



Université  
de Lomé

**ESPACES, SOCIÉTÉS ET  
DEVELOPPEMENT EN AFRIQUE  
SUBSAHARIENNE**

**MELANGES**

**Offerts en hommage au Professeur  
Antoine Koffi AKIBODE**



**TOME 1**

**Sous la direction du Professeur  
Wonou OLADOKOUN**

**ISBN 975-2-916789-23-1**

**Presses Universitaires de Lomé**

## **COMITE SCIENTIFIQUE**

Pr Wonou OLADOKOUN, Pr Tchégnon ABOTCHI, Pr Thiou Tanzidani Komlan TCHAMIE, Pr Adoté Blim BLIVI, Pr Yao DZIWonou, Pr Lalle Yendoukoa LARE, Pr Yaovi AKAKPO, Pr Adovi N’Bueké GOEH-AKUE, Pr Komi KOSSI-TITRIKOU, Pr Martin Dossou GBENOUGA, Pr Essè Aziagbéde AMOUZOU, Pr Marc Louis ROPIVIA, Pr Hugues MOUCKAGA, Pr Bonaventure Maurice MENGHO, Pr Jérôme ALOKO NGUESSAN, Pr Céline Yolande BIKPO, Pr Paul Kououssi ANOH, Pr Arsène DJAKO, Pr Célestin HAUHOUOT, Pr Joseph ASSI-KAUDJHIS, Pr Brice SINSIN, Pr Benoît N’BESSA, Pr Michel BOKO, Pr Christophe Sègbè HOUSSOU, Pr Etienne DOMINGO, Pr Ousamane NEBIE, Pr Gorges COMPAORE, Pr Henri MONTCHO, Pr Oumar DIOP, Pr Yolande OFOUEME-BERTON, Pr Gertrude NDEKO, Pr Odile DOSSOU GUEDEGBE, NYASSOGBO Kwami Gabriel (M.C.), Kodjovi Sidera EDJAME (M.C.), Frédéric O. Koulanswonthé PALE (M.C.), Koudzo SOKEMAWU (M.C.), Edinam KOLA (M.C.), Selom Komi KLASSOU (M.C.), Kossiwa ZINSOU-KLASSOU (M.C.), Assogba GUEZERE (M.C.), Tak Youssif GNONGBO (M.C.), Padabô KADOUZA (M.C.), Messan VIMENYO (M.C.), Tchaa BOUKPESSI (M.C.).

## **COMITE DE LECTURE**

Pr Martin Dossou GBENOUGA, Koudzo SOKEMAWU (M.C.), Edinam KOLA (M.C.), Kossiwa ZINSOU-KLASSOU (M.C.), Messan VIMENYO (M.C.), Padabô KADOUZA (M.C.), Follygan HETCHELI (M.C.), Délali Komivi AVEGNON (M.C.), Nayondjoa KONLANI (M.A.), Ama-Edi KOUYA (M.A.), Koko Zébéto HOUEDAKOR (M.A.), Pessièzoum ADJOUSSI (M.A.), Minkilabe DJANGBEDJA (M.A.), Komi N’KERE (M.A.), Iléri DANDONOUGBO (M.A.), Koku-Azonko FIAGAN (A), Abdourazakou ALASSANE (A), Canyi M. E. AMAH (Dr).

## **COMITE DE REDACTION**

Koudzo SOKEMAWU (M.C.), Koku-Azonko FIAGAN (A), Canyi M. E. AMAH (Dr).

# **PREMIERE PARTIE**

## **MILIEU NATUREL ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES**

## ESTIMATION DE LA POPULATION PAR TELEDETECTION ET SIG AU SUD-OUEST DU BASSIN VERSANT DE L'OUEME SUPERIEUR AU BENIN

*Hermann A. PLAGBETO, Salomon CHABI ADIMI,  
Vincent O. A. OREKAN*

*Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE),  
Université d'Abomey-Calavi, BP 677 Abomey-Calavi.*

*E-mail : plagbeto@gmail.com, vincent.orekan@gmail.com*

**Résumé :** *La nécessité de disposer de données démographiques fiables pour la prise de décision se fait davantage exigeante. Les données sur la population et l'habitation sont généralement collectées à travers un recensement systématique et exhaustif. Malgré son caractère estimatif, les approches traditionnelles de collecte des données reviennent coûteuses et longues. L'exploitation de l'imagerie satellitaire de haute résolution pour la collecte de ces données constitue une alternative utile, nettement moins onéreuse que les méthodes traditionnelles, bien qu'elle soit aussi moins précise. Ce travail de recherche vise une estimation de la population à partir de l'imagerie satellitaire au moyen des techniques de télédétection et du système d'information géographique.*

*L'estimation de la population des villages de Doguè, Kpessou, Wari-Marou et de Yébessi s'est faite à partir d'une image satellitaire de 0,3 mètre de résolution, téléchargée depuis la plateforme Bing et d'une formule intégrant la proportion du bâti, le nombre d'habitation, la superficie de la zone d'étude et la taille moyenne des ménages du dernier recensement de la population et de l'habitation.*

*Les résultats obtenus sont proches des résultats de projection de la population sur l'année 2016 à partir des données de recensement général de la population et de l'habitation. Ainsi on dénombre 6950 habitants à Yebessi, 6120 à Kpessou, 8042 à Wari-Marou et 4723 à Doguè. Cette étude illustre de façon concrète les atouts opérationnels qu'offrent la télédétection et les SIG dans la recherche démographique.*

**Mots-clés :** *Population, estimation, télédétection et SIG, Ouémé supérieur.*

**Abstract:** *The need for reliable demographic data for decision-making is more demanding. Population and housing data are usually collected through a systematic and comprehensive census. Despite this overall estimate, traditional data collection approaches are costly and time-consuming. The*

*use of high-resolution satellite images for the collection of these data is a useful alternative, much less expensive than traditional methods, although it is also less accurate. This research project proposes to estimate from satellite imagery, the number of dwellings and the population taking into account the size of the households. The basic idea is to digitize all dwellings that may contain households.*

*The population estimate for the villages of Dogue, Kpessou, Wari-Marou and Yebessi was based on a 0.5 meter resolution satellite image, downloaded from the Bing platform and a formula incorporating the proportion the dwelling size, the number of dwellings, the area of the study area and the average household size of the last census.*

*The results obtained are close to the population projection results for 2016 based on the general population and housing census data. Thus there are 6950 inhabitants in Yebessi, 6120 in Kpessou, 8042 in Wari-Marou and 4723 in Dogue. This study concretely illustrates the operational strengths of remote sensing and GIS in demographic research.*

**Keywords:** *population, estimation, remote sensing and GIS, upper Oueme.*

## **Introduction**

Pour accompagner les décisions politiques et la planification du développement, une meilleure compréhension de la démographie est nécessaire. La connaissance des effectifs de la population est un facteur essentiel dans la mise en œuvre des programmes de gestion de l'espace (R. A. Zida, 2014, p. 7). L'estimation de la population, sa distribution spatiale et sa dynamique sont devenues importantes dans la compréhension des problèmes sociaux, économiques et environnementaux (Q. Weng, 2010, p. 1). Malheureusement, le recensement de la population conventionnel est coûteux et n'est normalement effectué que tous les dix ans (C. P. Lo, 1995, p. 18). L'Afrique subsaharienne connaît depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, une croissance démographique exceptionnelle (B. Ferry, 2007, p. 1) et les pays en voie de développement en général et ceux du continent africain font constamment face à des problèmes complexes liés à la collecte de ces données démographiques. Pour penser et améliorer cette approche classique de recensement, maint réflexions scientifiques ont été initiées par la communauté scientifique. Cette problématique a suscité le développement et l'utilisation d'une gamme variée de méthodes et d'outils d'estimation, leur distribution dans le

temps, dans l'espace, entre les groupes sociaux afin d'identifier les déterminants et mécanismes d'action.

En général, l'approche la plus précise exige l'identification et le dénombrement correct des unités d'habitation à partir de photographies aériennes à grande échelle et une connaissance exacte de la taille des ménages de différents types de logement (J. F. Watkins, and H. A. Morrow-Jones, 1985, p. 1; C. P. Lo, 1989, p. 1). La plupart des données démographiques utilisées au Bénin proviennent de l'INSAE et sont rendues disponibles depuis 1979 grâce à des travaux de recensement effectués chaque dix ans. Mais les techniques utilisées pour le dénombrement de la population sont pour la plupart très onéreuses et prennent beaucoup de temps d'exécution (CERTU, 2005, p. 7).

Avec la disponibilité accrue de la technologie informatique, y compris l'analyse d'images et les capacités SIG, une approche plus automatisée de l'estimation de la population sur des zones plus vastes est possible. La télédétection fournit une approche peu coûteuse pour générer des estimations de population. La photographie aérienne est particulièrement efficace à cet effet (C. P. Lo et H. F. Chan, 1980, p. 337). La démarche présentée dans cet article consiste à digitaliser les bâtis contenus dans les images aériennes de haute résolution des différents villages afin de déterminer l'effectif de la population.

Les capteurs à haute résolution spatiale permettent de nos jours d'accéder à une information implicitement géographique et de localiser les formes urbaines susceptibles d'être révélatrices de structures facilitant les réflexions sur les processus constitutifs du tissu démographique. L'utilisation de la chaîne opérationnelle télédétection-SIG aura donc pour intérêt de fournir une base de sondage rigoureuse et à jour pour des enquêtes statistiques diverses (démographiques, socio-économiques, etc.) et de mesurer la croissance spatiale des agglomérations en vue de la définition d'une politique de gestion rationnelle de l'espace.

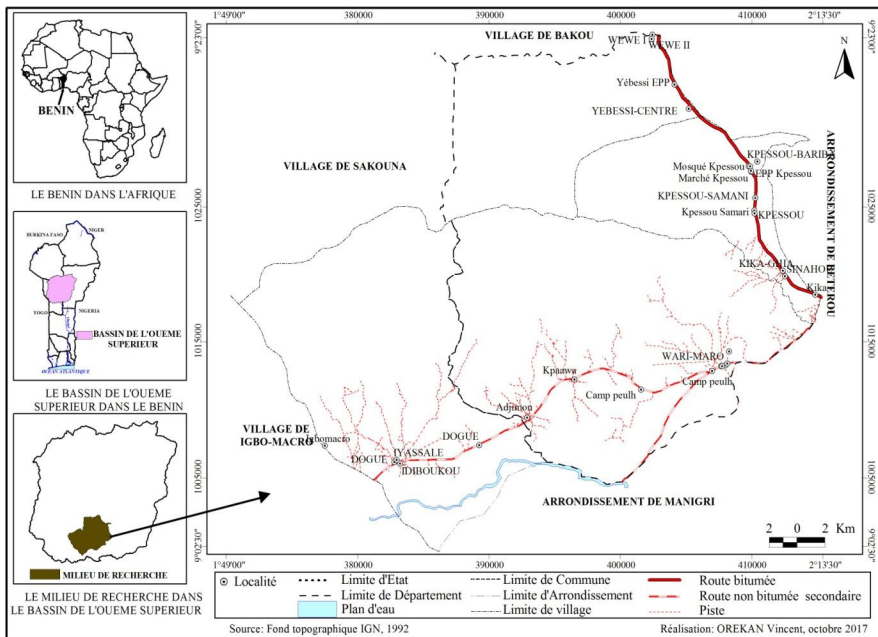
Les approches connues et faisant fortement usage des techniques de télédétection et de SIG avancées dans certains pays en développement en vue de l'estimation de diverses populations ont été moins appliquées ou peut être pas du tout appliquées au Bénin. Cette étude illustre de façon concrète, les atouts opérationnels qu'offrent la

téledétection et des Systèmes d'Information Géographique dans la recherche des informations pour l'estimation de populations rurales.

### 1. Présentation du milieu de recherche

Situé entre 1°49' et 2°13'30'' de longitude est d'une part et entre 9°02' et 9°23' de latitude nord d'autre part, le milieu de recherche regroupe quatre villages au sud-ouest du bassin de l'Ouémé supérieur à savoir Doguè, Kpessou, Wari-Marou et Yébessi (Figure n°1).

**Figure n°1 : Situation géographique du milieu de recherche**



Il couvre une superficie de 948,2 km<sup>2</sup>. Dans l'ordre, les villages Wari-Marou et Doguè sont plus étendus que Yébessi et Kpessou. Bien que la densité moyenne de population y soit relativement faible (30 hab./km<sup>2</sup>), le secteur connaît une immigration intense et un fort taux de croissance de population, parfois supérieur à 13% (en 2002 pour Wari-Marou) pour certains villages (Orékan, 2007, p. 37 ; Orékan et al., 2010, p. 154 ; Boni et al., 2013, p. 25). Kpessou, Yébessi, Wari-Marou et Doguè observent respectivement une densité de 46, 35, 21 et 16 hab./km<sup>2</sup>. L'agriculture, l'exploitation incontrôlée des forêts et la pratique de feux de végétation, la transhumance sont les principales activités auxquelles se livrent les populations (Orékan, 2007, p. 42).

En effet, au cours de ces dernières décennies, le secteur d'étude draine un effectif important de colons agricoles (Plagbéto, 2018) à la recherche de terres fertiles. Cette potentialité qu'offre le secteur constitue un facteur attrayant qui suscite d'année en année une mobilisation de la population agricole qui induit du coup une forte croissance de la population. Le phénomène est fort remarquable dans le village Wari-Marou dont la population a évolué de 974 habitants en 2002 à 7882 habitants en 2013, soit de 11% à 33% de la population totale du secteur d'étude (Tableau n°1).

**Tableau n°1 : Données démographiques des localités d'étude (2002, 2013)**

| Village    | Taille Ménage |      | Population totale |      | Taux de croissance |      |
|------------|---------------|------|-------------------|------|--------------------|------|
|            | 2002          | 2013 | 2002              | 2013 | 2002               | 2013 |
| Dogué      | 189           | 627  | 1659              | 4539 | 8,8                | 7,2  |
| Wari-Marou | 144           | 946  | 974               | 7882 | 6,8                | 8,3  |
| Yébessi    | 455           | 711  | 3218              | 5724 | 7,1                | 8,1  |
| Kpessou    | 373           | 631  | 2702              | 5661 | 7,2                | 9,0  |

*Source : INSAE, 2004 ; 2016.*

Il en résulte un essaim de hameaux autour de l'agglomération centrale du village et qui participent très rapidement à la transformation du paysage rural dont les habitations sont aisément observables à partir d'une image satellite (Photo n°1a et n°1b).

**Photo n°1a : Essaim de hameaux autour de Dogué**



### **Photo n°1b : Agglomération du village Wari-Marô**



*Source : Bing satellite.*

Bien que la toiture faite généralement en paille de ces hameaux (1a) soit moins éclatante que celle des habitations de l'agglomération (1b), elle impacte aussi le peuplement du secteur voire la taille de la population.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1. Matériel**

Le matériel prend en compte les données exploitées et les logiciels mis à contribution pour le traitement et l'analyse des résultats.

#### **2.1.1. Données**

Deux types de données ont été mis à contribution : les données démographiques et géospatiales. En effet, les statistiques de recensement de 2002 et de 2013 (INSAE, 2004 et 2016) ont été exploitées pour alimenter les analyses démographiques. Il s'agit de l'effectif total de la population, la taille moyenne de ménage et le taux d'accroissement intercensitaire de chaque village. Les données spatiales rassemblent les données de format vectoriel représentant les limites des villages de Doguè et Wari-Marô (Orékan, 2007, p. 38) d'une part ; et Kpessou et Yébéssi (Plagbéto, 2018) d'autre part. Les limites administratives officielles n'existant qu'au niveau arrondissement (pour certains), les délimitations actuelles ont été réalisées à partir des déclarations authentiques des personnes ressources et autorités administratives locales lors des enquêtes socio-économiques ponctuelles. Elles facilitent dès lors les analyses

spatiales requises pour les travaux d'estimation et de validation des résultats obtenus.

Ces informations géospatiales sont appuyées par celles issues de l'interprétation des images satellites.

### **2.1.2. Logiciels**

Il s'agit de SAS.Planet utilisé pour télécharger les images Bing satellite, des SIG QGIS, ArcGIS et Excel pour la numérisation des objets d'une part, et le traitement cartographique et les analyses spatiales et statistiques, d'autre part.

## **2.2. Méthodes**

### **2.2.1. Acquisition de l'image satellitaire**

Les images exploitées dans la présente étude sont téléchargées via Bing satellite au moyen du logiciel SAS.Planet. Il s'agit des images à haute résolution 0,3 mètre pour l'année 2016 facilitant l'identification des différents objets du paysage rural.

### **2.2.2. Interprétation de l'imagerie satellite**

L'interprétation d'une image satellitaire consiste à déterminer les différents éléments contenus dans l'image, à partir d'une clé d'interprétation. Cette technique permet de repérer et d'identifier les « objets » qui occupent le terrain (végétation, bâtiments...) à partir des valeurs de luminance de ces objets dans les différentes fenêtres du spectre électromagnétique. La clé d'interprétation dans le cadre de cette recherche prend en compte les éléments d'interprétation renseignés dans le tableau n°2.

**Tableau n°2 : Clé d'interprétation de l'image satellite**

| Éléments d'interprétation | Couleur  | Forme                           | Taille                                      | Ton                        | Association                        |
|---------------------------|--|---------------------------------|---|----------------------------|------------------------------------|
| Utilité                   | Identification des éléments à partir de la couleur dominante, association de couleurs ou type de structure | Structure ou contour des objets | Différentiation des éléments de même nature | Clarté relative des objets | Relation entre les objets spatiaux |

La mise en œuvre de ces critères a permis d'identifier plus aisément les objets d'intérêt susceptibles d'abriter les populations humaines tels que les bâtis, puis leur numérisation, et enfin l'estimation de la population.

➤ *Identification des bâtiments remarquables*

Sur l'image satellitaire de haute résolution, sont identifiés comme bâtiments remarquables ceux relevant des habitations d'une part ; et des infrastructures sociocommunitaires telles que les infrastructures sanitaires, scolaires et marchandes, d'autre part. Dans la seconde catégorie, il s'agit des bâtiments des centres de santé, des écoles, des hangars des marchés et des magasins qui ont fait l'objet de numérisation. Pour confirmer ou infirmer les objets dont l'identification est moins aisée, une campagne de vérité terrain liminaire a été organisée (Plagbéto, 2018). Les travaux de terrain ont ainsi permis de relever les attributs de quelques bâtiments remarquables (Figure n°2).

**Figure n°2 : Identification de quelques bâtiments remarquables sur l'image**



Source : Image de 2016 téléchargée via Bing Satellite.

➤ *Numérisation des habitats*

La numérisation visuelle a consisté à digitaliser les bâtis identifiés à partir des critères sus énumérés et sur la base des travaux de terrain. Ce processus a permis de vectoriser tous les différents bâtis contenus dans l'image. En se basant sur les clés d'interprétation, les divers objets ont été ainsi numérisés puis classifiés selon leurs attributs respectifs et en fonction de la catégorie. Les résultats obtenus sont enregistrés sous fichiers de forme utilisables sous le système

d'information géographique (SIG). La figure n°3 illustre le processus de numérisation du village de Kpessou.

### **Figure n°3 : Vue des objets numérisés du village Kpessou**



*Source : Image Bing Satellite et résultats de numérisation*

#### **➤ Extraction et classification du bâti**

Le fichier de forme dans le SIG présente une table d'attribut par défaut. Cette table a été mise à jour avec de nouveaux attributs pour faciliter la classification du bâti numérisé. Une valeur unique est attribuée à chaque type de bâtiments. Deux grandes classes de bâtiments ont été retenues : les habitations et les infrastructures sociocommunitaires. Les habitations regroupent les habitations avec toiture recouvertes de matériaux très réfléchissants (feuilles de tôle en aluminium) les rendant très identifiables.

Elles intègrent aussi les habitations sans toiture (bâtiments en construction). Les infrastructures sociocommunitaires rassemblent quant à elles les infrastructures marchandes (hangars de marché, magasin) ; les infrastructures scolaires (bâtiments d'école), les infrastructures scolaires et autres infrastructures sociocommunitaires. Au terme de la mise à jour de la table d'attributs, seuls les types de bâtiments ayant pour type de classification « Habitation » ont été sélectionnés grâce à l'outil de sélection par attribut et par localisation sous ArcGIS. Cette sélection a

fait l'objet de traitement en vue de la détermination du nombre d'habitations par village et l'estimation de la population.

### 2.2.3. Estimation de la population du secteur d'étude

L'approche méthodologique retenue pour l'estimation de la population est inspirée de Desprats et Dutartre (1995) et de Zida (2014). Elle intègre les procédures d'interprétation de l'image satellitaire (interprétation visuelle), des calculs statistiques et de l'exploitation des données géospatiales (limites administratives des villages) réalisées à partir du Système d'Information Géographique. Ainsi, le nombre d'habitations et la population sont estimés aux moyens des équations 1 et 2:

$$Pe = Tm \times Nh \quad (\text{Equation 1})$$

$$Nh = Ss \times Dh \times Sc \quad (\text{Equation 2})$$

Avec : Pe : population estimée ;

Tm : taille des ménages

Nh : nombre d'habitation de chaque village

Ss : surface en hectare de chaque village.

Dh : densité d'habitation par hectare de chaque village

Sc : pourcentage des surfaces construites par village.

La densité d'habitation Dh ci-dessous exprimée (équation 3) est déduite de l'équation 2.

$$Dh = \frac{Nh}{Ss \times Sc} \quad (\text{Equation 3})$$

Elle résulte du rapport entre le nombre d'habitations (Nh) obtenu par sélection et le produit de la superficie construite et de la surface en hectare de chaque village. , le nombre d'habitations par village ayant été obtenu par numérisation. La surface construite et la surface des villages ont été déterminées par l'outil de calcul de géométrie de ArcGIS.

L'estimation de la population sur la base du recensement de la population s'obtient à partir de la formule suivante en  $P_t$  (Equation 4). Elle est utilisée pour la validation des résultats obtenus par comparaison.

$$P_t = P_i e^{rt} \text{ (Equation 4)}$$

Avec  $P_t$  : population estimée

$P_i$  : population initiale à la dernière année censitaire

$r$  : le taux d'accroissement inter censitaire

$t$  : le temps en année entre l'année initiale et l'année de projection

$e$  : l'exponentielle

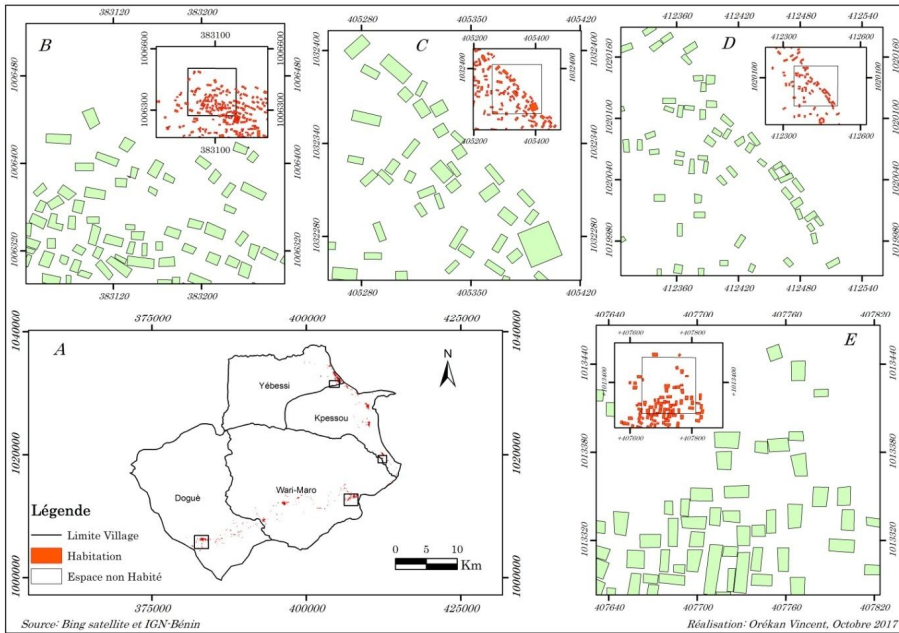
### **3. Résultats et discussion**

#### ***3.1. Configuration spatiale de l'habitat par village***

A la lecture des habitations numérisées, on note une faible emprise spatiale des habitations sur le territoire étudié. Cette situation confirme le caractère encore rural de l'espace largement occupé par les unités agricoles et le couvert végétal. La configuration spatiale des habitations dénote un habitat groupé dans les villages de Wari-Marô et de Doguè alors qu'il est faiblement dispersé et linéaire pour les villages de Yébessi et de Kpessou (Figure n°4). Les 2 premiers villages sont traversés par une voie intérieure carrossable faiblement pratiquée tandis que les 2 derniers sont situés en bordure d'une route bitumée interurbaine. La majorité des habitations s'installent proche de la voie.

Le secteur d'étude affiche au total 3163 habitations réparties dans les quatre villages. Elles présentent des tailles, des dimensions et des formes géométriques (carrées, rectangulaires ou en L) variables et parfois regroupées en concessions (cas des habitations fermées à Kpessou).

**Figure n°4 : Configuration des habitations par village**



**Source : Résultats de numérisation de l'imagerie Bing Satellite**

(A : secteur d'étude et indication des extraits des secteurs d'habitations par village ; B : extrait de l'échantillon d'habitations numérisées à Doguè ; C : extrait de l'échantillon d'habitations numérisées à Yébessi ; D : extrait de l'échantillon d'habitations numérisées à Kpessou ; E : extrait de l'échantillon d'habitations numérisées à Wari-Marò)

Parmi les 3163 habitations, 20 sont des bâtiments socio-collectifs relevant des infrastructures sociocommunitaires. Il s'agit des magasins, des boutiques, des centres de santé, des UVS (Unités Villageoises de Santé), des marchés et des écoles. Ces infrastructures socio-collectives sont exclues du processus de dénombrement de la population. Le tableau n°3 présente la répartition des effectifs d'habitations par village.

**Tableau n°3 : Nombre d'habitations par village**

| Village      | Nombre d'habitations | Taille moyenne par habitation (m <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------------|---|
| Yébéssi      | 858                  | 60  |
| Kpessou      | 680                  | 70  |
| Wari-Marou   | 969                  | 77  |
| Doguè        | 656                  | 82  |
| <b>Total</b> | <b>3163</b>          | <b>72,25</b>                                    |

Source : Numérisation des bâtis

Il se dégage que le village de Wari-Marou comporte plus d'habitations soit environ 31% des habitations du secteur d'étude. La superficie moyenne par habitation est par contre plus élevée à Doguè (une moyenne de 82 m<sup>2</sup> pour Doguè contre 72,25 m<sup>2</sup> pour tout le secteur). Cette taille en habitations confirme aussi la prééminence du village de Wari-Marou en matière de population voire d'habitations surtout dominées par celles des colons agricoles.

### 3.2. Estimation de la population des villages du secteur d'étude

L'estimation de la population se base sur le nombre d'habitations et la taille moyenne des ménages au dernier recensement national de la population et de l'habitation (RGPH4) et les autres paramètres définis plus haut (Tableau n°4).

**Tableau n°4: Paramètres et résultats d'estimation de la population**

| Villages   | Surface construite | Densité d'habitation | Surface de village (ha) | Taille moyenne des ménages | Nombre d'habitations | Nombre d'habitants |
|------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| Yébéssi    | 5,21               | 1,65                 | 16325,30                | 8,10                       | 858                  | 6950               |
| Kpessou    | 4,82               | 1,41                 | 12260,93                | 9,00                       | 680                  | 6120               |
| Wari-Marou | 7,51               | 1,29                 | 37458,60                | 8,30                       | 969                  | 8042               |
| Doguè      | 4,11               | 1,60                 | 28774,86                | 7,20                       | 656                  | 4723               |
| Total      | 21,64              |                      | 94819,69                |                            | 3163                 | 25835              |

Source : Traitements statistiques des données.

### 3.3. Validation des résultats obtenus

La validation s'est faite par comparaison avec la projection de la population en 2016 en utilisant les résultats issus du RGPH 4 de 2013 (Tableau n°5).

**Tableau n°5: Comparaison des données de RGPH 4 (2013) et de l'approche par télédétection**

| Villages     | Taux d'accroissement | Population de 2013 | Projection population en 2016 | Estimation en 2016 par télédétection |
|--------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Yébéssi      | 6,68                 | 5724               | 6994                          | 6950                                 |
| Kpessou      | 6,68                 | 5661               | 6917                          | 6120                                 |
| Wari-Marô    | 6,68                 | 7882               | 9631                          | 8042                                 |
| Doge         | 5,51                 | 4539               | 5355                          | 4723                                 |
| <b>Total</b> |                      | <b>23806</b>       | <b>28897</b>                  | <b>25835</b>                         |

*Source : Données RGPH 4 projetées et résultats d'estimation de la population.*

De l'analyse du tableau n°5, il ressort que les résultats issus de l'estimation de la population concordent avec les résultats du RGPH 4 avec quelques différences. L'estimation de la population par les techniques de télédétection et du SIG utilisées dans cet article est donc concluante.

## Discussion

L'utilisation de la télédétection et des SIG pour l'estimation de la population dans cette recherche n'est pas la première dans l'histoire des sciences. L'exploitation des images aériennes à haute résolution dans l'estimation de la population est un exercice déjà fait par plusieurs auteurs. La première application de cette méthode à la ville de Quito remonte en décembre 1987. Elle a confirmé l'intérêt de la méthode et permis d'évaluer le coût de mise en œuvre, et la précision des résultats (F. Dureau, 1990, p. 24). En effet, dans une ville ne disposant d'aucune base de sondage classique, l'auteur a pu sélectionner de façon rigoureuse, à partir d'une image satellite SPOT, un échantillon pour une enquête démographique. La méthodologie qu'il a développée peut apporter dès maintenant des éléments de réponse aux problèmes posés par l'observation des populations des villes des pays en développement.

L'estimation automatisée de la population et des unités d'habitation à partir d'images satellitaires à haute résolution a montré que nombre de méthodes permettant d'automatiser l'estimation de la population et des logements à partir de données satellitaires numériques à haute résolution existent et ont été élaborées et évaluées (Lo, 1995, p. 33). Il a démontré que l'utilisation de l'analyse d'images numériques et d'une approche SIG basée sur un ordinateur personnel et un logiciel à faible

coût peut produire des données de population et d'habitation très précises à partir d'images satellitaires haute résolution pour une ville.

F. Dureau, 1990, p. 28 et F. Dureau et A. Guillaume, 1985, p. 38) ont présenté quelques réflexions sur l'usage éventuel qui pourrait être fait de la télédétection pour l'observation démographique des villes des pays en voie de développement, observation difficilement assurée avec les méthodes classiques de collecte démographique. Les recherches débutées par ORSTOM s'appuient sur l'acquis méthodologique constitué par les travaux antérieurs d'estimations démographiques basées sur l'interprétation de photographies aériennes. Ces travaux ont montré l'efficacité des systèmes de production de données démographiques bâtis sur la connaissance morphologique de l'espace urbain. Au terme de leur étude, ils proposaient déjà de tester les possibilités d'utilisation démographique des images satellites.

Les résultats obtenus par J.-F. Desprats et P. Dutartre, (1995, p. 291) et par R. A. Zida (2014) sont de même ordre que ceux obtenus dans les présents travaux. Dans leurs travaux, ils ont abouti à un surplus de 39 631 habitants dans l'estimation de la population de treize quartiers périphériques de la ville de Ouagadougou. La présente étude a abouti à une différence de 3062 habitants estimés par rapport aux récentes statistiques de recensement. Cette différence a majoritairement contribué par l'estimation de Wari-Marô qui comporte le plus gros effectif.

Yossi et *al.*, 2000, p. 261 ont réussi à développer une méthode d'estimation de la population dans les milieux urbains en région subsaharienne en l'occurrence la ville de Yaoundé. L'approche mise en œuvre a intégré les aspects de la morphologie urbaine et la taille moyenne des ménages lors du recensement et une image radar et une image spot 5 pour la détermination des habitations. Au terme de l'étude, ils arrivent à la conclusion que la qualité des résultats obtenus est satisfaisante mais pas suffisante. C'est dans le même ordre d'idée que (R. A. Zida, 2014) a estimé la population de l'arrondissement 7 de la ville de Ouagadougou (Burkina-Faso). Cette étude s'est basée sur l'extraction des zones de bâti utilisant des images de moyenne résolution (Landsat 8) et le calcul des indices multi-spectraux et sur l'identification de l'habitat grâce à une image de haute résolution.

Cet article prend en compte, après utilisation d'une image de haute résolution, l'identification des bâtis résidentiels et non résidentiels des villages. Pour finir, les informations issues des RGPH ont été confrontées aux informations obtenues sur le terrain avant de se fixer le poids de ménage par village.

En somme, la plupart des travaux conduits jusque là et exploités dans cette étude, reconnaissent les limites de l'application de la télédétection et du SIG à l'estimation de la population. Les conclusions auxquelles sont parvenues ces études sont confirmées par celle-ci. Les facteurs contribuant aux différences et erreurs observées sont variées. Les résultats obtenus pourraient être améliorés. L'approche proposée est plus applicable dans les zones rurales que dans les banlieues et les centres-villes, mais possible si d'autres indices urbains sont connus.

## **Conclusion**

Les instruments traditionnels de l'observation socio-démographique, recensements exhaustifs et enquêtes par sondage probabiliste, se révèlent difficiles à mettre en œuvre et ne satisfont pas correctement les besoins de la recherche démographique. Le coût de la collecte et les durées d'exploitation des recensements limitent leur périodicité à un rythme de dix ans au Bénin, insuffisant pour un suivi de populations qui est à croissance rapide. La solution proposée dans cet article se trouve dans le concept de l'utilisation de l'imagerie aérienne pour l'estimation de la population.

Cette étude illustre de façon concrète les atouts opérationnels qu'offrent la télédétection et les SIG dans la recherche de ces informations démographiques. Avec la méthode développée, il est possible de mettre en œuvre rapidement une enquête par sondage dans une ville ne disposant d'aucune base de sondage classique.

L'intérêt d'une telle complémentarité s'est alors porté sur des informations sur le milieu lui-même au travers de ses caractéristiques biophysiques, des types d'occupation du sol et de la quantification de ces derniers. Dans cette étude, le recalage a été effectué par mise en correspondance d'un ensemble de bâtis identifié dans chaque image. Cependant, il existe d'autres techniques de recalage qui pourraient

améliorer ce travail. L'un de ces aspects est l'attribution du poids démographique par ménage.

On peut dire qu'au-delà de la satisfaction des besoins d'informations de base actualisées et localisées, cette méthode participe à la production de connaissances sur les formes et les mécanismes de l'urbanisation dans les pays en développement, un aspect à développer de plus pour la planification spatiale.

### **Références bibliographiques**

Boni S. B., Orékan V. O. A., Ramanou A. Y. M. A. et Sinsin B., 2013, « Migrations rurales et dynamique des paysages végétaux en zone de colonisation agricole au Bénin : cas du secteur de Wari-Marou-Igbomakro », *Rev. Sc. Env. Univ.* du Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE), Lomé (Togo), décembre 2013, n°010, p. 63-90

CERTU, 2015, *Méthodes d'estimations de population. Comparaisons et seuils de validité*, [www.certu.fr](http://www.certu.fr), 37 p.

Desprats J.-F. et Dutartre P., (1995) : Estimation de la population des quartiers périphériques de Ouagadougou par télédétection. In Dureau F. et Weber C. Télédétection et systèmes d'information urbains. Collection Villes, Ministère de la Recherche et de la Technologie et la société SPOT IMAGE. Economica, p. 285-293

Dureau F. et Guillaume A., 1985, « La population dans l'espace. Télédétection et observation démographique des villes des pays en développement », Communication au XX<sup>e</sup> congrès général de l'Union Internationale pour l'Etude Scientifique de la Population, Florence (Italie), 5-12 juin 1985, *Actes du Colloque*, UIESP, Florence (Italie), 19 p.

Dureau F., 1990, « Utiliser la télédétection spatiale pour observer les populations citadines », ORSTOM, Département SUD, U.R. SE., Paris, p. 23-55.

Dureau F., Barbary O., Michel A., Lortic B., 1989, *Sondages aréolaires sur image satellite pour des enquêtes socio-démographiques en milieu urbain*, Manuel de formation, (3 versions: français, anglais, espagnol) ORSTOM, Collection Didactiques Paris., 40 p.

INSAE, 2004, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2002 : Cahier des villages et quartiers de ville des départements du Borgou et de la Donga*, 23 p. et 15 p. [www.insae-bj.org/.../rgph/cahier\\_village\\_2002/BORGOU.pdf](http://www.insae-bj.org/.../rgph/cahier_village_2002/BORGOU.pdf), ... DONGA.pdf

INSAE, 2016, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2013 : Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013)*, 85 p. [http://www.insae-bj.org/recensement-population.html?file=files/enquetes-recensements/rgph/Resultats\\_provisoires\\_RGPH4\\_2103.pdf](http://www.insae-bj.org/recensement-population.html?file=files/enquetes-recensements/rgph/Resultats_provisoires_RGPH4_2103.pdf)

Ferry B., 2007, *L'Afrique face à ses défis démographiques : un avenir incertain, quelques faits et tendances d'intérêt*. Karthala, CEPED, AFD, Paris, 8 p.

Lo C. P., 1995, "Automated population and dwelling unit estimation from high-resolution satellite images: a GIS approach", *Remote Sensing*, 16:1, 17-34, DOI: 10.1080/01431169508954369, URL: <https://doi.org/10.1080/01431169508954369>

Lo C. P., 1989, "A raster approach to population estimation using high-altitude aerial and space photographs", *Remote Sensing of Environment*, 27 (1), p. 59-71.

Orékan V. O. A., 2007, *Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Benin by using socio-economic and remote sensing data*, Thèse de doctorat, Université de Bonn, 204 p.

Orékan V., Tenté B., Houndagba C. J. et Abdoulaye D., 2010, « Occupation des terres et dynamique du couvert végétal. Livre scientifique », Sinsin B & Kampmann D (eds), 2010, Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I : Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main, p. 154-166.

Sutton P., 1997, "Modeling population density with night time satellite imagery and GIS", *Computers, Environment, and Urban Systems* 21, p. 227-244.

Watkins J. F. and Morrow-Jones H. A., 1985, "Small area population estimates using aerial photography", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51, p. 1933-1935.

Weng Q., 2010, *Remote sensing and GIS integration: Theories, Methods and applications*, McGraw-Hill Companies, Inc, 397 p.

Yossi R. N., Akono E. T. et Rudant J-P., 2013, « Apport de la télédétection et de l'image-interprétation à l'estimation de la population de Yaoundé au Cameroun », *Télédétection*, vol 3, p. 249-269.

Zida R. A., 2014, *Estimation de la population de l'Arrondissement 7 de la ville de Ouagadougou (Burkina-Faso) par Télédétection et SIG*, Mémoire de DESS, RECTAS, UNECA. 49 p.

## TABLE DES MATIERES

|   |           |
|---|-----------|
| Sommaire .....  | 1         |
| Comité scientifique .....   | 2         |
| Comité de lecture .....   | 2         |
| Comité de rédaction .....   | 2         |
| Préface .....   | 3         |
| Avant-propos .....  | 6         |
| Introduction générale .....   | 9         |
| <b>Première partie : Milieu naturel et dynamique des paysages</b> .....   | <b>14</b> |
| 1. Impacts des espaces verts sur le climat urbain : le cas de la ville de Lomé .....  | 15        |
| 2. Analyse de la dynamique des écosystèmes cultivés pour un essai d'évaluation de leur niveau de productivité : cas des agro-écosystèmes du Sud de la Région de Maradi (Niger) .. | 30        |
| 3. Exploitations aurifères artisanales et dégradation des écosystèmes naturels à Hiré, Ouest de la Côte d'Ivoire .....  | 54        |
| 4. Perception sociale de la réserve de faune d'Abokouamékro et dégradation du couvert végétal (Côte d'Ivoire) .....   | 78        |
| 5. Agriculture intelligente comme stratégie d'adaptation a la variabilité climatique dans le Centre-Nord de la Côte d'Ivoire : applicabilité et fonctionnalité .....              | 92        |
| 6. Inadéquation entre facteurs écologiques et occupation humaine des espaces côtiers : cas des berges périalagunaires du Chenal-de-Cotonou .....                                  | 117       |
| 7. Variabilité pluviométrique et évolution des calendriers cultureaux rizicoles dans la région de Gbêké (Centre de la Côte d'Ivoire) .....  | 141       |
| 8. Estimation de la population par télédétection et SIG au Sud-Ouest du bassin versant de l'Ouémé supérieur au Bénin ....   | 171       |
| 9. Pollution atmosphérique par rejet de gaz d'échappement à Abidjan (Côte d'Ivoire) .....   | 190       |

|   |            |
|---|------------|
| 10. L'arboriculture fruitière au Nord-Kloto (Sud-Ouest du Togo): rôles et contraintes .....   | 206        |
| 11. Traits morphologiques et production en fruits de <i>Lophira lanceolata</i> Tiegh. Ex Keay (Ochnaceae) au Bénin .....                              | 228        |
| 12. Hydrologie de la rivière Oti (Nord-Togo) : perspectives dans le contexte démographique croissant et du réchauffement climatique actuel .....      | 247        |
| <b>Deuxième partie : Ruralités : entre mutations et conflits ....</b>   | <b>281</b> |
| 13. Crise caféière et cacaoyère et dynamique de l'hévéaculture dans le département de Bocanda (Centre-Est de la Côte d'Ivoire) .....                  | 282        |
| 14. Apport de SIF pour une saine gestion foncière dans la préfecture de l'Ogou au Togo : étude prospective .....                                      | 301        |
| 15. La culture hydroponique, un apport à l'alimentation scolaire dans le district d'Abidjan .....   | 321        |
| 16. Organisations rurales paysannes et mutations socio-économiques dans le canton d'Amoussimé au Togo .....   | 336        |
| 17. Dynamique pastorale et émergence des conflits dans la région de Hadjer-Lamis, un milieu semi-aride du Tchad ...                                   | 354        |
| 18. Croissance démographique et dynamique foncière des espaces ruraux périurbains du canton d'Agome Kpalimé dans la préfecture de Kloto au Togo ..... | 374        |
| 19. Mutations dans la gestion des terroirs soudano-sahéliens tchadiens : cas du terroir de Guégou .....   | 407        |
| 20. Pratiques de gestion durable des terres agricoles dans la commune de Glazoué, un milieu de transition climatique au Bénin .....                   | 426        |
| 21. Lac Zowla, un plan d'eau lagunaire en dégradation au Sud-Togo .....   | 450        |
| 22. Les maraîchers du canton de Soumdina en pays Kabiyè (Nord-Togo) : entre sédentarité et mobilité .....   | 475        |

|   |            |
|---|------------|
| 23. La dynamique de l'orpaillage et l'évolution socio-économique et environnementale en milieu rural ivoirien .....   | 500        |
| 24. Les déterminants de la production maraichère dans la commune de Bouaké .....  | 519        |
| <b>Troisième partie : Sociétés, environnement et migration ....</b>   | <b>543</b> |
| 25. Difficultés d'approvisionnement en eau potable dans la préfecture de Kpendjal (extrême Nord-Togo) .....   | 544        |
| 26. La réorientation des trajectoires thérapeutiques des enfants malades de l'ulcère de buruli dans le district sanitaire de Béoumi (Centre de la Côte d'Ivoire) .....    | 568        |
| 27. La question de la population dans les déterminants de l'insécurité alimentaire en Côte d'Ivoire : l'exemple de la région du N'zi .....                                | 593        |
| 28. Les réflexes prioritaires des élus locaux des ex-zones sous contrôle de la rébellion en Côte d'Ivoire : l'exemple de la région du Poro .....                          | 608        |
| 29. Se nourrir dans les villes des pays du sud : pratiques et offres alimentaires .....   | 625        |
| 30. Migrations européennes précoloniales ou africaines postcoloniales et prise en compte de la culture-juridique-locale dans l'organisation des sociétés africaines ..... | 643        |
| 31. Changement climatique et stratégies paysannes d'adaptation dans la préfecture de l'Ogou (Plateaux-Est, Togo) .....  | 673        |
| 32. Contribution à l'histoire de la migration des Tcharè à travers le rapport Jardillier de 1932 .....  | 688        |
| 33. Croissance démographique et mutations socio-économiques dans l'Est de la Région des Plateaux au Togo .....  | 707        |
| Table des Matières .....  | 728        |