

5ème REUNION du CONSEIL du CIEH

ABIDJAN, 9 au 15 Janvier 1967

ETUDES de RUISSELLEMENT en ZONE URBAINE

L'urbanisation change de façon très importante les conditions du ruissellement en modifiant la couverture végétale, la structure des couches superficielles du sol, en remplaçant en partie ce sol par des surfaces imperméables : toitures, cours, chaussées, et enfin en créant un réseau de drainage artificiel où l'écoulement est souvent plus rapide que dans le réseau hydrographique naturel.

Il existe des formules générales établies en EUROPE pour évaluer les débits de ruissellement en zone urbaine ; ces formules ont été mises au point pour les types d'averses européens et les bassins urbains européens. Les averses et les conditions des bassins sont différentes en AFRIQUE : on y rencontre en particulier des surfaces importantes de terre battue par le piétinement ou des quartiers résidentiels pour lesquels la superficie couverte de jardins est considérable avec un réseau de drainage très lâche.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 33336, ex 1  
Cote : 8

Il était donc nécessaire d'étudier les précipitations journalières et de procéder à des études sur le terrain pour préciser les conditions de ruissellement. Pour les premières, l'étude générale entreprise pour l'Afrique Occidentale et qui concerne à la fois les précipitations de 24 heures et les intensités, répond aux questions que l'on peut poser à propos du ruissellement urbain. Il en est question par ailleurs.

L'étude des conditions de ruissellement a fait l'objet d'une Convention entre le CIEH et l'ORSTOM et nous présentons ci-après les résultats généraux de ces recherches.

#### 1°) ETUDES ANCIENNES

Ce problème préoccupe l'ORSTOM depuis bien des années. Des observations avaient été effectuées à BRAZZAVILLE, en 1954, sur la M<sup>e</sup> FOA (6,3 km<sup>2</sup>) et la OUENZE (6,7 km<sup>2</sup>), bassins partiellement urbanisés. Les études menées avec de petits moyens n'avaient pas été poussées très loin et on était arrivé à la conclusion que sur ces bassins la crue décennale pouvait être de l'ordre de 5 000 l/s.km<sup>2</sup>. Faisant suite à ces études, l'ORSTOM avait aménagé le petit bassin du MAKELEKELE, partiellement urbanisé lui aussi, avec une superficie de 3,08 km<sup>2</sup>, et l'avait étudié pendant 3 ans de 1955 à 1957, de façon beaucoup plus systématique que les bassins précédents. On a pu calculer la crue décennale qui se montait à 4 000 - 5 000 l/s.km<sup>2</sup>. On a calculé que complètement urbanisé (cité type africaine), le débit de crue décennale atteindrait 9 000 l/s.km<sup>2</sup>. Il semblait qu'une cité résidentielle, avec villas et jardins, conduirait à des coefficients de ruissellement presque aussi élevés.

Ces premières études laissaient de nombreuses questions sans réponse. Le bassin était implanté sur des sables batékés très perméables,

d'un type très spécial, en zone équatoriale. Obtiendrait-on les mêmes résultats en zone tropicale avec des sols différents ? Comment pouvaient varier les débits avec la superficie ? Quelles étaient les réactions des cités résidentielles ? C'est pourquoi une étude systématique a été demandée à l'ORSTOM par le CIEH.

2\*) ETUDE du RUISSELLEMENT à NIAMEY

Cette étude s'imposait pour l'amélioration du réseau d'assainissement et il semblait intéressant de réaliser, à cette occasion, un ensemble de recherches susceptibles de fournir des données valables pour la plupart des grandes agglomérations de l'Afrique Occidentale. On avait tenté d'implanter quelques pluviomètres enregistreurs et de faire quelques jaugeages, mais les résultats avaient été décevants. Seule une étude systématique pouvait aboutir. En 1963, le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques en fournissait les moyens grâce à une Convention, n° 77/M/63 H du 22 Juillet 1963, financée par le FAC. Un Avenant a été mis au point pour la seconde campagne prévue en 1964. Sa signature trainant en longueur (elle a été obtenue après la fin de l'année 1965), l'ORSTOM avait essayé d'entreprendre la campagne 1964 sur ses propres crédits, avec de petits moyens, c'est-à-dire sans y affecter un technicien responsable : les observations ont été incomplètes. En 1965, les observations ont repris avec des moyens plus importants qu'en 1963, de sorte que pluies et averses ont été observées et mesurées très régulièrement pendant tout l'hivernage.

Le dispositif d'observation mis en place résulte des dispositions suivantes : la ville est drainée par le GOUNTI YENA, dont le bassin présente une superficie de 20 km<sup>2</sup> avant son entrée dans l'agglomération. Celle-ci présente, sur la rive droite du GOUNTI YENA, un quartier résidentiel

correspondant à un bassin versant secondaire assez bien individualisé, ce qui permettait d'étudier séparément ce type d'agglomération qui, au point de vue du ruissellement, serait assez comparable à ce qu'on appelle en EUROPE les zones d'habitations individuelles avec jardins. Il existait également plusieurs bassins secondaires correspondant aux cités africaines avec constructions traditionnelles. Enfin, une partie de la zone urbaine correspondait à des quartiers commerciaux avec de longues avenues et des arbres, mais au point de vue du ruissellement ces zones devaient différer assez peu de la zone précédente.

En définitive, on a implanté une station I (station de l'Avenue SALAMA), contrôlant un bassin de  $0,564 \text{ km}^2$ , entièrement couvert par des constructions africaines de type traditionnel.

Une station II (station du Dispensaire), contrôlant un bassin de  $1,061 \text{ km}^2$ , couvert par moitié par des constructions du même type que le bassin précédent, pour moitié par une partie du Centre Administratif et Commercial.

Une double station III - IV (station BAO-TRESOR), contrôlant un bassin de  $1,54 \text{ km}^2$ , couvert de villas avec jardins, traversé par deux routes goudronnées, avec un réseau de drainage assez lâche.

Une station V, contrôlait l'ensemble du bassin du GOUNTI YENA juste avant qu'il se jette dans le NIGER, correspondant à  $34,3 \text{ km}^2$ , dont toute la ville de NIAMEY et une partie du bassin situé à l'amont de la ville, mais on savait que cette dernière part des apports serait faible et constituerait simplement un terme correctif.

Une station VII permettait d'estimer ce terme correctif. Elle était installée avant l'entrée du GOUNTI YENA en ville, et contrôlait  $20 \text{ km}^2$ .

Enfin, sur ce bassin, on avait choisi une zone ruisselant bien et on y avait installé un jaugeur PARSHALL, station VI, pour pouvoir effectuer des comparaisons entre le nivellement sur une zone de ce type et celui des zones urbaines.

### 3°) RESULTATS OBTENUS

A partir des données d'observation, on a estimé la crue de fréquence décennale. Cette fréquence est, en général, celle que l'on prend en considération pour les problèmes d'assainissement.

On a calculé les crues décennales à partir de l'averse décennale. Celle-ci a été étudiée dans le cadre de l'étude générale des averses de l'Afrique Occidentale. La première étude, avec un ajustement gaussien logarithmique, conduit à  $P_{10} = 95 \text{ mm}$ , valeur un peu forte d'après la dernière étude générale, avec la loi de PEARSON III mieux adaptée. Pour un bassin urbain de petite superficie, la forme du diagramme de l'averse dans le temps a une grande importance. On a choisi deux hypothèses :

- 1°) Deux averses séparées par un intervalle d'une heure à très faible intensité.

- 2°) Une averse unique avec au moins deux pointes d'intensité.

On trouve sur le bassin n° I une crue décennale de 7 à 9,5 m<sup>3</sup>/s, soit 12 500 à 17 000 l/s.km<sup>2</sup> avec un coefficient de ruissellement de 55 %.

Sur le bassin n° II, une crue décennale de 10 à 13,5 m<sup>3</sup>/s, soit 9 000 à 12 500 l/s.km<sup>2</sup>, avec un coefficient de ruissellement de 70 %.

La MAKELEKELLE supposée aussi urbanisée que les bassins I et II, présenterait une crue décennale de  $28 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $9\ 000 \text{ l/s.km}^2$  ; sa pente est plus faible mais son drainage meilleur que celui des bassins de NIAMEY, les intensités de l'averse décennale sont un peu plus élevées mais le sol naturel plus perméable.

Compte tenu de ces compensations, les conditions naturelles sont comparables. Les débits de crue décennale de bassins de ce type varient avec la pente et surtout avec la densité de drainage artificiel, peu avec le type de sol. Le nombre de bassins étudiés est tout à fait insuffisant pour donner des règles précises pour calculer l'influence de ces deux facteurs.

Indiquons que pour la zone climatique comprenant NIAMEY, BAMAKO, BOBO DIOULASSO, OUAGADOUGOU, MOUNDOU, et peut-être FORT-LAMY, avec un indice global de pente (dénivelée entre altitude 5 % et 95 %) compris entre 4 et 7,5 m/km et une densité de drainage artificiel compris entre 3,3 et 6,5 km/km<sup>2</sup>, on peut compter sur les débits spécifiques de crue décennale suivants :

- Superficie du bassin	0,5 km <sup>2</sup>	=	13 000 à 17 500 l/s.km <sup>2</sup>
	1 km <sup>2</sup>	=	9 000 à 12 500 l/s.km <sup>2</sup>
	3 km <sup>2</sup>	=	7 000 à 10 000 l/s.km <sup>2</sup>

Pour les zones résidentielles avec villas et jardins, les conditions de ruissellement sont assez voisines de celles rencontrées en terrain naturel. L'influence de l'humidité du sol au moment de l'averse reprend toute son importance et il est certain que, d'un bassin à un autre, la perméabilité du sol joue, en plus de la pente, un très grand rôle comme sur un bassin naturel. Dans ces conditions, les règles données dans l'étude générale sur les crues décennales des bassins de moins de 200 km<sup>2</sup> peuvent fournir une

limite inférieure aux débits de crue de ce type de bassin. A NIAMEY, avec sol perméable et pente assez faible (indice de pente 7,7 m/km), le coefficient de ruissellement pour la crue décennale n'est plus que de 6 à 7 % pour la zone résidentielle et, pour 1,5 km<sup>2</sup>, le débit de crue décennale est de l'ordre de 2 à 3 000 l/s.km<sup>2</sup>.

4\*) COMPARAISON des RESULTATS avec CERTAINES FORMULES CLASSIQUES en FRANCE

Une des formules les plus classiques est celle de CAQUOT :

Pour PARIS : averse décennale: 129 mm/h en 10 minutes

$$Q = 1\,340\ I^{0,30}\ C^{1,17}\ A^{0,75}$$

Q : débit en l/s

I : valeur moyenne de la pente sur le développement total du parcours de l'eau

C : coefficient de ruissellement

A : superficie en ha

Ceci est valable si le rapport du plus long parcours de l'eau E au côté du carré équivalent  $\sqrt{A}$  est voisin de 2.

Si  $\frac{E}{\sqrt{A}} = 1$ , il faudra majorer les résultats de 5 %.

Si  $\frac{E}{\sqrt{A}} = 4$ , il faudra réduire les résultats de 32 %.

Pour le bassin I :

$$I = 0,0069$$

$$C = 3,55$$

$$\Lambda = 56,4 \text{ ha}$$

$$\frac{E}{\sqrt{\Lambda}} \# 3$$

Pour le bassin II :

$$I = 0,0070$$

$$C = 0,70$$

$$\Lambda = 106$$

$$\frac{E}{\sqrt{\Lambda}} \# 2,5$$

Pour le bassin I :

$$Q = 1340 \times 0,225 \times 0,496 \times 20,5$$

$$\text{soit : } \underline{3\ 070 \text{ l/s}}$$

Pour le bassin II :

$$Q = 1340 \times 0,229 \times 0,659 \times 33,1$$

$$\text{soit : } \underline{6\ 700 \text{ l/s}}$$

Le premier chiffre est peut-être à réduire de 10 à 15 % pour tenir compte de l'allongement du bassin, ce qui conduirait à 2 700 l/s ; le second peut être réduit pour la même raison de 5 à 10 %, ce qui conduirait à 6 500 l/s.

On a trouvé respectivement pour la crue décennale, sur les deux bassins de NIAMEY :

$$\underline{7\ 000 \text{ à } 9\ 500 \text{ l/s}}$$

$$\text{et } \underline{10 \text{ à } 13\ 500 \text{ l/s}}$$



À NIAMEY, l'intensité moyenne en 10 minutes est voisine de 150 mm/h.

Si on applique la formule de CAQUOT, pour MONTPELLIER, en reprenant les mêmes indices, on retrouve :

$$Q = 580 I^{0,16} C^{1,09} A^{0,82}$$

Pour le bassin I :

$$Q = 580 \times 0,451 \times 0,52 \times 27,2 = \underline{3\ 700\ l/s}$$

Pour le bassin II :

$$Q = 580 \times 0,456 \times 0,677 \times 46 = \underline{8\ 220\ l/s}$$

après les réductions dues à l'allongement du bassin, on arrive à : (1)

$$\underline{3\ 300\ l/s} \quad \text{et} \quad \underline{7\ 600\ l/s}$$

C'est un peu mieux, mais on est encore loin des valeurs trouvées à NIAMEY. Encore doit-on noter que la différence n'est pas due aux extrapolations. Les plus fortes valeurs observées expérimentalement en 3 ans sont respectivement : 5 480 l/s et 8 400 l/s (2 fois), elles ne sont sûrement pas décennales. Notons que la différence n'est pas due aux hypothèses sur les coefficients de ruissellement ni aux valeurs de l'intensité en mm/h pour 10 minutes, elle est pratiquement la même à MONTPELLIER et à NIAMEY.

Il convient, en conclusion, d'être très prudent sur l'installation des formules établies en milieu non tropical.

---

(1) Avec un coefficient de ruissellement de 0,80 au lieu de 0,70, le débit passe à  $8\ 220 \times \frac{0,798}{0,677} = 9\ 650\ l/s$ , soit, après réduction pour l'allongement, 9 000 l/s, valeur encore trop faible.