

FACULTE DES LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES
Laboratoire Pierre PAGNEY
Climat, Eau, Ecosystème et Développement
(LACEEDE)



CLIMAT ET DEVELOPPEMENT

NUMERO 8

Octobre 2009



Laboratoire Pierre PAGNEY –Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)
B.P. : 526 Cotonou, Tél. (229) : 21 36 00 74 Poste 148 (République du Bénin)

CLIMAT ET DEVELOPPEMENT

Revue scientifique semestriel éditée par

Laboratoire Pierre PAGNEY Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)

Directeur de Publication

Pr Michel BOKO

Rédacteur en Chef

Dr François TCHIBOZO

Conseiller Scientifique

Pr Christophe S. HOUSSOU

Comité de Rédaction

Pr. Constant HOUNDENOU

Dr. Fulgence AFOUDA

Dr. Ignace TOSSA

Dr. Placide CLEDJO

Dr. Expédit W. VISSIN

Dr. Euloge OGOUWALE

Dr. Ibouiraïma YABI

Drs. Henri S. V. TOTIN

Drs. Ernest AMOUSSOU

Drs. Cyr Gervais ETENE

Comité scientifique

Pr. Michel BOKO (Bénin)

Pr. Joseph SAMBA KIMBATA
(Congo Brazzaville)

Pr. Pierre CAMBERLIN (France)

Pr. Tiou TCHAMIE (Togo)

Pr. Michel MAKOUTODE (Bénin)

Pr. Brice SINSIN (Bénin)

Pr. Yves RICHARD (France)

Pr. Abel AFOUDA (Bénin)

Pr. Patrick A. EDORH (Bénin)

Pr. Akpovi AKOEGNINO (Bénin)

Pr. Téléphore BROU (France)

Dr. Odile DOSSOU-GUEDEGBE (Bénin)

Dr. Mathias TOFFI (Bénin)

Editeur : LACEEDE

ISSN : 1840-5452

ISBN-10 : 99919-58-64-9

B.P. : 526 Cotonou,

Tél. (229) : 21 36 00 74 Poste 148

(République du Bénin)

Portable (229) 97 08 11 06

SOMMAIRE / CONTENTS

5- BESOINS ET PRESSIONS ANTHROPIQUES SUR LE *BORASSUS AETHIOPUM* AU BENIN

(*MOUSSA GIBIGAYE, ISMAEL TOKO, ANSELME ADEGBIDI ET BRICE SINSIN*)

14- EXPLOITATION, COMMERCIALISATION ET CONSOMMATION DU BOIS DE FEU DANS LES ZONES HUMIDES DU SUD-BENIN : CAS DE LA COMMUNE DE SO-AVA

(*ADJAKPA B. JACQUES, AHOTON E. LEONARD, WEESIE D. M. PETER, AKPO E. LEONARD, CHIDIKOFAN D.M. G. FLORIANE⁵ & HOUNSINO A.R. S. AMANDINE*)

26- SIMULATION DES ECOULEMENTS DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE MONO (AFRIQUE DE L'OUEST) AVEC LE MODELE GR2M)

(*AMOUSSOU ERNEST, VISSIN EXPEDIT W. & BOKO MICHEL.*)

36- AMELIORATION DE L'ACCES A L'EAU POTABLE ET MORBIDITE DIARRHEIQUE DES POPULATIONS DU SECTEUR AGRICOLE DANS LA DEPRESSION DES TCHI AU SUD DU BENIN

(*AZONHE THIERRY; N'BESSA BENOIT; AGBOSSOU EULOGE*)

48 - POSSIBILITES DE MISE EN VALEUR ET MODELES D'AMENAGEMENT DES BAS-FONDS DANS LA COMMUNE DE OUESSE AU BENIN

(*JEAN BOSCO VODOUNOU ET COSSI JEAN HOUNDAGBA*)

60- EVALUATION DES CONTRAINTES PEDOCLIMATIQUES AU DEVELOPPEMENT DE LA RIZICULTURE SUR LE PLATEAU D'AGONLIN

(*GUY WOKOU ET MICHEL BOKO*)

70- UTILISATION DES TERRES ET STRATEGIES AGRO-ECOLOGIQUES DANS LA REGION DE CULTURE COTONNIERE DE BANIKOARA

(*ADAM SOULE IBRAHIMA, TOTIN V. S. HENRI, AHANCHEDE ADAM ET MICHEL BOKO*)

81- VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE ET BILAN CLIMATIQUE DANS LE BASSIN DE LA VOLTA AU BENIN

(*TOTIN V.S. HENRI, CLEDJO PLACIDE, AFOUDA ABEL ET BOKO MICHEL*)

95- DYNAMIQUE ACTUELLE DE L'OCCUPATION DU SOL SUR LE PLATEAU D'ALLADA : CAS DE LA COMMUNE DE TORI BOSSITO (SUD BENIN)

(*AGOSSOU BRICE HUGUES TENTE*)

106- ETUDE DE L'APTITUDE A L'URBANISATION DE LA ZONE DE COTONOU PAR TELEDETECTION

(*TCHIBOZO ERIC ALAIN*)

ÉTUDE DE L'APTITUDE À L'URBANISATION DE LA ZONE DE COTONOU PAR LA TÉLÉDÉTECTION

TCHIBOZO ERIC ALAIN

Département de géographie et aménagement du territoire, Université - d'Abomey - Calavi (Bénin),

04 Bp 1326 Cotonou, Courriel : tchibozeric@yahoo.fr

Résumé

La présente recherche réalise l'étude de l'aptitude à l'urbanisation de « la zone de Cotonou ». Cette notion géographique offre une échelle d'observation qui met en évidence la dynamique spatiale de son environnement urbain. L'extension de la ville de Cotonou se réalise sur un espace périphérique présentant des contraintes (occupation anarchique du sol, pression foncière, assainissement difficile lié à la platitude du relief, hydrographie importante et érosion côtière, existence de bas fonds, de marécages et de zones inondables). Ces dernières sont étudiées sur les images satellites par la photo – interprétation, la cartographie de l'occupation du sol et l'analyse diachronique de la dynamique de l'habitat. Les résultats obtenus ont permis de délimiter les zones de différentes aptitudes à l'urbanisation. Les faibles aptitudes sont les plus importantes et sont caractérisées par une pression foncière forte, l'occupation discontinue et désordonnée des exutoires naturels ainsi que l'absence relative de voirie et d'infrastructures. Les fortes aptitudes sont identifiées au Nord – Ouest et au Sud - Est de la zone de Cotonou.

Mots clés : ville de Cotonou, contraintes, aptitudes, urbanisation.

Abstract

This research makes the study of the suitability for urbanization of "zone of Cotonou". This concept provides a geographical scale for observation which highlights the spatial dynamics of the urban environment. The extension of the Cotonou city is realized on a device with space constraints (anarchic occupation of land, land use, sanitation difficult to bound the flatness of the terrain, hydrography and significant coastal erosion, the existence of lowlands, swamps and floodplains). These are studied with the satellite images by the photo - interpretation, mapping of land occupation and diachronic analysis of the dynamics of the habitat. The results obtained allowed to define areas of different abilities to urbanization. Low skills are most important and are characterized by a high pressure on land, occupation and discontinuous disorderly natural outlets and the relative absence of roads and infrastructure. Strong skills are identified in the north - west and south - eastern area of Cotonou.

Keywords: city of Cotonou, constraints, skills, urbanization.

INTRODUCTION

Le présent article est une contribution à la résolution des problèmes d'inondation liés à l'urbanisation de la ville de Cotonou. Il s'intéresse à l'étude de l'aptitude à l'urbanisation de la zone de Cotonou. Ce concept géographique, dérivé de celui plus vaste de l'« Agglomération de Cotonou »³, regroupe la ville de Cotonou et ses extensions périphériques ouest présentant une forte urbanisation. Il offre une échelle d'observation permettant de mettre en évidence le développement spatial de la ville.

Le choix de ce thème s'explique par trois hypothèses essentielles: le développement spatial de la ville de Cotonou est périphérique et s'exprime par la dynamique de l'habitat; l'espace sur lequel se réalise l'extension de la ville présente des contraintes urbaines; l'étude des aptitudes à l'urbanisation de la zone de Cotonou permet de résoudre les problèmes d'inondation dans la ville.

L'objectif principal du travail est d'étudier les différentes aptitudes à l'urbanisation dans la zone de Cotonou. Pour y parvenir, plusieurs objectifs spécifiques sont réalisés: étudier l'occupation du sol; délimiter l'espace urbain; identifier les contraintes urbaines; étudier les aptitudes à l'urbanisation.

³ Projet d'Aménagement de l'Agglomération de Cotonou (PAACO), Mairie de Cotonou, 2008

L'intérêt de cette problématique réside dans plusieurs constats liés à l'environnement physique du site d'étude et son occupation fortement dépendante de la démographie. La zone de Cotonou avec son climat, sa nappe phréatique affleurant, son bas relief, une hydrographie importante et une végétation caractéristique est une zone humide⁴. Elle dispose de plusieurs bassins versants topographiques où les eaux de ruissellement transitent par les bas – fonds et les marécages avant de rejoindre les exutoires naturels que sont le lac Nokoué, le chenal de Cotonou et l'océan atlantique. L'occupation de ces derniers réduit l'efficacité du réseau d'assainissement existant et crée chaque année de fréquentes inondations en saisons des pluies et pendant les crues du lac Nokoué (SERHAU - SA, 1998)⁵. Les pratiques hors norme des lotissements (mauvaise orientation des îlots par rapport à l'écoulement naturel des eaux, servitudes restreintes, lotissement des points bas, etc.) ne facilitent pas l'assainissement de la ville. L'installation anarchique des populations sur les terres avant les travaux de lotissement, exerce une forte pression sociale et politique sur les décisions de l'aménagement du territoire. Beaucoup de maisons se trouvent pratiquement dans la ligne des talwegs. Malgré la multitude d'actions mises en œuvre par la municipalité pour limiter l'impact de l'inondation et assainir la ville (le schéma directeur d'évacuation des eaux pluviales de 1984 et 1994, projet Cotonou en Campagne Contre l'Inondation (3CI), etc.), les zones inondables ne cessent de s'élargir et de se multiplier (SNC Lavalin, 1994)⁶.

Ainsi, le site de Cotonou présente des contraintes urbaines. La plupart des études réalisées pour maîtriser les catastrophes naturelles liées à l'inondation et assainir la ville ne prennent pas suffisamment en compte les différentes aptitudes à l'urbanisation, souffrent jusque là d'une mise en application rigoureuse et leurs impacts sur l'inondation ne peuvent pas être évalués au jour d'aujourd'hui. Au nombre de celles – ci on peut citer :

- La valorisation du schéma directeur d'urbanisme par les structures étatiques concernées (1961) ;
- Les études préparatoires du premier projet urbain (SERHAU – SEM, 1991)
- Les études réalisées par GIGG (Groupement IGIP – GKW- GRASS) 1984-1985 qui ont projeté l'assainissement des zones humides et des couloirs d'écoulement;
- Les études réalisées par SNC LAVALIN (1993) qui proposent la fixation de règlements d'urbanisme.
- L'atelier national sur la problématique de la gestion durable des bas – fonds et couloirs d'écoulement des villes du Bénin (MEHU/DAVU, 2001).

De part ses opportunités économiques (port, aéroports, gares, parcs automobiles, marchés, administrations et commerce, etc.), la ville de Cotonou attire les populations de l'intérieur et de l'extérieur du pays. L'augmentation constante de sa population et sa densité, évaluées pendant les trois derniers recensements (RGPH1, INSAE 1979, RGPH2, INSAE, 1992 et RGPH3, 2002)⁷, favorise son extension périphérique à l'Ouest sur la commune d'Abomey – Calavi et à l'Est sur la commune de Sèmè - Podji ainsi que l'occupation des couloirs d'écoulement et des exutoires naturels. Ces réalités confirment la thèse selon laquelle

⁴ SNC Lavalin (1994) : Etude de l'assainissement des villes de Cotonou et de Porto – Novo. Etude de faisabilité : version définitive. Volume 1, 107 p.

⁵ SERHAU –SA (1998) : Structure de la gestion urbaine de la ville de Cotonou, Rapport d'étude 28 p.

⁶ SNC. LAVALIN (1994) : Etude d'assainissement des villes de Cotonou et de Porto-Novo Etude de faisabilité : version définitive, Volume 2, 120p.

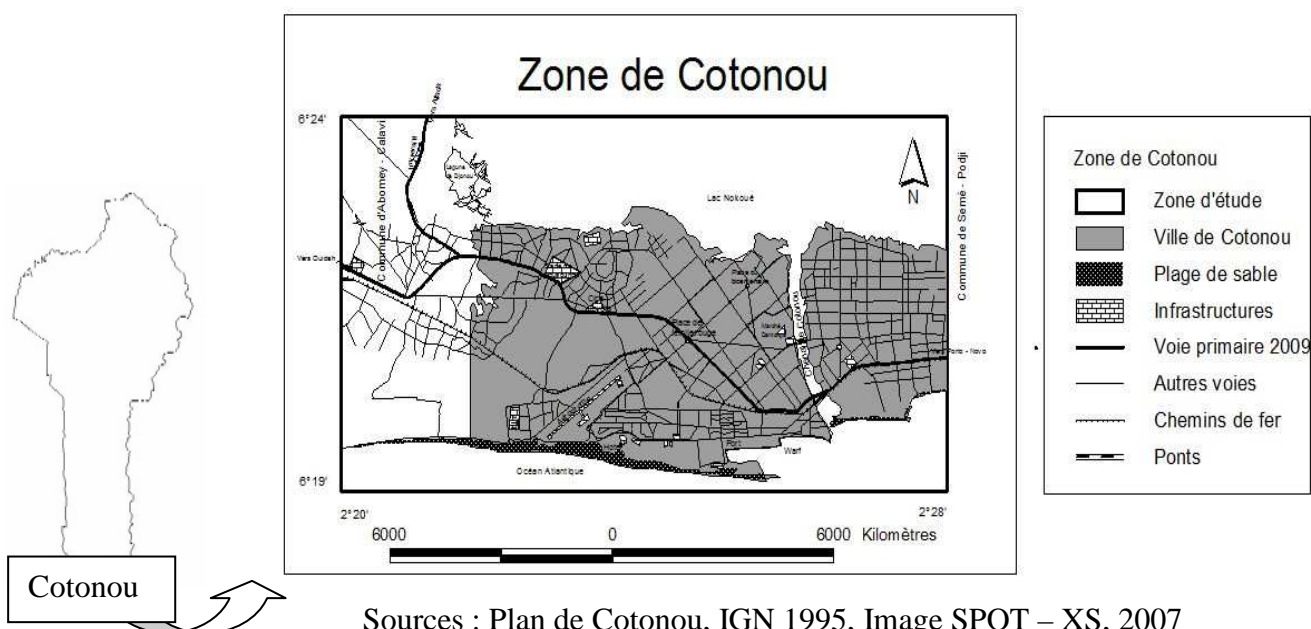
⁷ Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation, INSAE, 2003.

l'évolution de la population s'accompagne de l'utilisation intensive du sol urbain (Tribillon, 1982)⁸.

De tout ce qui précède on peut dire que la zone de Cotonou connaît des problèmes d'urbanisation. Ces derniers demandent une étude sérieuse sur ses aptitudes à l'urbanisation. Les résultats attendus du présent travail permettront de préserver les exutoires naturels et les zones humides d'une occupation spontanée et anarchique. L'espace de Cotonou présente différentes aptitudes à l'urbanisation dont la maîtrise est déterminante pour sa gestion urbaine. L'étude de ces dernières nécessite la collecte et l'analyse de plusieurs informations sur le site naturel et les activités de l'homme.

1. DESCRIPTION DU SITE DE L'ETUDE

Le site d'étude est la zone de Cotonou. Elle est située en République du Bénin entre 2°20' et 2°28' de longitude Est, 6°19' et 6°24' de latitude Nord. Son espace est bordé au sud par l'océan Atlantique, au nord par le lac Nokoué, à l'ouest par la commune d'Abomey – Calavi et à l'est par la commune de Semè – Podji (figure 1a).



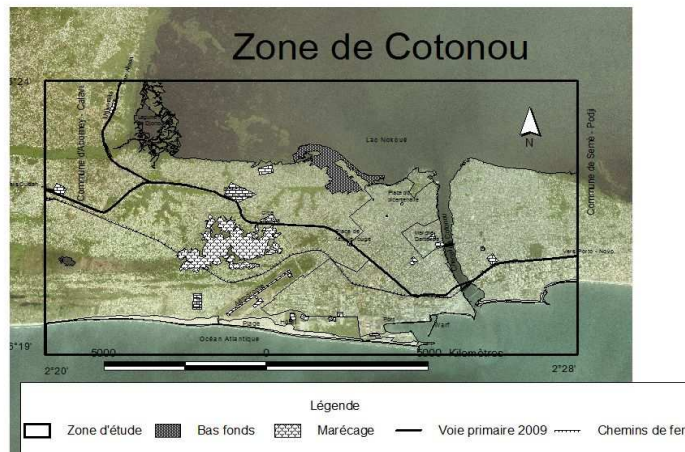
Sources : Plan de Cotonou, IGN 1995, Image SPOT – XS, 2007

Réalisation : Tchibozo E., 2008

Figure 1a : Localisation du site de l'étude

Cet espace abrite des marécages dans sa partie septentrionale, tandis que sa limite littorale est jalonnée de bas - fonds hydromorphes occupées et presque toujours humides. La ville est divisée en deux par un chenal qui relie, par le biais de trois ponts, les localités ouest et est de la ville (figure 1b).

⁸ Tribillon J.F. (1982) : L'urbanisme. Paris, Edition La Découverte, p. 12-13.



Source : Image SPOT –XS, 2007

Réalisation : Tchibozo E., 2008

Figure 1b : Délimitation du site de l'étude sur l'image satellite

2. MATERIEL ET METHODOLOGIE

Le recours à la télédétection spatiale pour l'étude des aptitudes à l'urbanisation de la zone de Cotonou, s'explique par la dynamique urbaine de la ville de Cotonou et son extension périphérique. Plusieurs auteurs ont déjà montré l'importance de la télédétection pour l'étude des espaces périurbains où les parcelles sont plus vastes et les constructions moins enchevêtrées (Jensen et Toll, 1982, Soyer et Wilmet, 1986). Dans les pays tropicaux, la croissance urbaine se manifeste par des vagues d'auto construction périphérique (Venetier, 1991). Les images satellites permettent d'appréhender l'ensemble de l'agglomération, la ville légale comme la ville illégale. Dans la présente étude, c'est l'image multispectrale (XS) du satellite SPOT (20 février 2007) qui est utilisée. Elle montre une vue synoptique de la zone de Cotonou et son étalement urbain. Le géo référencement est réalisée à l'aide des coordonnées prises sur une image du satellite Google Earth. Les détails du paysage sont identifiés à l'aide d'une clé d'interprétation (tableau 1).

Tableau 1 : Clé d'interprétation de l'image

Eléments du paysage	Indicateurs directs d'interprétation			
	Tonalité	Texture	Forme	Couleur
Plan d'eau	Sombre	Lisse et uniforme	Surfacique	Noir ombré
Cours d'eau	Sombre	Lisse et uniforme	Linéaire	Noir Ombré
Voirie	Claire	Lisse et uniforme	Linéaire	Gris claire
Bâti	Claire	Granulée et non uniformément répartie	Surfacique et géométrique	Claire
Végétation	Sombre	Granulée uniformément répartie	Surfacique géométrique ou non	Gris claire
Bas fonds	Sombre	Lisse avec une répartition uniforme	Surfacique et non géométrique	Gris claire
Marécage	Sombre	Lisse avec une répartition non uniforme	Surfacique et non géométrique	Gris sombre
Nuage	Claire	Lisse et uniforme	non géométrique	Blanche

Source : Tchibozo E., 2008

Ce tableau récapitule les indicateurs directs utilisés pour l'interprétation de l'image multispectrale. Il est basé sur la combinaison des résultats de la photo – interprétation⁹ de deux images de différentes résolutions. La précision de la cartographie, évaluée sur les contours des éléments du paysage, identifiés sur les images SPOT et Google Earth est 0,2 mm.

Il est à noter que plusieurs autres matériels sont utilisés pour traiter et analyser les images : carte topographique (1968), plan de Cotonou 1995, la carte de l'extension de l'agglomération de Cotonou de 1963 à 2000, carte des zones inondables, logiciels, etc.

La méthodologie adoptée comprend deux approches : descriptive et diachronique. La première utilise la photo – interprétation des images (Soyer et Wilmet, 1986) selon une clé adaptée pour identifier les différents éléments du milieu urbain (péri urbain) et la cartographie de l'occupation du sol (Anderson et al, 1976) pour les décrire. La seconde, analyse la dynamique de l'habitat pour délimiter les zones critiques d'occupation et déterminer les différentes aptitudes à l'urbanisation.

L'espace urbain est délimité sur les images à l'aide des éléments suivants (Bastié et al, 1980):

- un réseau de voirie plus dense que dans l'espace rural;
- des parcelles de formes géométriques plus petites et une densité de bâti relativement élevée.

L'aptitude à l'urbanisation est mesurée par rapport à l'absence relative de contraintes urbaines liées à l'hydrographie et sa dynamique (hydrographie, marécages, dépressions occupées, etc.), l'occupation des exutoires naturels ainsi que l'existence au moins d'une voirie sommaire. L'importance de la contrainte est évaluée par rapport à sa fréquence et sa surface d'occupation dans la zone d'étude. L'aptitude relative à l'urbanisation est exprimée par un zonage de trois niveaux : zones aptes, zones moyennement aptes et zones inaptes à l'urbanisation.

3. RESULTATS

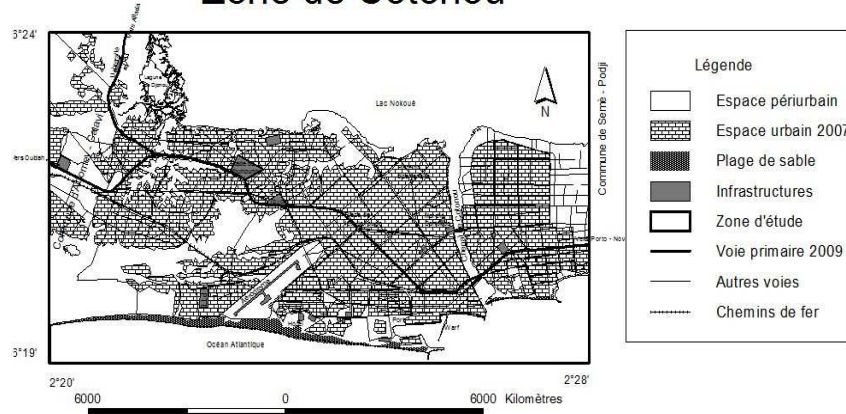
Les travaux effectués ont permis de délimiter l'espace urbain, d'analyser l'occupation du sol, d'identifier les contraintes urbaines, et de cartographier les aptitudes à l'urbanisation.

3.1. La délimitation de l'espace urbain

L'espace urbain de la zone de Cotonou présente une forme géométrique régulière qui s'élargit au Sud de part et d'autre du chenal de Cotonou et s'étire au Nord - Ouest le long du lac Nokoué et au Sud – Est le long de l'océan Atlantique. Il est stratifié par des voies primaires et secondaires. On note la présence d'un chemin de fer (figure 2).

⁹ Bonn F (1996) : Précis de télédétection, volume 2, applications thématiques, Presse de l'Université du Québec/ AUPELF

Zone de Cotonou



Source : Image SPOT –XS, 2007

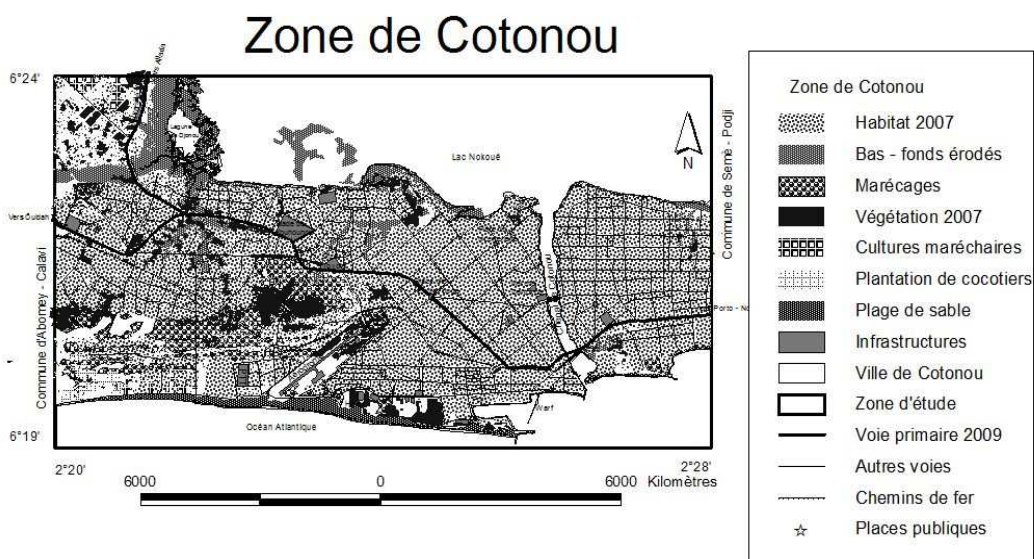
Réalisation : Tchibozo E., 2008

Figure 2 : La délimitation de l'espace urbain

Au Sud – Est de la ville, la voirie dessine sur le sol un réseau à maille orthogonale et à trames serrées. Malgré les fonctions administrative et commerciale que cette partie de la ville assure, la largeur constante et étroite des voies ne répond plus à la réalité démographique actuelle. Les autres espaces de la ville connaissent un développement progressif de la voirie.

3.2. L'analyse de l'occupation du sol

L'interprétation de l'image satellite SPOT – XS (2007) avec les données thématiques disponibles a permis de réaliser la carte de l'occupation du sol (figure 3).



Source : Image SPOT – XS, 2007

Réalisation : Tchibozo E., 2009

Figure 3 : L'occupation du sol, 2007

Son analyse montre une occupation du sol diversifiée et l'importance de l'habitat. Ce dernier se démarque aisément des autres unités d'occupation avec 58,35% (tableau 2). On distingue deux axes majeurs de son évolution : Sud – Est Nord – Ouest et Sud – Ouest Sud –

Est. Le premier est caractérisé par une occupation continue du sol et une variation sensible de la densité de bâti vers le Nord - Ouest. Le second montre une occupation discontinue et peu densifiée le long de la côte de l’océan Atlantique. Suivant ces directions, l’extension de la ville est réalisée à partir du noyau et de façon désordonnée par adjonction de zones d’habitat. L’occupation débute généralement le long des voies et évolue progressivement en tâche d’huile à l’intérieur de la zone d’extension. Cette situation exerce une forte pression parcellaire sur les autres éléments de l’occupation (marécages, bas – fonds, végétation, hydrographie, etc.) et empêche l’écoulement des eaux vers les exutoires naturels. Une occupation désordonnée du sol ne facilite pas la mise en place des infrastructures et l’assainissement. L’allure brisée de la ligne côtière au niveau du lac et de l’océan ainsi que la réduction de la largeur de la plage d’Ouest en Est montrent le travail de l’érosion. La carte de l’occupation du sol permet également de distinguer derrière l’aéroport la dépression marécageuse d’axe Sud – Ouest Nord – Est. Cette dernière relie le lac Nokoué à l’océan Atlantique et son occupation crée de vastes zones inondables en saison de pluie et fait durer l’inondation dans certains quartiers de la ville. Selon les différentes études réalisées par la SERHAU – SA (1998), la pression humaine sur les exutoires naturels est la principale cause de l’inondation observée au niveau des voies d’accès des quartiers Fidjrossè et Sainte Rita. Ce type d’occupation vulnérable à l’environnement est observé également de l’autre côté du vieux pont dans le quartier Akpakpa – Dodomè et sur les sols hydromorphes du lac Nokoué.

Tableau 2 : Statistiques de l’occupation du sol, 2007

N°	Unités d'occupation du sol	Superficie (km ²)	%	N°	Unités d'occupation du sol	Superficie (km ²)	%
1	Habitat 2007	85,233	58,35	9	Voies primaires	1,601	1,09
2	Bas - fonds érodés	1,703	1,16	10	Autres voies	0,881	0,60
3	Marécages	1,874	1,28	11	Chemin de fer	1,577	1,08
4	Végétation	3,200	2,19	12	Places publiques	1,936	1,32
5	Cultures	2,715	1,86	13	Plan d'eau	1,458	0,99
6	Plantation	1,204	0,82	14	Total occupation	105,075	71,94
7	Plage de sable	0,583	0,39	15	Zone non occupées	40,998	28,06
8	Infrastructures	1,110	0,76	16	Zone d'étude	146,063	100,00

Source : Occupation du sol, 2007 Interprétation d’image SPOT – XS, 2007

Au Sud – Est de la ville, le noyau urbain est caractérisé par une densité constante et élevée du bâti. Ici, le dessin de l’espace urbain présente un tracé régulier qui remonte à la période coloniale. Le sol est occupé essentiellement par des administrations et des commerces qui s’étalent le long du chenal à partir du premier pont, jusqu’au marché de Dantokpa. Ces infrastructures qui sont à l’origine de la dynamique observée autour du noyau urbain ont favorisé la création des vieux quartiers Jonquet et Saint Michel. Les premiers commerces de la ville étaient installés autour de la gare de l’Organisation Commune Bénin Niger des chemins de fer et des transports (OCBN), alors que les grandes administrations coloniales étaient bâties autour du Port autonome de Cotonou. L’extension de l’habitat autour des espaces commerciaux et administratifs a favorisé la naissance de nouveaux quartiers qui se sont densifiés progressivement pendant la période post coloniale (Jéricho, Sainte Cécile,

Zongo, Saint Jean, etc.). Actuellement cette partie de la ville présente un plan orthogonal avec une trame en damier de type quadrangulaire et une structure de forme allongée.

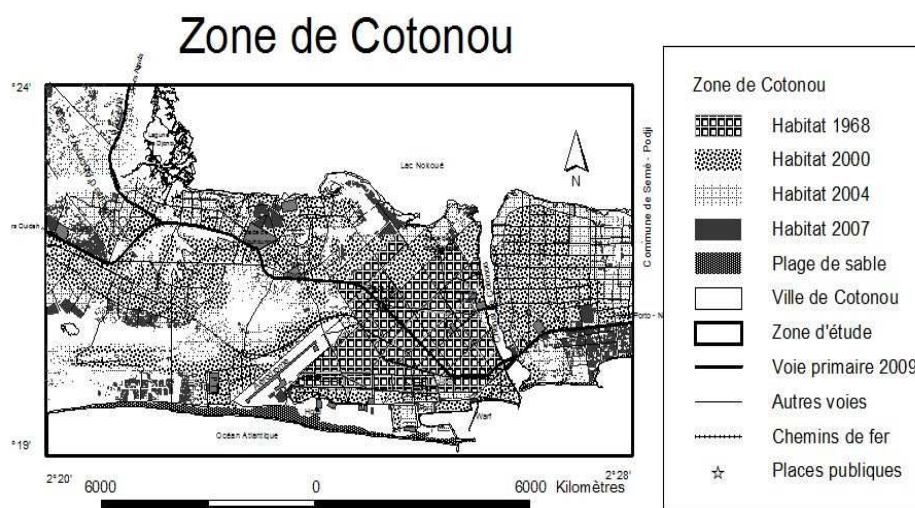
Ainsi, l'étude de l'occupation du sol montre l'importance et la dynamique relative de l'habitat de la période coloniale à la période post coloniale. Ce type d'occupation qui n'épargne pas les exutoires naturels et les espaces humides est une contrainte à l'urbanisation. Sa dynamique sera étudié par une analyse diachronique des données issues des résultats de la photo – interprétation des images satellites et les données thématiques disponibles sur l'habitat de la période de 1968 à 2007. L'analyse de la dynamique de l'habitat est une information importante pour l'étude des aptitudes à l'urbanisation.

3.3 .Les contraintes à l'urbanisation

La position géographique de la zone de Cotonou, entre l'océan Atlantique et le lac Nokoué, montre l'existence de contraintes sitologiques et anthropiques fortement influencées par la dynamique de l'habitat et de l'hydrographie. La première exerce une pression parcellaire sur le foncier alors que la seconde favorise la distribution de vastes zones inondables. L'action conjuguée de ces deux phénomènes explique la densification du bâti observée dans les nouveaux quartiers périphériques et l'occupation des exutoires naturels. La lecture de la carte de l'occupation du sol a permis d'identifier plusieurs contraintes à l'urbanisation. Au nombre de celles-ci on peut citer: la dynamique de l'habitat, l'hydrographie et l'érosion côtière, les couloirs d'écoulement et les zones inondables. Voyons comment chacune d'elles par les conditions édaphiques et géographiques déterminent les aptitudes à l'urbanisation du territoire de Cotonou.

3.3.1 La dynamique de l'habitat de 1968 à 2007

En 1968, les limites de la ville s'arrêtaient derrière la clôture Est de l'aérodrome de Cotonou (Dossouhoui, 2004)¹⁰. Cette frontière a progressé depuis lors et a atteint en 2007, la Commune d'Abomey Calavi à l'Ouest et celle de Semè Podji à l'Est (figure 4). Sur une superficie de 146,063 km² de la zone d'étude, seul l'habitat occupe 85,23 km², soit 58,35 % (tableau 2).



Source : Image SPOT –XS, 2007

Réalisation : Tchiboza E., 2008

Figure 4 : La progression de l'habitat de 1968 à 2007

¹⁰ Dossouhoui F. (2004) : Expansion de l'agglomération de Cotonou entre 1963 à 2000

Les dynamiques interne et périphérique de la ville ont favorisé la densification de sa trame urbaine et l'extension périphérique de l'habitat. On distingue deux périodes post coloniales de l'évolution de l'habitat (figure 5):

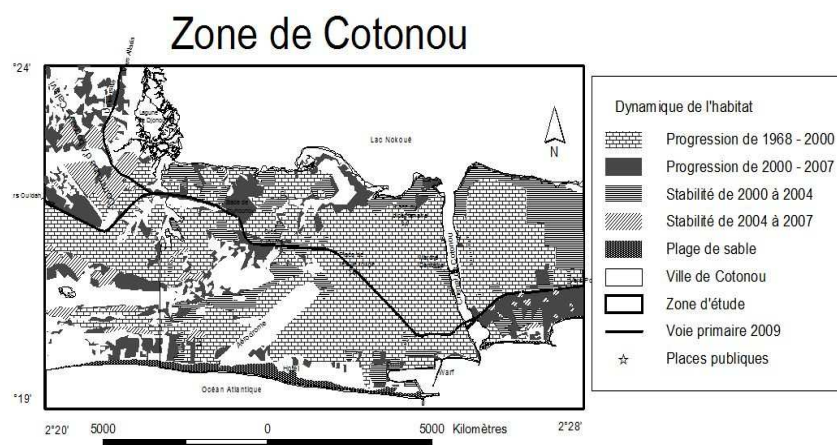
4. La première, de 1968 à 2000, montre une progression rapide de l'habitat périphérique et sa stabilité à l'intérieur de la ville. En effet, dans la zone de Cotonou, la surface de cette occupation est passée de 19,80 km² (1968) à 93,28 km² (2000), soit une progression de 47 %, alors que dans la ville, elle est passée de 19,80 km² à 21,52 km² pour la même période, soit une progression de 8,6% seulement (tableau 3).

5. La seconde période, de 2000 à 2007, montre une stabilité de l'habitat périphérique dans la zone de Cotonou, et sa progression remarquable à l'intérieur de la ville. En effet, dans la zone de Cotonou, les valeurs de cette unité d'occupation sont passées de 93,28 km² à 95,09 km², soit une progression de 1,90 % seulement, alors que dans la ville, elles ont évoluées sensiblement de 21,52 km² à 36,39 km², soit une progression de 59,14 % (tableau 3). Il faut noter que cette période montre également deux intervalles de stabilité de l'habitat. De 2000 à 2004, l'habitat s'est progressivement densifié à l'intérieur de la ville, alors que sa stabilité relative dans les zones d'extension périphérique est observée de 2004 à 2007.

Tableau 3 : La dynamique de l'habitat de 1968 à 2007

Année	Designation	
	Habitat De la zone de Cotonou (146,063 km ²)	Ville de Cotonou (78,80 km ²)
1968	19.80 km ²	19.80 km ²
2000	93,28 km ²	21,52 km ²
2004	95,07 km ²	22,27 km ²
2007	95,09 km ²	36,39 km ²

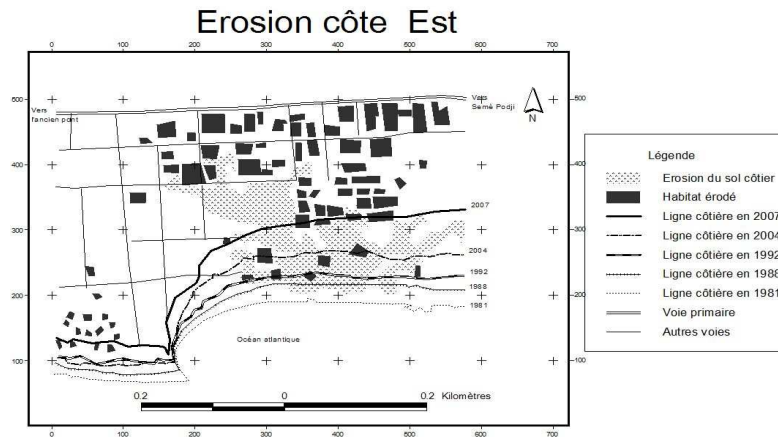
Source : Tchibozo E., 2009



Source : Image SPOT –XS, 2007

Réalisation : Tchibozo E., 2008

Figure 5 : La dynamique de l'habitat de 1968 à 2007



Source : Photo aérienne, IGN, 1981

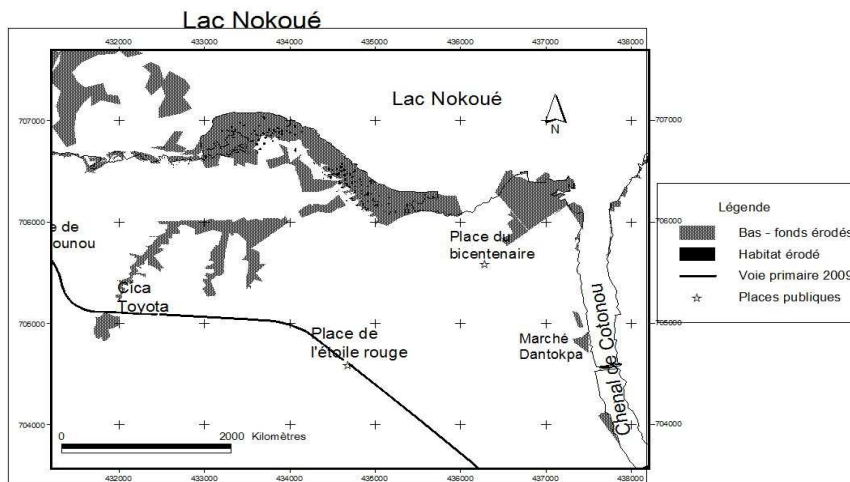
Réalisation : Tchibozo E., 2009

Figure 6 b : L'érosion de l'Est de la côte atlantique

D'après IIED (2007), l'érosion du littoral pourrait rayer de la carte les zones de Donatin, Tokplegbe, Finagnon, Akpakpa - Dodomey et JAK, à l'Est du littoral Béninois, si rien n'est fait pour freiner l'avancée des eaux. A Donatin, un quartier situé à 500 m à l'Est du littoral, les tempêtes de 2007 ont causé plusieurs dégâts matériels. Les résidences secondaires et les bâtiments publics qui jalonnent la côte béninoise sur 125 km sont détruits par l'érosion du littoral (figure 6 b). En cette même année, l'IIED a dressé une carte des routes, des systèmes d'écoulement des eaux, des trottoirs et des plantations de cocotiers qui ont déjà commencé à disparaître.

Il convient de relever une autre cause de l'évolution de l'érosion : l'exploitation des carrières de sable marin. Jusque récemment, la loi autorisait les sociétés du Bénin à exploiter le sable des plages pour leurs projets de construction, une pratique qui a contribué à rétrécir d'autant plus le littoral. Le rapport de l'étude environnementale de la côte du Bénin, réalisé la société hollandaise Royal Haskoning (2008) a recommandé au gouvernement d'interdire l'exploitation du sable marin, de construire des épis (de grandes barrières perpendiculaires à la mer et destinées à empêcher le sable de se déplacer), d'investir davantage dans le développement côtier et de reloger les communautés côtières menacées. Actuellement la plupart des carrières de sable à l'Est de la côte sont fermées. Les bailleurs de fonds, ont voté un budget important pour la construction de barrières de pierre, qui a déjà commencé sur une bande de terre de sept kilomètres de long, située le long du littoral extrêmement menacé de l'est de Cotonou. De nouveaux aménagements sont prévus sur le port de Cotonou.

Le lac Nokoué subit des pressions anthropiques liées aux divers aménagements lacustres. On observe plusieurs zones de son comblement et des couloirs d'écoulement (bas – fonds érodés à sa périphérie). Ces derniers sont occupés par l'habitat spontané (figure 6 c).

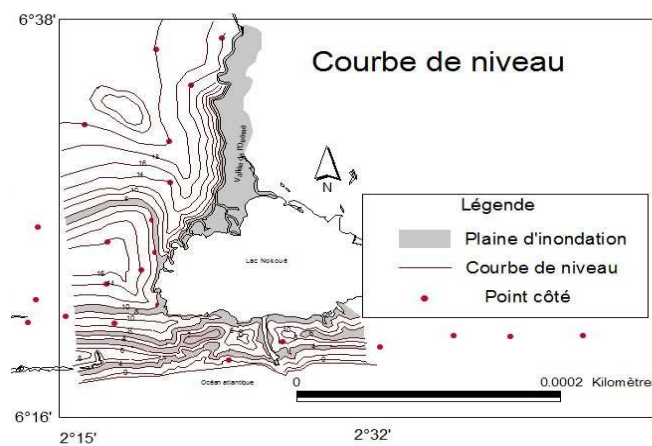


Source : Image SPOT –XS, 2007

Réalisation : Tchiboza E., 2008

Figure 6c : l'occupation des couloirs d'écoulement

Le relief plat contribue également à la destruction de la zone de Cotonou par l'érosion et favorise la distribution de zones inondables. Il diminue progressivement vers l'océan et offre des bassins versants qui sont actuellement en aménagement pour l'assainissement de la ville (figure 6 d). Les points les plus bas de la ville sont à 0,4m au dessus de la mer. Selon la convention RAMSAR, les zones humides sont des étendues de marais, de tourbières, de fagnes ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, ou l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas 6 m (SNC Lavalin, 1994). Le territoire de Cotonou est donc une zone humide dont les plaines d'inondation occupées.



Source : Agglomération de Cotonou, 2008

Réalisation : Tchiboza E., 2009

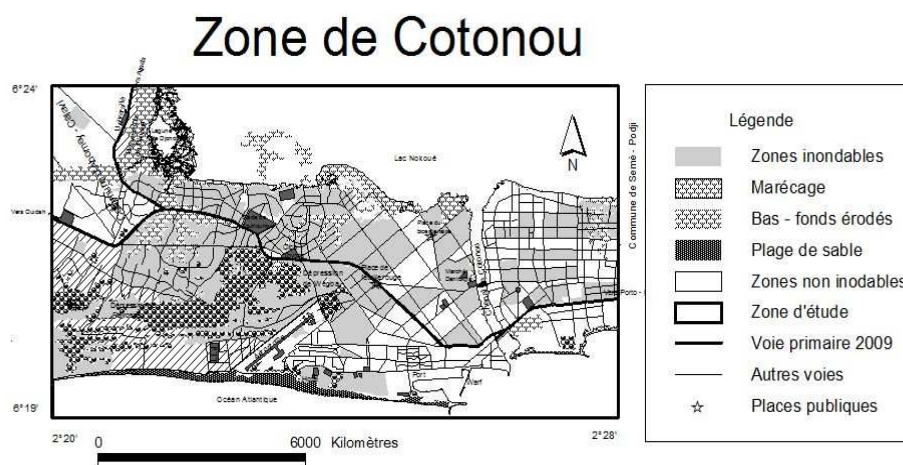
Figure 6 d : le relief de la zone de Cotonou

3.3.3. Les exutoires naturels, les couloirs d'écoulement et les zones inondables

Les exutoires naturels et les couloirs d'écoulement sont influencés par le climat. Ils sont sollicités en périodes de pluies pour évacuer et stocker les eaux de ruissellement. Celui de Cotonou de type équatorial, présente une alternance de deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La grande saison de pluies s'étend du mois de mars à juillet; la petite saison sèche du mois d'août à mi – septembre; une petite saison des pluies occupe la période mi

septembre jusqu'au début décembre et enfin la grande saison sèche du début décembre à mars.

La zone de Cotonou présente des contraintes humides liées à la présence de marécages à sa limite méridionale et des bas – fonds érodés par l'écoulement des eaux de pluie à sa périphérie septentrionale (figure 7). Ici on distingue plusieurs dépressions dont les bassins versants topographiques (figure 6 d) sont actuellement exploités pour l'assainissement de la ville. On y observe des couloirs d'écoulement fonctionnels en saison des pluies. En saison sèche, l'eau ne coule pratiquement plus, mais elle demeure affleurante. Aux endroits où l'occupation des terres empêche la libre circulation des eaux en saison de pluies, on assiste à des inondations parfois catastrophiques. Les anciens marécages remblayés et très urbanisés se reconnaissent par des forages de puits de faible profondeur dont les eaux de couleur brune proviennent de la nappe superficielle: le cas de la cité Houéyiho.



Source : Image SPOT –XS, 2007

Réalisation : Tchibozo E., 2008

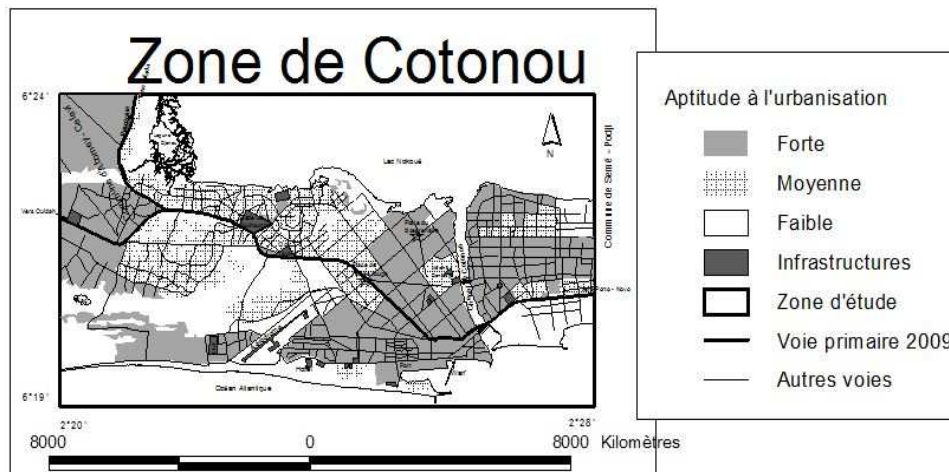
Figure 7 : Les contraintes humides

La ville de Cotonou est bâtie sur des cordons littoraux qui sont constitués de sables alluviaux d'environ 5 m de hauteur. Le relief de ces derniers présente deux caractéristiques principales : les dépressions longitudinales parallèles à la côte et les bas – fonds érodés par l'écoulement des eaux pluviales qui communique avec le lac Nokoué. Dans la dépression marécageuse de direction Sud – Ouest, Nord – Est, la plupart des marécages ont émigré vers le Sud, c'est – à dire vers l'océan. En période de crue, le lac déborde de son lit pour inonder les territoires avoisinants. Des zones inondables relient le noyau central au lac Nokoué par une ceinture attachée à la tête du noyau urbain. Les zones d'extension urbaine au Nord – Ouest de la ville, présentent de vastes zones inondables qui servent d'exutoires naturels pour les eaux de pluie. Elles emprisonnent une série de marécage située autour de l'axe Sud – Ouest, Nord - Est qui relie le lac Nokoué à l'océan Atlantique. Le centre d'Akpakpa présente une plaine d'inondation qui est entourée par une dépression basse de zones inondables. Ces dernières subissent une forte pression de l'habitat qui représente une cause importante de l'inondation observée en période de pluie dans certains quartiers. Par exemple, au Sud – Est, de la ville, la dépression de Fidjrossè, située derrière l'aéroport de Cotonou, emprisonne une série de marécages qui est actuellement occupés par les populations. Ce type d'occupation vulnérable, s'observe également au Sud – Est de la ville à Akpakpa – Dodomè, ainsi que sur les limites hydromorphes du lac Nokoué. Il représente une contrainte sitologique majeure à l'urbanisation de la ville et ne favorisent pas l'assainissement.

3.4. Les aptitudes à l'urbanisation

La zone de Cotonou présente trois niveaux d'aptitude à l'urbanisation : forte, moyenne et faible (figure 8).

La première, périphérique à l'aéroport est située au Nord - Ouest et au Sud - Est de la ville. Elle occupe une surface relativement importante dans la zone d'étude et présente un potentiel important pour le développement de la voirie. Au Nord - Ouest, la présence relative de contraintes humides (hydrographie, bas - fonds érodés et dépressions topographiques) a réalisé une occupation discontinue du sol caractérisée par une densité élevée et variée du bâti. Au Sud - Est, l'occupation du sol est continue et présente une densité élevée et constante du bâti. Cette zone, déjà occupée par le noyau urbain, s'étale de part et d'autre du chenal et s'étire à l'Ouest le long de l'océan au delà des limites sud de l'aéroport de Cotonou. Dans l'espace bâti l'habitat est diversifié et la voirie à maille orthogonale est densifiée. La proximité de l'océan Atlantique est un atout touristique et commercial pour la ville.



Source : Image SPOT -XS, 2007

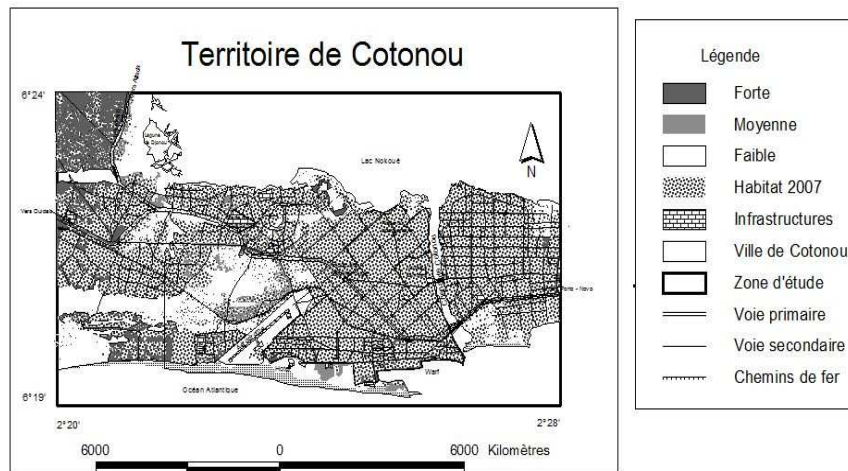
Réalisation : Tchiboza E., 2008

Figure 8 : Les aptitudes à l'urbanisation

La seconde, interne à la ville et beaucoup plus proche de l'aéroport, présente une aptitude à l'urbanisation interrompue parfois par l'existence de contraintes. Une partie importante de son espace jouxte le lac Nokoué et les bas - fonds érodés. Elle est disséquée par des couloirs d'écoulement et présente une forte hydromorphie des sols avec de vastes zones inondables. La voirie sommaire ne permet pas l'accès à l'eau et à l'énergie électrique. L'occupation éparse du sol débute généralement le long des voies et ne respecte aucune planification urbaine. Malgré son aptitude moyenne à l'urbanisation, cet espace subit des pressions anthropiques qui créent l'occupation des exutoires naturels et couloirs d'écoulement à l'intérieur de la ville.

La troisième est constituée essentiellement de plans d'eau, de marécages, des couloirs d'écoulement et des points bas de relief. Elle est ceinturée par les deux premières et est inégalement répartie dans la zone de Cotonou.

L'aménagement des zones de faible aptitude à l'urbanisation est contraignant et demande beaucoup de moyens économiques et techniques que la mairie n'a pas toujours. Leur occupation est une contrainte majeure à l'urbanisation. Cette hypothèse a nécessité la réalisation de la carte de l'occupation des zones de faible aptitude à l'urbanisation (figure 9).



Source : Image SPOT –XS, 2007

Réalisation : Tchiboza E., 2008

Figure 9 : L'occupation de faible aptitude à l'urbanisation

Son analyse montre que plusieurs points d'habitats spontanés structurent l'espace. Ces derniers exercent une forte pression sur les zones inondables et les exutoires naturels, en somme les zones inaptes à l'urbanisation. Cette situation fait durer l'inondation après les pluies et favorise les cas de paludisme. Les zones critiques de cette occupation sont identifiées au Nord-Ouest et au Sud Ouest de la ville. L'extension périphérique s'y réalise en tâche d'huile dans les bas – fonds et les dépressions marécageuses. La nappe phréatique est affleurant et présente des risques de sa pollution. Les territoires riverains des chemins de fer et de l'aéroport, en principe inapte à l'urbanisation résidentielle (contrainte de servitude urbaine et pollution sonore), sont fortement occupés.

3.4 Discussions

L'étude des aptitudes à l'urbanisation de la zone de Cotonou a permis d'obtenir les résultats suivants :

- L'espace urbain de la zone de Cotonou présente une forme géométrique régulière qui s'élargit au Sud de part et d'autre du chenal de Cotonou et s'étire au Nord - Ouest le long du lac Nokoué et au Sud – Est le long de l'océan Atlantique. Il est stratifié par la voirie primaire et secondaire ;
- L'habitat est l'unité la plus importante dans l'occupation du sol. Sa dynamique est caractérisée par deux périodes post coloniales de sa progression : 1968 – 2000 et 2000 à 2007 ;
- L'extension de la ville est périphérique et se réalise sur un espace présentant des contraintes urbaines (dynamique de l'habitat, hydrographie, érosion côtière, marécages et bas - fonds, etc.). Ces dernières déterminent les différentes aptitudes forte, moyenne et faible à l'urbanisation ;
- Les zones de forte aptitude sont périphériques à l'aérodrome et situées au Nord – Ouest et au Sud – Est de la zone de Cotonou. Les zones de moyenne aptitude sont à l'intérieur de la ville plus proche de l'aérodrome. Les zones de faibles aptitudes à l'urbanisation sont constituées de plans d'eau, de marécages, des couloirs d'écoulement et des points bas de relief.

Ainsi, la zone de Cotonou présente des aptitudes à l'urbanisation. Celles – ci sont affaiblies par l'existence de contraintes urbaines liées à l'occupation qui peuvent être étudiées par la télédétection. N'Bessa (1977) avait déjà relevé les difficultés de l'urbanisation de la ville de Cotonou. Ces dernières existent également dans les espaces périphériques de son extension et ne sont pas liées seulement au caractère hydromorphe du sol, ni au relief, mais surtout à l'habitat. L'occupation des zones de faible aptitude à l'urbanisation ne favorise pas l'assainissement et l'aménagement de la ville. Selon Lavalin (1994), l'assainissement de Cotonou demande un investissement considérable. Il comprend plusieurs étapes dont les plus importants sont la construction de bassins, le dragage du chenal de Cotonou, l'aménagement des berges, etc. La recherche de financement n'a pas permis de réaliser rapidement ces infrastructures et l'inondation persiste encore dans certains quartiers de la ville. Les zones de forte et moyenne aptitude disposent encore de réserve foncière à aménager sans difficulté. Sotindjo (1995) affirmait que le site de Cotonou est en dessous du niveau de la mer. Les résultats obtenus par la présente recherche montrent que cette affirmation est à relativiser et rapporter aux dépressions marécageuses du sud du littoral et aux bas – fond des reliefs érodés des limites sud du lac Nokoué. La ville dispose de bassins versants topographiques et des plaines d'inondation dont l'altitude est bien au dessus du niveau de la mer.

Conclusion

Les images satellites permettent d'étudier les aptitudes à l'urbanisation. Leur utilisation sur la zone de Cotonou a montré l'extension périphérique de la ville et l'existence de contraintes urbaines liées à l'occupation du sol. Cette dernière qui définit les aptitudes à l'urbanisation montre l'importance de l'habitat dans la zone de Cotonou. La dynamique de cette unité d'occupation présente des périodes de progression et de stabilité et constitue de ce fait la contrainte la plus importante de l'urbanisation. La ville entourée d'eau à l'image d'une île et est coincée entre l'océan atlantique et le lac Nokoué. Son site fortement dépendant de l'hydrographie présente des aptitudes variées à l'urbanisation. Les zones de forte aptitude, situées au Nord Ouest et au Sud Est de Cotonou sont caractérisées par une densité élevée du bâti et un potentiel de développement de la voirie. Les zones de faible aptitude sont constituées de plan d'eau de marécages, des couloirs d'écoulement et des points bas de relief.

Revue de bibliographie

1. Anderson J.R., E.E. Hardy, J.T. Roach. et R.E. Witmer (1976). "A land use and land cover classification system for use with Remote sensing sensor data", USGS, Reston, Va, Professional paper, 964, 28 p.
2. Groupement IGIP – GWK – GRAS 5GIGG (1985) : Ville de Cotonou, plan directeur pour l'évacuation des eaux pluviales, Rapport d'étude.
3. INSAE - FNUAP (2003) : Troisième Recensement de la Population et de l'Habitat, synthèse et analyse des résultats du RGPH3, DED, INSAE, Cotonou – Bénin
4. Mairie de Cotonou (2008) : Projet d'Aménagement de l'Agglomération de Cotonou PAACO, 240 p. Rapport final
5. MEHU/DAVU (2001) : Rapport de l'atelier national sur la problématique de la gestion durable des bas – fonds et couloirs d'écoulement des villes du Bénin, 58 p.
6. N'Bessa B.D. (1997) : Porto – Novo et Cotonou (Bénin) : origine et évolution d'un doublet urbain, Thèse de Doctorat d'Etat Es Lettre, Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3, 450p. p.12
7. SERHAU – SA (1998) : Structure de la gestion urbaine de la ville de Cotonou, Rapport d'étude 28 p.
8. SNC LAVALIN. « Etude d'assainissement des villes de Cotonou et de Porto-Novo Etude de faisabilité : version définitive », Volume 1, Dossier principal, Décembre 1994, 107p
9. SNC. LAVALIN., « Etude d'assainissement des villes de Cotonou et de Porto-Novo Etude de faisabilité : version définitive », Volume 2, Décembre 1994

10. Sotindjo D. S. (1995): L'explosion d'une capitale économique (1945 – 1985), Thèse de Doctorat d'histoire, Université Paris VII Denis Diderot, 483 p.
11. Jensen, J.R. et DL. Toll (1982). « Detecting residential land use development at the urban fringe » Photogrammetric engineering and Remote Sensing, vol.48
12. Soyer, J. et J. Wilmet (1986). « Environnemental Changes Around African Tropical Towns (Lubumbashi, Zaire, Bamako, Mali) from LANDSAT MSS Data », ERIM, Proc. of the XX th. Int. Symp. on Rem. Sensing of Environnement, Nairobi, Décembre, p. 507-520
13. Bastié J. et B. Dezert (1980) : L'espace urbain, Editions Masson, Paris New York, 312 p.
14. Bonn F. (1996) : Précis de télédétection, volume2, applications thématiques, Presse de l'Université du Québec, 410 p.
15. Tribillon J.F. (1982) : L'urbanisme. Paris, Edition La Découverte, 123 p.
16. Vennetier, P. (1991) : Les villes d'Afrique tropicale, Paris, Masson, 2ème Ed., 244p.