

Étalement urbain à Bamako : facteurs explicatifs et implications

**Boubacar Amadou DIALLO^{1*}, Balla DIARRA², Moussa TOURE¹, Djibrilla Alhadji CISSE¹
et Bougadari DOUMBIA³**

¹*Ecole Normale Supérieure de Bamako, Département d'Histoire-Géographie, BP 241, Bamako, Mali*

²*Rectorat de l'Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, BP 2575 Bamako, Mali*

³*Institut de Pédagogie Universitaire, Kabala, BP E475, Bamako, Mali*

* Correspondance, courriel : boubamadoudiallo@gmail.com

Résumé

Durant ces quarante dernières années, Bamako a connu une croissance démographique sans précédent. Il en résulte une urbanisation très rapide et incontrôlée, débouchant sur une dilatation spatiale qui déborde sur les franges urbaines de plus en plus transformées en surfaces imperméables. Ces changements ont eu d'énormes répercussions sur les ressources naturelles avec, en l'occurrence, la perte des terres fertiles agricoles et du couvert végétal. La présente étude vise à analyser l'évolution de l'occupation du sol de 1972 à 2018 à l'aide d'images satellite Landsat de Bamako et environs. Il s'agit précisément d'apprécier les mutations intervenues dans ce laps de temps et de déterminer leurs causes et implications. Les résultats ont montré une extension fulgurante du bâti, passant de 34,9 km² à 307,7 km², au détriment de la végétation, de l'eau et du sol nu.

Mots-clés : *étalement urbain, Bamako, ressources naturelles, surfaces imperméables, franges urbaines.*

Abstract

Urban sprawl in Bamako : explanatory factors and implications

During the last forty years, Bamako has been witnessed to an unprecedented demographic growth. It has been resulted a rapid and uncontrolled urbanization, leading to sprawl in urban fringes transformed into impervious surfaces. These changes have had huge consequences on natural resources, in particular, with loss of arable land and vegetation. This study attempts to analyze land use/land cover change of Bamako and surroundings from 1972 to 2018 with remotely sensed data (Landsat). Precisely, it assesses transformations occurred for this period and determine their impacts. Results have demonstrated a spectacular increase in built-up area from 34.9 to 307.7 km² at the expenses of vegetation, water and barren land.

Keywords : *urban sprawl, Bamako, natural resources, impervious surfaces, urban fringes.*

1. Introduction

Le monde est aujourd'hui confronté à un défi majeur, celui de la croissance démographique. Celle-ci joue un rôle très important dans la conversion de nouveaux espaces naturels et agricoles en établissements humains.

Depuis 2008, plus de la moitié de la population du monde vit en ville. Cette urbanisation s'accélère et continuera à s'accélérer dans les décennies à venir. Entre 2011 et 2050 la population urbaine mondiale passera de 3,6 à 6,3 milliards d'habitants [1]. Le taux d'urbanisation du monde passera de 52 % en 2011 à 67 % en 2050. Les pays en développement seront particulièrement touchés avec une population passant de 2,7 à 5,1 milliards de citoyens. L'Afrique et l'Asie verront, durant cette période, leur population urbaine augmenter respectivement de 0,9 milliard et 1,4 milliard d'hommes. Elles enregistreront les taux de croissance urbaine les plus élevés du monde entre 2015 et 2030 avec 85 % [2]. Cette urbanisation fulgurante de par le monde occasionne déforestation, dysfonctionnements voire destruction des écosystèmes, pertes de biodiversité, pollutions de l'eau, de l'air et des sols, dégradation des sols, etc., notamment sur les franges urbaines. La déforestation, liée aux différentes activités humaines, joue un rôle prépondérant. Même si celle-ci avait reculé au niveau mondial, passant de -9,9 millions d'hectares par an entre 1980 et 1990, -8,3 millions d'hectares par an pour la décennie 1990-2000 à -5,2 millions pour la décennie 2000-2010 ; elle était restée élevée dans certaines régions, en l'occurrence l'Amérique du Sud et l'Afrique qui avaient perdu respectivement environ 4 et 3,4 millions d'hectares par an pour la période 2000 - 2010 [3].

Au Mali, les superficies cultivées sont passées de 3974772 à 4501380 ha entre 2010 et 2014 contre 305745800 et 498439000 stères (une stère équivalant à 330 kg) pour la consommation du bois de chauffe [4]; l'approvisionnement du District de Bamako en bois d'énergie 2016-2017 a nécessité le déboisement d'environ 22000 ha, Direction Nationale des Eaux et Forêts, 2017 [5]. La dynamique démographique urbaine du continent africain a entraîné un désordre urbanistique avec la prolifération des quartiers informels. Bien que moins urbanisée avec 40 % en 2014 [6], l'Afrique connaît un rythme de croissance soutenu en particulier au Sud du Sahara. L'Afrique de l'Ouest connaît une augmentation rapide de sa population urbaine, passant de 92,1 à 137,2 millions entre 2000 et 2010 [7]. Ce sont généralement les capitales qui se développaient rapidement au détriment des autres villes. Ce développement est consécutif non seulement au croît naturel mais aussi au flux important de ruraux qui s'installent généralement sur les périphéries urbaines, provoquant un allongement des migrations alternantes et une dégradation progressive des espaces périurbains. Selon [8] : « *L'étalement urbain c'est l'extension urbaine qui se fait plus rapide que la croissance démographique : la surface consommée par habitant s'accroît, découplant croissance démographique et artificialisation du sol* ». Ce mode de diffusion de la ville touche tous les pays du monde, singulièrement les pays en développement où il prend de plus en plus d'ampleur. Les plans d'urbanisme des villes africaines sont généralement sources de dualisme, refoulant les populations démunies vers la périphérie [9].

Mais ce système de diffusion urbain s'estompe au fil du temps ; laissant la place à des formes urbaines plus complexes, illustrant une fragmentation socio-spatiale évidente, [10]. L'échec des politiques urbaines se traduit par une occupation désordonnée et inefficace de l'espace, conduisant à un étalement urbain. Les espaces ruraux sont ainsi accaparés. Ceux-ci deviennent les dépotoirs des déchets liquides et solides de ces grandes villes africaines [11 - 12]. Bamako, la capitale du Mali se trouve dans cette logique. Elle a connu une croissance démographique et une extension spatiale fulgurantes. A l'instar des autres capitales africaines, cette situation s'expliquait par plusieurs facteurs. En tant que capitale, elle est le siège des institutions politiques, concentre l'essentiel des unités industrielles de production, abrite les principales infrastructures éducatives (les universités et grandes écoles) et culturelles. Les grands hôpitaux y sont implantés. Ce qui exerce une grande attraction sur les ruraux à la quête d'un bien-être social. Cet afflux massif des populations des campagnes vers la capitale vient se greffer à un taux d'accroissement annuel moyen supérieur ou égal à 4 % depuis le premier recensement de 1976. Malgré une baisse sensible constatée, la femme bamakoise continue à avoir une vie féconde importante 5,1 enfants [13]. En 2009, la population du district s'élevait à 1810366 habitants, ce qui représentait 55,3 % de la population urbaine du Mali. La croissance démographique fulgurante se traduit par une forte consommation d'espaces. Il en résulte une extension spatiale incontrôlée

de la ville rendant très difficile les actions d'aménagement [14]. La superficie de l'espace bâti était passée de 5208 ha en 1976 à 7933,9 ha en 1987 [15]; 41,27 km² en 1986 contre 102,48 en 2006 soit un taux d'accroissement annuel de 7,42 % [16 - 17]. La satisfaction des besoins croissants, de cette énorme population, en logements et voiries par exemple, a entraîné une conversion massive et continue des principales terres agricoles qui ont diminué de - 55,39 % entre 1990 et 2018 [18]. La présente étude vise à analyser l'évolution de l'occupation du sol de 1972 à 2018 à l'aide d'images satellite Landsat de Bamako et environs. Il s'agit précisément d'apprécier les mutations intervenues dans ce laps de temps et d'expliquer certaines causes et les implications occasionnées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

Située entre les 12°29'57" et 12°42'17" de latitude nord et 7°54'22" et 8°4'6" de longitude ouest, la ville de Bamako s'est développée dans la vallée du plus grand fleuve de l'Afrique de l'Ouest, le fleuve Niger qui la divise en deux parties (*Figure 1*). Le District de Bamako regroupe six communes dont les quatre premières sont situées sur la rive gauche et les deux dernières sur la rive droite du fleuve Niger. La ville a vu sa population augmenter rapidement depuis l'indépendance, passant ainsi de 128 400 habitants en 1961 à 2488641 en 2018 [19] soit une augmentation de 1838 %. Les transformations socio-économiques expliquent la forte consommation d'espaces. Mais, la ville dispose de très peu d'espaces pour son développement sur la rive gauche, à cause des prolongements des plateaux mandings au Nord et du fleuve Niger au Sud. Cette partie est aussi la plus accidentée. Par contre, la rive droite, moins élevée, est la plus étendue. L'étude ne se focalise pas seulement sur le District de Bamako dans ses limites administratives, mais concerne aussi les environs.

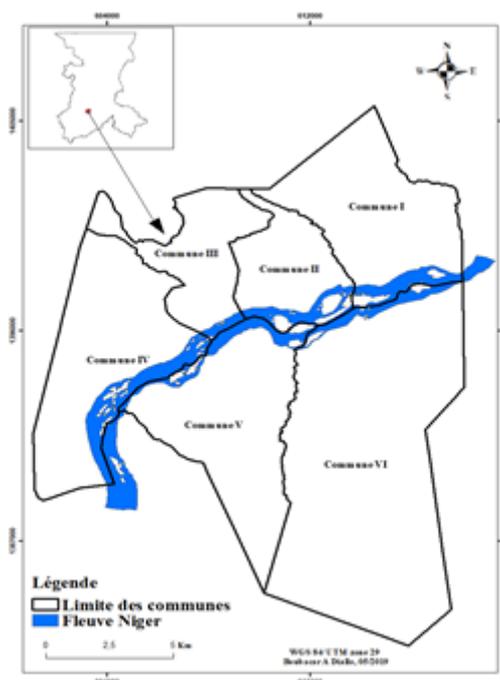


Figure 1 : Le District de Bamako

Source : Fond IGM

2-2. Les images -satellite

Les images analysées sont toutes de Landsat, au nombre de 05 et ont, à l'exception de la première, la même résolution spatiale :

- Une image Landsat MSS (Multispectral Scanner) du 17/11/1972 avec 60 m de résolution ;
- Une image Landsat TM (Thematic Mapper) du 14/11/1986 avec 30 m de résolution ;
- Une image Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) du 25/10/1999, 30 m ;
- Une image Landsat ETM+ du 12/10/2009, 30 m ;
- Une image Landsat OLI_TIRS (Operational Land Imager/TIRS, Thermal Infrared Sensor) du 21/10/2018, 30 m.

Toutes ces images ont été prétraitées avant l'acquisition. Les quatre premières ont été obtenues sur le site de Global Land Cover Facility/University of Maryland et la dernière auprès de US Geological Survey (Glovis). Les images Landsat sont délivrées en projection World Geodetic System 1984 (WGS 1984), Universal Transverse Mercator (UTM) zone 29 Nord pour notre cas. Cinq compositions colorées ont été créées avec les bandes 4 (rouge), 3 (vert), 2 (bleu) pour l'image MSS de 1972 ; les bandes 5,4, 3 pour les images TM et ETM+ de 1986, 1999 et 2009 ; les bandes 6, 5, 4 pour l'image OLI de 2018. La carte du District de Bamako a été numérisée par le logiciel ArcGIS 10.2.1 pour extraire la zone d'étude sur les différentes images. Ces images extraites ont été classées par le logiciel de traitement d'images ENVI 5.1 en utilisant la méthode de classification supervisée du Maximum Likelihood (Maximum de vraisemblance). Quatre classes d'occupation du sol ont été retenues :

- Le bâti englobe toutes les surfaces imperméables par exemple le résidentiel, le commercial, les routes, etc. ;
- La végétation comprend tout le tapis végétal ;
- L'eau, il s'agit ici essentiellement du fleuve Niger ;
- Le sol nu, avec les espaces vacants, les affleurements rocheux.

Les changements dans l'occupation du sol sont mesurés et les résultats obtenus sont synthétisés dans les tableaux et figures.

2-3. Enquête sociodémographique

En mai 2017 une enquête sociodémographique a été effectuée dans toutes les communes du District de Bamako pour recueillir les caractéristiques des ménages vivant dans les zones vulnérables aux risques naturels, leurs perceptions de l'étalement urbain. La taille de l'échantillon était de 384.

3. Résultats

La précision des classifications est donnée par le **Tableau 1**. Dans cette étude, deux types de précision ont été privilégiés : la précision générale et le coefficient Kappa. La précision générale est déterminée en divisant la somme de tous les pixels correctement classés le long de la diagonale centrale par le nombre total de pixels de référence. Kappa permet de mesurer l'extension de l'exactitude de la classification, étant donné qu'il ne compte pas seulement pour les éléments de la diagonale mais pour tous les éléments qui sont dans la matrice de confusion. Le coefficient Kappa est une mesure d'accord entre les classements prédéfinis par le producteur et ceux assignés par l'utilisateur. L'image de 1986 a le pourcentage le plus faible dans les deux cas et celle de 1999 a le pourcentage le plus élevé. Les unités d'occupation du sol ont évolué différemment au cours de la période d'étude.

Tableau 1 : Précision des classifications

Images	Précision générale (%)	Kappa (%)
Landsat MSS du 17/11/1972	91,85	93,86
Landsat TMdu 14/11/1986	90,78	87,70
Landsat ETM+ du 25/10/1999	98.1	97,46
Landsat ETM+ du 12/10/2009	97,75	97
Landsat OLI_TIRS du 21/10/2018	97,76	97,01

Sources : Landsat MSS 1972, Landsat TM 1986, Landsat ETM+ 1999, 2009, Landsat OLI-TIRS, 2018

3-1. Quantification des unités d'occupation du sol entre 1972 et 2018

Cette période de 46 ans est divisée en quatre périodes de durée inégale en termes de nombre d'années. Les deux premières sont les plus longues, (1972 - 1986 et 1986 - 1999), avec respectivement 14 et 13 ans ; la période 1999 - 2009 (10 ans) et la période 2009 - 2018 (9 ans). C'est au cours de la période 1986 - 1999 que deux records positifs ont été enregistrés pour le bâti et la végétation avec respectivement 123,3 km² et 152 km² et deux records négatifs pour l'eau (-5,4 km²) et le sol nu, -269,9 km².

3-1-1. L'occupation du sol en 1972

En 1972, le bâti occupait seulement 34,93 km² contre 627,11 km² pour la végétation, la classe d'occupation du sol la plus importante. Ce qui représentait respectivement 3,20 et 57,53 %. L'eau et le sol nu représentaient 23,51 et 404,55 km², soit 2,16 et 37,11 % (**Figure 2**) et (**Tableau 3**) à la fin de l'analyse de 2018.

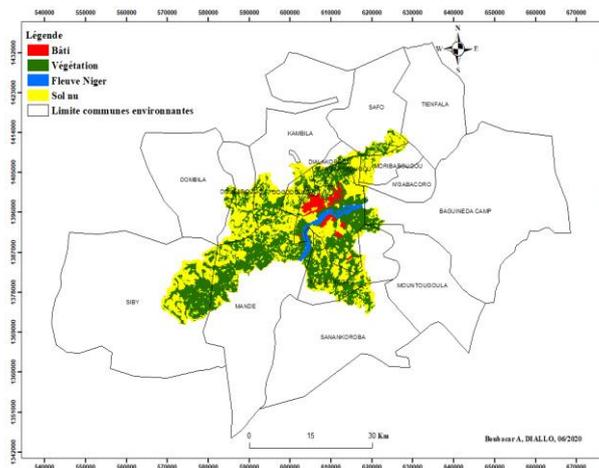


Figure 2 : Bamako et environs en 1972

Source : Landsat MSS du 17/11/1972

3-1-2. Les unités d'occupation du sol en 1986

Les modifications de l'occupation du sol en 1986 montraient une progression du bâti à 57,75 km² (5,30 %), de l'eau 24,43 km² (2,24 %) et du sol nu à 794,13 km² (72,84 %). La végétation diminuait, 213,79 km², soit 19,61 %, (**Figure 3**). Cette figure montrait, contrairement à celle de 1972, une expansion très importante de la classe du sol nu au détriment surtout de la végétation.

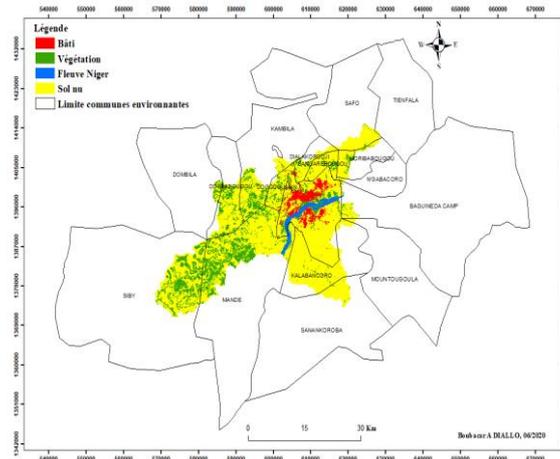


Figure 3 : Carte d'occupation du sol de Bamako et environs en 1986

Source : Landsat TM du 14/11/1986

Comme on peut le constater le tissu urbain se résume jusqu'en 1986 à peu près à celui de Bamako. Les centres urbains périphériques ne sont pas visibles sur les **Figures 2 et 3**. Cette situation a changé dès 1999 quand les terrains sont devenus rares et chers dans le district. Ce qui a poussé beaucoup de ses habitants à se rabattre sur les périphéries. Le bilan pour chaque classe d'occupation du sol durant cette première période (1972-1986) est le suivant : le bâti a progressé de 22,8 km², l'eau a bondi de 0,92 km² tandis que le sol nu a grimpé de 389,6 km², la seule hausse qu'il a enregistrée pendant la période d'étude (1972-018). La végétation a reculé de -413,2 km², sa perte la plus importante entre 1972 et 2018, (**Tableau 4**).

3-1-3. Dynamique de l'occupation du sol en 1999

En 1999 les différentes classes d'occupation du sol ont enregistré des changements importants, en l'occurrence le bâti. Le bâti passait à 181,02 km², soit 16,60 % ; la végétation gagnait 365,81 km², (33,56 %) ; l'eau et le sol nu chutaient à 19,02 km², (1,74 %) et 524,17 km², soit 48,1 % (**Figure 4**).

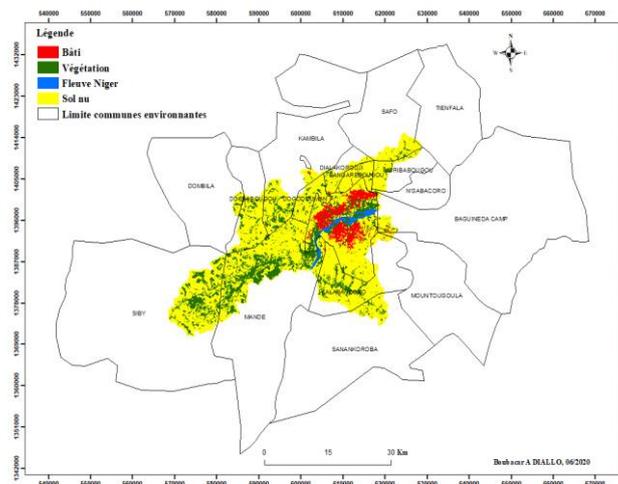


Figure 4 : Carte d'occupation de Bamako et environs en 1999

Source : Landsat ETM+ du 25/10/1999

Contrairement à 1986, le tissu urbain autour de Bamako a commencé à se concrétiser. Cela montre la ruée de ses habitants vers les communes environnantes où le foncier coûte encore moins cher par rapport à la capitale. Le débordement spatial du district sur les communes voisines a donc commencé, d'où l'émergence de petits centres urbains. Entre 1986 et 1999, la dynamique de l'occupation du sol a changé pour la végétation qui a connu son essor le plus significatif de la période (152 km²), alors que le sol nu avait plongé à son plus bas niveau (-269,9 km²). Le bâti se dilatait aussi avec une superficie de 123,27 km², qui correspond à son gonflement le plus important. L'eau a chuté à -5,4 km² qui est, sa perte la plus élevée durant la période de l'étude.

3-1-4. Quantification de l'occupation du sol en 2009

En 2009, le bâti grimpe à 257,11 km² (23,59 %) de même que la végétation 479,64 km², représentant 44 % et l'eau avec 22,07 km², soit 2,02 %. Le sol nu est la seule classe d'occupation à dégringoler 331,28 km² indiquant 30,39 % (Figure 5). Elle permet de bien identifier le tissu urbain de plus en plus dense au-delà des limites administratives du district. En tout cas, une coalescence de petits centres se forme aux abords immédiats du district et qui constitue le continuum de celui-ci dans les zones rurales. Les paysages ruraux se transforment et se dégradent ainsi sous l'impulsion de la poussée urbaine. Les limites administratives s'estompent, du point de vue physique, progressivement entre ces entités et le district. Les portes d'entrée de Bamako s'établissent dans ces localités. Les terres vacantes à Bamako deviennent rarissimes, les convoitises des espaces ruraux s'aiguisent et les conflits fonciers avec ses communes riveraines se multiplient. Entre 1999 et 2009, le sol nu était la seule classe d'occupation du sol à reculer. Le tissu urbain commençait à se densifier. Le bâti perd de l'élan dans sa croissance par rapport à la période précédente avec seulement 76,1 km².

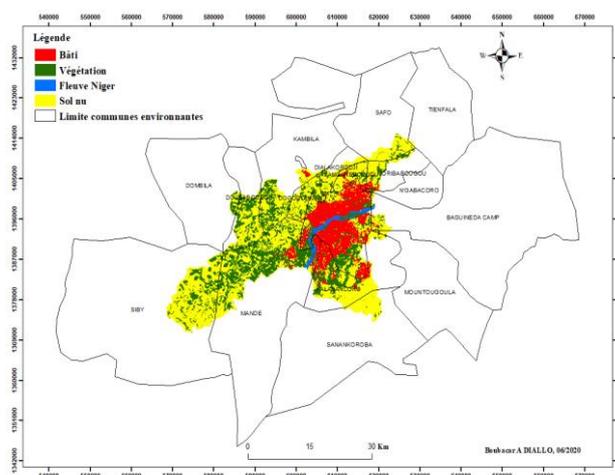


Figure 5 : Carte d'occupation du sol de Bamako et environs en 2009

Source : Landsat ETM+ du 12/10/2009

3-1-5. Dynamique du sol en 2018

En 2018, le bâti était la seule classe d'occupation du sol à croître atteignant 307, 70 km², ce qui représentait 28,23 %. La végétation reculait à 455 km², soit 41,74 % ; l'eau chutait à 21,20 km² (1,94 %) tandis que le sol nu connaissait sa plus grande perte 306,20 km² (28,09 %), (Figure 6). Il est à remarquer la compacité du tissu urbain, montrant la grande influence de Bamako sur les communes riveraines immédiates.

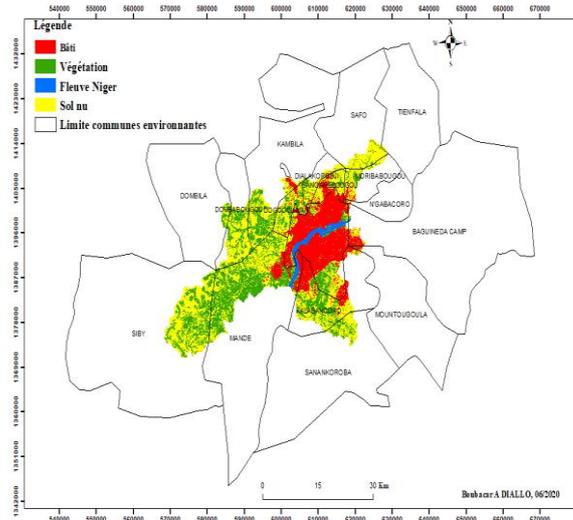


Figure 6 : Bamako et environs en 2018

Source : Landsat OLI_TIRS du 21/10/2018

Entre 2009 et 2018, malgré une progression du bâti, son rythme de croissance continue à baisser, 50,6 km², la verticalisation de la ville prend de plus en plus d'ampleur. Le **Tableau 2** donne l'évolution des différentes unités d'occupation du sol au cours de la période d'étude.

Tableau 2 : Mutations des classes d'occupation du sol entre 1972 et 2018

Classes	Superficie en km ²					Bilan général (%)	
	1972	1986	1999	2009	2018	1972-2018	
Bâti	34,93	57,75	181,02	257,11	307,70	782	Progression
Végétation	627,11	213,79	365,89	479,64	455	-27,4	Regression
Eau	23,51	24,43	19,02	22,07	21,20	-9,8	Regression
Sol nu	404,55	794,13	524,17	331,28	306,20	-24,3	Regression
Total	1090,10	1090,10	1090,10	1090,10	1090,10	-	-

Source : Résultats des classifications des images de 1972, 1986, 1999, 2009 et 2018

Le bâti s'est largement répandu pendant ces 46 ans, son essor le plus spectaculaire a été enregistré entre 1986 et 1999, (123,27 km²). Entre 1972 et 2018 le bâti a engrangé un excédent de 272,80 km², soit une hausse de 782 %. L'eau, la végétation et le sol nu ont subi leurs plus grandes dégradations respectivement en 1999, 1986 et 2018. Le bilan général 1972-2018 est donc négatif pour la végétation ayant connu sa plus grande altération avec -172,10 km², équivalant à une diminution de -27,4 %, tandis que le sol nu a enregistré un dégât de -98,3 km², représentant -24,3 % et le déficit au niveau de l'eau se chiffrant à -2,3 km², (-9,8 %). Les avantages du bâti sont illustrés par la **Figure 7**. Ces mutations ont entraîné des problèmes environnementaux : la destruction et la disparition de nombreux écosystèmes, l'érosion des sols, la métamorphose de certains cours d'eau, la pollution des eaux, des sols et de l'air, etc. Les défis pour une gestion durable des ressources naturelles se multiplient.

Les prix des logements sont contraignants au centre, ce qui pousse les ménages dont la taille est importante (**Tableau 4**) et à faible revenu à se ruier vers les périphéries. Les ménages de 4 à 7 individus représentent près de 40 % de la population enquêtée tandis que ceux de 8 à 11 personnes constituent 26,3 %. Donc 66 % des ménages ont une taille variant entre 4 et 11 personnes. La taille moyenne de l'échantillon est de 6,49 personnes par ménage.

Tableau 4 : Nombre de personnes par ménage

Nombre de personnes par ménage	Pourcentage (%)
Moins de 4 personnes	23,4
4-7	39,7
8-11	26,3
12-15	7,7
16-19	2,4
20 personnes et plus	0,5
Total	100

Source : Enquêtes de terrain, mai 2017

Plus la taille du ménage est grande, plus il a besoin d'espace. La location de tels ménages au centre nécessite des revenus importants, eu égard au coût élevé de la location; d'où la ruée vers les périphéries engendrant l'étalement urbain.

3-2-2. Le facteur socio-économique

En tant que capitale administrative, le district offre plusieurs opportunités d'emploi et de services urbains. La concentration des universités et grandes écoles, des grands hôpitaux, des institutions politiques, etc., est un autre facteur important dans l'augmentation de la population. La combinaison de ces paramètres avantage, de très loin, Bamako des autres villes du pays. En dépit de ces avantages, la population de Bamako reste pauvre dans une large mesure (**Tableau 5**). Les emplois sont surtout offerts dans le secteur privé (70,6 %). Ce qui corrobore les motivations de l'arrivée des personnes interrogées à Bamako ; en effet, 40,3 % déclarent être venus à la recherche d'emploi.

Tableau 5 : Revenu moyen mensuel en FCFA des ménages

Revenu moyen mensuel	Moins de 45000	70000	120000	170000	220000	270000	+270000	Total
Pourcentage	20,6	34,4	27,5	8,4	3,1	1,5	4,5	100

Source : Enquêtes de terrain, mai 2017

Plus du cinquième des habitants de Bamako ont un revenu moyen mensuel inférieur à 50000 FCFA contre plus de 4 % des individus ayant plus de 270000 FCFA. Ce qui dénote de la grande précarité des conditions de vie des ménages. Ce tableau démontre la grande pauvreté des populations maliennes, en général, et, particulièrement celles de la capitale dont près de 62 % ont un revenu moyen mensuel compris entre 70000 et 120000 FCFA. Ce qui explique, en grande partie, les difficultés pour ces ménages et la population, en général, d'accéder à un logement décent.

3-2-3. L'accès au logement

L'accès au logement au Mali et à Bamako est presque un parcours de combattant. L'absence de politique de l'habitat et du logement a été largement compensée par le secteur informel, dominé par une grande spéculation. Plus du tiers des ménages enquêtés (35,6 %) déclarent être en location tandis que 42,9 % sont propriétaires, quel que soit le statut foncier. Le tableau 5 révèle aussi les difficultés pour des ménages aux revenus trop bas et souvent irréguliers d'accéder au foncier urbain, parce que non solvables et ne disposant pas de garantie pour les établissements bancaires qui financent les logements. La politique nationale d'urbanisme et d'habitat adoptée en 1981 n'a pas pu empêcher le gaspillage foncier au Mali, singulièrement à Bamako malgré les différents Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme et Plan d'Urbanisme Sectoriel. L'Etat a créé différents organismes pour faciliter l'accès du plus grand nombre de Maliens et de Bamakois aux logements décentes et peu onéreux. Mais ceux-ci, dont les actions ne sont pas coordonnées, n'ont pas pu assouvir leur soif en matière de logements ; d'où la prolifération du secteur informel dont l'offre (indépendante des lois du marché) est aussi chère que dans le circuit normal à cause de la spéculation.

3-3. Implications

Le paysage s'est profondément altéré au cours de la période d'étude. Les ressources naturelles se sont dégradées, fragilisées et fragmentées, certaines ont même disparu. Ce qui porte un préjudice à la biodiversité de la zone. Le **Tableau 6** indique le bilan des différentes unités du paysage entre les périodes.

Tableau 6 : Occupation du sol entre les périodes (km²) et taux d'évolution annuel (%)

Classe	1972-1986		1986-1999		1999-2009		2009-2018		1972-2018	
	Surface (km ²)	Taux (%)								
Bâti	22,8	4,66	123,3	16,42	76,1	4,2	50,6	2,2	272,8	16,98
Végétation	-413,2	-4,71	152	5,47	113,7	3,1	-24,5	-0,57	-172,1	-0,60
Eau	0,9	0,27	-5,4	-1,7	3,1	1,63	-0,9	-0,27	-2,3	-0,21
Sol nu	389,6	6,88	-269,9	-2,61	-192,9	-3,68	-25,1	-0,84	-98,3	-0,53

Source : Tableau dérivé du **Tableau 3**

Le bâti est la seule classe d'occupation du sol qui a progressé durant toute la période d'étude. Il a connu sa plus grande expansion entre 1986-1999, soit 123,3 km² et un taux d'expansion annuel de 16,42 %. Le taux le plus faible a été enregistré entre 2009 et 2018, soit 2,2 % ; le taux d'évolution annuel moyen pour la période d'étude est de 16,98 %. Cette extension spatiale s'est opérée au détriment des autres unités du paysage qui ont connu des taux à la fois positifs et négatifs. La végétation s'est rétrécie entre 1972 et 1986, -413,2 km² soit un taux annuel -4,71 % et un taux annuel de -0,6 % sur la période 1972-2018. L'eau et le sol nu se sont resserrés, leur record négatif, avec respectivement -5,4 km², soit -1,7 % entre 1986 et 1999 pour l'eau et -269,9 km², mais le taux annuel négatif le plus bas a été obtenu entre 1999 et 2009, -3,68 % pour le sol nu. Ils ont un taux annuel de -0,21 et -0,53 % pour la période d'étude. A cause du manque d'espace (remplissage des vides interstitiels) l'agriculture urbaine a migré vers le Sud-Ouest.

3-3-1. Les cours d'eau

Au total ce fleuve a perdu -2,3 km² entre 1972 et 2018 à cause surtout des empiètements urbains en plus de la variation saisonnière. Ses eaux sont utilisées pour l'alimentation des populations en eau potable et les

activités industrielles. En plus ses eaux sont polluées par le rejet des eaux usées ménagères, teinturières et industrielles. Les rivières qui l'alimentent n'échappent pas à cette pollution et occupation de leurs servitudes. Elles charrient vers le fleuve d'énormes quantités de déchets solides, surtout plastiques. Leurs cours sont souvent détournés de leur parcours naturel par les constructions. Le maraîchage, faute d'espace, se développe le long de ces cours d'eau, principalement le fleuve Niger, entraînant la disparition des écosystèmes de ces zones humides, l'érosion de leurs rives.

3-3-2. La végétation

La superficie du couvert végétal s'est considérablement contractée, soit une diminution de -172,1 km². Les édifices érigés dans les marécages ont entraîné la disparition de la ripisylve (végétation au bord des cours d'eau), détruit également beaucoup d'écosystèmes, d'où une sérieuse menace pour la biodiversité. Ces zones humides jouent un grand rôle de filtre (fixation d'éléments polluants, absorption de nitrates et de phosphates, etc.), régulent les régimes hydrologiques, constituent des remparts contre les inondations et sont d'une grande importance économique. Le rétrécissement du tapis végétal accentue l'érosion des sols et la fragilité des berges des cours d'eau, la disparition de nombreux écosystèmes.

3-3-3. Le sol nu

A priori il constitue l'essentiel des terres agricoles qui régressent de -98,3 km². Les activités agricoles sont affectées. La diminution de la végétation favorisait leur érosion, ce qui les fragilisait et ne permettait pas d'avoir des rendements agricoles intéressants. Ces sols étaient aussi pollués par les eaux usées des activités artisanales comme la teinture. En plus, ces transformations constatées au niveau des états de surface du sol sont des facteurs déterminants qui peuvent influencer les risques d'inondation. Le taux de l'imperméabilisation du sol et celui du couvert végétal sont évalués pour la période d'étude.

3-3-4. Evaluation du taux d'imperméabilisation du sol et du taux du couvert végétal

Ces deux éléments se sont développés en sens inverse durant la période d'étude (**Tableau 7**). Pendant que le taux d'imperméabilisation progressait de 3,2 % à 28,2 %, celui du couvert végétal dégringolait de 57,5 % à 41,7 %. Ce qui représentait respectivement un accroissement de 25 % et une baisse de -15,8 %. Ce qui, en conséquence, favorise les risques d'inondation et l'érosion hydrique et éolienne des sols.

Tableau 7 : Evolution des taux d'imperméabilisation et du couvert végétal entre 1972 et 2018

Années	1972	1986	1999	2009	2018	1972-2018
Taux						
Taux d'imperméabilisation	3,2	5,3	16,6	23,6	28,2	25
Taux du couvert végétal	57,5	19,6	33,6	44	41,7	-15,8

Source : Tableau dérivé du **Tableau 3**

4. Discussion

4-1. Quantification des unités du sol

La précision générale de toutes les images est supérieure à 85 %, précision minimale générale suggérée par [20] dans la classification des images pour l'occupation et l'utilisation du sol. [21] ont utilisé la même méthode

de classification du Maximum Likelihood et ont trouvé une précision générale supérieure à 95 % pour chacune de leurs deux images à Simly watershed (Islamabad) et les statistiques Kappa supérieures à 90 %, ce qui est semblable à nos résultats. De leur côté [22] ont eu des pourcentages plus faibles pour la précision générale (73,91 % pour 1980 et minimum et 91,30 % pour 2001, maximum) et le Kappa (65,48 % minimum et 88,37 % maximum pour les deux années respectivement) à Tanguar Haor (Bangladesh). L'urbanisation rapide s'est opérée, en général, au détriment de la végétation et des espaces agricoles et de l'eau. Pour la présente étude, le bâti est passé de 34,9 à 307,7 km² pour la période 1972-2018, il a donc été multiplié par plus de 8. Nos résultats sont proches de ceux trouvés dans la même aire métropolitaine, avec cependant une période d'étude plus longue dans le présent cas. Les études menées par [15] ont montré une augmentation rapide du bâti entre 1996 et 2014, passant de 9661,8 ha à 42906,06 ha. Les résultats de [23] ont montré une expansion très importante du bâti entre 1990 et 2014 : 6,2 et 103,9 km². Selon [18] le bâti a connu une progression de 73,06 % contre une diminution de - 55,39 % pour les terres agricoles entre 1990-2018. Dans le District de Bamako, à l'intérieur de ses limites administratives, nos résultats sont semblables à ceux de [24], le bâti a augmenté spectaculairement de 17,48 à 174,57 km² tandis que la végétation et le sol nu ont dramatiquement diminué de 81,56 à 35,81 km² pour la végétation et 124,78 et 16,81 km² pour le sol nu entre 1972 et 2018.

Une étude menée dans la province métropolitaine de Harare, par [25] a abouti à des conclusions proches des nôtres, le bâti a connu une extension rapide au détriment du non bâti entre 1984 et 2013 ; passant respectivement de 118,6 et 822,9 km² à 342,2 et 597 km². Les résultats trouvés par [26] dans la métropole d'Ibadan vont dans le même sens que les nôtres, les terres agricoles ont subi une diminution considérable : 102778,83 ha à 79242,7 ha entre 1986 et 2007 au profit du bâti ; 8815,62 et 10344,51 ha. De même, les recherches conduites par [27] à Awka au Nigeria ont montré beaucoup de similitudes avec notre cas, le bâti a progressé de 54,942 à 81,22 km² tandis que la végétation a chuté 83,971 à 70,709 km² entre 1986 et 2013, et [28] dans le Nord Est de l'Illinois, dont une bonne partie de Chicago, les surfaces agricoles ont fortement diminué passant de 56,2 % en 1989 à 41 % en 2010 ; la surface bâtie, de son côté, a largement progressé, 21 à 39,1 %. C'est également le cas à Téhéran où [29] ont mis en évidence une nette progression du bâti entre 1989 et 2014 : 3310,19 ha à 10003,48 ha alors que le sol nu et la forêt (végétation) ont baissé de 62825,15 à 43407,63 ha pour le premier cas et 4107,87 à 2951,46 ha pour le second cas. Les travaux de certains auteurs comme [30] et [31] ont révélé un recul de la superficie agricole passant de 10991 ha en 1997 à 8613 ha en 2014 respectivement à Dar Bouaza (Sud de Casablanca) et dans le district de Baramulla en Inde entre 1980 et 2014 : 369,65 à 327,21 km² pour l'agriculture et 897,41 à 760,11 km² pour la forêt. Le cas de Bamako a été aussi observé dans l'aire métropolitaine de Kumasi où la classe du bâti et du sol nu a enregistré une hausse considérable entre 1986 et 2016 : 5038,39 à 16742,35 ha, les terres cultivées et la végétation ont dégingolés durant la même période, 7375,62 et 3391,83 et 9173,31 et 1453,14 ha respectivement [32] ; dans la même métropole, le bâti a grimpé sur la même période de 6257,82 à 22609,53 ha, une chute très importante pour la végétation : 14327,66 à 2679,39 ha ; les terres cultivées, 9297,66 à 4625,19 ha [33]. Une étude conduite à Belagavi city (Inde) entre 2000 et 2018 par [34] a donné des résultats similaires aux nôtres ; le bâti est passé de 46.616 à 56.893 km² tandis que l'agriculture a diminué : 9.215 à 4.591 km² de même que l'eau de 0.365 à 0.298 km² et la végétation et les espaces ouverts de 35.879 à 30.293 km².

4-2. Facteurs explicatifs

4-2-1. Le poids démographique et l'étalement urbain

La pauvreté joue un rôle très important dans la distribution spatiale des ménages à Bamako. Les moins nantis, surtout en location, ont tendance à aller s'installer dans les zones périphériques et dans les zones à risque naturel élevé. La croissance démographique du district a occasionné une expansion spatiale qui a débordé les

limites administratives. Ce type d'accroissement de Bamako est comparable à ceux constatés à Kinshasa par [35], à Kigali par [36], à Kolkata (Inde) par [37], à Kisii au Kenya par [38] et à Multan au Pakistan par [39]. Ce poids énorme de la population est épaulé non seulement par un fort croît naturel, mais surtout par un exode rural important. Selon [7] Bamako est parmi les 9 villes de l'Afrique de l'Ouest qui devraient accueillir par an en moyenne plus de 100000 personnes entre 2010 et 2020 (106600 pour Bamako).

4-2-2. La pauvreté et l'accès à un logement

Une étude menée par [40] en 2015 a aussi montré l'importance de la pauvreté qui touchait 11,2 % des Bamakois comme dans notre cas. Les habitants, qui ne parviennent pas à s'insérer dans le tissu urbain de Bamako, sont refoulés vers les communes environnantes dont la population s'accroît très rapidement [41]. Les difficultés d'accéder au foncier urbain à Bamako, comme ailleurs dans les autres villes de la région, sont réelles. C'est ce qui est résumé par [42] en ces termes : *« La rapidité de l'expansion urbaine dans les villes d'Afrique de l'Ouest s'est appuyée principalement sur des processus informels d'accès à la terre pour le logement, les services urbains et les infrastructures »*. Cette situation s'explique non seulement par le faible engagement de l'Etat mais aussi des sociétés immobilières privées. La production totale de logements des deux secteurs (public et privé) ne dépasse guère 10 % de la production totale de logements, et en plus leurs produits sont, surtout ceux du secteur privé, largement au-dessus des revenus moyens de la majorité des Bamakois [43] tandis que [44] estiment à 70 % la production informelle des logements à Bamako. Une augmentation régulière des prix de terrain selon [45] est observée durant les cinq dernières années à Bamako et environs, avec jusqu'à 100 % de hausse annuelle dans certaines localités. L'accès très difficile à un logement décent est aussi constaté par [46] dans l'aire métropolitaine d'Accra.

4-3. Implications

4-3-1. Les effets de l'imperméabilisation du sol

L'urbanisation rapide a entraîné l'occupation des espaces non aedificandi, singulièrement les marécages, les versants abrupts ; accroissant ainsi les risques d'inondation et d'éboulement pendant l'hivernage. De même les rivières sont artificialisées, transformées en égouts et souvent détournées de leur cheminement naturel. L'expansion des surfaces imperméables peut entraîner aussi le recul de l'infiltration et accentuer la concentration des écoulements. La baisse de l'infiltration ne favorise pas la recharge des nappes phréatiques, donc moins d'eaux souterraines disponibles et diminue l'humidité du sol, par conséquent joue sur la vie végétative. En cas d'épisodes pluvieux, la capacité d'absorption du sol est vite atteinte, d'où les écoulements concentrés qui peuvent rapidement déborder et engendrer des inondations. Les espaces ruraux se transforment et la proximité de Bamako provoque une tension foncière, les champs agricoles se raréfient, les concessions rurales se muent en terrains lotis onéreux au profit des citadins. Le mitage de l'espace rural se complexifie davantage avec la poussée urbaine et la densification périurbaine.

4-3-2. Les impacts sur les ressources végétales et hydrologiques

La destruction des ressources végétales dans notre étude est supportée par les résultats de [47] dans le bassin de Malagarasi (Tanzanie) où la végétation boisée et celle des marécages ont diminué annuellement de 0,09 et 2,51 % respectivement entre 1984 et 2001. De même plusieurs auteurs ont fait le même constat en Afrique de l'Ouest [16 - 17] qui ont mis en évidence à Bamako un recul de la forêt de 8,69 à 7,03 km² entre 1986 et 2006 ; [48] trouvant sur le site RAMSAR 1017, Sud-Ouest du Bénin une diminution de la surface des forêts galeries passant de 3046,72 à 54,764 ha entre 1995 et 2016 ; [49] dans la forêt classée des trois rivières

au Nord Bénin, avec une régression des formations végétales naturelles de 44,61 % entre 1987 et 2016 et [50] dans le bassin de Banankoro dans le Sud-Ouest du Mali où la forêt galerie a régressé de -5,96 % entre 1987 et 2019. Les ressources hydriques ne sont pas épargnées par les envahissements urbains. Elles sont polluées (365000 m³/an en 2015 par les activités teinturrières à Bamako, ANGESEM in [51]) disloquées et occupées ; elles s'amenuisent au fil du temps. Des résultats semblables sont trouvés dans l'agglomération urbaine de Bangalore : 4817 ha en 1992 à 1331 ha en 2012 [52] ; 903,43 ha par an à Shanghai, [53] ; 104,13045 à 62,74 ha à Ibadan entre 1984 et 2011 [54] ; 65,71 à 34,74 ha à Kumasi entre 1986 et 2016 [33].

5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la dynamique urbaine de Bamako dans son aire métropolitaine entre 1972 et 2018. Au cours de cette période, les espaces bâtis se sont considérablement répandus, passant de 34,9 à 307,7 km². Ce qui a entraîné des changements dramatiques dans les autres classes d'occupation du sol qui ont nettement reculé, en l'occurrence, la végétation. La dilatation spatiale est liée à une poussée démographique rapide mais aussi à une pauvreté très importante au sein de la population. L'augmentation du taux d'imperméabilisation de 3,2 à 28,2 % accentue les risques d'inondation tandis que le recul de celui du couvert végétal de 57,5 à 41,7 % favorise l'érosion hydrique et éolienne.

Références

- [1] - UNITED NATIONS, World Urbanization Prospects, The 2011 Revision, Highlights. United Nations, New York (2012)
- [2] - UNITED NATIONS, Policies on spatial distribution and urbanization: data booklet. United Nations, New York (2016)
- [3] - FAO, Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal. FAO, Rome (2010)
- [4] - Institut National de Statistique (INSTAT), Le Mali en chiffres 2010-2014. INSTAT, Bamako (2015)
- [5] - Ministère de l'Environnement, Assainissement et du Développement Durable, Rapport national sur l'état de l'environnement 2017, MEADD, Bamako (2019)
- [6] - UNITED NATIONS, World urbanization prospects. The 2014 Revision, United Nations, New York (2015)
- [7] - ONU-Habitat, L'état des villes africaines : reinventer la transition urbaine. ONU-Habitat, Nairobi (2014)
- [8] - G. SAINTENY, L'étalement urbain, Responsabilité & Environnement 49 (2008) 7 - 18
- [9] - I. NDIAYE, Étalement urbain et différenciation sociospatiale à Dakar (Sénégal), *Cahiers de géographie du Québec*, 159 (166) (2015) 47 - 69
- [10] - R. OURA, Extension urbaine et protection naturelle : la difficile expérience d'Abidjan, *VertigO- la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12 (2) (2012)
- [11] - N. SAKO, G. BELTRANDO, K. L. ATTA, H. N'DA et T. BROU, Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc national du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire), *VertigO- La revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (2) (2013)
- [12] - A. DEMBELE et M. M. TESSOUGUE, Pressions foncières et démographiques de Bamako sur la commune rurale de Sangarébougou entre 1986 et 2016, *Ahoho*, 20 (2018) 15 - 35
- [13] - Cellule de Planification Statistique, INSAH et ICF International, Enquête Démographique et de Santé au Mali 2012-2013, Rockville (2014)

- [14] - B. DIARRA, Dynamique spatiale et politiques urbaines à Bamako: le rôle des images-satellite SPOT dans la gestion des villes, Marseille, Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille I, Université de Provence, (1999)
- [15] - B. DIARRA, Croissance démographique et modes d'insertion des populations dans le tissu urbain de Bamako, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement* 2 (2015) 97 - 109
- [16] - B. A. DIALLO and Z. BAO, Land cover change assessment using Remote Sensing : case study of Bamako, Mali, *Researcher*, 4 (2) (2010) 7 - 17
- [17] - B. A. DIALLO, Change detection in land use and land cover using remote sensing data : case study of Bamako, Mali, Mémoire de Master, China University of Geosciences, Wuhan (2010)
- [18] - R. RENZONG, A. RU and M. A. KEITA, « Remote sensing and GIS in urban sprawl and arable land loss analysis, *International journal of research-Granthaalayah*, 6 (8) (2018) 1 - 15
- [19] - Direction Nationale de la Population (DNP), Estimation de la population du Mali. DNP, Bamako (2018)
- [20] - J. R. ANDERSON, E. E. HARDY, J. T. ROACH and R. E. WITMER, A land use and land cover classification system for use with remote sensor data, *Geological Survey Professional Paper* 964 (1976)
- [21] - A. BUTT, R. SHABBIR, S. S. AHMED and N. AZIZ, Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS : A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 18 (2015) 251 - 259, Hosted by ELSEVIER
- [22] - Md. I. HAQUE and R. BASAK, Land cover change detection using GIS and Remote Sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 20 (2017) 251 - 263, Hosted by ELSEVIER
- [23] - C. KAMUSOKO, Bamako metropolitan area in Urban Development in Asia and Africa, *Book chapter 14 in Y. M. al., Éd., Springer Singapore*, (2017)
- [24] - B. A. DIALLO, B. DIARRA et D. D. TRAORE, Mesure de la consommation d'espaces par l'urbanisation à Bamako (Mali) in Actes du Colloque international de géographie, Bouaké 11-13 juin 2019. *Géovision (Hors-série n°1)* (2019) 57 - 86
- [25] - C. KAMUSOKO, J. GAMBA and H. MURAKAMI, Monitoring urban spatial growth in Harare metropolitan province, Zimbabwe, *Advances in Remote Sensing*, 2 (2013) 322 - 331
- [26] - B. M. OLADOLE and B. H. OLADIMEJI, Dynamics of urban land use changes with remote sensing: case study of Ibadan, Nigeria, *Journal of Geography and Regional Planning*, 4(11) (2011) 632 - 643
- [27] - I. C. ADOLPHUS and A. AKINBOBOLA, Land use land cover change detection in some selected stations in Anambra State, *Journal of Geography and Regional Planning*, 8 (1) (2015) 1 - 11
- [28] - T. FRIEHAT, G. MULUGETA and T. GALA, Modeling urban sprawls in Northeastern Illinois, *Journal of Geosciences and Geomatics*, 3 (5) (2015) 133 - 141
- [29] - A. AZIZI, B. MALAKMOHAMADI and H. JAFARI, Land use and land cover spatiotemporal dynamic pattern and predicting changes using integrated CA_Markov model, *Global J. Environ.Sci. Manage.*, 2 (3) (2016) 223 - 234
- [30] - A. BAHANNI, N. ADOUK et A. BOUDOU, La commune de Dar Bouazza : un espace en dégradation suite au débordement urbain in *3ème Edition du Colloque International des utilisateurs du SIG*, 22-23 Novembre, Oujda (2016) 433 - 438
- [31] - M. M. MALIK, J. A. TALJ and A. NUSRATH, Assessment of land use and land cover change in District Baramulla, Jammu and Kashmir. Research and Reviews Research and Reviews, *Journal of Space Science and Technology*, 6 (3) (2017) 1 - 14
- [32] - K. ABASS, K. AFRIYIE and R. M. GYASI, From green to grey : the dynamics of land use land cover change in urban Ghana, *Landscape Research*, (2018a) 1 - 13

- [33] - K. ABASS, S. K. ADANU and S. AGYEMANG, Peri-urbanisation and loss of arable land in Kumasi Metropolis in three decades : Evidence from remote sensing image analysis, *Land Use Policy*, 72 (2018b) 470 - 479
- [34] - V. MUDHOLE, V. AWATI and M. NATARAJA, Land use land cover mapping and change detection analysis of Belagavi city, Karnataka », *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5 (7) (2018)1768 - 1770
- [35] - M. K. KAYEMBE, M. DE MAEYER et E. WOLFF, Cartographie de la croissance urbaine de Kinshasa (R.D. Congo) entre 1995 et 2005 par télédétection satellitaire à haute résolution, *Revue belge de géographie*, 3 (4) (2009) 439 - 455
- [36] - V. MANIRAKIZA, Processus d'urbanisation de la ville de Kigali, Rwanda : relation entre la dynamique spatiale et démographique. *Communication pour la chaire Quetelet 2011* « Urbanisation, migrations internes et comportements démographiques », Université Catholique de Louvain, Louvain (2011)
- [37] - B. BHATTA, Urban growth analysis and Remote Sensing : A case study of Kolkata, India 1980 - 2010 , Springer, New York (2012)
- [38] - A. ALI, A. KHALID, M. A. BUTT, R. MEHMOOD, S. A. MAHMOOD, J. SAMI, J. QURESHI, K. SHAFIQUE, A. K. GHALIB, R. WAHEED, F. ALI, R. MUKHTAR and M. AZHAR, Towards a Remote Sensing and GIS-Based technique to study population and urban growth : A case study of Multan, *Advances in Remote Sensing*, (7) (2018) 245 - 258
- [39] - W. O. OMOLLO, P. O. HAYOMBE and F. O. OWINO, Spatio-Temporal Implications of Land Use Change in Kisii Town, Kenya, *American Journal of Geographic Information System*, 7(2) (2018) 49 - 57
- [40] - INSTAT, Consommation, pauvreté, bien-être des ménages EMOP 2015/2016, INSTAT, Bamako (2016)
- [41] - M. BERTRAND, Du District au « grand Bamako » (Mali) : réserves foncières en tension, gouvernance contestée, Cybergeog, *European Journal of Geography*(2015)
- [42] - Banque Mondiale, Les défis de l'urbanisation en Afrique de l'Ouest , Banque Mondiale, Washington (2018)
- [43] - M. TOURE, Les avatars de la gestion urbaine à Bamako : de la logique coloniale à la logique mondiale. Essai de géographie sociale, Thèse de doctorat, Université de Caen, Basse- Normandie Caen (2014)
- [44] - C. FARVACQUE-VITKOVIC, A. CASALIS, M. DIOP and C. EGHOFF, Développement des villes maliennes - enjeux et priorités, The World Bank, Washington Série Documents de travail de la Région Afrique N° 104/b, (2007)
- [45] - A. DURAND-LASSERVE, M. DURAND-LASSERVE and H. SELOD, A systemic analysis of land markets and land institutions in West African cities : rules and practices the case of Bamako, Mali, The World Bank, Washington, Policy Research Working Paper 6687, (2013)
- [46] - C. FARVACQUE-VITKOVIC, M. RAGHUNATH, C. EGHOFF and C. BOAKYE, Development of the cities of Ghana challenges, priorities and tools, The World Bank, Washington Africa Region Working Paper Series N° 110 (2008)
- [47] - J. KASHAIGILI and A. MAJALIWA, Integrated assessment of land use and cover changes in the Malagarasi river catchment in Tanzania, *Physics and Chemistry of the Earth*, 35 (2010) 730 - 741
- [48] - G. HOUNTO, S. MOUZOUN et I. YABI, Implications socio-environnementales de la dynamique d'occupation du sol des zones humides du site RAMSAR 1017, Sud-Ouest du Bénin, *Afrique SCIENCE* 15(4)(2019) 317 - 329
- [49] - B. M. S. OROU N'GOBI, M. GIBIGAYE, A. ASSANI SEIDOU, A. SABI YO BONI et A. S. OUOROU N'GOBI, Dynamique de l'occupation du sol dans la forêt classée des trois rivières au Nord Bénin dans un contexte de variabilité climatique, *Afrique SCIENCE* 17(3) (2020) 1 - 15

- [50] - B. A. MAIGA, K. E. KOUADIO et O. SOUMARE, Evaluation de la dynamique de l'occupation du sol engendrée par l'orpaillage dans le bassin de Banankoro, Région de Koulikoro, Sud-Ouest du Mali, *Afrique SCIENCE* 17(3) (2020) 28 - 39
- [51] - MEADD, Rapport sur l'état du fleuve Niger au Mali, MEADD, Bamako (2018)
- [52] - B. PARUTI and B. SANTHAVEERANAGOUD, Land use land cover change detection by multi-temporal remote sensing imageries : Bangalore city India (1992-2012), *International Journal of Civil Engereening*, 3 (1) (2014) 51 - 58
- [53] - H. ZHANG, L.-G. ZHOU, M.-N. CHEN and W.-C. MA, Land use dynamics of the fast - growing Shanghai metropolis, China (1979 - 2008) and its implications for land use and urban planning policy, *Sensors*, (11) (2011) 1794 - 1809
- [54] - C. F. AGBOR, O. J. AIGBOKHAN, C. S. OSUDIALA and L. MALIZU, Land use and land cover change prediction of Ibadan metropolis, *Journal of Forestry Research and Management*, 9 (2012) 1 - 13