Symposium sur l'Hydrologie des crues
NAIROBI - Octobre 1975

MODELES DE CRUES EN ZONE URBAINE EN AFRIQUE OCCIDENTALE

par J. CRUETTE

Maître de recherches principal à
l'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

-=oo0oo=-

RESUME

Le phénomène d'urbanisation place l'hydrologue dans une situation très spéciale qui l'oblige à reconsidérer son action à toutes les étapes. A partir du moment où l'eau arrive sur le sol, son devenir dépend de conditions artificiellement créées par l'homme. Seules les précipitations conservent un régime presque naturel, contrairement à la rétention de surface, à l'infiltration et au ruissellement.

Habitué à essayer de "mettre en équation" le bassin versant naturel, cet opérateur qui transforme les précipitations en écoulement dans le réseau hydrographique, l'hydrologue doit chercher une autre méthode de travail, mais doit aussi travailler pour d'autres buts où la notion de confort remplace la notion de risque.

Après avoir dégagé, à partir d'études sur le terrain à NIAMEY et à BRAZZAVILLE, des données élémentaires et les avoir utilisées avec les modèles classiques en matière de bassins représentatifs, utilisant le coefficient de ruissellement, le temps de concentration et le hyétogramme moyen, le Service Hydrologique de l'ORSTOM travaille, actuellement, à l'élaboration d'une méthodologie spécifique à l'Hydrologie Urbaine.

Divers Crues

28 NOV. 1975
O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° B 7879 Hydr.

Nous étudions le phénomène de ruissellement sur des surfaces élémentaires aussi petites que possible : surface de ruissellement en amont de la bouche d'égout. La combinaison des débits élémentaires de chaque bouche d'égout est un problème d'hydraulique que l'on peut traiter par modèle, et non pas un problème d'hydrologie. Mais nous apportons une attention particulière à la répartition temporelle et spatiale des averses, à la rétention de surface, à l'infiltration naturelle ou artificielle.

En fait, nous cherchons à apprécier l'influence de l'urbanisation sur toutes les phases du cycle de l'eau, le but final étant d'établir des séries chronologiques de données pour tester divers projets d'aménagement et d'assainissement. Nous espérons apporter une contribution dans la comparaison des projets entre eux, non seulement sur le plan du coût des investissements, mais aussi sur les plans du confort, de la santé, des répercussions sur les crues, ainsi que sur le régime des cours d'eau en aval et le bilan hydrologique.

Des recherches de cette nature sont actuellement poursuivies par l'ORSTOM dans les zones urbaines de LIBREVILLE et de OUAGADOUGOU. D'autres doivent débuter en 1975 à LOME et à ABIDJAN, d'autres enfin sont prévues à BOUAKE, BAMAKO et CAYENNE.

Le 25 Juin 1975

J. CRUETTE

Pour le calcul des réseaux d'assainissement en zone urbaine, les Services Techniques d'Afrique Occidentale ont souvent utilisé des méthodes inspirées de la Circulaire Générale 1333 du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme. Cette Circulaire, datée de 1949, est basée sur la formule de CAQUOT établie pour la région parisienne. On a alors souvent constaté, en région tropicale, que les réseaux d'assainissement dimensionnés pour évacuer les eaux provenant d'une averse décennale, sont, en fait, incapables d'évacuer une crue annuelle.

C'est ainsi que le Service Hydrologique de l'ORSTOM a été amené à effectuer des mesures de ruissellement en zone urbaine et à se pencher sur les problèmes d'assainissement. Dans un premier temps, les bassins versants urbains ont été traités comme des bassins représentatifs selon les méthodes habituelles des hydrologues. Des formules permettant d'évaluer les débits maximums à évacuer ont été élaborées.

1 - MODELES GLOBAUX : FORMULES DE RUISSELLEMENT URBAIN -

1.1 - RESULTATS DES MESURES DE RUISSELLEMENT -

L'ORSTOM a effectué des mesures systématiques de ruissellement sur différents bassins de la zone urbaine de NIAMEY (Niger).

Elles intéressent trois bassins versants :

- le bassin dit n° 1 est situé en zone fortement urbanisée selon un habitat africain de type traditionnel,
- le bassin dit n° 2 comprend pour moitié le centre administratif et commercial et des quartiers d'habitat traditionnel,
- le bassin dit n° 3-4 est situé en zone résidentielle, couverte de villas avec jardins, pourvue d'un réseau de draînage assez lâche sur un terrain assez perméable.

Antérieurement, l'ORSTOM avait déjà effectué, d'une façon plus sommaire des mesures à BRAZZAVILLE (Congo) sur le bassin versant du MAKELEKELE.

Plus récemment, des mesures ont été effectuées sur le bassin versant de MFOUNDI draînant la ville de YAOUNDE (Cameroun).

Le tableau 1 donne succinctement les résultats obtenus sur ces cinq bassins versants. Nous y avons fait figurer la superficie en km^2 le débit maximum observé pendant les trois années de mesures, exprimé en l/s et en $l/s.km^2$. Nous donnons également le coefficient de ruissellement observé pour la même crue.

En utilisant les méthodes habituelles de l'ORSTOM d'analyse des facteurs du ruissellement et de reconstitution des hydrogrammes observés, une estimation de la crue décennale a été faite, à partir des trois années d'observations. Nous donnons dans les trois colonnes suivantes du même tableau les valeurs du débit maximum et du coefficient de ruissellement obtenus par ces estimations. Ces valeurs représentent donc une extrapolation des valeurs observées et ne doivent être considérées que comme des ordres de grandeur des valeurs recherchées.

Pour les mêmes cinq bassins versants, nous avons appliqué la formule de CAQUOT dans ses deux versions dites de PARIS et de MONTPELLIER en suivant le plus scrupuleusement possible les recommandations de la Circulaire Générale 1333. Les valeurs adoptées pour la pente et le coefficient de ruissellement sont données dans les deux colonnes suivantes du tableau 1. Les débits obtenus sont donnés dans les deux colonnes suivantes. On constate immédiatement que les débits obtenus par la formule de PARIS sont nettement inférieurs à ceux observés sur trois années. Dans la série de débits observés, ils sont dépassés en moyenne plus de une fois par an. Nous sommes donc fort loin de la crue décennale. La formule de MONTPELLIER donne des débits supérieurs à ceux de la formule de PARIS, mais toujours trop faibles sauf peut-être pour le grand bassin versant de YAOUNDE.

1.2 - ESSAI D'ADAPTATION DE LA FORMULE DE CAQUOT -

Pour pouvoir établir une formule générale applicable en Afrique Tropicale, il faudrait disposer d'un plus grand nombre de résultats de mesures de débit. Cependant les résultats de ces mesures ne seront pas disponibles et exploitables avant plusieurs années et il est intéressant de tenter dès maintenant une approche théorique du problème afin de mettre à la disposition des ingénieurs et projeteurs des formules provisoires donnant des valeurs moins éloignées de la réalité africaine.

La première idée qui vient à l'esprit est de tenter une adaptation de la formule de CAQUOT en modifiant les différents coefficients intervenant dans la formule générale de la forme :

$$Q = K \; I^m \; C^n \; A^p \quad ,$$

dans laquelle Q représente le débit cherché, exprimé en l/s

K est un coefficient numérique

I la valeur moyenne de la pente sur le développement total du parcours de l'eau (exprimée en m/m)

C le coefficient de ruissellement du bassin

A la superficie du bassin exprimée en hectares.

Cette formule peut également s'écrire :

$$Q = \left[\frac{10^3 \cdot a}{6\,(\beta + \delta)\mu^{b}} \right]^{\frac{1}{1-bf}} \cdot C^{\frac{1}{1-bf}} \cdot I^{\frac{bc}{1-bf}} \cdot A^{\frac{1-bd-\varepsilon}{1-bf}}$$

avec

= = 0,75 , = 0,1, = 3,7 , c = 0,363

d = 0,366 , f = 0,20

Les paramètres a et b caractérisent le climat dans une loi du type Montana liant l'intensité et la durée des précipitations.

$$i_{(mm/mn)} = a \cdot t_{mn}^{-b}$$

Pour PARIS et MONTPELLIER cette formule prend les formes suivantes après introduction des paramètres a et b représentatifs d'une pluie décennale.

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

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

1.2.1. Ajustement pour la Côte-d'Ivoire -

Un tel ajustement a été tenté pour la Côte-d'Ivoire par le Bureau National d'Etudes Techniques de Développement (BNETD) dont les ingénieurs utilisent pour leurs études d'édilité l'une des quatre formules suivantes, applicables sur les différentes zones climatiques de Côte-d'Ivoire.

a) Zone côtière (ABIDJAN, SASSANDRA, AGBOVILLE)

$$Q = 1\,260\ I^{0,18}\ C^{1,10}\ A^{0,84}$$

b) Région centre-est (BOUAKE, DIMBOKRO, BONDOUKOU)

$$Q = 2\,270\ I^{0,27}\ C^{1,15}\ A^{0,80}$$

c) Région centre-ouest (MAN, GAGNOA, DALOA)

$$Q = 1\,800\ I^{0,25}\ C^{1,14}\ A^{0,84}$$

d) Région nord (FERKESSEDOUGOU, KORHOGO)

$$Q = 1\,250\ I^{0,18}\ C^{1,10}\ A^{0,87}$$

Des abaques ont été établies par le BNEDT pour l'exploitation rapide de ces quatre formules.

1.2.2. Essai d'ajustement pour la zone sahélo-soudanienne -

Pour la zone sahélo-soudanienne, une étude similaire a été effectuée par le Département Hydraulique de l'Ecole Inter Etat des Ingénieurs de l'Equipement Rural à OUAGADOUGOU.

Pour les pays d'Afrique tropicale de la zone sahélo-soudanienne, nous disposons des résultats des études effectuées par Y. BRUNET-MORET et les services de l'ORSTOM ; les courbes intensité durée-fréquence tracées pour les différents pays font ressortir pour les paramètres a et b de la formule de Montana les valeurs suivantes :

b est sensiblement constant et égal à 0,5

a varie de 7,0 à 7,8 avec une valeur moyenne de 7,5 pour les quatre pays suivants : MALI, HAUTE-VOLTA, NIGER, TCHAD, et pour la bande comprise entre les 10° et 15° parallèles nord. Pour le SENEGAL, on peut adopter la valeur a = 8,5.

Compte-tenu de la précision que l'on peut espérer de notre formule nous considérons que l'intensité de la pluie décennale dans cette zone répond approximativement à la formule

$$i_{mm/mn} = 7,5 \cdot t_{mn}^{-0,5}$$

pour les averses de durée inférieure à 90 minutes.

En reportant les valeurs de a et b dans la formule générale de CAQUOT on trouve :

$$Q = 850 \; I^{0,20} \; C^{1,11} \; A^{0,80}$$

L'application de cette formule aux bassins expérimentaux de NIAMEY donne respectivement :

pour le bassin n° 1 avec I = 0,007, C = 0,55 et A = 56,4 ha

Q = 4 070 l/s

pour le bassin n° 2 avec I = 0,007, C = 0,07 et A = 106 ha

Q = 8 800 l/s

Ces chiffres doivent être réduits respectivement de 15 et 10 % pour tenir compte de l'allongement des bassins ce qui conduit à 3 500 l/s pour le bassin n° 1 et 7 900 l/s pour le bassin n° 2 ; c'est un peu meilleur que les résultats de la formule de CAQUOT pour MONTPELLIER ; mais on reste encore très en dessous des valeurs expérimentales.

Les coefficients des diverses formules citées sont rassemblés dans le tableau 2.

1.3 - RECHERCHE D'UNE FORMULE PLUS ADAPTEE AUX CONDITIONS AFRICAINES

Le résultat médiocre obtenu par l'essai d'adaptation exposé ci-dessus conduit à s'interroger sur la validité pour les pays africains des différentes hypothèses qui ont conduit à la formule de CAQUOT.

Lorsqu'on effectue une analyse minutieuse des différents paramètres intervenant dans le calcul des exposants de la formule de CAQUOT, on constate qu'indépendamment des deux paramètres, a et b caractérisant le régime des averses, M. CAQUOT emploie sept paramètres auxquels il assigne des valeurs numériques très précises compte-tenu d'observations effectuées sur le fonctionnement des réseaux d'égoûts de la région parisienne. Ceci conduit à multiplier et à accumuler les risques d'erreur, dans un sens qui est difficilement prévisible.

Pour rechercher une formule plus adaptée aux conditions africaines il semble plus logique d'abandonner le schéma d'établissement de la formule de CAQUOT et de reprendre le raisonnement à partir de la méthode rationnelle, malgré le reproche qui peut être fait à cette méthode de conduire à un surdimensionnement systématique du réseau dont elle ignore la capacité de stockage.

Nous chercherons à donner à notre formule finale une forme monome simple du même type que celle de CAQUOT, malgré les imperfections évidentes d'une telle forme, parce que le faible degré de précision que nous pouvons espérer nous autorise à effectuer cette approximation. En effet, en écrivant à priori que le débit peut être donné par une formule du type $Q = f(I) . g(C) . h(A)$ on suppose implicitement, ce qui est sans doute contraire à la réalité que les trois paramètres interviennent dans l'écoulement de façon indépendante. L'intérêt de cette méthode est de conduire à une formulation analytique simple et facilement utilisable, en attendant qu'un nombre suffisant de résultats de mesures réelles du ruissellement permette une analyse plus fine de l'interaction des divers paramètres.

Il convient de rester conscient des approximations ainsi consenties qui rendent inutiles la recherche d'exposants décimaux définis avec 2 ou 3 chiffres significatifs, donnant l'impression d'une précision qui n'est qu'illusoire.

Le débit est donné par la formule $Q = K . C . i . A$

dans laquelle Q représente le débit, K un coefficient numérique dépendant des unités choisies, C le coefficient de ruissellement, A la superficie du bassin et i l'intensité de l'averse de fréquence décennale dont la durée est égale au temps de concentration du bassin.

Pour tenir compte de l'inégale répartition des averses sur le bassin, on peut adopter un certain coefficient d'abattement et nous proposons d'affecter à la superficie l'exposant 0,95.

L'intensité de l'averse est liée à la durée par une formule du type Montana de la forme :

$$i = a \; t^{-b}$$

La formule donnant le débit devient :

$$Q_{l/s} = \frac{1\,000}{6} \; C \; i_{mm/mn} \; A_{ha}^{0,95}$$

soit $$Q_{l/s} = \frac{1\,000}{6} . a . C \; t^{-b} \; A^{0,95}$$

Il reste donc à évaluer le temps de concentration en fonction des paramètres hydrauliques : pente du réseau I, et longueur du plus long chemin hydraulique L. En prenant pour expression de la vitesse une formule de type Chézy ($U = K\sqrt{I}$), le temps de parcours dans les canalisations du réseau s'exprime sous la forme :

$$t_1^{s} = \frac{L^{mètres}}{U^{m/s}} = \frac{L}{K\sqrt{I}}$$

Pour tenir compte du temps de ruissellement de l'eau en surface à l'extérieur du réseau nous majorerons ce temps t_1 de 25 %. D'autre part, compte-tenu des caractéristiques moyennes des canalisations utilisées pour l'assainissement, nous pouvons prendre K = 25, ce qui donne pour le temps de concentration :

$$t_{secondes} = \frac{1,25\ L_m}{25\ \sqrt{I}} \quad \text{ou} \quad t_{mn} = \frac{1,25}{60} \cdot \frac{100}{25} \frac{L_{hm}}{\sqrt{I}} = \frac{1}{12} L_{hm}\ I^{-\frac{1}{2}}$$

Si nous reportons cette valeur dans l'équation donnant le débit, nous obtenons la formule générale suivante :

$$Q_{l/s} = 167 \cdot 12^b \cdot a \cdot C \cdot I^{b/2} \cdot L_{hm}^{-b} \cdot A_{ha}^{0,95}$$

a) Application à la zone sahélo-soudanienne -

Dans cette région nous avons vu que l'on pouvait prendre en première approximation, pour les averses de durée inférieure à 90 minutes a = 7,5 et b = 0,5

Ces valeurs reportées dans la formule générale donnent :

$$Q_{l/s} = 4\ 330 \cdot C \cdot I_{m/m}^{0,25} \cdot L_{hm}^{0,5} \cdot A_{ha}^{0,95}$$

Nous avons appliqué cette formule aux deux premiers bassins versants de NIAMEY et au grand bassin de YAOUNDE. Pour ce dernier, le résultat obtenu est nettement trop fort, ce qui n'est pas surprenant car son temps de concentration est nettement supérieur à 90 minutes ; par contre, pour les deux premiers les valeurs trouvées sont beaucoup plus proches des valeurs expérimentales (dernière colonne du tableau 1). Nous remarquerons que pour le bassin n° 1 relativement très allongé, la valeur calculée est un peu faible par rapport aux valeurs mesurées, alors que la valeur calculée est un peu trop forte pour le bassin n° 2. Cela peut provenir en particulier des valeurs du coefficient de ruissellement qui ont été prises très différentes, pour des bassins de comportement assez voisin.

Signalons en passant que la formule du BNETD pour la région de KORHOGO aurait donné pour les deux bassins étudiés 6 900 l/s pour le bassin n° 1 et 16 000 l/s sur le bassin n° 2, après application du coefficient de réduction dû à l'allongement.

L'exposant affectant la surface est sans doute un peu trop élevé pour une formule qui ne fait pas intervenir la longueur du bassin, ce qui conduit à surévaluer les débits pour les bassins de forte superficie.

Nous avons vu également que la zone sahélo-soudanienne le coefficient b variait très peu autour de la valeur 0,5, alors que le coefficient a varie suivant les pays entre 7,0 et 7,9. On peut remarquer que les fluctuations de a n'affectent que le coefficient numérique de la formule mais non les exposants ; ce coefficient numérique qui vaut

$167 \cdot 12^{0,5} \cdot a = 577\ a$ varie entre les valeurs extrêmes 4 050 et 4 600, avec une valeur moyenne de 4 330 que nous avons retenue pour NIAMEY. Pour le SENEGAL avec a = 8,5 le coefficient numérique serait 4 900.

b) Application à la zone côtière -

L'application à la zone côtière est plus délicate car le régime des pluies y est connu avec moins de précision, et il est beaucoup plus variable.

Un essai d'ajustement d'après les courbes intensité-durée-fréquence tracées par le service météorologique du GHANA pour la station de KUMASI conduisent à une expression de la forme.

$i_{mm/mn} = 12,7 \cdot t^{-0,5}$ pour des averses de durée comprise entre 10 et 90 mn soit a= 12,7 et b = 0,5.

Pour la ville côtière d'AXIM les courbes tracées par le même service conduisent à la formule

$i_{mm/mn} = 10 \cdot t^{-0,4}$ soit a = 10 b = 0,4.

L'adoption de ces coefficients nous conduirait

- pour les zones forestières de l'intérieur à la formule :

$$Q_{l/s} = 7\ 325 \quad C. \quad I_{m/m}^{0,25} \quad L_{hm}^{-0,5} \quad A_{ha}^{0,95}$$

- pour la zone côtière à la formule :

$$Q_{l/s} = 4\ 500 \quad C. \quad I_{m/m}^{0,20} \quad L_{hm}^{-0,4} \quad A_{ha}^{0,95}$$

1.4 - CHOIX DE LA FREQUENCE -

Il est possible d'introduire dans les dernières formules proposées, non pas uniquement la pluviométrie de fréquence décennale, mais la pluviométrie d'une fréquence quelconque. En remarquant que le paramètre b est pratiquement indépendant de la fréquence et que le débit est proportionnel au paramètre a, il est possible d'établi un tableau de coefficients de correction donnant les périodes de retour 1 an, 2 ans, 5 ans, 20 ans, à partir des calculs faits pour la période 10 ans. Ce schéma de calcul suppose que les différents facteurs entrant dans la formule sont indépendants, ce qui n'est pas évident en ce qui concerne la pluviométrie et le coefficient de ruissellement. Nous donnons dans le tableau 3 les coefficients de correction.

1.5 - CONCLUSIONS -

Ces essais d'adaptation de la formule de CAQUOT ont au moins l'avantage de se rapprocher de la réalité en utilisant les résulta relativement récents des études de l'intensité des précipitations.

Il reste cependant que toutes ces formules nécessitent la connaissance du coefficient de ruissellement. Ce coefficient apparaissant affecté d'un exposant égal ou légèrement supérieur à 1, le résultat obtenu est presque directement proportionnel à l'estimation qui en est faite.

TABLEAU 1

	S km2	Résumé des observations effectuées						Application de la formule de CAQUOT				Formule C.I.E.I
		Plus forte crue observée			Estimation de la crue décennale d'après les mesures			Pente I	C	Formule de PARIS l/s	Formule de MONTPELLIER l/s	
		Q max l/s	Q max l/s.km2	C	Q max l/s	Q max l/s km2	C					
NIAMEY												
- Bassin n° 1	0,564	5480	9700	0,36	7000 à 9500	12000 à 17000	0,31	0,0069	0,55	2600	3150	7000
- Bassin n° 2	1,061	8400	7900	0,54	10000 à 13500	9000 à 12500	0,40	0,0070	0,70	6000	7400	14000
- Bassin n° 3-4	1,542	2600	1700	0,05	3100 à 4600	2000 à 3000		0,0050	0,20	1800	2600	
BRAZZAVILLE												
- Makélékélé	3,080				12000 à 15000	4000 à 5000		0,0035	0,30	4400	6900	
YAOUNDE												
- M'Foundi	38,800	23900	615	0,20	42000	1080	0,18	0,0062	0,20	21000	39000	56000

TABLEAU 2

DIVERS AJUSTEMENTS DE LA FORMULE DE CAQUOT $Q = K\ I^m\ C^n\ A^p$

	K	m	n	p
PARIS (M. GRISOLLET)	1340	0,30	1,17	0,75
MONTPELLIER (M. GODARD)	580	0,16	1,09	0,82
COTE D'IVOIRE (BNETD)				
Zone côtière	1260	0,18	1,10	0,84
Centre Est	2270	0,27	1,15	0,80
Centre Ouest	1800	0,25	1,14	0,84
Nord	1250	0,18	1,10	0,87
HAUTE VOLTA (C.I.E.H.)				
Ouagadougou	850	0,20	1,11	0,80

TABLEAU 3

Période de retour :	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans
Zone sahélo-soudanienne (b = 0,5)					
- valeur de a	5,4	6,0	6,9	7,5	8,2
- coefficient de correction	0,72	0,80	0,92	1,00	1,08
Sénégal (b = 0,5)					
- valeur de a	6	6,75	7,6	8,5	9,1
- coefficient de correction	0,71	0,80	0,90	1,00	1,07
Zone côtière : AXIM-ABIDJAN (b = 0,4)					
- valeur de a	5,6	6,7	8,9	10	12,6
- coefficient de correction	0,56	0,67	0,89	1,00	1,26
Zone côtière : ACCIA (b = 0,4)					
- valeur de a	4,6	5,3	6,8	8,5	9,2
- coefficient de correction	0,54	0,62	0,80	1,00	1,08
Zone forestière : KUMASI (b = 0,5)					
- valeur de a	7	8,9	11	12,7	14,3
- coefficient de correction	0,55	0,70	0,87	1,00	1,13

2 - RECHERCHE DE L'HYDROGRAMME DE LA CRUE A EVACUER -

Les résultats précédents permettent un calcul assez facile des débits maximums à évacuer et constituent un outil que l'on peut utiliser faute de mieux. Dans une deuxième étape, nous essayons d'obtenir des résultats à la fois plus précis et plus complets.

1.1 - DEBIT MAXIMUM ET VOLUME DES CRUES -

L'évacuation des débits de fréquence décennale conduit généralement à des investissements très importants. Aussi peut-on envisager des réservoirs d'eau pluviale destinés à stocker le volume d'eau apporté par une crue pour ensuite l'évacuer par un faible débit pendant un temps très long. On espère par cette organisation diviser par cent ou plus le débit à évacuer, ce qui permet une réduction très sensible des investissements à engager. Cette organisation présente ses propres sujétions et, en ce qui concerne l'hydrologie, elle impose de connaître non seulement le débit maximum, mais aussi le volume à évacuer. Les formules précédentes ne permettent pas de donner ce dernier renseignement. Elles ne donnent que le débit maximum alors que l'on cherche à connaître l'hydrogramme de la crue à évacuer.

2.2 - PROBLEMES HYDROLOGIQUES -

Dès que l'on aborde le problème sous cet angle, on se heurte à plusieurs difficultés.

- En pluviométrie, la recherche d'un hyétogramme moyen, intéressant le bassin versant considéré, attaché à une certaine probabilité, est certainement sans issue. En supposant qu'un tel hyétogramme existe et peut être déterminé, la crue qu'il provoquerait n'aurait certainement pas la même probabilité surtout lorsque l'on doit considérer à la fois le débit maximum et le volume. En fait, en matière d'assainissement, la probabilité des défaillances est la seule notion importante et on ne voit pas, a priori, de relation simple entre cette dernière probabilité et celle de la pluie.

- En ce qui concerne le bassin versant, il est également très difficile d'utiliser la notion de temps de concentration qu'on lui rattache généralement. Ce temps dépend bien sûr de la topographie générale du bassin, mais aussi du type d'urbanisation et du mode d'évacuation que l'on cherche précisément à déterminer. L'urbanisation " déforme l'hydrogramme unitaire" et le rend pratiquement inutilisable.

- Enfin, le problème du coefficient de ruissellement, mal résolu dans les travaux précédents, demeure et devient encore plus important quand il s'agit de mettre en place des réservoirs d'eau pluviale, puisqu'il faudrait les connaître non seulement pour les fortes pluies, mais aussi pour les plus faibles.

En résumé, surtout lorsqu'il s'agit de zones à urbaniser, l'hydrologie travaille sur un bassin versant et un réseau hydrographique qui n'existent pas.

2.3 - HYDROLOGIE EN AMONT DE LA BOUCHE D'EGOUT -

Le schéma de travail actuellement adopté par le Service Hydrologique de l'ORSTOM consiste à étudier le phénomène de ruissellement urbain sur des surfaces élémentaires aussi petites que possible, surfaces que l'on peut définir comme un bassin versant en amont d'une bouche d'égoût. Ces mesures sont actuellement en cours dans cet esprit à LIBREVILLE et OUAGADOUGOU ; d'autres sont prévues à LOME, ABIDJAN, BOUAKE, BAMAKO et aussi à CAYENNE.

Les mesures de pluviométrie sont effectuées par enregistrements d'intensité en utilisant un pas de temps très court, de l'ordre de deux minutes. Ces enregistrements sont faits sur plusieurs appareils parfaitement calés dans le temps afin de connaître les averses par leur intensité moyenne pendant des temps très courts, mais aussi par leur déplacement (vitesse et direction).

Les mesures de débits sont effectuées en aval de petits bassins en prenant soin de les caler parfaitement dans le temps avec les enregistrements de pluie.

Enfin, pour préparer l'interprétation des résultats, on met actuellement au point des descripteurs appropriés aux zones urbaines pour définir les caractéristiques des bassins versants.

On envisage des descripteurs orientés vers le volume d'eau ruisselée, destinés à remplacer l'habituel coefficient de ruissellement : pourcentage de surfaces imperméabilisées, nature de l'imperméabilisation, liaison de ces surfaces avec le réseau hydrographique (naturel ou artificiel), pourcentage de surfaces endoréïques (naturellement ou artificiellement), pourcentage de surfaces "naturelles" selon le mode d'utilisation (zone de passage, zone cultivée ...), cartographie des infiltrations potentielles ...

D'autres descripteurs sont orientés vers la forme de l'hydrogramme et sont destinés à remplacer le temps de concentration: pente des chemins réellement suivis par l'eau qui ruisselle, nature des sols dans les zones de première concentration des eaux ruisselées

2.4 - UTILISATION DES RESULTATS -

L'interprétation des mesures et des observations sur chaque petit bassin versant est prévue selon le schéma suivant :

- un hyétogramme enregistré est considéré comme valable sur toute la surface du petit bassin

- un bassin versant imaginaire ayant la même superficie que le bassin versant réel et transformant instantanément la pluie en débit, donnerait une "crue potentielle" que l'on peut facilement calculer connaissant le hyétogramme et la superficie

- les descripteurs mentionnés plus haut seront utilisés pour expliquer les différences entre la crue réellement observée et la crue "potentielle".

L'extrapolation de ces résultats sera recherchée selon les deux orientations suivantes :

- connaissant en plusieurs points le hyétogramme d'une même averse, on cherchera à mettre au point une méthode d'interprétation pour établir le hyétogramme de l'averse en des points quelconques.

- les descripteurs adoptés sur les bassins mesurés devront pouvoir être extrapolés sur des petits bassins non mesurés.

On espère pouvoir ainsi établir les hydrogrammes de crue pour toutes les bouches d'égoût prévues et ceci sur des périodes de temps aussi longues que possible.

La combinaison de ces hydrogrammes dans les différentes branches d'un réseau d'assainissement jusqu'à son extrémité aval, n'est plus du ressort de l'hydrologue. Elle doit être étudiée par un modèle utilisant uniquement les lois de l'hydraulique. Les hydrogrammes servant d'entrée dans le modèle sont alors indépendants de la conception du réseau. Ils constituent les données hydrologiques permettant de comparer l'efficacité de plusieurs projets d'assainissement. On retrouve alors le problème classique de simulation du fonctionnement d'un aménagement.

3 - ASSAINISSEMENT ET URBANISME -

Dans une troisième étape, 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 autres spécialités intéressées et adapté à chaque cas concret.

En premier lieu, on considère la zone étudiée comme étant divisée en un certain nombre de "casiers", semblables aux bassins élémentaires en amont des bouches d'égoût mentionnés plus haut, mais présentant en plus la propriété suivante : quel que soit le réseau d'assainissement mis en place, l'eau ruisselée sur un casier ne peut pas s'écouler sur un autre casier.

On imagine ensuite que le ruissellement n'existe pas et que l'eau de pluie reste à la surface du sol. Le sol est donc inondé à chaque pluie et on cherche à déterminer, en fonction de l'utilisation prévue pour chaque zone, le nombre d'heures ou de jours d'inondation tolérable. Lorsque l'inondation présente un risque pour les personnes ou les aménagements, ce temps est nul. Lorsqu'elle ne présente qu'une simple gêne ou une légère diminution de confort, ce temps pourra être défini comme le temps d'inondation admissible à partir de la fin de la pluie. On établit alors une carte de tolérance à l'inondation, en prenant les casiers comme unité de surface.

On aborde alors les problèmes de pollution en déterminant les casiers qui nécessitent obligatoirement une évacuation et un traitement des eaux de pluie. Il peut s'agir de zones contaminantes (abattoirs, hôpitaux, ...) ou d'industries polluantes. Les eaux de ruissellement de ces casiers devront être traitées comme des eaux usées et évacuées dans le réseau qui leur est spécifique.

On élabore enuite, casier par casier, la carte des infiltrations potentielles, sans oublier que l'on peut aussi bien améliorer l'infiltration que la diminuer pour peu que l'on y prête attention dès le début du projet.

En utilisant les résultats de l'étape précédente et les caractéristiques de chaque casier, on peut considérer chaque casier comme une source d'eau à évacuer et établir une classification en plusieurs types.

Le casier de type 1 serait celui où il faudrait évacuer la totalité de la crue potentielle.

Le casier 0 serait celui où il ne reste plus rien à évacuer, l'infiltration et l'évaporation permettant dans tous les cas d'absorber la crue potentielle.

Le casier de type 1, lui aussi, ne donnerait pas d'eau à évacuer, mais, en plus, il serait susceptible d'absorber la crue potentielle d'un autre casier de surface équivalente.

Il nous semble que, face aux problèmes de l'urbanisation, l'hydrologue doit chercher à mettre sa spécialité à la disposition des autres disciplines. Il doit s'efforcer de dépasser le niveau de la formule de ruissellement qui donne un débit maximum à évacuer pour atteindre celui de la crue à évacuer. Il doit ensuite ouvrir le dialogue avec l'urbaniste en essayant de limiter le ruissellement avant de calculer le dimensionnement du réseau d'évacuation.