

Tendances pluviométriques et impact de la marée sur le drainage en zone d'estuaire : cas du Wouri au Cameroun

**Barthélémy NDONGO^{1*}, Stéphane LAKO MBOUENDEU¹, Augustin AWE TIRMOU¹,
Roger NTANKOUO NJILA¹ et Jacques Denis MOUKOURI DALLE²**

¹ *Département du Génie Rural, FASA, Université de Dschang, BP 222, Dschang, Cameroun*

² *Communauté Urbaine de Douala, BP 43, Douala, Cameroun*

* Correspondance, courriel : bandongo@yahoo.fr

Résumé

L'estuaire du Wouri, ouverte sur l'océan Atlantique fait du Cameroun une zone d'intérêt stratégique. Cependant, l'exploitation de cet avantage se trouve limitée par des inondations récurrentes dont les causes sont d'ordre hydrométéorologique et social. L'assainissement urbain par le drainage pluvial s'avère ici inefficace du fait du battement de la marée; les informations chiffrées sur l'influence de la marée demeurant insuffisantes pour prévenir les débordements. Cet article apporte une contribution à la prévision des inondations localisées à travers une analyse du comportement hydrodynamique du fleuve Wouri à son littoral. Les variations de la pluviométrie, les fluctuations de l'onde-marée, et les battements de la nappe phréatique sont ainsi étudiées pour apprécier la contribution de ces paramètres à la résurgence des inondations. Les précipitations de la zone de l'estuaire sont globalement supérieures à 3500 mm/an avec des pointes en Juillet et Août. La fluctuation de la marée génère un flux d'eau de 222,8 km³/jour vers le continent, induisant une remontée rapide des eaux de la nappe phréatique dans un sol fortement perméable de par sa structure sableuse. Cette situation est exacerbée par les pratiques de gestion des déchets et de l'habitat. La planification urbaine devrait donc prendre en compte à la fois les réalités sociales, les projections économiques et les contraintes hydrologiques, tout autant que les risques d'inondation dans les zones d'estuaire.

Mots-clés : *inondation, hydrologie, planification urbaine, assainissement.*

Abstract

Rainfall trends and tide impact on drainage in estuary areas : Wouri case study in Cameroon

The Wouri estuary, open to the Atlantic Ocean is a strategic area of Cameroon. However, the exploitation of this advantage is limited by recurrent flooding whose causes are of hydro-meteorological and social order. The approach of the storm drainage developed so far is then ineffective due to the tide beat. However, the figures on the influence of the tide are still insufficient to prevent overflows. This article contributes to the prediction of localized flooding through analysis of the hydrodynamic behavior of the Wouri River to its coastline. Changes in rainfall, fluctuations of the wave-tide and the watertable beat are studied to assess the contribution of these parameters to the resurgence of flooding.

Rainfall within the estuary is generally larger than 3500 mm/year with peaks in July and August. The fluctuation of water level due to tide generates 222.8 km³/day to the continent induces rapid upwelling of groundwater in a permeable soil because of its sandy structure. A situation worsened by waste management and settlement practices. Urban planning should then take into consideration social realities, economic projections, hydrological constraints as well as flood risk in estuary zones.

Keywords : *flood, hydrology, urban planning, sanitation.*

1. Introduction

L'une des réalités les plus marquantes des villes d'Afrique Subsaharienne est la faible maîtrise de l'urbanisation ; ceci du fait de la pression démographique croissante et des investissements limités, conduisant à des efforts bien souvent insatisfaisants au regard du challenge que représente la maîtrise des eaux. En effet, dans les zones estuariennes, la diversité de la provenance des eaux entraîne leur extension au-delà des zones inondables ; un phénomène accentué par l'influence de la marée. Les enjeux que représentent les estuaires sont importants sur le plan socio-économique et environnemental ; elles abritent le tissu industriel et économique de nombreux pays. Ainsi, l'estuaire du Wouri abrite 60% des industries camerounaises et 24% de la mangrove, bien que ses conditions météorologique, hydrologique et urbanistique fassent de celui-ci un champ privilégié de survenance des inondations. Les dommages annuels sont estimés à plusieurs millions de francs CFA à Douala. Face à cela, des actions de curage préventif des drains conduites par les autorités de la ville ont connus des résultats éphémères. L'efficacité relative de ces mesures se justifie d'après [1], par la faible prise en compte du profil en long de chaque cours d'eau jusqu'à son exutoire. Il est à noter également le défaut d'information sur l'hydraulique des systèmes de drainage considérés.

Au-delà des données à intégrer dans les mesures, c'est toute la prévision du risque d'inondation qu'il faudrait rendre possible ; les études menées à nos jours ne permettant pas encore une prévision de ce risque. L'approche la plus avancée sur la question, dans l'estuaire du Wouri a été développée par [2] sur la spatialisation du risque. La dimension physique de l'aléa centrée sur l'analyse du facteur pluie reste par ailleurs mal connue. Le présent article, rendu possible par une collaboration avec la Communauté Urbaine de Douala (CUD) dans le cadre de la recherche de solutions efficaces face aux inondations, s'inscrit dans la logique de la cartographie du risque selon une approche intégrée, pour une meilleure planification de l'urbanisation. Il a pour objectif de contribuer à une meilleure prévision du risque d'inondation dans l'estuaire du Wouri. L'article présente les tendances pluviométriques, les caractéristiques de la marée et son impact d'une part, sur l'écoulement dans les drains connexes, et d'autre part sur le battement de la nappe phréatique. Des études sur les écoulements de bassin et les transferts pluie-débit pouvant compléter cette lecture.

2. Présentation de l'estuaire du Wouri

L'estuaire du Wouri, d'une superficie de 1 200 Km², constitue une vaste zone humide, de 30 Km de long et presque autant de large ouvert sur l'Océan Atlantique. Situé à 4°0'1" de latitude Nord et 9°37'15" de longitude Est, il fait partie intégrante du bassin versant du Wouri qui s'étale sur environ 11 700 km².

L'estuaire abrite le Port Autonome de Douala (PAD), le plus grand port du pays et l'un des plus importants d'Afrique Centrale.

Limité au Sud par la pointe de Souellaba, et au Nord par le Cap Cameroun, cet espace géographique est drainé par trois fleuves côtiers : la Dibamba, le Wouri et le Mungo (**Figure 1**). Il bénéficie d'un climat équatorial côtier avec deux saisons sèches d'Octobre à Mai entrecoupées par deux saisons de pluies. La région reçoit 3 500 à 4 500 mm de précipitations par an, avec une température moyenne de 26,4°C. L'air est presque constamment saturé (99% en saison de pluie et 80% en saison sèche) et les cyclones tropicaux y sont inconnus malgré la forte influence des marées. Le relief est formé d'une succession de plaines sédimentaires, et comporte trois sous-groupes de sols : ferrallitiques rouges, ferrallitiques jaunes et limoneux au côté des sols hydromorphes dans les zones inondables.

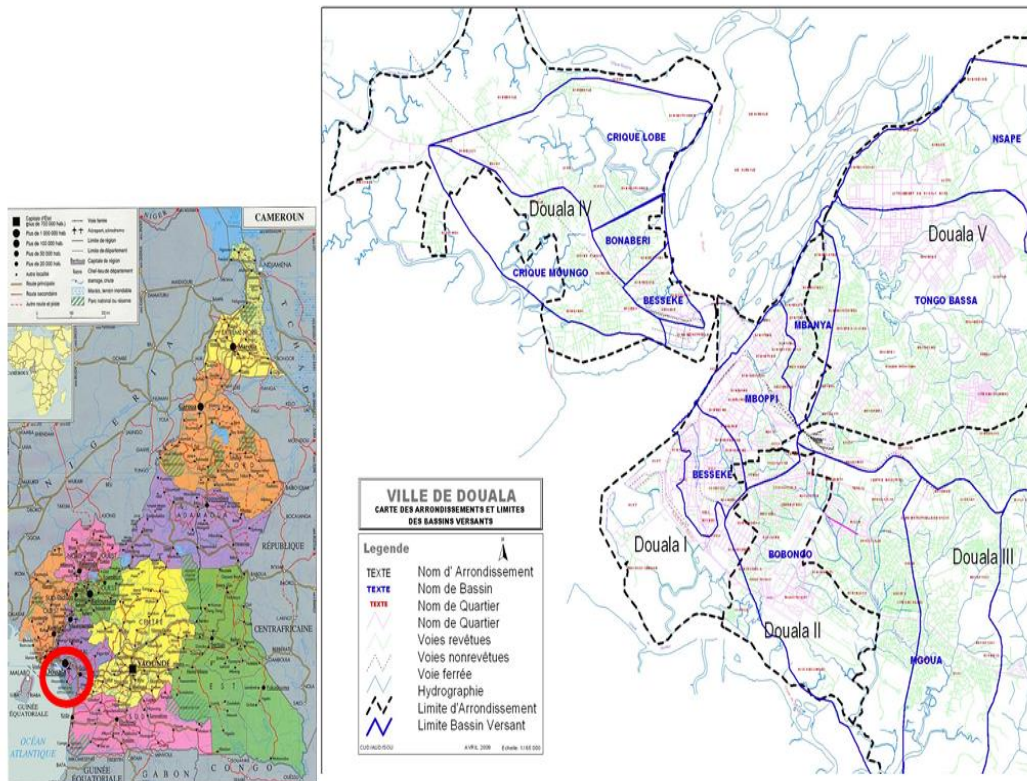


Figure 1 : Localisation de l'estuaire du Wouri

La ville de Douala est caractérisée par un habitat incontrôlé et des pratiques peu salubres. Les lieux de dépôt des ordures au niveau des ménages sont : les drains (28,6%) et les tas sauvages riverains des drains naturels (15,5%). Cette situation contribue à réduire la fonctionnalité du réseau de drainage. De plus, la pratique de l'installation anarchique dans les zones d'habitat à risque est courante. Seuls 21,1% des « propriétaires terriens » possèdent un titre foncier, parfois obtenu frauduleusement. Cet état de fait est entretenu par une planification urbaine mal maîtrisée. En effet, de nombreux dysfonctionnements sont observés : l'acquisition frauduleuse de titres de propriété sur des terrains relevant du domaine national, le décalage fréquent de la réalisation des réseaux de drainage connexes aux projets routiers, la réalisation de voirie en zone inondable ou marécageuse sans infrastructures appropriées (ponceaux, passages busés, etc.). Dans cet environnement, les autorités ont du mal à contrôler la prolifération de quartiers à habitats spontanés sans réseau d'assainissement adéquat. D'ailleurs, de nombreux drains, lorsqu'ils existent, sont oppressés par les constructions.

3. Méthodologie

3-1. Analyse climatique et fréquentielle des pluies

La variabilité climatique a été mise en exergue par une analyse des précipitations sur 50 ans (1960-2010) à Douala, afin de dégager la tendance et l'évolution des pluies sur la base des moyennes mobiles sur 5, 10 et 20 ans. La méthode de masse résiduelle de [4] fut utilisée pour identifier les moments de changement de cycle. L'analyse fréquentielle des pluviométries de 1981 à 2010 a permis la classification des pluviométries journalières maximales annuelles selon leur degré de normalité sur l'échelle définie par l'Institut Royal de Météorologie de Belgique [IRMB] et cité par [5]. Sur la base des résultats de travaux précédents [6, 7], la loi de Gumbel a été choisie pour réaliser l'analyse fréquentielle des pluviométries moyennes annuelles. L'ajustement de cette loi s'est fait suivant la méthode des moments. La courbe des précipitations extrêmes établie à partir des variables réduites et leurs quantiles pour des périodes de retour comprises entre 2 et 110 ans, a permis de comparer les valeurs simulées au modèle proposé par [8] et de tester la différence à l'aide du test de Student à un seuil de significativité de 5%. Les données météorologiques ont été obtenues auprès de la Direction Régionale de la météorologie de la Région du Littoral.

3-2. Caractérisation de la marée

L'approche utilisée repose sur l'estimation du volume d'eau impulsé par la marée au fleuve Wouri et son impact sur le niveau d'eau dans les drains et sur la nappe phréatique en zone littorale. Selon [3], le volume d'eau journalier qui remonte le Wouri sous l'impulsion de la marée est supposé surplomber le niveau le plus bas du plan d'eau. Il est alors déterminé par le produit d'un débit dit « total » correspondant à la somme des débits élémentaires (*Equation 2*) de la marée aux heures de flux par l'heure-marée. Le débit *total* (*Equation 2*) est déterminé par « adaptation » de la formule de débit instantané proposée par Weiss et de la règle des douzièmes (utilisée en calcul de marée). Les marnages consécutifs des 24 heures marées sont supposés égaux. L'amplitude, qui correspond au débit de pointe de la marée (q_i) intervenant à la 6^{ème} heure-marée, se calcule à l'aide de *l'Equation (1)*.

$$q_i = VLA_i \quad (1)$$

$$\Omega = \frac{7}{3}VLMh_m \quad (2)$$

Ω : le volume journalier maximal d'eau qui « surplombe » le Wouri sous l'influence de la marée (m^3); V : la vitesse moyenne de propagation de l'onde marée à l'embouchure ($m.s^{-1}$); L : la largeur du Wouri au niveau de sa confluence avec la mer (m); M : le marnage (m); h_m : l'heure-marée (s); q_i : le débit élémentaire de la $i^{ème}$ heure-marée (m^3); A_i : l'amplitude de marée à la $i^{ème}$ heure-marée [différence entre la variation relative du niveau des eaux et du marnage moyen] (m).

3-3. Analyse de l'influence de la marée sur le drainage

Afin de déterminer l'influence de la marée sur le drainage, le débit instantané d'un drain primaire (conduisant à l'embouchure) a été suivi pendant 06 heures à un pas de temps horaire. La durée d'expérimentation (temps nécessaire à la remontée de la marée) a été estimée à 06 heures. En absence d'un équipement de pointe, l'estimation des débits s'est fondée sur la détermination de la section mouillée et de la vitesse moyenne d'écoulement évaluées pour un tronçon régulier situé à environ 1,5 km de l'embouchure, par la méthode du flotteur.

La méthode dite *du puits* a permis de suivre le battement de la nappe. A l'aide d'un fil à plomb et un triple décimètre, les profondeurs des puits et les hauteurs en eau ont été mesuré afin d'en déduire la profondeur moyenne de la nappe phréatique. Guidés par le critère de représentativité spatiale, vingt (20) puits dans dix quartiers des bassins versants Mboppi et Bonabéri ont été sélectionnés sur la base d'un échantillonnage aléatoire avec remise. Les données relatives à la marée (marnage, temps de flux, vitesse de propagation de l'onde marée au niveau de l'embouchure du Wouri) ont été obtenues des sources non publiées des services techniques du Port Autonome de Douala et de la marine marchande. La largeur du Wouri au niveau de son embouchure a été déterminée à partir de la carte de l'estuaire du Wouri produite par WTG [9].

4. Résultats

4-1. Tendances pluviométriques dans l'estuaire du Wouri

La pluviométrie annuelle, présentée à la **Figure 2**, est très variable d'une année à l'autre (2 595,9 à 4 870,7 mm) ; une observation confirmée par la dispersion des valeurs ($\sigma = 520$ mm). Cette variabilité s'explique par l'étalement de la période d'observation. En effet, le lissage des valeurs annuelles à partir des moyennes mobiles présente globalement une tendance décroissante. On observe une décroissance par palier des précipitations moyennes de 4 100 à 3 700 mm entre le premier (1960-1975) et le dernier palier (2002-2010). En plus, la tendance semble stable au-delà de l'année 1992.

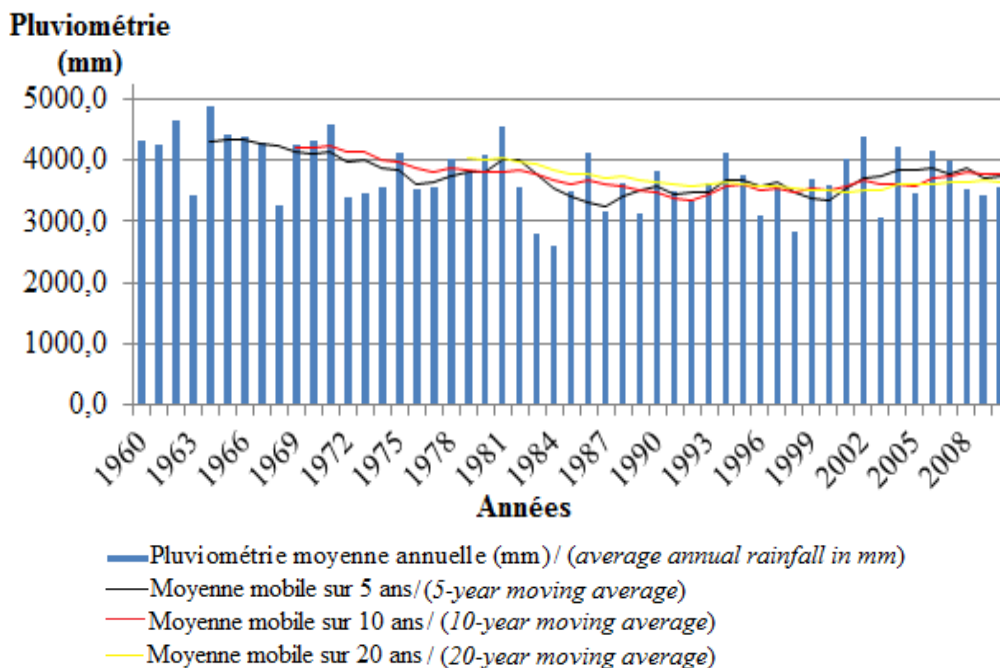


Figure 2 : *Tendance des pluviométries annuelles dans l'estuaire du Wouri (1960-2010)*

A l'observation de la distribution inter-mensuelle des précipitations dans l'estuaire, les précipitations les plus fortes sont enregistrées au courant des mois d'Août, de Septembre et de Juillet par ordre d'intensité ; ce sont également les mois les plus pluvieux de l'année. A l'échelle journalière, la moyenne annuelle des précipitations est de 16,8 mm/j pour 202 jours de pluies par an, en moyenne [3].

Les précipitations journalières sont de deux types: les précipitations orageuses et les précipitations de faible amplitude mais de longue durée, pouvant atteindre trois heures (**Figure 3**). Les précipitations orageuses sont caractérisées par de très fortes intensités (131 à 187 mm/h) qui durent en général moins de 15 minutes. Ce type de précipitations semble avoir une période de retour supérieure à 20 ans. Les pluies les plus longues sont les moins intenses et les plus fréquentes.

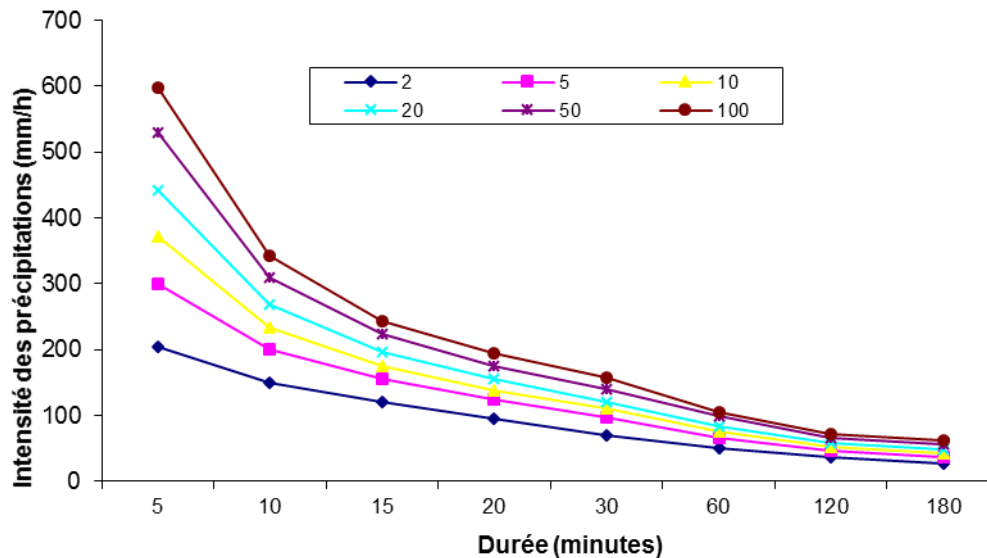


Figure 3 : Fréquence et intensité pluviométrique dans l'estuaire du Wouri (1960-2008)

Les seuils de pluviosité journalière calculés suivant l'approche de l'IRMB et présentés au **Tableau 1**, montre que dans la série des précipitations journalières maximales, on enregistre sur un total de 30, 25 pluies normales, 01 pluie anormale (en 1987), 03 pluies très anormales (en 1981, 1986 et 1996) et 01 pluie exceptionnelle (en 2002). Suivant cette classification et d'après [10], toutes les pluies ayant une pluviosité au moins anormales sont potentiellement cause d'inondation. Ainsi, pour une pluviosité journalière supérieure à 190,4 mm il est très probable, d'enregistrer des débordements dans le réseau d'assainissement.

Tableau 1 : Classification IRMB des pluviosités journalières extrêmes dans l'estuaire du Wouri

T (ans)	6	10	30	100
	Anormales	Très anormales	Exceptionnelles	Très exceptionnelles
P (mm)	190,4	207,9	244,0	282,7

Ces débordements de réseau s'expliquent par un déficit d'écoulement associé soit aux intensités pluviométriques supérieures aux taux d'infiltration des sols, soit aux lames d'eau issues des longues précipitations qui excèdent l'infiltration stabilisée des sols. Ceci est d'autant plus perceptible que la montée de la marée suffit à élever le front de la nappe au courant de la journée.

4-2. Loi de répartition des précipitations dans l'estuaire

La forte variabilité des données annuelles a orienté l'analyse vers les pluviométries maximales journalières de chaque année sur le troisième et quatrième pallier (1981-2010). La **Figure 4** révèle que les pluies journalières maximales varient, de façon exponentielle, avec des périodes de retour inférieures à 30 ans, pour des valeurs comprises entre de 180 à 280 mm, mais le comportement devient linéaire au-delà.

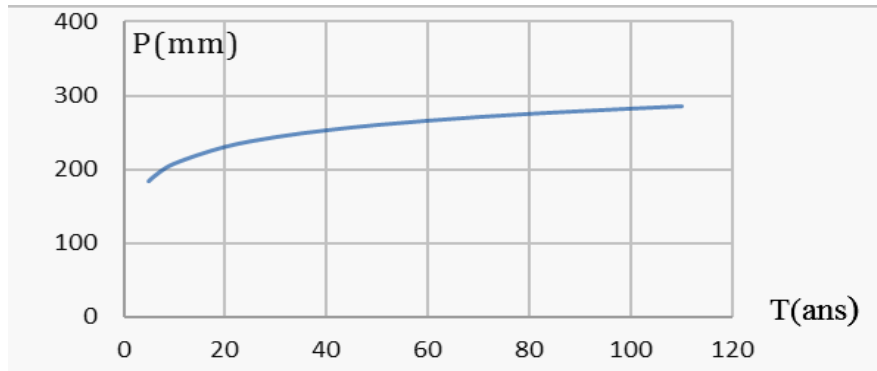


Figure 4 : pluviométries journalières maximales selon la période de retour dans l'estuaire du Wouri

Les pluies peuvent ainsi être approchées à l'aide de la loi de Gumbel selon la relation donnée par l'Equation (3).

$$F(x) = \exp \left(- \exp \left(- \frac{x-136.2}{31.8} \right) \right) \tag{3}$$

Les maxima des précipitations journalières courantes ayant des périodes de retour de moins de 10 ans, il est possible d'envisager des apports conséquents en eau pouvant induire des variations importantes du niveau du plan d'eau dans le Wouri. Cette situation est susceptible de modifier l'hydraulicité des drains connectés à l'estuaire.

4-3. Caractéristiques de la marée

Le temps moyen de remontée de la marée (séparant la pleine mer de la basse mer) est de 06 heures, ce qui correspond à une heure marée pour un marnage maximal de 2,86 m. Le débit de marée de pointe est estimé à trois (03) fois le produit de la vitesse de l'onde marée par sa largeur au niveau de son embouchure. L'onde marée en haute mer se propage avec une vitesse de 205,8 m³.s⁻¹, qui est réduite à 102,9 m³.s⁻¹ au niveau de l'estuaire du Wouri ; ce qui induit, au maximum, la remontée de 222,8 km³ d'eau sur le Wouri, chaque jour. Cette remontée d'eau a un impact sur les drains primaires connectés à l'embouchure sur une distance de plusieurs kilomètres.

4-4. Influence sur les écoulements

La fluctuation de la marée dans l'estuaire du Wouri, fait varier les débits dans les drains qui y sont connectés (généralement leurs exutoires) par la génération de remous et l'élévation du plan d'eau. Cette élévation du plan d'eau, à son tour, induit un écoulement de drainage négatif ; l'eau coule du fleuve vers le continent. Ainsi, le débit entrant dans le drain étudié varie de 0,017 m³.s⁻¹ (à 14h45, après la mi-marée) à 0,032 m³.s⁻¹ (à 17h45, avant la marée haute).

Il en découle dès lors que le débit maximum d'eau impulsé dans ce drain par la marée est supérieur à $0,032 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et son débit en marée basse, est au plus égale à $0,017 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ceci traduit la difficulté de l'écoulement par drainage du continent vers le fleuve à marée haute. Cet écoulement inverse a pour conséquence la réduction de la vitesse d'écoulement dans le drain de l'ordre de 16% et l'augmentation de la surface mouillée de 30% (**Tableau 2**). Or les précipitations génèrent des écoulements sur le continent indépendamment de la marée, ce qui cause une concentration des volumes d'eau ruisselés sur le continent, et donc des volumes d'eau importants dans les réseaux, qui causent des inondations localisées, très récurrentes dans la ville de Douala. Cette situation est amplifiée par la réduction de la section vivante des drains du fait de l'accumulation des sédiments et des déchets domestiques dans ceux-ci. Ces inondations localisées présentent d'après la perception des populations des ampleurs et des fréquences élevées. Ainsi, les débordements de réseau sont constatés en moyenne cinq (05) fois par an dans certains quartiers (Mambanda, Nkomba, Dikolo et Bonambapè), avec une propagation des crues sur des distances pouvant excéder 100 m par rapport à la position des canaux ; les lames d'eau ruisselées variant de 5 à 50 cm.

Tableau 2 : *Variation temporelle de la vitesse et de la section mouillée des écoulements dans un drain riverain de l'estuaire du Wouri*

Heures	12h45	13h45	14h45	15h45	16h45	17h45
V (m/s)	0,28	0,29	0,29	0,28	0,26	0,25
S _m (m ²)	0,1	0,07	0,06	0,07	0,09	0,13

La nappe phréatique sur la côte est superficielle (< 1m) et pratiquement affleurante à certains endroits. La nature sablo-argileuse à dominance sableuse et la faible valeur de cohésion ($3,5 \text{ kn/m}^2$) des sols de Douala en général [10], favorisent le transfert des eaux dans la nappe phréatique. Cette situation contribue fortement à la saturation des sols et la réduction des infiltrations, d'où l'accumulation des eaux à la surface du sol (inondations localisées).

5. Discussion : Adapter l'assainissement pluvial des villes d'estuaire aux contraintes pédoclimatiques et marégraphiques

La zone côtière est un espace complexe et vulnérable, siège de multiples activités humaines où interviennent des événements météo-marins; ces deux éléments combinés étant la source de risques d'origine naturelle et anthropique [11]. Les chercheurs s'accordent dès lors à recommander l'usage d'approche intégrée dans la gestion des risques d'inondation en général, et en zone côtière en particulier. Aussi, est-il important d'adapter l'assainissement urbain aux conditions météoriques, pédologiques et marégraphiques. Mais également, sensibiliser les populations vivant dans les estuaires pour la sauvegarde des infrastructures. Cette adaptation, au vu de la variabilité des paramètres hydrologiques de l'estuaire, nécessite de mettre à jour les modèles hydrologiques utilisés (loi de répartition, courbe IDF), afin d'ajuster le dimensionnement des ouvrages d'assainissement aux contraintes existantes ; qui sont pour leur part évolutives. Tant que cela est possible, il serait souhaitable d'intégrer cette variabilité liée à l'évolution aléatoire des intensités pluviométriques et des périodes de retour pour réduire le risque d'inondation et optimiser les coûts des infrastructures d'assainissement. En outre, la complexité hydrologique à laquelle est soumis le bassin sédimentaire de l'estuaire mérite que soient explorées des techniques alternatives d'aménagement urbain telles que les chaussées drainantes sur voies carrossables [12].

En effet le revêtement en pavés de béton reste jusque-là l'option la plus pratiquée dans les zones inondables. Les solutions à l'assainissement urbain des estuaires repose donc sur des adaptations relevant de divers domaines : la science (hydrologie, hydraulique), l'ingénierie (génie civil, assainissement, hydraulique fluviale) et la technologie. Ces solutions mis en intégration et confrontée aux contraintes économiques et budgétaires permettraient d'optimiser la prise de décision pour une résolution durable du problème de l'assainissement pluvial des villes d'estuaire.

6. Conclusion

Le présent article avait pour but de contribuer à une meilleure compréhension du risque d'inondation dans l'estuaire du Wouri par l'analyse des tendances pluviométriques et de l'impact des variations de la marée sur le drainage des villes d'estuaire. Au terme de l'analyse, il ressort que l'occurrence des inondations localisées se manifeste par des débordements dans les réseaux et des remontées de nappe phréatique. Elle a pour cause les intensités pluviométriques élevées et l'hydrodynamique de la marée. Le sol à structure sableuse est favorable au transfert d'eau par capillarité, l'hydraulicité des drains réduits par les déchets domestiques et les écoulements inverses dus à la marée montante contribuent à amplifier la stagnation des eaux. Dans l'optique d'un assainissement pluvial de la ville de Douala en particulier et des villes estuariennes en général, il conviendrait de tenir compte de la complexité des facteurs influant le fonctionnement des bassins sédimentaires des estuaires. Par ailleurs une approche intégrée des contraintes hydrologiques, économiques, financières, sociales et réglementaires pourrait permettre une meilleure prise de décision quant aux solutions durables à apporter à ce problème. La prise en compte de tous ces paramètres appelle dès lors à une politique de gestion intégrée du risque d'inondation en zone littorale.

Références

- [1] - Z. N. FOGWE, and M. TCHOTSOUA, "Evaluation géographique de deux décennies de lutte contre les inondations dans la ville de Douala (Cameroun)", Acte des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007, (2007), 6.
- [2] - A. D. MEVA'A, M. FOU DA, C. Z. BONGLAM, and M. KAMWO, "Analyse spatiale du risque d'inondation dans le bassin versant du Mbanya à Douala, capitale économique du Cameroun", NOVATECH, (2010), 10.
- [3] - T. A. AWE, "Evolution climatique, résurgence des inondations et implications sur les politiques d'urbanisation : Cas de Bonabéri à Douala, département du Wouri, région du Littoral au Cameroun", Thèse d'Ingénieur Agronome option Génie Rural, Département du Génie Rural, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Dschang, Cameroun, (2011), 109.
- [4] - W. LOWRY, "Recueil de notes de cours de climatologie pour la formation professionnelle", Météorologie de la classe III, Organisation de la Météorologie Mondiale, Genève (1973), 312.
- [5] - S. C. OULD, P. OZER, and A. OZER, "Risque d'inondations dans la ville de Nouakchott (Mauritanie)", Geo-Eco-Trop, 31, (2007), 19-42. [En ligne]
URL : http://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_311_58990.pdf. Consulté le 10 juillet 2012.
- [6] - A. BENKHALED, "Distributions statistiques des pluies maximales annuelles dans la région du Cheliff. Comparaison des techniques et des résultats", Courrier du Savoir, numéro 08, (2007), 83-91. [En ligne] URL : www.univ-biskra.dz/courrierdusavoir/Revue_08/83-Benkhaled.pdf.
- [7] - J-P. FERRIER, "Analyse statistique de pluies maximales Journalières : Comparaison de différentes méthodes et application au bassin Guadalhorce (Espagne)", Hydrol. continent, numéro 7, (1992), 23-31. [En ligne] URL : http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/hydrologie_cont/36988.pdf. Consulté le 2 juillet 2011.

- [8] - SOGREAH, Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques, "Etude du Schéma Directeur d'Assainissement de la ville de Douala et Maitrise d'œuvre d'une Tranche Prioritaire des Travaux", Rapport définitif phase 1, Communauté Urbaine de Douala, Douala, Cameroun, (2004), 158.
- [9] - WTG, Watershed Task Group, "Map of Part of the Douala Estuary". Topographic map of Cameroon, 1: 200 000, Index Buea-Douala, Projection information, Zone 32 North (2006).
- [10] - MINUH and Haskoning, "Projet de développement urbain de Douala : Etude pour l'établissement d'un projet de drainage à Douala", Avant-projet détaillé, volume 2, (1989), 134.
- [11] - M. Robin, C. Hauhouot, K. Affian, P. Anoh, A. Alla Della and P. Pottier, "Les risques côtiers en Côte d'Ivoire". *Bulletin de l'Association de Géographes français* 2004 (3), 298-314.
- [12] - F. Brouquisse, "Influence des techniques alternatives sur le risque d'inondation par ruissellement pluvial. Etude de la zone artisanale du Rouquey (Mérignac). NOVATECH, numéro 2, (2001), 1015-1018.