

Érosion hydrique en milieu urbain : cas du plateau de Makélékélé au sud de Brazzaville, Congo

**Par : Léonard SITOU,
Brice MAYIMA,
Michel TCHOTSOUA**

Introduction

En Afrique subsaharienne, l'un des problèmes les plus préoccupants de ces dernières décennies demeurent la dégradation des sites urbains par les eaux de pluie. C'est le cas au Cameroun (Tchotsoua, et *al* 2000a), en République Démocratique du Congo (Van Caillie, 1989). Au Congo, toutes les grandes villes ou presque sont touchées et Brazzaville en est une illustration parfaite. Depuis l'indépendance du pays, la capitale congolaise connaît une forte croissance démographique évaluée à 4,31% par an et spatiale avec une superficie qui est passée de 5.500 ha en 1974 à 27.000 en 2007)

Cette augmentation de la population s'est traduite non seulement par sa densification dans les anciens quartiers tels que ceux en étude mais aussi par une extension de la ville accompagnée d'une occupation sans précaution des sites souvent sensibles sur le plan morpho- dynamique (versants inclinés, bas fond des vallées). La conséquence en est une dégradation accélérée des sites par le phénomène d'érosion hydrique. Celle-ci se manifeste par le phénomène de déchaussement des poteaux électriques, des racines d'arbres fruitiers et des fondations des maisons. L'érosion se manifeste également et surtout par des ravinements spectaculaires qui détruisent les maisons, réduisent l'espace habitable, coupent les rues et avenues, les réseaux d'adduction d'eau, enclavant ainsi certains quartiers et causant parfois les pertes en vie humaine.

Cela préoccupe aussi bien les populations, les autorités que la communauté scientifique qui, depuis plusieurs années maintenant, multiplie des recherches aussi bien sur les causes, les processus que sur les conséquences (Loembé et *al*, 1993 ; Mpiendo, 1998 ; Goma, 2003 ; Mouélé, 2003, Sitou, 2008).

La présente étude porte sur le plateau de Makélékélé, un site d'occupation ancienne, qui connaît depuis quelques années une dégradation accélérée encore non étudiée. Ce travail quantifie le ravinement, décrit ses processus, analyse les facteurs et propose quelques solutions antiérosives. Il s'inscrit dans la perspective de la connaissance approfondie de l'érosion à Brazzaville, notamment dans les quartiers anciens moins affectés jusque là.

Le cadre général de l'étude

La zone d'étude est localisée au sud de Brazzaville sur le plateau de Makélékélé. Elle est limitée au nord par l'avenue Tchicaya Utam'si, au sud par la corniche du Djoué à l'est par l'avenue de l'OUA et l'ouest par l'avenue de l'auberge (ORSTOM) (Fig. n° 1).

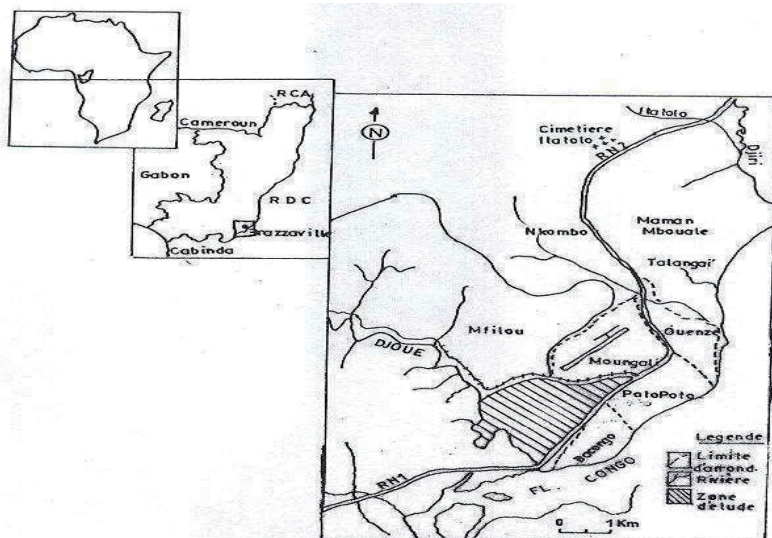
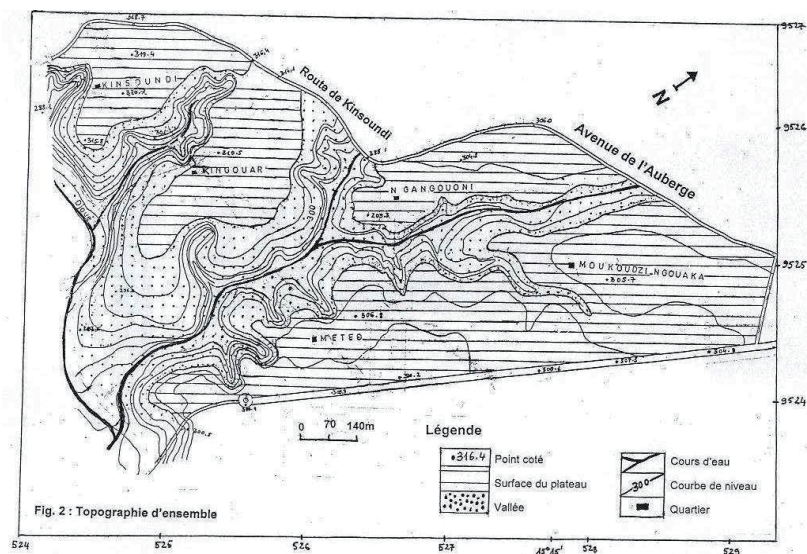


Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude

Cette zone occupe une partie du sud ouest du bas plateau de Maya –Maya qui, avec une altitude moyenne oscillant autour de 300 mètres, domine de près de 25 mètres la plaine qu'il entoure depuis le sud-ouest jusqu'au nord-est en passant par l'ouest. Cette partie du plateau présente deux aspects sur le plan topographique. Un secteur nord-est moins tourmenté avec des vastes surfaces planes très faiblement inclinées sur lesquelles se sont établis les quartiers Moukoundzi –Ngouaka et Nganguouoni. Au fur et à mesure qu'on va vers le sud, se dégage un deuxième secteur plus fragmenté par des vallées encaissées à fond assez étroit et marécageux. C'est dans cette zone que sont établis les quartiers Météo, Kingouari et Kinsoundi situés tous dans la zone d'étude (Fig. n° 2).



Source : Réalisée par nous-mêmes sur fond de carte topographique CERGEC

Le relief est taillé dans des formations superficielles essentiellement ferrallitiques, développées dans des matériaux gréseux et sableux d'âge Secondaire (Denis, 1974).

Le climat est tropical humide de type bas –Congolais caractérisé par l'alternance d'une saison de pluies et une saison sèche (Samba –Kimbata, 1978). La saison des pluies dure environ 8mois (octobre à mai) avec une diminution du nombre de jours de pluies en janvier et en février. Avec une hauteur moyenne de 1300 mm/an et des intensités dépassant souvent le millimètre par minute (1mm/mn.) les pluies dans la région ont un potentiel érosif important. La température moyenne mensuelle est élevée (25°C). La saison sèche dure 4 mois (juin à septembre) avec un arrêt presque complet des pluies durant les trois premiers mois.

Le matériel et la méthodologie

Trois opérations complémentaires ont été effectuées pour réaliser ce travail. Il s'agit de l'étude documentaire, du travail de terrain et des analyses de laboratoire.

L'étude des documents a porté sur l'analyse de quelques cartes et de plusieurs autres études menées ailleurs sur la même problématique. Les documents utilisés au cours de cette phase sont :

- un plan directeur de Brazzaville, réalisé par le BEBATP au 1/10.000^{ème}, en 1986 ;
- une carte topographique de Brazzaville, réalisé au 1/10.000^{ème}, en 1981 par le Centre d'Études et de Recherches Géographiques et de Production Cartographique (CERGEC).

-

Ces cartes nous ont donné une vue d'ensemble du phénomène à Brazzaville et nous ont permis de réaliser la carte des pentes de la zone d'étude selon la méthode de Tricart J. (1994).

Nous avons également eu recours aux matériels suivants :

- un décamètre pour la mesure des dimensions des formes de l'érosion
- un appareil de photo numérique de type Panasonic 6.0 méga pixels pour les prises de vue de certaines formes ;
- un GPS de type Garmin 60 pour la prise des coordonnées géographiques des formes d'érosion.

Le travail de terrain, a consisté, d'une part, à observer et décrire le phénomène de l'érosion, à mesurer les dimensions moyennes (longueur, largeur, hauteur) des principales formes de ravinements. Toutes ces mesures ont permis de calculer les superficies des formes puis les volumes des vides créés. Chaque ravin a été sectionné de sorte que chaque section ait une forme géométrique. Les principales formes géométriques rencontrées sont des sections en forme de prisme rectangulaire et trapézoïdale. Aussi les volumes ont-ils été calculés par les formules suivantes :

- Prisme rectangulaire : $V = L \times l \times h$
- Prisme trapézoïdal :
$$V = \frac{h_1 + h_2 \times L \times l}{2}$$

Avec L= longueur de la section (en mètres)

l = largeur de la section (en mètres)

h 1 = hauteur du flanc gauche (en mètres)

h 2 = hauteur du flanc droit (en mètres)

V = volume du vide (en mètres cubes).

Le travail de terrain a, d'autre part, consisté à prélever quelques échantillons pour des analyses de laboratoire. Sur le terrain nous avons aussi interrogé les populations sur le début et le développement de certaines formes et sur les méthodes antiérosives.

Les analyses de laboratoire ont porté respectivement sur la granulométrie réalisée par la méthode de tamisage et les limites d'Atterberg, au laboratoire du Bureau de Contrôle du Bâtiment et Travaux Publics BCBTP. La méthode granulométrique a permis l'élaboration des courbes à partir desquelles ont été déterminés quelques paramètres statistiques tels que les fractiles (Q1 ou 1^{er} quartile ; Q2 ou 2^{ème} quartile, et Q3 ou 3^{ème} quartile). Ces fractiles ont permis de calculer l'indice de classement de Trask à travers la formule $So = \frac{\sqrt{Q_3}}{Q_1}$

A partir des courbes granulométriques et des paramètres statistiques nous avons déterminé les propriétés physiques notamment la texture (teneurs en argiles, limons et sables). Cependant, les limites d'Atterberg ont contribué à l'analyse du comportement des sols vis-à-vis des eaux pluviales.

Les résultats et la discussion

I - Les processus de l'érosion et les formes engendrées

Deux processus, directement liés, à la pluie, sont responsables des manifestations érosives observées sur le plateau de Makélékélé. Il s'agit du détachement lié à l'effet splash et du ravinement par les ruissellements.

I – 1 - Le splash et ses effets

Le splash est le détachement des particules du sol par l'impact des gouttes de pluie au moment où elles atterrissent avec force à la surface. C'est le premier agent de l'érosion hydrique. Il participe directement à la destruction de la cohésion des particules du sol qui sont alors désolidarisées de l'ensemble et mises à la merci de tout autre agent (ruissellement, vent...). Le splash favorise également la formation de la croûte de battance qui réduit la perméabilité du sol et augmente les ruissellements. En effet, les particules argileuses détachées et étalées à la surface du sol se soudent les unes aux autres et forment une pellicule qui résiste aux gouttes de pluie. Le splash agit au début de la pluie sur les surfaces dénudées non protégées, telles que certaines cours des parcelles d'habitation, des écoles. Au bord de certains bâtiments non protégés, les gouttes d'eau recueillies par les toits, tombent en formant des jets plus intenses qui arrachent avec plus d'efficacité le sol. Le matériel arraché est transporté plus facilement,

ce qui engendre une diminution plus rapide du niveau du sol, d'où la mise à nu des fondations des murs. Ce processus est très répandu sur le plateau de Makélékélé. Ainsi, outre la fragilisation des sols, le splash favorise le développement du ruissellement responsable de l'érosion mécanique.

I – 2 - Le ruissellement et ses effets

Après le détachement des particules, le transport s'effectue par le biais des ruissellements qui se présentent sous deux formes principales : ruissellement diffus et ruissellement concentré.

Le premier est une lame d'eau généralisée sur une surface vaste, souvent scindée en plusieurs bras, circulant parfois rapidement entre les obstacles dans un réseau anastomosé (Riou, 1990). Ce type de ruissellement est très répandu dans la zone où il procède par décapage superficiel, c'est -à- dire arrachement par minces pellicules des particules du sol. Son action est insidieuse mais se manifeste par le déchaussage et la mise à nu des éléments initialement enfouis : base d'un poteau, racine d'arbre, fondation de maison, bordure de route etc. Les effets des ruissellements diffus sont très répandus dans la zone (Photo1, 2)



Photo1 &2 : Manifestation du ruissellement diffus (Clichés MAYIMA)

Les ruissellements concentrés sont des écoulements plus abandonnés qui se concentrent le long des chenaux plus ou moins étroits (Tricart, 1994). On les observe surtout dans les rues et les grandes artères. Ils sont responsables d'un ravinement plus spectaculaire

(photo3, 4) se manifestant par un creusement linéaire qui se développe d'abord verticalement à cause de la concentration des eaux dans un chenal d'évacuation puis latéralement par sapement des berges. Il engendre des entailles de dimensions variables sur le sol. En fonction des dimensions on distingue trois grands types de formes (Riou, 1990). Ce sont :



Photo3 & 4 : ravins localisés sur les rues Balimalou et Ndouna à Kinsoundi
(Clichés MAYIMA)

- les rigoles dont la longueur varie de quelques centimètres à 10 m, la largeur de quelques décimètres à 2 m et la profondeur de quelques centimètres à 0.5 m ;
- les ravines longues de 20 m à 100 m au plus, larges de 5 à 10 m avec des profondeurs variant entre 0.5 et 2 m ;
- les ravins longs de 200 m au moins, larges de 10 m au moins avec des profondeurs de plus de 2 m.

Ces trois types ne constituent en fait que les différentes étapes du ravinement. Le processus s'effectue par érosion verticale et latérale. L'érosion verticale approfondit l'incision. Elle est l'œuvre des ruissellements concentrés qui, en fonction du volume d'eau et de la vitesse de circulation, arrachent les particules par frottement. L'érosion latérale par contre fait reculer les parois par sapement à leur base puis par effondrement des pans entiers et successifs.

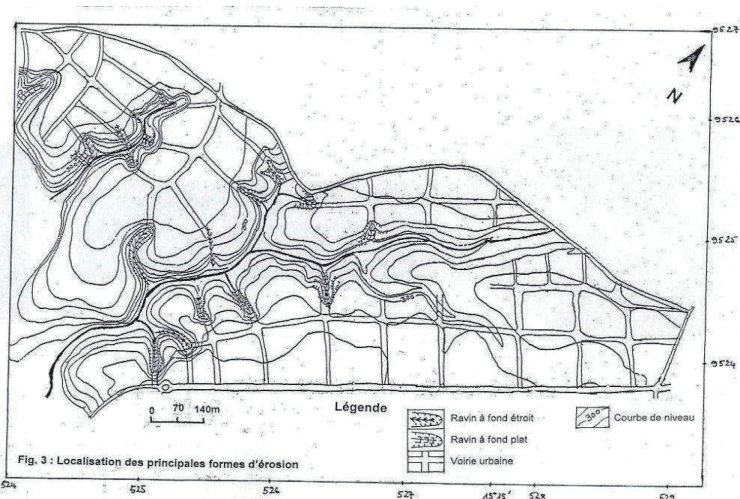
Les rigoles sont très répandues sur le terrain. Elles se forment à chaque pluie. Mais contrairement à ce qu'on observe dans la partie nord de Brazzaville, où la première étape, est souvent vite dépassée (Sitou, 2008), dans la zone d'étude, les rigoles progressent moins vite à cause de la structure moins affouillable des formations. Plusieurs d'entre elles résistent, laissant ainsi aux populations le temps d'intervenir pour arrêter le processus. Cependant lorsque les conditions sont réunies, les rigoles atteignent l'étape des ravins et évoluent plus ou moins rapidement en ravin. Aujourd'hui les ravins sont très répandus sur le terrain et au cours de ce travail, quatre ravins importants seulement sur 17 répertoriés dans la zone d'étude ont fait l'objet d'une quantification sur le terrain (tableau I).

La fig.3 et le tableau I montrent bien l'ampleur du phénomène dans la zone d'étude. En effet, presque toutes les vallées sont affectées par des ravins dont plusieurs atteignent ou dépassent 100m de long, plusieurs milliers de m² de superficie et plusieurs dizaines de milliers de m³ de volume (tableau I).

Tableau I : Volume du vide créé par l'érosion dans le quartier Kingouari

Ravin	Largeur moyenne (m)	longueur moyenne (m)	Profondeur moyenne (m)		Surface (m ²)	Volume du vide (m ³)
			H ₁	H ₂		
Ravin de la rue Ngouata	17	400	14,8	12,7	6800	93.500
Ravin de la rue salabiakou	15	500	7,5	8,8	7500	61.125
Ravin de la rue Balmou	18	130	9	7	2340	18.720
Ravin de la rue Ndouna	16	120	9	5	1920	13.440

Source : Mesures de terrain



Source : Réalisée par nous-mêmes sur fond de carte topographique CERGEC

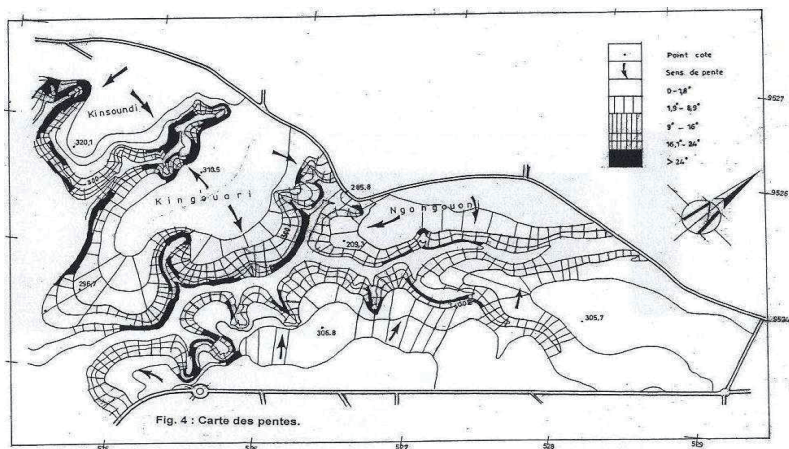
Plusieurs facteurs expliquent le développement plus ou moins rapide de ces formes.

2 – Les causes et les facteurs de l'érosion sur le plateau de Makélékélé

Il est admis que les précipitations constituent la principale cause de l'érosion dans la plupart des villes congolaises (Loembé, 1978 ; Loembé et *al* ; 1993 et Sitou, 2008). Elles produisent, à travers leur intensité, leur durée, leur fréquence et leur volume, les ruissellements qui ravinent le sol. Mais l'agressivité des pluies exploite plusieurs autres paramètres tant naturels qu'anthropiques. Il s'agit principalement du système de pente, des formations géologiques et de l'occupation humaine.

2 – 1 -Le système de pente

Des nombreux auteurs s'accordent pour reconnaître le rôle important de la pente sur le phénomène de l'érosion. Duley et Hays (1933), Neal (1938), Zingg (1940), Borst et Woodburn (1940) toutes cités par Roose (1977) ont montré que les pertes en terre dues à l'érosion des sols croissent de façon exponentielle avec la variation de la pente. Le plateau de Makélékélé est, comme décrit plus haut, découpé par un réseau de petites vallées aux versants assez redressés, mises en place depuis les dernières phases humides du Quaternaire. Les pentes des versants dépassent dans l'ensemble 20 % (fig.4). C'est un système de pentes très favorable aux érosions.



Source : Réalisée par nous-mêmes sur fond de carte topographique CERGEC

En effet, la pente joue un rôle déterminant dans le déclenchement de l'érosion. Sans inclinaison du terrain, le ruissellement serait très faible, les produits détachés par le Splash resteraient sur place et l'érosion mécanique serait donc nulle. Sur les versants l'eau prend de la vitesse et par frottement, elle incise le sol. On comprend pourquoi le ravinement le plus intense se localise surtout le long des versants des vallées (Fig.3). Mais ici le rôle de la pente est apprécié au niveau de sa valeur et de sa forme. Dans l'ensemble le ravinement commence vers le bas de la pente et, par érosion régressive, remonte vers le sommet du versant. Le processus se déclenche également à mi versant, dans la partie convexe de celui-ci, là où la pente s'accélère (Fig.4). Plusieurs formes se localisent d'ailleurs sur cette section (Fig.3) où certaines mordent profondément le terrain et d'autres restent à l'échelle de simples ravines, suspendues. Mais si la pente joue un rôle déterminant, la nature des formations géologiques affectées est également un facteur accélérant.

2 – 2 - Des formations géologiques sensibles à l'érosion

Sur le plateau de Makélékélé les risques d'érosion sont aggravés par la nature des terrains. En effet, les analyses granulométriques effectuées sur quelques échantillons montrent que ces sols sont constitués essentiellement de sables en général fins et moyens avec un taux moyen de 68,5%. Avec des taux de sables grossiers dépassant en moyenne les 10%, les formations sont ici, dans l'ensemble, assez affouillables. Par ailleurs, avec plus de 20% de taux de fraction inférieure à 50 μ m (tableau I), ces

formations ont forcément un taux d’infiltration légèrement inférieur à celui des quartiers nord de Brazzaville où ces taux n’atteignent même pas 3% (SITOU, 2008). L’importance des liants réduit ici la perméabilité du sol et augmente le taux de ruissellement. D’autre part, les limites d’Atterberg (Plasticité et liquidité) déterminées sur ces sols révèlent que ceux-ci ont une plasticité nulle presque partout (tableau II) et une liquidité légèrement assez notoire (partout supérieure ou égale à 17%). La plasticité confère au sol une certaine résistance face à l’action des ruissellements. Un taux de liquidité élevé affaiblit la cohésion du sol et favorise son affouillabilité. Ainsi, des ruissellements importants et une affouillabilité notoire des formations, les conditions sont réunies pour une érosion maximale.

Tableau II : Analyses granulométriques et limites d’Atterberg

Code	WP(%)	WL(%)	Q ₁ (mm)	Q ₃ (mm)	$S_0 \frac{\sqrt{Q_3}}{Q_1}$	Sable grossier	Sable fin et moyen	Limon s et argiles
Kinsoundi	0	17	225	370	1,6	11	69	20
Ngangouani	0	18	225	380	1,6	14	66	20
Kingouari	0	18	225	370	1,6	11	76	13
Kingouari	13	21	221	345	1,5	11	71	18
Kingouari	14	22	90	345	3,8	08	62	31
Mfilou	0	18	225	360	1,6	12	68	20
Moyenne	4,5	19	201,8	361,6	1,9	11,1	68,5	20,3

Source : Mesures de laboratoire effectuées par nous-mêmes

Cependant, les caractéristiques physiques et mécaniques n’expliquent pas à elles seules l’abondance et l’agressivité des ruissellements. D’autres paramètres interviennent pour favoriser cette abondance. Ce sont surtout les facteurs anthropiques.

2 – 3 - Une urbanisation incontrôlée

La zone d’étude, à l’instar de l’ensemble de la ville de Brazzaville, connaît une croissance démographique rapide. Au recensement de 1984, la zone de Makélékélé comptait 107.524 habitants alors que dix ans plutôt, en 1974, elle n’avait que 58.981 habitants. En 1999, elle comptait 223.270 habitants soit un gain de 164.289 habitants, en 25 ans, entre 1974 et 1999, ce qui représente une progression de plus de 6500 habitants par an. Cet accroissement de la population s’est traduit par sa densification qui a eu plusieurs répercussions négatives. D’abord sur la structure des sols car un nombre plus importants de personnes piétinent quotidiennement le sol et contribue à son

compactage et donc à la diminution de sa perméabilité. Ensuite sur l'occupation de l'espace qui, progressivement, a concerné même les versants les plus inclinés qu'on a taillés en terrasses pour aménager des parcelles d'habitation. Le nombre de maisons a, par conséquent augmenté et avec lui la superficie des surfaces imperméables. Une enquête réalisée, au cours de cette étude, à Kingouari, l'un des quartiers densément habité de la zone d'étude, révèle que sur un total de 630 parcelles enquêtées, 580 ont deux maisons, soit 92%. Selon une étude réalisée par Maziezoula au milieu des années 80, les parcelles étaient dans l'ensemble occupées par une seule maison dont le toit couvrait environ les 2/3 de la surface de la parcelle. Aujourd'hui, nos observations montrent que les parcelles sont presque entièrement occupées par plusieurs maisons. Selon une autre étude réalisée par Maziezoula et Moukolo en 1993, un toit de 100m² peut concentrer jusqu'à 8,3 mètres cube d'eau au cours d'une pluie de 60 minutes. La majeure partie des maisons a des toits dotés de gouttières qui permettent l'évacuation directe des eaux de pluies dans les rues. Les maisons qui ne disposent pas de gouttière ont quand même leurs eaux de pluie évacuées hors de la parcelle. En effet, les observations montrent qu'aucune parcelle ou presque ne dispose d'un système permettant de retenir l'eau à l'intérieur de celle-ci. La rue constitue le principal exutoire des eaux qui sortent des parcelles dont les cours sont entièrement ou presque imperméabilisées soit par cimentation, soit par engazonnement, soit enfin par tassement du sol à la suite des piétinements répétés. De ce fait, l'habitat constitue un facteur essentiel de l'augmentation des ruissellements.

Par ailleurs, la politique d'urbanisation ne s'est pas accompagnée de la mise en place des infrastructures devant permettre la gestion de ces eaux pluviales. Les rues et avenues disposées, pour la plupart dans le sens de la pente, sur les versants des vallées, ne sont pas dotées, pour la grande majorité, de caniveaux pour l'évacuation des eaux pluviales. De ce fait, les rues et les avenues sont de véritables collecteurs d'eau de pluies qui, à la faveur de la pente, y creusent des incisions plus ou moins importantes. On comprend pourquoi toutes les voiries (rue et avenues) ou presque se terminent par des ravins plus ou moins important (Cf. Fig.3).

Un autre élément non négligeable que nous avons observé sur le terrain et qui contribue à l'augmentation du ruissellement et donc de l'érosion est l'enfouissement des ordures ménagères dans le sol. En effet, par manque de système de ramassage des ordures, les populations ont pris la mauvaise habitude de les enterrer pour s'en débarrasser. Plus de 50% de celles-ci sont composés d'objets non biodégradables. Ces déchets réduisent considérablement les infiltrations au profil des ruissellements.

Conclusion

L'érosion hydrique sur le plateau de Makélékélé constitue une préoccupation majeure. Elle est l'œuvre des ruissellements très abondants des eaux pluviales qui exploitent un site dont la présence de nombreux versants fortement inclinés et l'affouillabilité des sols liée à leur texture sableuse, prédisposent et pourtant à l'érosion. Mais l'abondance des ruissellements et leur grande capacité de destruction sont liées à l'urbanisation qui non seulement est responsable de l'imperméabilisation des sols mais aussi ne s'est pas accompagnée d'une domestication desdits ruissellements. La solution réside donc à la mise en place d'un système efficace de gestion des eaux pluviales. Celle-ci peut consister en la construction, dans toutes les parcelles, des impluviums destinés à retenir momentanément l'eau de pluie, de façon à réduire le volume des écoulements dans les rues, au moment où celles-ci sont gorgées d'eau. Cette solution est à la portée de la majorité des populations. La gestion des ruissellements peut aussi se faire à travers un réseau de caniveaux construits selon les normes, le long de toutes les rues surtout inclinées. Cette seconde solution nécessite des moyens que seul l'état peut disposer.

Toutefois, cette étude et d'autres menées sur le même thème, à Brazzaville et dans les autres villes du pays, doivent inciter les autorités à concevoir une autre politique de la ville que celle appliquée jusqu'ici. En effet, l'urbanisation actuelle basée sur une extension ininterrompue de l'habitat ne peut qu'avoir des répercussions négatives, car l'état ne pourra disposer des moyens suffisants pour protéger des sites qui, dans les contextes climatique et morphogénétique de notre zone géographique, sont tous ou presque sensibles. Une politique tournée vers des logements sociaux construits en hauteur dans des cités permettrait une meilleure gestion de l'espace et de l'environnement avec l'économie d'échelle que cela implique.

Référence bibliographique

- Denis B ; (1974) – Carte pédologique Brazzaville-Kinkala, Notice explicative n°52 à 1/200000 République populaire du Congo, OROSTOM, Paris, 101p
- Goma LS ; (2003)- Cartographie de l'érosion dans le sud de Brazzaville, mémoire de maîtrise, faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 127p
- Loembe D et Tchicaya A ; (1993) – Les problèmes de dégradation des sites urbains par l'érosion hydrique au sud du Congo. Rapport de la Banque Mondiale, Brazzaville, 114p
- Loembe D ; (1978) – Les modalités de l'érosion sur le site urbain de Brazzaville. *Ter de Géomorphologie tropicale*, Université Marien Ngouabi, 121p
- Maziezoula, B. (1986) – Le ruissellement à Brazzaville, Acte du colloque sur les journées d'étude sur Brazzaville (25 – 28 avril 1986), Publié par l'Association des

Géographes du Congo, avec le concours de l'ORSTOM et de la Mission française de Coopération et d'Action Culturelle, pp 87 – 96.

Maziezoula B et Moukolo N ; (1993) –Approvisionnement en eau potable, évacuation des eaux usées et assainissement pluviale en milieu urbain au Congo, contribution à l'étude sur les problèmes hydrologiques du milieu urbain, rapport du Plan National d'Action pour l'environnement, P.N.A.E – Congo, Brazzaville, pp.36-50

Mouele A ; (2003) – Étude de l'érosion dans les quartiers nord de Brazzaville. Mémoire de maitrise, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 92p

Mpiendo M ; (1998) – Étude de deux bassins versants de Brazzaville, Mfilou et Mikalou, mémoire de maitrise, Faculté de Lettres et des Sciences Humaines, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 100p

Riou G ; (1990) – L'eau et les sols dans les géo systèmes tropicaux système d'érosion hydrique, Masson, coll. Géographie, Paris, 223p

Roose E ; (1977) - Érosion et ruissellement en Afrique de l'ouest, vingt années de mesure en petites parcelles expérimentales, travaux et Documents de l'OROSTOM n° 78, 108p

Samba-Kimbata MJ ; (1978) – Le climat du Bas- Congo, thèse du 3^{ème} cycle, Université de Bourgogne, Dijon, 280p +figures

Sitou L ; (2008) – Dynamique et cause de l'érosion dans la périphérie nord de Brazzaville, LARDYMES, Faculté de lettres et des Sciences Humaines, Université de Lomé, pp78-91

Tchotsoua M et Bonvallet J ; (2000a) – L'érosion urbaine au Cameroun ; Processus, causes et stratégies de lutte. In : E. ROOSE (éd), Bull. du Réseau Érosion, Vol.20, n°1 : 324-331, Montpellier.

Tricart J ; (1994) – Initiation aux travaux pratiques de géographie, commentaire des cartes, 11^e éd, SEDES, Paris, 157p.

Vancaillie X. D. (1990) – Broyabilité des terrains sableux du Zaïre et contrôle de l'érosion. ORSTOM, ser, pédologie, vol XXXV, n° 1 et 2 : 197-208