n'est pas faux de dire qu'avec les moyens de calcul puissants dont nous disposons de nos jours, les difficultés principales ne sont pas d'ordre mathématique, et que le manque d'homogénéité constaté souvent dans les méthodes d'approche conduit à utiliser un critère sommaire de décision économique en aval d'un modèle physique très élaboré, ou au contraire à introduire une schématisation abusive des phénomènes naturels dans des modèles économiques sophistiqués.

Il est donc impératif que l'hydrologue ouvre le débat avec l'urbaniste et l'économiste pour essayer de limiter le ruissellement, avant de calculer le dimensionnement d'un réseau d'évacuation efficace qui revienne le moins cher possible au contribuable.

BIBLIOGRAPHIE

- Collectif, Bassin versant de Poto-Poto, étude analytique des crues en vue des projets d'assainissement, 1ère partie : résultats bruts, service hydrologique Brazzaville-ORSTOM, 1955.
- DEGOULET, A., Etude des pluies journalières de fréquence rare au Congo. Ouagadougou, C.I.E.H., 1984.
- HERBAUD, J., Etude du ruissellement en zone urbaine à Brazzaville. Le bassin du Makélékélé. Brazzaville, ORSTOM, 1966.
- IKOUNGA, M., Analyse fine du mécanisme de la formation du ruissellement sur sols ferrallitiques sous forêt (Région de Yaoundé-Cameroun), Thèse de Docteur-Ingénieur, Paris VII, 1978.
- MAZIEZOULA, B., "Hydrologie urbaine à Brazzaville", Communication au Séminaire-Atelier sur la ville et l'environnement, Brazzaville, 1983.
- PEYROT, B., Facteurs et processus de dégradation du site de Brazzaville, Brazzaville, Université Marien NGouabi, 1980.
- SAUTIER, J.-L., "Une méthode de reconstitution des hydrogrammes de ruissellement", 1979.

Journées d'Etude sur Brazzaville.

Actes du colloque

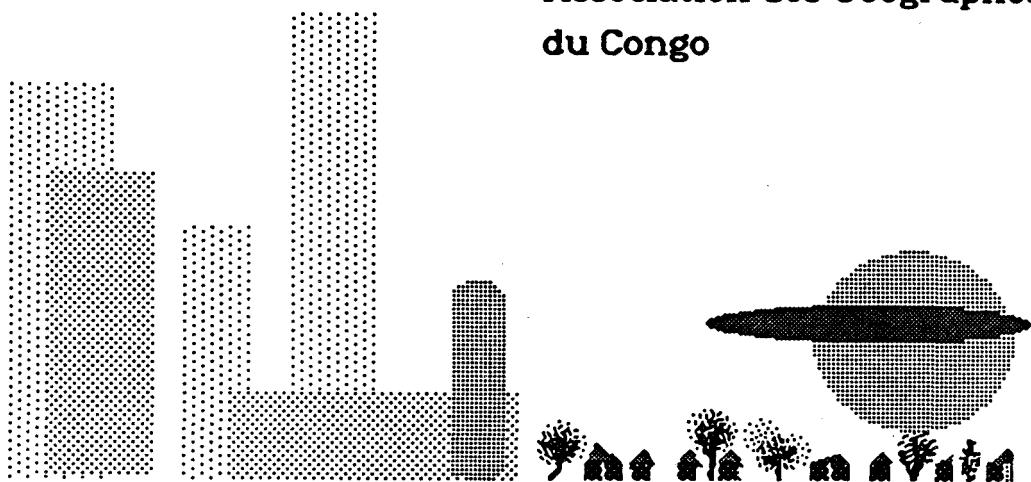
Brazzaville, 25-28 avril 1986.

ORSTOM

Santé Urbanisation

AGECO

**Association des Géographes
du Congo**



**Publié avec le concours de la Mission Française
de Coopération et d'Action Culturelle.**

Brazzaville. R. P. Congo.