



La cartographie numérique et son apport dans l'organisation du recensement en République Démocratique du Congo

[Digital cartography and its contribution to the organization of the census in Democratic Republic of the Congo]

José Nyandue Ompola^{1,*}, Carine Yadoli Kosanga¹, Mamie Yabendo Ngbo¹, Didier Anakani Nagesiya¹, Jean Nkongolo Njima²

¹*Institut Géographique du Congo (IGC), MINRSIT, Kinshasa, République démocratique du Congo*

²*Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM)/Kabinda, République démocratique du Congo*

Résumé

La cartographie assistée par l'ordinateur (CAO) repose sur l'utilisation des systèmes d'information géographique, des images à haute résolution ainsi que des récepteurs GPS (systèmes de positionnement universel) pour le levé des coordonnées géographiques x et y. Ce qui conduit à une analyse spatiale à partir des images acquises et à l'utilisation des technologies géo-spatiales, ceux-ci entraînent la production des cartes, pour qu'elles soient produites par des moyens informatisés, il faut disposer des couches des données standards tels que le shape file de limite administrative, des routes, des villes, des territoires et des hydrographies qui constituent la base des activités de cartographie de recensement et de collecte des données. Le traitement automatique des données issues des activités en amont de cartographie de recensement présente à la fois deux avantages, le premier est lié à l'efficacité, qui se traduit par la quantité de résultats pouvant être obtenus par unité d'intrants, cela montre que l'on peut en faire plus en moindre coût, d'une part, l'avantage lié à l'utilité se traduit par des effets des programmes qui bénéficient d'informations améliorées, d'autre part. La cartographie numérique de recensement est ainsi une cartographie assistée par ordinateur, elle fait appel à une technologie informatique et en tire parti des nouvelles technologies géo-spatiales pour réaliser plus rapidement de meilleures cartes et améliorer la qualité globale des données de recensement que sa mise à jour.

Mots clés: Télédétection, analyse spatiale, imagerie satellite et aérienne

Abstract

Computer Aided Mapping (CAD) is based on the use of Geographic Information Systems, high resolution images and GPS (Global Positioning System) receivers for the survey of x and y coordinates. This leads to spatial analysis of the acquired images and the use of geo-spatial technologies, which in turn leads to the production of maps, for which standard data layers such as the shape file of administrative boundaries, roads, cities, territories and hydrographies are required as a basis for mapping, census and data collection activities. The automatic processing of data from upstream census mapping activities has both advantages, the first is efficiency, which is reflected in the amount of output that can be obtained per unit of input, this shows that more can be done at a lower cost, on the one hand, the utility advantage is reflected in the effects of programmes benefiting from improved information, on the other. Digital census mapping is thus computer-assisted mapping, using computer technology and taking advantage of new geo-spatial technologies to produce better maps faster and improve the overall quality of census data than updating it.

Keywords: Remote sensing, spatial analysis, satellite and aerial imagery

*Auteur correspondant: José Nyandue Ompola (joseompola@gmail.com). Tél. : (+243) 97 33 39 752

Reçu le 21/09/2022; Révisé le 27/10/2022 ; Accepté le 20/11/2022

Copyright: ©2022 Nyandue et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

L'évolution rapide ces derniers temps des techniques de la cartographie numérique et de l'analyse géographique présente des éléments potentiels pour la conduite des activités de recensement que l'enrichissement de données statistiques pour la réalisation des grands objectifs de développement durable, en ce sens que la collecte de données devient très facile avec des innovations technologiques majeures telles que la disponibilité des ordinateurs personnels, des ordinateurs portables, des systèmes de positionnement universel (GPS), des systèmes d'information géographique (SIG) ainsi que de l'imagerie satellite et aérienne à bas coût. La RDC a déjà entamé la première étape pour la réalisation de son Deuxième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (Pornon, 2015).

Par décret n°09/32 du 08 août 2009, il a été institué l'organisation du deuxième Recensement Général de la population et de l'Habitat (RGPH2) afin que la RDC dispose des données de la population et de l'habitat à une échelle géographique réduite qui sont nécessaires pour la conception, le pilotage et l'évaluation des programmes de développement adaptés à la réalité sociale (Jo, 2009).

Parmi les activités préalables à la réussite du recensement figure la cartographie qui occupe le premier rang du planning classique d'exécution. Elle permet d'établir une base de sondage fiable pour les investigations futures. Ainsi, la RDC a connu des activités cartographiques traditionnelles lors du premier Recensement Général de la population et de l'habitat en 1984 (INS, 1984). Ce qui explique la vétusté des données démographiques et d'indicateurs statistiques, la plupart des provinces de la RDC sont quasiment enclavées et cela pose un problème pour l'organisation de la cartographie du Recensement. La situation préoccupante du niveau de développement de la RDC, nous a conduit à nous poser des questions cruciales, à savoir, comment organiser la cartographie du Recensement Général de la population et de l'habitat et collecter de données socio - économiques du RGPH2 et leur mise en jour ? Quelle est la place de la cartographie numérique dans la préparation puis l'exploitation des recensements et comment aborder la cartographie par ordinateur ? Quelles sont les tâches ou activités liées à l'utilisation des nouvelles technologies géospatiales ?

Dans le cadre du deuxième recensement, l'exécution des activités des travaux cartographiques fera appel à des techniques modernes de cartographie telles que le système d'information géographique ou global positioning system (GPS) (Denis, 2014). La cartographie censitaire permettra d'effectuer le découpage exhaustif du territoire national en unités de dénombrement appelées Zones de dénombrement

et de mettre à la disposition du personnel du recensement des cartes et plans à jour nécessaires à chaque niveau d'exécution.

Le présent travail a pour objectif de faire connaître aux opérateurs cartographiques ainsi qu'aux scientifiques l'importance des techniques spatiales pour l'opération de collecte, de traitement, d'analyse et de diffusion des données géo référencées dans une portion du Territoire donné.

Quant aux objectifs spécifiques, ils peuvent se résumer en ceci :

- identifier des techniques géo spatiales pour l'opération de collecte et de traitement des données pour le RGPH2 ;
- montrer l'importance de la cartographie numérique dans l'organisation du RGPH2 ;
- proposer des techniques modernes de collecte des données cartographiques.

Pour parvenir à ces objectifs, nous sommes partis des hypothèses suivantes :

- Avec l'évolution de la technologie, l'utilisation de technique spatiale permettrait la mise à jour des Aires de dénombrement ou de contrôle en peu de temps.
- Ainsi la cartographie du recensement offre à la fois des possibilités de disposer de données socio – économiques pour planifier un programme de développement et de réaliser un découpage fiable des aires de dénombrement.

2. Matériel et Méthodes

L'étude est réalisée sur base d'une revue de la littérature et d'autres matériels de recherche en analyse spatiale. L'analyse spatiale est celle qui étudie l'espace, d'après T. Saint-Julien, cet espace est défini par les relations entre les lieux qui engendrent les interactions entre acteurs sociaux localisés, en outre, elle ne travaille, en effet que sur des objets préalablement localisés par une position c'est – à – dire un repérage dans un système de référence dépourvu d'ambiguïtés (Beucher & Reghezza, 2005). Cette analyse sera complétée par des interviews avec les responsables de la Direction de cartographie de l'INS, IGC et Internet pour le téléchargement de rapports finaux de recensement Général de la Population et de l'habitat des différents pays Africains. Ainsi, des logiciels de cartographie informatisée ont été utilisés tels que, QGIS 3.16 pour le traitement des données géo spatial et le GPS Garmin 62 pour la collecte de données sur le terrain.

3. Résultats

3.1. Cartographie et recensement en RDC

La notion de la Cartographie numérique renvoie à l'utilisation et l'application de technologies géospatiales contemporaines ainsi que de bases de données géographique en vue de produire des cartes. Ces technologies permettent une préparation, un dénombrement, un traitement et une diffusion plus efficaces du recensement (Khadidja, 2021).

La cartographie numérique de recensement est une cartographie assistée par ordinateur, elle fait appel à une technologie informatique et en intégrant les différentes activités liées au recensement. En commençant aux fins de la collecte des données (ANSD, 2013)

3.1.1. Construction d'une carte de recensement

D'après Poidevin (2007), que cette carte soit conçue à la main ou sur l'ordinateur, les étapes sont globalement les mêmes, de la conception à la réalisation (figure 1) ci-dessous.

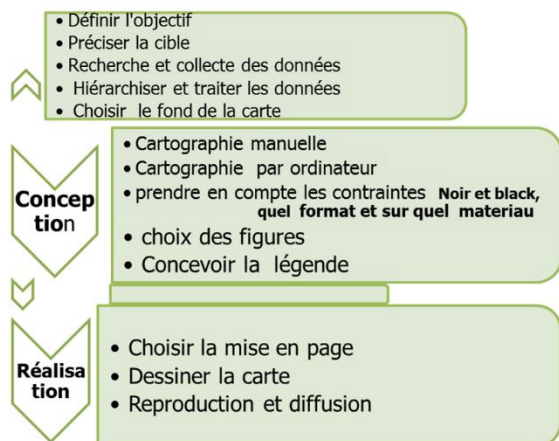


Figure 1. Phases de conception et de réalisation d'une carte

Source : Poidevin, 2007

La figure ci-dessus présente la succession théorique des phases de la construction d'une carte. Elles commencent par la conception c'est – à – dire la compréhension et l'imagination de ce qu'on voudrait faire, ensuite, il faut collecter et analyser les données, les retravailler le cas échéant et enfin dessiner la carte. Dans la pratique, ces phases sont interactives et connectées.

3.1.2. Historique du recensement et de la situation démographique

La situation actuelle des données démographiques de la RDC est mal connue faute de données récentes de recensement. Cette méconnaissance du chiffre de la population et de sa structure a pour conséquences majeures: le manque de données démographique et

d'indicateurs statistiques fiables ; la prolifération de données contradictoires sur les mêmes variables (MINECOFINPLAN, 2007).

Dans le passé, en Juillet 1984, un recensement scientifique de la population avait été réalisé pour la première fois par l'Institut National de la Statistique (INS) et dont les résultats définitifs ont été rendus publics en Juillet 1991. Ce recensement a estimé, la population de la RDC à 30. 731.000 habitants dont 51% des femmes et 49 % d'hommes.

La densité moyenne a été estimée à 13 habitants au Km² (tableau 1). Il a observé une distribution spatiale très déséquilibrée, Soit 28% de la population vivent dans les centres urbains dont 37% de ces derniers dans la capitale. Ainsi le tableau ci – dessous présente la répartition de la population résidente de la RDC par région en RDC.

Tableau 1. Répartition de la population résidant de la RDC par région en 1984

UNITE ADMINISTRATIVE	POPULATION RESIDENTE			AUTRES DONNEES	
	Masculine	Féminine	Total	Superficie au km ²	Densité hbt/km ²
Total RDC	15.093.094	15.636.349	30.729.443	2.344.858,0	13
Région					
KINSHASA	1.375.072	1.289.237	2.664.309	9.965,2	267
BAS – CONGO	980.556	1.014.017	1.994.573	53.920,0	37
BANDUNDU	1.811.361	1.958.380	3.769.741	295.658,0	13
EQUATEUR	1.743.196	1.831.189	3.974.385	403.292,0	9
PROVINCE OR	2.102.839	2.211.833	4.314.672	503.239,0	9
KIVU	2.624.440	2.767.498	5.391.938	256.863,0	21
KATANGA	1.977.822	2.001.532	3.979.354	496.877,0	8
KASAI – ORIENTAL	1.302.656	1.342.569	2.645.225	170.362,0	16
KASAI – OCCIDENTAL	1.175.152	1.220.094	2.395.246	154.741,8	15

Source: INS, 1984

Le tableau ci-dessus indique l'effectif de la population résidente par province, sexe et par densité respective. La population de la RDC est restée, dans le temps, dominée par les femmes (soit 51% et 49 % hommes en 1984). Ainsi, la cartographie de recensement ne se limite pas seulement à la production de cartes thématiques et à la délimitation du pays en unités géographiques qui représenteront les zones à couvrir pour les agents du recensement, mais est ainsi un moyen important pour rendre disponible les données socio-économiques que démographique qui pourraient servir de base pour l'élaboration d'un programme de développement au niveau national que provincial. Ainsi, les données issues de la cartographie constituent des éléments importants pour les travaux de planification de développement national que le ministère du Plan devrait se servir. Cependant, la plupart des pays Africains n'ont pas respecté la périodicité décennale de la cartographie des recensements, par exemple le dernier recensement du Togo date de 1984, celui de la République du Congo date de 1984, celui du Cameroun date de 1987, celui du Sénégal date de 1988 pour ne citer que ceux-là. A l'heure actuelle, pour apprécier l'IDH on a besoin des effectifs de la population récente pour avoir le dénominateur de la

plupart des indicateurs qui rentrent dans le calcul de l'IDH, comme le montre le tableau ci – dessus, les effectifs de la population sont obsolètes, ce qui n'est pas facile pour la planification du développement en RDC, alors que l'IDH présente un grand intérêt en ce qu'il permet de classer le pays au niveau mondial par rapport au développement humain (Kasse, 1905). Enfin, l'utilisation des nouvelles techniques géo-spatiales a facilité la production d'une carte qui intègre des données statistiques, c'est qui a permis de produire la carte de répartition de la population par région du tout premier recensement réalisé en RDC en 1984. La carte ci-dessous (figure 2), produit à l'aide d'un logiciel SIG utilisé pour sa production.

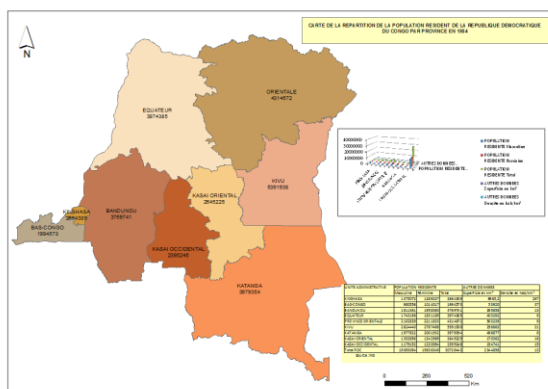


Figure 2. Répartition de la population résidant de la RDC par région en 1984
Source: Nyandue, 2022

La figure 2 donne des relevés des données statistiques du premier Recensement Général de la Population et de l'Habitat en RDC, elle présente la répartition spatiale de la population Congolaise en 1984 par province. Pour ce deuxième recensement de la Population et de l'Habitat, cartographie numérique permet de présenter un bon nombre des cartes selon les variables analysées par rapport à sa répartition spatiale (UN, 1998) ce qui conduit à la fabrication des cartes thématiques, elles constituent une autre façon de présenter les données, cela a permis la présentation des données du tout premier Recensement scientifique réalisé en 1984 (CCG, 2010). En outre, la cartographie appuie les activités de recensement pendant la collecte de données (voir la carte2). La collecte des données et la couverture complète du territoire représentent deux des plus importantes activités du recensement, cela prouve la nécessité de produire ou de mettre à la disposition des agents recenseurs une carte de collecte des données (Beguïn & Pumain, 1994)

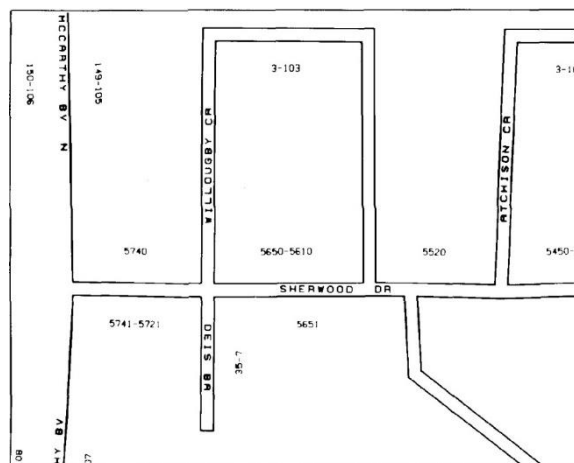


Figure 3. Recensement du Canada de 1981
Source: Bradly, 1984

La figure 3 présente un modèle de carte de collecte des données utilisé en 1981, elle est la toute première carte fabriquée à l'aide de l'ordinateur pour la collecte au Canada. Dans le cadre du deuxième Recensement Général de la Population et de l'Habitat, la carte ci-dessus permettra la présentation des variables à analyser selon la répartition spatiale des données collectées comme présentées lors du tout premier Recensement scientifique en RDC (tableau 1).

Pour que les cartes soient produites par des moyens informatisés, il est évident qu'il faut disposer des couches de données standard tels que le shape file de limite administrative, des routes, des villes, des territoire et des hydrographies, qui constituent la base de nombreuses activités de cartographie et de collecte de données, sont qualifiées de « données-cadres».

En principe, toute information géographique et textuelle contenue dans la base de données cartographiques de recensement aide nature à faciliter l'orientation dans le district de recensement, à l'aide des conventions cartographiques courantes applicables à la symbolisation (par exemple des lignes en pointillés pour indiquer des chemins, des traits bleus pour l'eau, etc.). Pour le Recensement Général de la Population et de l'Habitat, les cartes de districts de recensement doivent comporter respectivement les éléments suivants: des rues et routes, des bâtiments; des points de repère; des détails hydrologiques; d'autres détails notables ou pertinents telles que la topographie, les étendues d'eau (Aschan et al, 2019)

3.1.3. Rôle de la cartographie dans le recensement

Des progrès au niveau des procédures d'analyse des données, des logiciels de cartographie informatisée et de matériel de tracés offrent à la cartographie de recensement plusieurs possibilités pour mieux jouer certains rôles importants (UNFPA,

2020). La cartographie de recensement à pour objectif de mettre en place un support topographique qui aura pour rôles:

- d'assurer une couverture exhaustive du recensement à partir du répertoire des sites habités ;
- d'organiser rationnellement la collecte en tenant compte de l'aire de travail définie pour chaque agent du personnel de collecte ;
- d'évaluer les besoins en personnel et matériel pour un bon planning et une bonne exécution du dénombrement ;
- de constituer un fichier de quartiers de ville ou villages par l'exploitation d'informations sur les équipements communautaires de chaque unité administrative des unités économiques et ou des infrastructures socio-économiques du pays ;
- mettre à jour la couche des noms de lieu (figure 1), les logiciels SIG offrent des possibilités pour la mise en jour des données socio démographique;
- améliorer la précision absolue des cartes «croquis» ;
- relevé d'un point de référence au niveau du village.

D'une façon particulière, la cartographie censitaire, est celle qui est utilisée pour de fait de recensement. De par sa définition, elle a un rôle à jouer en amont et en aval des travaux de terrain pour la réalisation du RGPH2 en RDC.

En amont elle permet de:

- répertorier l'ensemble des sites habités ;
- délimiter ou découper les aires ou zones de dénombrement ;
- réaliser la couverture exhaustive de l'ensemble du territoire sans omission ni double compte, évaluer les besoins en personnel de terrain et la logistique requise pour une exécution satisfaisante du dénombrement général de la population.

En aval :

- d'illustrer les données démographiques, économiques et sociales recueillies lors de la phase du dénombrement générale de la population (représentation graphique, figure, croquis, cartes thématiques) ;
- d'établir une base de sondage pour les enquêtes intercensitaires
- de fournir des données récentes sur la population.

Enfin, par son rôle, elle devient une source importante d'information qu'on peut utiliser pour l'opérationnalisation des objectifs du développement

durable (ODD) dans de pays qui organise régulièrement le RGPH, ce qui est contraire pour la RDC. Certes, les données collectées pendant la cartographie de recensement constitueraient un socle pour l'élaboration du Plan National Stratégique du Développement. Ceci conduira à faire le suivi et évaluation des ODD en RDC (PNSD, 2019).

4. Discussion

L'utilisation des méthodes conventionnelles de production de cartes topographiques se sont avérées insuffisantes pour répondre à la demande et aux besoins en matière cartographique, car elles sont lentes et onéreuses. Cependant, les méthodes modernes de la cartographie offrent la possibilité de réduire ces insuffisances, avec la performance de l'informatique et l'utilisation des logiciels SIG et télédétection (Amar et al, 2020). De ce fait, toutes les cartes topographiques sont actuellement toujours réalisées suivant des procédés photogramétriques, avec le recours de plus en plus fréquent aux ordinateurs et aux données digitales. Les différentes étapes de cet établissement requièrent un savant mélange de sciences, de technologie et d'art (RIM, 2010).

La première étape qui consiste à prendre, depuis un avion, des photographies aériennes, nécessite un soin, une préparation minutieuse ainsi que d'importants moyens financiers. Les conditions de prise de vues pour avoir des photographies exploitables sont très strictes. Les étapes suivantes (restitution, travaux de complément, rédaction et impression) prennent parfois beaucoup de temps, ce qui fait donc que les délais d'établissement des cartes sont très longs (Geospace, 2007). Le tableau 2 présente une comparaison synthétique entre l'approche conventionnelle et l'approche moderne.

Tableau 2. Comparaison entre l'approche conventionnelle et l'approche moderne

Approche conventionnelle	Approche moderne
Balayage	Image satellites (IS)
Cartes de base problématique	IS +photographie aérienne Digital
Cartes croquis rapide	Travail terrain jusqu'à 5x plus
Travaux terrain laborieux	Carte numérique et analogique
Pas SIG compatible	SIG compatible

Source: Bradley, 1981

Comme présenté ci haut dans l'approche moderne de la cartographie avec l'augmentation de la résolution spatiale, la télédétection est très utile dans les applications de la cartographie et le système

d'information géographique. Ainsi, le traitement numérique de l'image est l'ensemble des techniques appliquées aux images numériques dans le but d'améliorer la qualité visuelle ou de faciliter la recherche et l'extraction d'information. Enfin, l'intérêt des méthodes de traitement numérique de l'image réside dans deux principaux domaines d'application: la reconstruction ou l'amélioration de l'information que fournit l'image pour son interprétation par un être humain et le traitement de l'information d'une scène pour permettre une analyse automatique par une machine (figure 3). Le Lesotho a été le premier pays à utiliser l'imagerie SPOT5 2,5 m couleur naturelle pour réaliser la cartographie de recensement.



Figure 3. Carte de base LESOTHO fabriquée à l'aide d'image SPOT5
Source: Lesotho, 2006

4.1. Avantages et inconvénients de la cartographie et recensement numérique

La cartographie assistée par ordinateur (CAO) repose sur l'utilisation des systèmes d'information géographique, des images à haute résolution ainsi que des récepteurs GPS pour le levé des coordonnées géographiques x et y. Ce qui conduit à une analyse spatiale à partir des images acquises et à l'utilisation des technologies géo-spatiales. Par-là, les forces de la cartographie assistée par ordinateur procèdent inévitablement de la puissance et de la vitesse de calcul toujours plus importantes, intrinsèques aux ordinateurs (Roelandt, 2019). Ainsi, les progrès de l'informatique et surtout de la micro – informatique bénéficient à tous les échelons de la cartographie par ordinateur, sa prééminence sur la cartographie manuelle se décline en ces points majeurs :

- la rapidité d'exécution, à toutes les phases de la conception et de la réalisation, l'ordinateur est susceptible d'offrir aux cartographes professionnels un gain de temps considérable.

A l'heure actuelle, le traitement et réactualisation des données, dessin et transformation du fond de carte, dessin de la carte, reproduction.

A cet effet, tout le processus est si rapide aujourd'hui qu'il est difficile d'imaginer un avant.

La cartographie assistée par l'ordinateur présente un potentiel énorme en matière de stockage et de diffusion. Jadis, l'époque où les cartes poussiéreuses dormaient dans des armoires oubliées est révolue. Cependant, les cartes sont emmagasinées et classées sur support magnétique qui minimise le coût des stockages. La netteté du dessin et la qualité de la restitution;

- La numérisation étant fastidieuse, la fatigue de l'opérateur peut causer des problèmes de qualité rendant nécessaire un travail considérable de vérification et de correction.
- La numérisation manuelle est très lente. Pour effectuer un travail de conversion de données à grande échelle, il faudra éventuellement prévoir un grand nombre d'opérateurs et de tables à numériser ;
- Contrairement à ce qui se passe lors de la collecte de données primaires au moyen du GPS ou de photographies aériennes, la précision des cartes numérisées est limitée par la qualité des documents sources.

Enfin, la migration vers des systèmes géo-spatiaux aux fins des recensements offre deux types d'avantages, à savoir : les avantages d'efficacité et les avantages d'utilité (UN, 2020). Les premiers sont liés à la quantité de résultats pouvant être obtenus par unité d'intrants. En termes de recensement, cela signifie que l'on peut en faire plus à moindre coût. Ainsi, les avantages d'efficacité englobent des réductions de coûts ou des gains de productivité, une économie de temps, une plus grande crédibilité et autorité des produits de données géospatiaux, un meilleur service, une plus grande exactitude, une meilleure cohérence et la production d'un revenu. Sous réserve d'une planification adéquate, l'organisme de recensement lui-même peut en bénéficier (PNUD, 2014).

Pour le second, l'utilité fait quant à elle référence aux effets des politiques ou des programmes qui bénéficient d'informations améliorées, y compris les avantages sociaux dont jouissent les utilisateurs de données statistiques générées par les recensements. Enfin, l'utilité a pour avantage de garantir notamment une meilleure analyse à une échelle mieux adaptée aux études nationales et provinciales, une élaboration de politiques plus éclairée, un partage plus vaste des données avec d'autres agences gouvernementales ou organisations non gouvernementales ainsi qu'une meilleure diffusion auprès du public.

Certains avantages sociaux, comme une intervention humanitaire et une planification des infrastructures de santé, peuvent être déduits des exemples présentés dans la section précédente.

4.2. Tâches cartographiques liées au GPS

Le GPS constitue l'une des techniques géo-spatiales utilisées pour la collecte des données. Ainsi, la façon dont les coordonnées obtenues par GPS sont utilisées dans la cartographie de recensement varie en fonction de stratégie retenue pour cette application (Asce, 1994). Pour la cartographie de recensement, il y a plusieurs tâches cartographiques spécifiques liées aux GPS, à savoir :

- délimitation des districts de recensement. Les limites des districts de recensement sont polygonales et basées sur des éléments naturels du paysage. Compte tenu de la taille restreinte des districts de recensement, il pourrait être difficile de délimiter complètement un territoire à l'aide d'un GPS sans procéder à un tri qui permettra de se concentrer sur les zones ayant récemment changé. En matière de télédétection, cette approche s'appelle la « détection des changements ». Si un pays de 20 millions d'habitants nécessite 40 000 districts de recensement comptant chacun environ 500 personnes, le simple enregistrement des limites à l'aide de GPS nécessiterait sans doute de nombreuses années en soi. Il serait préférable de numériser les limites des districts du recensement précédent et de privilégier une approche GPS au sol uniquement lorsque cela s'avère nécessaire, en particulier en cas de modification des limites (par exemple la création de nouveaux districts ou l'annexion de territoires), prenons le cas de la RDC dont la population s'estime à 70 millions d'habitants selon le PNUD (PNUD, 2015) dans ce cas il aura 140 000 districts de recensement comptant chacun environ 500 personne ;
- localisation des lieux de vie collectifs. Les lieux de vie collectifs sont toutes sortes de logements communaux ou institutionnels, dont des hôtels, des casernes, des orphelinats, des camps de travailleurs, des monastères, des couvents, des maisons de repos, des hôpitaux, des dortoirs et des établissements pénitentiaires. La population des collectivités peut parfois être extrêmement vulnérable aux catastrophes naturelles. Le GPS offre d'avantage des possibilités de localisation des lieux avec précision (ESRI, 2015). Il a révolutionné la collecte de données sur le terrain dans divers domaines, de la géodésie à la surveillance de l'environnement et à la gestion des transports.

La cartographie numérique implique l'utilisation des données issues de la télédétection et de récepteurs GPS, que ces données ne présentent pas seulement des avantages mais aussi des inconvénients.

Les avantages des GPS sont notamment les suivants :

- collecte de données sur le terrain facile et peu coûteuse. Les récepteurs modernes ne nécessitent pas d'apprentissage particulier pour pouvoir être utilisés.
- la précision obtenue est suffisante pour de nombreuses applications cartographiques de recensement une grande précision pouvant être obtenue moyennant une correction différentielle.
- les données collectées peuvent être lues directement dans les bases de données des SIG, ce qui rend inutiles les étapes intermédiaires d'entrée ou de conversion de données

Les inconvénients sont les suivants :

- en tant que composant physique, le GPS est bon marché, mais les opérations sur le terrain recourant aux GPS peuvent prendre du temps (et donc s'avérer coûteuses) si elles ne sont pas correctement planifiées ;
- la transmission du signal peut être entravée dans des zones urbaines à forte densité ou des zones forestières (erreur de trajets multiples) ;
- la précision des récepteurs GPS courants peut être insuffisante dans des zones urbaines ou pour capturer des objets linéaires, exigeant dès lors des techniques différentielles.

De par son utilité, le GPS constitue l'un des outils de collecte des données socioéconomique sur terrain, à ce sujet, la cartographie numérique est de plus en plus étroitement intégrée à des applications informatiques classiques comme les tableurs, grapheurs ou logiciels de gestion commerciale (Marcello & Marquez, 2014).

5. Conclusion

En guise de conclusion, cette étude met en relief l'importance à accorder aux nouvelles techniques géo-spatiales pour l'élaboration d'un support topographique. De l'analogie à la numérique, l'évolution des nouvelles techniques géographiques ainsi quelles techniques d'utilisation des GPS trouvent des applications dans toutes les formes d'activités cartographiques, y compris l'établissement et la correction de cartes d'agent recenseur pour les activités de recensement. Comme indiqué plus haut, la migration vers des systèmes géo-spatiales aux fins des recensements offre deux types d'avantages, à savoir : les avantages d'efficacité et les avantages d'utilité

Les premiers sont liés à la quantité de résultats pouvant être obtenus par unité d'intrants. En termes de recensement, cela signifie que l'on peut en faire plus à moindre coût. Ainsi, les avantages d'efficacité englobent des réductions de coûts ou des gains de productivité, une économie de temps, une plus grande crédibilité et autorité des produits de données géo-spatiales, un meilleur service, une plus grande exactitude, une meilleure cohérence et la production d'un revenu. Sous réserve d'une planification adéquate, l'organisme de recensement lui-même peut en bénéficier.

Pour les seconds, l'utilité fait quant à elle, référence aux effets des politiques ou des programmes qui bénéficient d'informations améliorées, y compris les avantages sociaux dont jouissent les utilisateurs des données statistiques générées par les recensements. Enfin, l'utilité a pour avantage de garantir notamment une meilleure analyse à une échelle mieux adaptée aux études nationales et provinciales, une élaboration de politiques plus éclairée, un partage plus vaste des données avec d'autres agences gouvernementales ou organisations non gouvernementales ainsi qu'une meilleure diffusion auprès du public. Certains avantages sociaux, comme une intervention humanitaire et une planification des infrastructures de santé ou de développement peuvent être déduits à des exemples présentés dans la section précédente.

Pour finir, la numérisation géographique sert avant tout à tirer parti des nouvelles technologies pour réaliser plus rapidement des meilleures cartes et améliorer la qualité globale des données de recensement.

Références bibliographiques

Amar, H., Azmi, R., & Fathi, N. (2020). *Introduction au Système d'Information Géographique-SIG-et prise en main du R Spatial*. Paris, Independently published.

Aschan, C., Cunt, L., & Davoine, P.A. (2019). *Les systèmes d'information géographique*. Paris, Armand colin.

ANSD. (2013). *Importance de la cartographie censitaire*. Consulté le 22/04/2021. www.faapa.info

Asce. (1994). *The Glossary of the Mapping Sciences*. Bethesda, Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, and American Society for Civil Engineers. Consulté le 12/06/2021. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID>

Beguïn, M., & Pumain, D. (1994). *La représentation des données Géographiques*. Paris, Armand Colin.

Beucher, S. & Reghezza, M. (2005). *La géographie : Pourquoi ? Comment objets et démarches de la géographie aujourd'hui*. Paris, Hatier

Bradley, R. (1984). *Cartographie assistée par ordinateur pour le - mapcontext.com*. Consulté le 16/09/2016. mapcontext.com/.../cartographie-assistee-par-ordinateur-pour-le-recense

CEA. (2007). *Détermination des ensembles de données géographiques fondamentales pour l'Afrique: Géoinformation pour le développement économique et social*. Document. Consulté le 20/06/2020. ECA/ISTD/GEO/2007/02E. Addis-Abeba

Denis, A. (2014). *Initiation à ArcGIS Arlon Campus Environnement*, Université de Liège. Consulté le 24/10/2016. <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/135775>

États-Unis d'Amérique. (1978). *Census Bureau Mapping for censuses and surveys, Statistical Training Document ISP-TR-3*. Washington, D.C.: United States Department of Commerce, Bureau of the Census.

ESRI. (2016). *Système d'information géographique*. Consulté le 15 /04/2018. www.esri.com

Geospace. (2007). *Cartographie moderne pour le recensement de la population et de l'habitat*. Consulté le 16/09/2018. www.geospace.co.za

Girard, M.C, & Girard, C.M. (2017), *Traitement des données de télédétection*. Paris, Dunod.

INS. (1984). *Recensement général de la population et de l'habitat*, RDC

Kasse, M. (1995). *Économie du développement références africaines*. Consulté le 18/02/2020. http://www.mkasse.com/IMG/pdf/Eco_Deve_tome_1.pdf.

Khadidja, H. (2021). *Cartographie assistée et système d'information géographique sig*. Consulté le 21/09/2022 <http://geo.univ-batna2.dz>

Lesotho. (2006). *Carte de base LESOTHO fabriquée à l'aide d'image SPOT5*. [Carte]. Consulté le 25/09/2021. www.geospace.com

Marcello, R., & Marquez, A. (2014). *Manuel de télédétection spatiale*. Consulté le 22/08/2022. www.grss-ieee.org

MINECOFINPLAN. (2007). *Recensement général de la population et de l'habitat*. Consulté le 27/08/2019. www.statssa.gov.za/assd-dec2007/presentation/days201.../djibouti.PP

Nyandue, J. (2022). *Répartition de la population de la RDC en 1984* [Carte]. Inédit.

Poidevin, D. (2007). *Manuel de cartographie*. Consulté le 24/10/2021. www.articque.com,

- Pornon, H. (2015). *SIG : la dimension géographique du système d'information*. Paris, Dunod Infopro,
- PNUD. (2016). *Rapport 2015 sur les objectifs du millénaire pour le développement*. Consulté le 22/02/2017. <https://www.undp.org/fr/publications/rapport-2015-sur-les-objectifs-du-millenaire-pour-le-developpement>
- PNUD. (2015). *Rapport sur développement humain 2014*, Consulté le 12/12/2016. <https://www.undp.org/fr/publications/rapport-sur-le-developpement-humain-2014>
- RDC. Décret n°09/32 du 08 août 2009, portant l'organisation du deuxième Recensement Général de la population et de l'Habitat. Journal officiel
- RDC. (2019). *Plan national stratégique de développement*
- RIM. (2010). *Recensement général de la population et de l'habitat 4*. Consulté le 12/06/2021. www.economie.gv.mr
- Roelandt, N. (2019). *SIG : Introduction à la géomatique et mise en place d'un système d'information géographique*. Lille, D-Booker.
- UN. (2020). *Manuel d'organisation et de gestion des recensements de la population et de logement*. Consulté le 26/09/2022. https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/Series_F83Rev2fr.pdf
- UN. (1998). *Principes et recommandation concernant les recensements de la population*. Consulté le 24/08/2021. www.un.org/depts/unsd
- UNFPA. (2020). *QGIS pour la cartographie numérique dans les recensements et les enquêtes*. Consulté le 23/07/2021. <https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/>