

Approche d'adressage et de cartographie des accidents de la circulation en l'absence d'un system formel de dénomination des rues: Cas de la commune de Yopougon (Abidjan, Côte d'Ivoire)

[Approach to addressing and mapping traffic accidents in the absence of a formal street naming system: Case of the commune of Yopougon (Abidjan, Côte d'Ivoire)]

Aubin Kouassi YAO-NANAN¹, Christian Gnagui ADON², Patrice N'Guessan AKOGUHI³, Justin Kouadio KONAN⁴, and Fernand Koffi KOUAME⁵

¹Université Felix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherches (UFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Centre Universitaire de Recherches et d'Application en Télédétection (CURAT), 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Université Felix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherches (UFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Centre Universitaire de Recherches et d'Application en Télédétection (CURAT), 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement (LSTE), Département de Physique Chimie Mathématique Informatique, 02 BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

⁴Université Felix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherches (UFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Centre Universitaire de Recherches et d'Application en Télédétection (CURAT), 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

⁵Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, Unité de Recherche et d'Expertise Numérique (UREN), 28 BP 536 Abidjan 28, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this research is to optimize the management of accident-causing data by taking into account the geographical coordinates of accident sites. To do this, Google Maps, Google Earth and satellite positioning system receivers were used. These geospatial tools made it possible to attribute post-disasters, geographical coordinates to road traffic accidents in the municipality of Yopougon recorded by the road safety office in a context of lack of formal street addressing between the years 2016 and 2018. Then, by concatenating the geographical coordinates, in particular the latitude and longitude, the accident sites with identical coordinates were grouped together. A total of 3165 accidents with 2707 nominal addresses were geocoded, including 1694 serious accidents with 1138 nominal addresses. Serious accidents are accidents with at least one serious injury or death. The concatenation of the coordinates made it possible to group the 2707 nominal addresses into 280 places and particularly the 1138 into 251. That is 90% and 80% respectively gains for better analyses later. It has also reorganised the classification of accident-prone places. In conclusion, the geocoding of accidents and the concatenation of geographical coordinates that it allows improves the quality of basic statistical data for classical and spatial downstream analyses.

KEYWORDS: Geocoding, concatenation, latitude, longitude, Google Maps, Google Earth, positioning, satellite.

RESUME: L'objectif de cette recherche est d'optimiser la gestion des données accidentogènes par la prise en compte des coordonnées géographiques des lieux d'accidents. Pour se faire, Google Maps, google Earth et les récepteurs de systèmes de positionnements par satellites ont été utilisés. Ces outils géospatiaux ont permis d'attribuer post sinistres, des coordonnées géographiques aux accidents de la circulation routière de la commune de Yopougon enregistrés par l'office de la sécurité routière dans un contexte d'absence d'adressage formel des rues entre les années 2016 et 2018. Ensuite, par la concaténation des coordonnées géographiques en particulier des latitude et longitude, les lieux d'accidents aux coordonnées identiques ont été regroupés. En tout, 3165 accidents de 2707 adresses nominales ont été géocodés parmi lesquels 1694 accidents graves de 1138 adresses nominales. Les accidents graves sont les accidents avec au moins un blessé grave ou un tué. La concaténation des coordonnées a globalement permis de regrouper les 2707 adresses nominales en 280 lieux et particulièrement les 1138 en 251. Soit respectivement 90 % et 80 % de gains pour de meilleures analyses ultérieures. Elle a également réorganisé le classement des lieux accidentogènes. En conclusion, le géocodage des accidents et la concaténation des coordonnées géographiques qu'elle autorise améliore la qualité des données statistiques de bases pour les analyses classiques et spatiales en aval.

MOTS-CLEFS: Géocodage, concaténation, latitude, longitude, Google Maps, Google Earth, positionnement, satellite.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La cartographie des accidents de la route est relativement récente comparativement aux premières heures de l'analyse spatiale où Snow cartographie pour la première fois une épidémie de choléra à Londres [1]. Selon Vandersmissen *et al* [2], les précurseurs de la cartographie des accidents de la route sont Mollering [3] qui a effectué une analyse spatiale des accidents de la route survenus en 1969 au Michigan aux États Unis d'Amérique et Pampalon [4] qui a étudié la géographie de la mortalité sur les routes du Québec. Depuis, plusieurs auteurs ont suivi jusqu'à ce jour et les méthodes utilisées pour la localisation des accidents en vue de leur cartographie ont évolué. Selon Labonté, il existe essentiellement deux méthodes: les méthodes dites traditionnelles et les méthodes basées sur les systèmes de positionnements par satellite [5].

Les méthodes traditionnelles procèdent par localisation de l'accident à partir d'un élément dans l'environnement du sinistre (adresse postale, position sur une rue, distance par rapport à un carrefour, une borne kilométrique, un monument ou édifice important...). Ici, il n'y a pas de relevées de coordonnées géographiques sur le terrain. C'est plus tard, à l'étape de la cartographie que les géographes essaient de faire correspondre les repères de terrains sur les cartes. Ces cartes peuvent être soit physiques (murales ou sur table) soit numériques (SIG: Systèmes d'Informations Géographiques intégrés dans les ordinateurs. L'équivalent de la méthode traditionnelle utilisée aux États Unis d'Amérique (USA) est connu sous le nom de Linear Referencing (référencement linéaire) [6]. Huguenin-Richard détaille l'utilisation de la méthode traditionnelle basée en France sur le logiciel de résolution des adresses postales et coordonnées géographiques CONCERTO après les constats et repérages sur le terrain [7].

Les systèmes de positionnements par satellite (en anglais: Global Navigation Satellite System -GNSS-) fonctionnent par triangulation de 03 satellites (au moins) pour déterminer la position des cibles au sol sous forme de coordonnées géographiques. A ce jour, il en existe quatre (04): le GPS américain, le Glonass russe, le Baedou chinois et le Galileo européen. Leur exploitation en accidentologie consiste soit à relever les coordonnées géographiques sur les lieux du constat à l'aide de récepteurs au sol, soit elles le font par utilisation des services des applications de cartographies en ligne telle que Google Maps, Google Earh,...etc sur les lieux de l'accident ou ultérieurement. Dans tous les cas, *in fine*, un lien est établi entre ces coordonnées géographiques et un important point de repère proche car le commun des utilisateurs retient et se retrouve mieux avec les noms qu'avec les chiffres.

L'étude de Mansouri *et al.* montre que l'utilisation du GPS pour localiser les accidents de la circulation est rentrée progressivement dans les habitudes en France entre 2005 et 2016 en passant de 14% à 70% d'emploi lors des constats de sinistres [8]. Mais les auteurs précisent qu'il s'agit-là d'une moyenne nationale car dans les détails des départements, la fourchette part de 0 à un peu plus de 98% pour la dernière année 2016; ce qui montre que même pour un pays développé, l'utilisation du GPS dans la localisation des accidents de la circulation routière reste une gageure.

Les signaux et systèmes de positionnements par satellite sont généralement regroupés sous le vocable GPS (Global Positionning Système) pour le commun des utilisateurs car le système américain a été le précurseur. Mais le terme inclusif et

fédérateur dans le monde professionnel est GNSS (Global Navigation Satellite System) pour tenir compte des Russes, des Chinois et des Européens. Afin de faire simple dans la suite de l'article, nous utiliserons le terme GPS pour faire référence aux GNSS étant donné que ce vocable s'est naturellement imposé dans le milieu.

Contrairement aux méthodes basées sur les nouvelles technologies qui requièrent pour leurs exploitations des terminaux électroniques (ordinateurs, récepteurs GPS) et donc onéreuses à grande échelle d'exploitation, les méthodes dites traditionnelles, basées sur les repères environnementaux, requièrent moins de moyens technologiques; elles sont à la portée de tous et sont moins onéreuses. Cependant, elles peuvent s'avérer difficiles à exploiter (en rase campagne par exemple) lorsque les repères sont inexistantes ou très éloignés (points kilométriques éloignés ou inexistence d'infrastructures de références). Dans ces situations, les estimations faites sont souvent imprécises. Par ailleurs, la multiplicité des points de repères dans le système traditionnel (points kilométriques, carrefours, édifices célèbres) entraîne-t-elle un manque de cohérence dans les bases de données lorsque toutes ces données sont mises ensemble. Des constats similaires faits par Kim *et al.* les ont emmenés à proposer la localisation des accidents par GPS (méthode moderne) comme solution pour répondre à la problématique de l'uniformisation de la méthodologie d'enregistrement des accidents de la circulation [9].

Les méthodes basées sur les nouvelles technologies par relevés GNSS qu'elles le soient par utilisation de récepteurs sur terrain ou à travers les applications en ligne sont plus précises que les traditionnelles. Dans tous les cas, ces méthodes de localisations des accidents de la circulation routière (traditionnelles ou modernes) reposent sur un système cohérent d'adressage des rues car mêmes les coordonnées GPS qui s'en affranchissent au départ, doivent les intégrer in fine en afin d'être plus parlantes pour les hommes.

1.2 PROBLÉMATIQUE

Les pays africains ne bénéficient généralement pas de systèmes d'adressages de rues cohérents. Si très peu d'écrits officiels en parlent, le site web de Edenmap [10], note que sur ce continent, même lorsque les dénominations existent pour certaines rues, ces dernières sont méconnues des citoyens car les appellations sont souvent imposées de manière descendante, sans implication des populations locales ni prise en compte de l'histoire sociale des lieux. Ce constat de Edenmap est partagé par Ecobuilder [11]. Wanguep sur linkedin quant à lui note que plus de quatre milliards de personnes dans 135 pays son sans adresse officielle, notamment en Afrique [12]; il rejoint ainsi en d'autres mots les deux premiers. Ainsi, ces trois intervenants sont-ils unanimes sur la problématique du système d'adressage des rues en Afrique. Or nous nous sommes rendus à l'évidence plus haut que les deux méthodes de localisation reposent sur un système cohérent d'adressage des voies de circulations routières. En effet, l'absence d'un système formel de dénomination des rues constitue un obstacle majeur à une gestion efficace des accidents de la circulation. Cette situation complique l'identification et le suivi des lieux d'accidents car chaque agent de constatation de sinistre attribue au lieu d'accident, le nom du repère dans l'environnement proche qui lui convient (pharmacie, station, école, supermarché... pour le même lieu). Cela entraîne une dispersion des données sous différentes appellations qui s'amplifie au fil des années et rend difficile l'analyse et la prévention des risques routiers. Dans un tel contexte, comment géocoder et étudier en vue d'extraire des informations pertinentes, les accidents de la route déjà enregistrés sur des années sans coordonnées géographiques par la méthode traditionnelle et comment envisager la transition vers la méthode moderne en l'absence de ce préalable? Jusque-là, la question ne s'est pas posée avec acuité parce que dans ces pays en général, les accidents de la circulation routière ne sont pas cartographiés en vue d'analyses géospatiales, mais ces parties du monde qui portent en elles les taux d'accidents les plus élevés [13] ne peuvent pas continuer à s'affranchir des atouts pertinents des outils d'analyses géostatistiques pour des phénomènes à localisation géographique tels que les accidents de voies publiques. Cet article, en vue de surmonter ces difficultés pour améliorer la gestion des accidents et la sécurité routière dans les zones urbaines envisage, sur l'exemple de la commune de Yopougon (utilisée comme site pilote), de proposer une méthode de localisation des accidents de la circulation routière afin de permettre la conception de bases de données géocodées des accidents de voie publique, préalable à leur cartographie et analyses spatiales dans un contexte d'adressage de rues inexistant ou incohérent.

A l'entame de nos travaux, nous présumons par hypothèse, que la solution mixte de localisation des accidents par géocodage (liaison coordonnées géographiques -repères environnementaux) permettra de réorganiser et d'apporter une plus-value aux données d'accidents de base en les rendant plus cohérentes. En effet, de nombreux points d'accidents qui paraissent distincts de par leurs noms ou leurs points référents peuvent être en réalité des « homonymes-géographiques (même coordonnées géographiques) » et donc être agrégés (regroupés) pour effectuer des statistiques plus proches de la réalité.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé pour réaliser cette étude est composé de trois récepteurs GPS Garmin GPSMAP 66sr multiband pour les relevés de coordonnées géographiques. Ce type de récepteur GPS est multi bandes; il prend en compte les systèmes GPS (américain), GLONASS (russe), Galileo (européen) ce qui lui permet d'offrir une précision de positionnement d'un (01) mètre. Le matériel de traitement de données se résume à l'outil informatique formé d'un micro-ordinateur de marque HP pavillon (processeur AMD A6-5200 APU muni du Radeon (TM) HD Graphics 2.00 GHz, mémoire RAM 12 Go, Système d'exploitation Windows 10 professionnel 64 bits et 500 GB de mémoire de disque dure). Ce micro-ordinateur est équipé du tableur Microsoft Excel pour le recueil des données statistiques de bases relatives aux sinistres constatés, du logiciel de statistiques R pour le prétraitement de ces données et du logiciel de cartographie Arcgis pour la cartographie des points d'accidents. L'accès de ce micro-ordinateur à internet a également permis à travers les plateformes google Maps et google Earth les relevés de coordonnées des accidents en combinaison avec les récepteurs GPS précités. Pour les relevés GPS sur terrain, deux véhicules ont servi aux déplacements sur les lieux. Enfin, les données de départ ont concerné d'une part les statistiques de bases en fichier Excel relatives aux accidents constatés sur les années 2016-2017-2018 au sein de la ville d'Abidjan et d'autres parts la carte de la commune de Yopougon (en fichier Shape) avec son découpage en sous-quartiers et de la couche du réseau routier. Les statistiques sur les sinistres d'accidents ont été obtenus auprès de l'office de la sécurité routière (OSER) de la Cote d'Ivoire. Le fond de carte de la commune de Yopougon a été obtenu auprès du laboratoire de recherche CURAT de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan.

2.2 MÉTHODE

Pour répondre à la problématique, la méthode adoptée a été appliquée à Yopougon, commune la plus peuplée, la plus vaste et la plus accidentogène de la ville d'Abidjan et du pays sur les années 2016 à 2018, périodes pour lesquelles les données étaient disponibles à l'entame de l'étude.

Il a été question de montrer que le géocodage des accidents permet de mieux organiser les données accidentogènes de bases et donc d'offrir une meilleure matière première pour de meilleures statistiques en aval. Comme l'atteste la figure 1, la réalisation de la base de données géocodée des accidents a été faite en trois étapes: i) d'abord l'écriture d'un algorithme de prétraitement des données accidentogènes brutes pour extirper les doublons de données et rendre cette première base plus logique, ii) ensuite l'attribution de coordonnées géographiques par la méthode moderne et iii) enfin l'harmonisation de la base géocodée par concaténation de coordonnées géographiques en vue de regrouper des « homonymes géographiques » c'est-à-dire les points ayant les mêmes coordonnées géographiques mais d'appellations différentes. Ces deux dernières étapes permettent de palier aux insuffisances de la base non géocodée. La comparaison des bases de données non géocodées et géocodées permet de montrer la supériorité de la seconde sur la première.

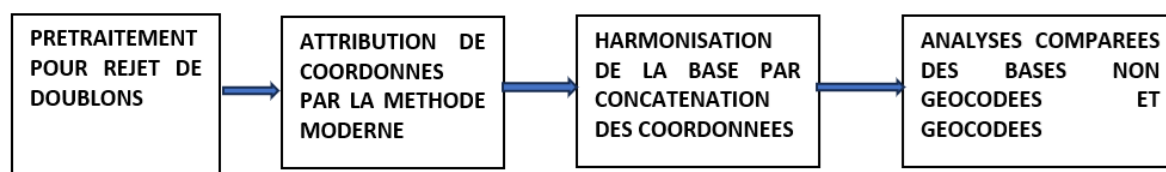


Fig. 1. Schéma synoptique de la méthode de mise en place de la base de données géocodées

2.2.1 MÉTHODE DE PRÉTRAITEMENT

Deux types de doublons ont été définis: les « doublons parfaits » et les « doublons imparfaits ». Les « doublons parfaits » sont deux ou plusieurs lignes (enregistrements) pour lesquelles toutes les cellules liées aux mêmes colonnes sont identiques deux à deux. On dit qu'elles ont été dupliquées. Le tableau 1 en est une illustration.

Tableau 1. Exemple d'enregistrement où toutes les cellules de la même colonne sont identiques deux à deux

NUM ORDRE	DATE	HEURE	LIEU EXACT	CIRCONSTANCE	TUES TOTAL	BLESSES GRAVES TOTAL	BLESSES LEGERS TOTAL
01	02/01/16	19:00	carrefour lubafrique	Défaut de maitrise	0	0	1
02	02/01/16	19:00	carrefour lubafrique	Défaut de maitrise	0	0	1

Les « doublons imparfaits », exemple du tableau 2 sont les lignes pour lesquelles des cellules essentielles et discriminatoires pour une thématique donnée sont identiques sans que le reste ne le soit. Pour la thématique des accidents, si on constate dans les enregistrements, deux ou plusieurs accidents survenus au même endroit et au même moment mais avec des bilans et/ou des causes différentes, alors deux cas de figures se présentent: soit il s'agit du même accident mal enregistré plusieurs fois en leurs bilans et/ou circonstances, soit il s'agit d'accidents différents mal enregistrés dans le temps et dans l'espace car en un point et à un instant donnés, il ne peut se produire qu'un seul accident.

Tableau 2. Exemple d'enregistrements où les cellules des colonnes date, heure, lieu exact sont identiques deux à deux et le reste différent

NUM ORDRE	DATE	HEURE	LIEU EXACT	CIRCONSTANCE	TUES TOTAL	BLESSES GRAVES TOTAL	BLESSES LEGERS TOTAL
01	02/01/16	19:00	carrefour lubafrique	Défaut de maitrise	0	1	1
02	02/01/16	19:00	carrefour lubafrique	Imprudence du conducteur	0	2	3

Lorsque c'est le cas, nous retenons le terme « doublons imparfaits » et un arbitrage est à faire pour lever le doute. La fonction de rejet de doublons intégrée dans la plupart des tableurs permet de déceler et rejeter les « doublons parfaits » mais pas les « doublons imparfaits », un programme a été développé sous le logiciel de statistiques R (version 4.2.0) pour se faire. L'algorithme du programme est le suivant:

- Soit DH = date heure, LI = lieu, CI = circonstances, TU = tues, BG = Blesses graves, BL = Blesses légers
- Soit i la ligne d'enregistrement de l'accident i
- Si $DH_{i1} = DH_{i2}$ et $LI_{i1} = LI_{i2}$ alors renvoyer en rouge dans la colonne observations « attention il s'agit peut-être d'un accident déjà enregistré, veuillez effectuer un arbitrage » sinon renvoyer « OK »

En fin de traitements, les lignes marquées OK ne nécessitent pas d'attentions particulières par contre celles marquées « attention il s'agit peut-être d'un accident déjà enregistré, veuillez effectuer un arbitrage » vont conduire à la consultation des archives de l'OSER (procès-verbaux des agents de constats gendarmerie-polices) pour lever les doutes.

2.2.2 MÉTHODE D'ATTRIBUTION DE COORDONNÉES

Elle se fait par relevées de coordonnées. Les outils de relevés sont: google maps, google earth, récepteurs GPS. Lorsque les lieux concernés par les accidents étaient connus de la plateforme google maps sans confusion possible, cette dernière était utilisée pour relever les coordonnées. Lorsqu'il y avait ambiguïté, google earth était utilisé.

Le choix entre google maps et google earth repose sur le principe de temps de chargement des données donc de rapidité d'exploitation de ces applications en ligne. En termes de données, Google Maps s'appuie sur des fichiers Shape pendant que google earth pour les mêmes détails s'appuie sur de la photographie satellitaire. Les shapes étant plus légers en termes de capacités que les photos et donc plus rapides à charger, leur plateforme a été privilégiée par rapport à google earth qui elle a été réservée pour lever les doutes de google maps.

Pour les lieux inconnus des bases de données de google Maps et google Earth, les coordonnées géographiques ont été relevés par récepteurs GPS suite à des enquêtes terrains auprès de structures ressources telles que la Gendarmerie, la Police et les syndicats de transporteurs. Ci-dessous, le logigramme de la méthode d'attribution des coordonnées géographiques.

2.2.3 METHODE D'HARMONISATION DE LA BASE GEOCODEE PAR CONCATENATION DES COORDONNEES

Les coordonnées géographiques d'un même lieu peuvent avoir plusieurs noms de baptêmes en fonction du repère auquel ce lieu fait référence dans la zone. Si un nom de baptême unique n'est pas donné à ce point, les méthodes et les logiciels de statistiques classiques (statistiques des tendances, R, SPHINX, SPSS,...) dans leurs exploitations les considèrent comme des points différents et cela fausse les analyses. Une harmonisation de la base s'avère nécessaire. Le principe consiste à réussir à attribuer un code univoque à chaque lieu et à raisonner sur ce code plutôt que sur les différentes appellations nominales. La première idée a consisté à ne raisonner que sur la latitude d'un lieu en lui attribuant cette coordonnée comme code. Mais nous nous sommes vite aperçu que cela conduirait à des confusions puisque plusieurs lieux différents peuvent être situés sur le même méridien (latitudes identiques même si les longitudes sont différentes). Il en est de même si l'on veut retenir la longitude. La solution conceptuelle était donc de réussir à générer un code unique pour chaque lieu à partir d'une manipulation ou combinaison des deux coordonnées géographiques (latitude-longitude) puis à rebaptiser ce lieu en choisissant une seule appellation parmi toutes celles en usage. La technique trouvée après plusieurs approches complexes infructueuses a été l'exploitation de l'opérateur concaténation des nombres en mathématique. Ainsi, en concaténant la latitude et la longitude d'un lieu, on lui attribue un code unique qui le caractérise de façon univoque. En effet, deux ou plusieurs endroits différents peuvent avoir soit la même latitude (situés sur le même parallèle) soit la même longitude (situés sur le même méridien), mais jamais les deux à la fois (jamais sur la même intersection) sinon, il s'agira du même lieu nommé autrement ou plusieurs fois (figure 2).

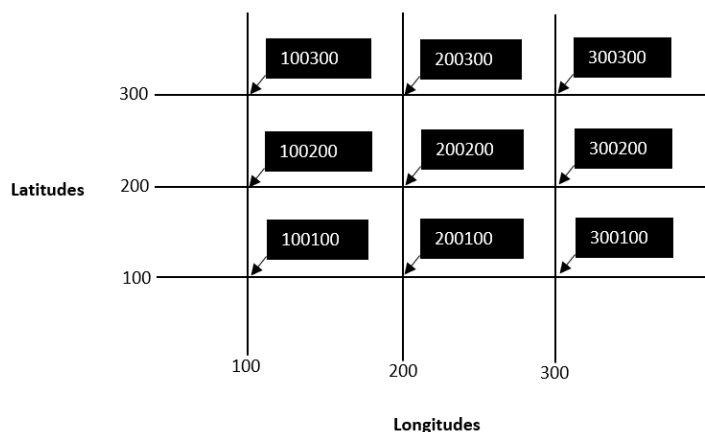


Fig. 2. Principe de caractérisation des points du globe par leurs coordonnées géographiques concaténées

Ensuite, les codes univoques étant des nombres, ont réorganisé la base de données des accidents en classant ces codes par ordre croissant. Les lieux ayant des appellations différentes mais de mêmes coordonnées géographiques donc ayant le même code univoque vont se suivre l'un après l'autre dans la base. A partir de là, on choisit parmi les appellations, le nom de baptême le plus approprié et on l'attribue par affectation aux autres lignes d'enregistrements. Le tableau 3 est une récapitulation de la méthode d'harmonisation de la base.

Tableau 3. Récapitulation de la méthode d'harmonisation de la base

LATITUDE	LONGITUDE	CONCATENATION	APPELLATIONS D'USAGES	APPELATION RETENUE
100	100	100100	A, B, C	A
100	200	100200	D, E, F	D
100	300	100300	G, H, I	G
200	100	200100	J, K, L	J
200	200	200200	M, N, O	M
200	300	200300	P, Q, R	N
300	100	300100	S, T, U	S
300	200	300200	V, W, X	V
300	300	300300	Y, Z ₁ , Z ₂	Y

Les étapes de l'harmonisation de la base sont:

- 1- Attribution de codes univoques aux adresses d'accidents par concaténation des coordonnées géographiques
- 2- Classement des codes
- 3- Regroupement des codes identiques
- 4- Affectation d'un nom de baptême unique à chaque code_nombre

Pour récapituler, les étapes de réalisation de la base de données géocodées sont:

- 1- Prétraitements
- 2- Relevés de coordonnées géographiques
- 3- Attribution de codes univoques aux adresses d'accidents par concaténation des coordonnées géographiques
- 4- Classement des codes
- 5- Regroupement des codes identiques
- 6- Affectation d'un nom de baptême unique à chaque code_nombre

2.2.4 ANALYSES COMPAREES DES BASES GEOCODEES ET NON GEOCODEES

Il s'agit de faire le classement des lieux les plus accidentogènes avant et après géocodage, de les comparer et d'expliquer les différences en faisant ressortir la supériorité du géocodage.

3 RÉSULTATS

3.1 PRÉTRAITEMENTS

- Au départ, 19263 accidents recensés sur les dix (10) communes d'Abidjan sur les années 2016-2017-2018 ont été obtenus auprès de l'OSER sous forme de fichiers Excel sans coordonnées géographiques. Un travail de géocodage qui consiste à attribuer des coordonnées géographiques à ces accidents était à faire avant toute activité cartographique. Mais cette base de données multi sources comportait des doublons à apurer.
- L'apurement a donné 18699 accidents sur les dix (10) communes d'Abidjan sur les années 2016-2017-2018 après rejets doublons soit des moyennes de 6233 accidents par an dans la ville d'Abidjan et 1870 accidents par commune sur la somme des trois (03) ans. Cet apurement de doublons s'est fait à travers le menu « supprimer les doublons » intégré dans Excel combiné à un programme spécialement écrit sous Excel à cet effet dont l'algorithme a été décrit dans la méthode prétraitement. En dehors des doublons, il pouvait exister des enregistrements incomplets (accidents dont l'une des rubriques date, heure, lieu, circonstances, bilan manque). Ces enregistrements ont été recherchés et détectés par la technique des tris sous Excel.
- Ainsi, il est resté 18440 accidents sur les dix (10) communes d'Abidjan sur les années 2016-2017-2018 après rejets des enregistrements incomplets. A partir de là, la commune la plus accidentogène a été retenue et extraite pour l'étude. Il s'agit de la commune de Yopougon.
- Total Yopougon extrait de la base après rejet doublons et données incomplètes: 4480 accidents sur les trois ans; largement au-dessus de la moyenne communale de 1870. C'est donc la commune la plus accidentogène. Mais toutes ces données ne sont pas géocodables. En effet, certaines adresses sont restées très vagues. Exemple: lieu = château d'eau; lieu = marché. Or il y a plus d'un château d'eau et de marché dans la commune. Ces données ont été écartées. Elles sont au nombre de 23. Ce qui donne 4457 accidents géocodables soit un taux de géocodage de 99,5%.
- Total géocodables: 4457 accidents repartis sur 2912 adresses différentes.

L'objectif étant d'étudier *in fine* les accidents graves et afin de ne pas géocoder inutilement les accidents moins graves nous avons pratiqué un échantillonnage ciblé en retirant de la table, les accidents purement matériels (sans blessés) et les accidents avec un seul blessé léger, soit 1292. Cela fait un total restant de 3165 accidents à géocoder sur 2707 adresses nominales différentes comme illustré dans le tableau 4.

Tableau 4. Synthèse des prétraitements

CHAPITRE	ACTION	NOMBRE	ADRESSES NOMINALES CORRESPONDANTES
PRE-TRAITEMENTS	Accidents extraits de la base OSER sur les années 2016-2017-2018 au sein des 10 communes d'Abidjan	19263	
	Accidents retenus de la base OSER sur les années 2016-2017-2018 au sein des 10 communes d'Abidjan après apurement des doublons	18699	
	Accidents des 10 communes d'Abidjan retenus dans la base OSER sur ces années après rejet des enregistrements incomplets	18440	
	Accidents de Yopougon extraits de la base	4480	
	Accidents de Yopougon géocodables	4457	2912
DONNEES A GEOCODER	Accidents de Yopougon retenus pour géocodage	3165	2707

3.2 DONNÉES GÉOCODÉES

Le tableau 5 ci-dessous est un extrait de la base de données géocodées à défaut de pouvoir présenter ici les 3165 lignes.

Tableau 5. Extrait de la base de données des accidents géocodés

NUM ORDRE	DATE	HEURE	LIEU EXACT	CIRCONSTANCE	TU	BG	BL	LATITUDE	LONGITUDE	MOYEN
01	02/01/16	19:00	carrefour lubafrique	Défaut de maitrise	1	0	1	5,32992	-4,10416	Google map
02	30/06/17	06:40	face pharmacie Chigata	Imprudence du conducteur	1	0	1	5,32507	-4,06032	Google map
03	14/04/18	23:47	face Cosmos	Vitesse excessive	0	1	3	5,35024	-4,07336	Google Earth
04	23/09/16	10:00	carrefour ancien bel air	Défaut de maitrise	0	1	0	5,34663	-4,05942	Enquêtes terrains+ relevé GPS
05	26/05/17	19:35	route Dabou hauteur Bonikro	Vitesse excessive	0	1	0	5,34683	-4,10615	Enquêtes terrains+ relevé GPS
06	22/04/18	15:20	carrefour sapeurs pompiers	défaut de maîtrise	0	4	0	5,32855	-4,06096	Google map

Légende:

TU = nombre de personnes tuées dans l'accident

BG = nombre de personnes gravement blessées dans l'accident

BL = nombre de personnes légèrement blessées dans l'accident

Moyen = moyen d'acquisition des coordonnées géographiques

Nous avons 3165 lignes de constats d'accidents qui pourraient laisser penser qu'il y a eu 3165 lieux d'accidents. Mais dans la logique et de toute évidence, en trois années, des accidents ont pu se répéter en certains points. Également, il y a fort à penser comme énoncé dans la problématique que suivant l'agent de constat, le baptême (l'appellation) du point peut varier en fonction du repère environnant choisi. Il a donc fallu harmoniser la base. Les tableaux 6 à 9 de la section 3.1.3 ci-dessous illustrent les traitements effectués sur la base géocodée.

3.3 BASE DE DONNÉES GÉOCODÉE HARMONISÉE

Tableau 6. Extrait de la base de données des accidents avec insertion de valeurs images des coordonnées géographiques

NUM ORDRE	DATE	HEURE	LIEU EXACT	CIRCONSTANCE	LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE IMAGE	LONGITUDE IMAGE
01	02/01/16	19:00	carrefour lubafrique	Défaut de maitrise	5,32992	-4,10416	532992	410416
02	30/06/17	06 40	face pharmacie Chigata	Imprudence du conducteur	5,32507	-4,06032	532507	406032
03	14/04/18	23:47	face Cosmos	Vitesse excessive	5,35024	-4,07336	535024	407336
04	23/09/16	10:00	carrefour ancien bel air	Défaut de maitrise	5,34663	-4,05942	534663	405942
05	26/05/17	19:35	route Dabou hauteur Bonikro	Vitesse excessive	5,34683	-4,10615	534683	410615
06	22/05/18	15:20	carrefour sapeur pompiers	Défaut de maitrise	5,32855	-4,06096	532855	406096

Des valeurs images sont associées aux coordonnées géographiques respectives. Il s'agit de nombres entiers positifs. Dans le système de coordonnées géographiques WGS 84 à degrés décimaux, la commune de Yopougon est caractérisée par des latitudes positives et des longitudes négatives. Puisque les latitudes sont constituées de nombres décimaux positifs à cinq (5) chiffres après la virgule, pour obtenir leur image positive, elles ont été multipliées par (10.000). Quant aux longitudes, puisqu'elles sont constituées de nombres décimaux négatifs à cinq (5) chiffres après la virgule, pour obtenir leur image positive, elles ont été multipliées par (-10.000). Ensuite, un code unique est attribué à chaque point pour le distinguer des autres tant en latitude, en longitude qu'en appellation alphanumérique. Ce code est obtenu par concaténation des images des latitudes et des longitudes calculées précédemment. Le tableau 7 suivant en est une illustration.

Tableau 7. Attribution de codes uniques aux points d'accidents par concaténation de coordonnées

NUM ORDRE	DATE	LIEU EXACT	LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE IMAGE	LONGITUDE IMAGE	CONCATE-NATION LATITUDE-LONGITUDE IMAGES
01	02/01/16	carrefour lubafrique	5,32992	-4,10416	532992	410416	532992410416
02	30/06/17	face pharmacie Chigata	5,32507	-4,06032	532507	406032	532507406032
03	14/04/18	face Cosmos	5,35024	-4,07336	535024	407336	535024407336
04	23/09/16	carrefour ancien bel air	5,34663	-4,05942	534663	405942	534663405942
05	26/05/17	route Dabou hauteur Bonikro	5,34683	-4,10615	534683	410615	534683410615
06	22/04/18	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855	406096	532855406096

Les coordonnées ainsi concaténées, chaque lieu d'accident peut comporter des appellations différentes, mais dispose d'un numéro matricule unique qui permet d'établir une équivalence entre toutes les appellations qui portent le même numéro. Pour cela, la base est réorganisée par ordre croissant des coordonnées concaténées en vue de regrouper tous les noms de lieux qui ont le même matricule. Le tableau 8 suivant en est une illustration.

Tableau 8. Classification des lignes de la base de données géographique par ordre de code concaténés

NUM	DATE	LIEUX HETEROCLITES	LATITUDE	LONGITUDE	CONCATENATION LATITUDE-LONGITUDE
1.	17/01/2016	hauteur sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
2.	01/12/2016	carrefour sapeur pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
3.	11/03/2017	carrefour gspm	5,32855	-4,06096	532855406096
4.	28/08/2017	hauteur gspm	5,32855	-4,06096	532855406096
5.	14/02/2018	carrefoure sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
6.	02/04/2018	face sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
7.	13/06/2018	feu sapeur pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
8.	20/06/2018	peu avant feu sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
9.	01/11/2018	peu apres carrefour sapeur pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
10.	02/12/2018	face sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
11.	12/04/2017	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
12.	19/04/2017	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
13.	06/08/2017	yopougon hauteur gspm	5,32855	-4,06096	532855406096
14.	08/11/2017	face sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
15.	09/12/2017	carrefour sapeur pompier	5,32855	-4,06096	532855406096
16.	11/02/2018	caserne gspm	5,32855	-4,06096	532855406096
17.	11/03/2018	peu avantcarrefourgspm	5,32855	-4,06096	532855406096
18.	19/03/2018	peu apres les sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
19.	03/04/2018	face station shell vers sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
20.	03/12/2018	face station shell vers sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
21.	20/03/2016	apres carrefoure sapeur pompier	5,32855	-4,06096	532855406096
22.	11/02/2016	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
23.	11/05/2016	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
24.	11/06/2016	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
25.	09/10/2016	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
26.	11/09/2017	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
27.	13/01/2018	feu sapeur pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
28.	25/04/2018	route bel air vers sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
29.	25/12/2018	route bel air vers sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
30.	20/07/2018	carrefour sapeur pompier	5,32855	-4,06096	532855406096
31.	13/01/2016	hauteur sapeurs	5,32855	-4,06096	532855406096
32.	03/06/2018	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
33.	22/04/2018	carrefour sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
34.	22/12/2018	carrefoure sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096
35.	01/08/2017	hauteur gspm	5,32855	-4,06096	532855406096
36.	20/12/2016	hauteur sapeurs pompiers	5,32855	-4,06096	532855406096

Comme on le voit, le point de coordonnées (5,32855; -4,06096) avec pour matricule (532855406096) comporte trente-six (36) appellations différentes selon la succession des agents de constats qui combinent les mots clés: Yopougon, gspm, sapeur-pompier, carrefour, feux, caserne. Pour une base de données classique (sans coordonnées géographiques), il s'agit de trente-six (36) points différents. Mais par l'intermédiaire du géocodage, le problème de l'équivalence cachée peut être réglé. Nous le faisons en rebaptisant chaque code unique par un nom choisi parmi les divers noms déjà attribués au point concerné par les agents de constat. A l'aide d'un tableur (Excel notamment), cela se fait en une seule opération et l'on a le tableau 9 ci-dessous.

Tableau 9. Lieux d'accidents harmonisés

	DATE	HEURE	LATI-TUDE	LONGI-TUDE	CIRCONSTANCES	LIEUX HARMONISES
1.	17/01/2016	10:00:00	5,32855	-4,06096	non respect règles de priorités	carrefour sapeurs pompiers
2.	01/12/2016	06:00:00	5,32855	-4,06096	non respect règles de priorités	carrefour sapeurs pompiers
3.	11/03/2017	10:00:00	5,32855	-4,06096	imprudence du conducteur	carrefour sapeurs pompiers
4.	28/08/2017	21:40:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
5.	14/02/2018	22:30:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
6.	02/04/2018	16:00:00	5,32855	-4,06096	stationnement dangereux	carrefour sapeurs pompiers
7.	13/06/2018	10:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
8.	20/06/2018	13:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
9.	01/11/2018	06:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
10.	02/12/2018	16:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
11.	12/04/2017	21:20:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
12.	19/04/2017	07:50:00	5,32855	-4,06096	imprudence du conducteur	carrefour sapeurs pompiers
13.	06/08/2017	14:00:00	5,32855	-4,06096	non respect règles de priorités	carrefour sapeurs pompiers
14.	08/11/2017	16:10:00	5,32855	-4,06096	non respect règles de priorités	carrefour sapeurs pompiers
15.	09/12/2017	19:30:00	5,32855	-4,06096	imprudence du conducteur	carrefour sapeurs pompiers
16.	11/02/2018	05:05:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
17.	11/03/2018	01:30:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
18.	19/03/2018	09:00:00	5,32855	-4,06096	stationnement dangereux	carrefour sapeurs pompiers
19.	03/04/2018	10:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
20.	03/12/2018	10:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
21.	20/03/2016	22:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
22.	11/02/2016	11:40:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
23.	11/05/2016	11:40:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
24.	11/06/2016	11:40:00	5,32855	-4,06096	imprudence du conducteur	carrefour sapeurs pompiers
25.	09/10/2016	11:40:00	5,32855	-4,06096	non respect règles de priorités	carrefour sapeurs pompiers
26.	11/09/2017	11:40:00	5,32855	-4,06096	non respect règles de priorités	carrefour sapeurs pompiers
27.	13/01/2018	21:30:00	5,32855	-4,06096	imprudence du conducteur	carrefour sapeurs pompiers
28.	25/04/2018	17:30:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
29.	25/12/2018	17:30:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
30.	20/07/2018	11:30:00	5,32855	-4,06096	stationnement dangereux	carrefour sapeurs pompiers
31.	13/01/2016	22:30:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
32.	03/06/2018	22:00:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
33.	22/04/2018	15:20:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
34.	22/12/2018	15:20:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
35.	01/08/2017	22:50:00	5,32855	-4,06096	défaut de maîtrise	carrefour sapeurs pompiers
36.	20/12/2016	11:45:00	5,32855	-4,06096	imprudence du conducteur	carrefour sapeurs pompiers

Les trente-six (36) noms de baptêmes ont été remplacés par un seul à savoir « Yopougon carrefour sapeurs-pompiers ».

Ce processus d'harmonisation et de regroupement d'adresses nominales des 3165 accidents a permis de passer de 2707 adresses différentes à 280 sur la base de la manipulation des coordonnées géographiques. Sur ces données statistiques, nous avons 1694 accidents graves c'est-à-dire des accidents avec au moins un blessé grave ou un tué. Ces accidents se répartissent sur 1138 adresses nominales différentes avant le traitement (manipulation) par coordonnées géographiques et sur 251 adresses nominales après.

3.4 COMPARAISON DES DONNEES DES BASES NON GEOCODEES ET GEOCODEES

Cette section de résultats a pour but de montrer la plus-value apportée par le géocodage sur les données statistiques de bases des accidents de la circulation. Pour se faire, nous présenterons respectivement dans les tableaux 10, 11 et 12, l'état des données statistiques avant et après géocodage, les classements des lieux d'accidents en termes de gravité avant géocodage et après géocodage.

Tableau 10. Etat des données statistiques avant et après harmonisation par géocodage

	Nombre	Nombre d'adresses correspondantes avant harmonisation par géocodage	Nombre d'adresses correspondantes après harmonisation par géocodage	Taux d'agrégation
Échantillon d'accidents	3165	2707	280	90%
Accidents graves	1694	1138	251	80%

Le tableau nous montre sur ses deux lignes, une réduction du nombre de lieux d'accidents de 80 à 90% après l'harmonisation par géocodage. En effet, l'harmonisation par géocodage a permis le regroupement de lieux aux coordonnées identiques mais d'appellations ou références différentes qui donnaient l'impression d'un nombre pléthorique de lieux.

Le tableau 11 montre qu'avant l'harmonisation par géocodage, les trois lieux les plus accidentogènes sont dans l'ordre: Koweit, Andokoi, Kenya avec des scores respectifs de 20, 15, 13 accidents sur les trois années. Après l'harmonisation par géocodage, le classement devient dans l'ordre: Siporex, Carrefour sable et Kenya avec des scores respectifs de 61, 59, 55 accidents sur les trois années (voir tableau 12). Siporex et Carrefour sable apparaissent dans le trio fortement accidentogène avec des scores renforcés de 61 et 59 en remplacement de Koweit et Andokoi. Kenya reste en position 3 mais voit également son score renforcé en passant de 13 à 55. Ces changements de classements sont dus au fait qu'avant géocodage, leurs scores étaient éclatés sous différentes appellations et il était quasi impossible de s'en apercevoir.

Tableau 11. Classement des lieux les plus accidentogènes avant géocodage

Classement	FREQUENCE	Lieu
1	20	Koweit
2	15	Andokoi
3	13	Hauteur kenya
4	12	Banco 2
5	11	Sicogi
6	10	Hauteur ghandi
7	9	Route abobo d'oumé
7 ex	9	Route Dabou
7 ex	9	Siporex
7 ex	9	Axe adjamé-yopougon
11	8	Carrefour sable
11 ex	8	carrefour BEL AIR
11 ex	8	Hauteur poste siporex
11 ex	8	Hauteur BAE
11 ex	8	Hauteur SIPOREX

Tableau 12. Classement des lieux les plus accidentogènes après harmonisation par géocodage

CLASSEMENT	LATITUDE	LONGITUDE	FREQUENCE	LIEU EXACTE
1	5,35573	-4,07411	61	SIPOREX
2	5,3563	-4,06632	59	carrefour sable
3	5,34678	-4,07336	55	carrefour pharmacie Keneya
4	5,36181	-4,08439	33	carrefour BAE
4 ex	5,32222	-4,05409	33	Yopougon Koweit
6	5,34672	-4,06348	32	carrefour pharmacie bel air
6 ex	5,35198	-4,06348	32	institut des aveugles
8	5,34073	-4,0623	31	complexe sportif
8 ex	5,34789	-4,07929	31	pharmacie Phenix
10	5,32364	-4,05987	29	carrefour Gandhi
10 ex	5,35584	-4,07156	29	Gabriel gare
12	5,36921	-4,0804	27	carrefour zone industrielle
13	5,36153	-4,06946	21	Andokoi
13 ex	5,36541	-4,10214	21	Gesco
13 ex	5,3484	-4,11625	21	Port Bouet 2

L'hypothèse de départ pour cet objectif spécifique est ici confirmée: le géocodage apporte une plus-value dans la constitution des données statistiques de bases pour les phénomènes à localisations géographiques. A partir de la base des données géocodées, les accidents peuvent être cartographiés, regroupés en fonction de leurs proximités en vue d'effectuer des analyses environnementales. Les figures 3 et 4 sont des matérialisations cartographiques de la base de données géocodées sur la base des 1694 accidents graves du tableau repartis sur 251 coordonnées géographiques.

Le géocodage a permis de regrouper les points d'appellations diverses mais ayant les mêmes coordonnées géographiques. La cartographie permet de révéler l'agencement de ces points dont certains sont alignés, souvent plus proches des uns que des autres et parfois presque juxtaposés. Ces constats n'étaient pas possibles sans le géocodage. La figure 3 présente juste les points accidentogènes sans faire état de leurs récurrences. Quant à la figure 4, elle tient compte des récurrences respectives de ces points avec des formes proportionnelles aux cumuls d'accidents donc de leurs gravités. Les résultats font états d'environ 45% des accidents aux carrefours.

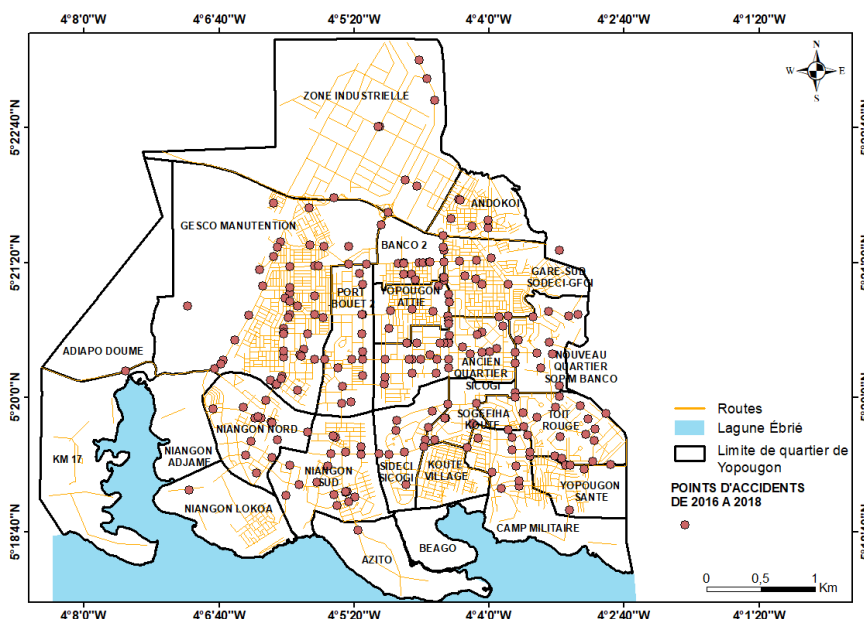


Fig. 3. Carte des points accidentogènes

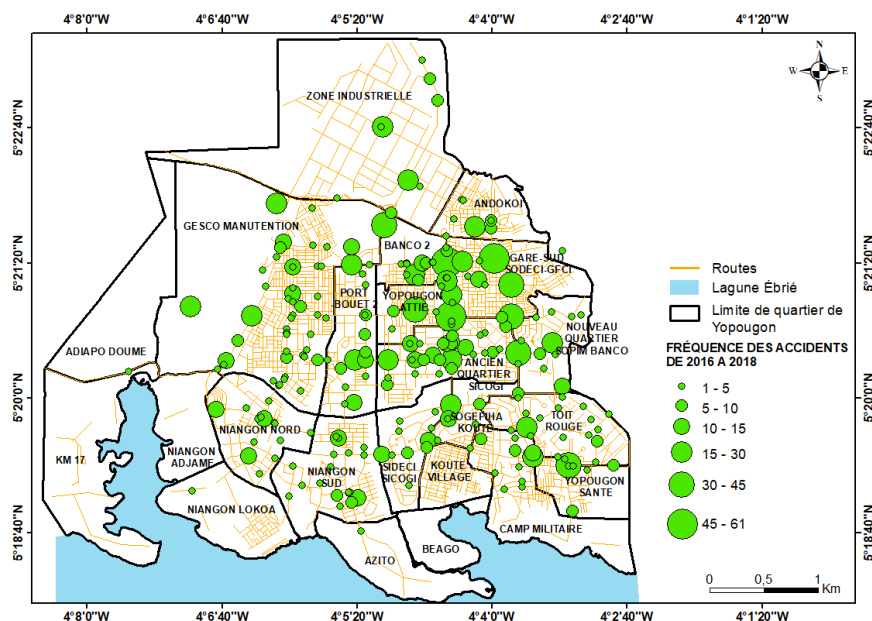


Fig. 4. Carte du cumul des accidents

4 DISCUSSION

La méthode adoptée a permis de géocoder les 1694 accidents graves retenus à cet effet et de passer de 1138 lieux à 251 pour le même nombre de sinistres, regroupant ainsi les lieux identiques nommés différemment. Ce résultat confirme ainsi l'hypothèse de départ selon laquelle la solution de localisation des accidents par géocodage permet de réorganiser et d'apporter une plus-value aux données d'accidents de base en les rendant plus cohérentes puisque de nombreux points d'accidents qui paraissent distincts de par leurs noms ou leurs points référents peuvent être en réalité des « homonymes-géographiques » et donc être agrégés pour effectuer des statistiques plus proches de la réalité. Le corolaire de cette plus-value partant de cette agrégation est un meilleur reclassement des lieux accidentogènes et la révélation de leur agencement par cartographie.

Cette méthode de géocodage qui utilise les moyens modernes GNSS et SIG avec enregistrement à posteriori dans les bases de données requiert pour être efficace, des relevés *in situ* corrects et également des reports ultérieurs sans erreurs. L'intervention humaine y est encore importante avec son lot probable d'erreurs à chaque étape. Mais elle a l'avantage de tenir compte des réalités des pays sous-développés. En effet, dans la ville de Ouagadougou au Burkina-faso, Nikiema *et al.* ont expérimenté le transfert de coordonnées *in situ* à l'aide de géotraceurs (récepteurs GPS munis de puces téléphoniques connectées au réseau GSM) [14]. Sur 2736 accidents constatés, seulement 872 ont vus leurs coordonnées transférées à travers ce réseau soit à peine 32% des sinistres. Le reste n'a pu l'être pour raison de dysfonctionnements liés à la chaleur et à la qualité du réseau téléphonique qui ont perturbé la collecte [15]. A Bamako au Mali [16], la Banque Africaine de Développement a réalisé, une étude avec les mêmes méthodes de collectes et de cartographies des accidents que celles employées par Nikiema *et al* [14]. Ici, contrairement à Ouagadougou, les interruptions de transferts de coordonnées géographiques dues aux dysfonctionnements de réseau n'ont pas été signalées. Par contre, il est souvent arrivé que les populations témoins des accidents s'opposent au transfert numérique des données parce que percevant l'utilisation des smartphones par les unités de secours comme outils de photographie et de vidéo qui violent la dignité et l'intimité des victimes plutôt qu'outil de renseignement de fiche d'accident. Ainsi, à Ouagadougou comme à Bamako, le transfert en temps réel de données sur les accidents de la route par réseau GSM est problématique; le premier cas pour des lacunes dans la disponibilité du réseau, le deuxième pour une incompatibilité de la méthode avec les mœurs locales. La méthode de l'actuelle étude se présente donc comme une bonne alternative pour les pays de l'Afrique subsaharienne.

Mais le regroupement des lieux accidentogènes, basé essentiellement sur la concaténation des coordonnées géographiques s'applique seulement aux points ayant des coordonnées identiques même si leurs appellations sont différentes. Il suffit que les coordonnées soient différentes avec même de petits écarts qui pourraient autoriser des regroupements que cette méthode ne soit plus adaptée pour des agrégations. A titre d'exemple, les points A (latitude = 5,35573; longitudes = -4,07411) et B (latitude = 5,35574; longitudes = -4,07412) sont à peine séparés à chaque fois que d'une seule unité, ils sont donc

assez proches et agréables, mais les concaténations de leurs coordonnées donnent respectivement 535573407411 et 535574407412 ce qui correspond à deux nombres totalement différents d'écarts 1000001. L'algorithme de la cartographie par densité de noyau pourrait permettre de résoudre ces cas de figures en définissant l'intervalle de fenêtre de regroupement. Cet algorithme étant insensible aux cas traités par la concaténation des coordonnées, ces deux méthodes pourraient être complémentaires.

Sur 4480 accidents de la circulation recensés, 4457 étaient géocodables par l'actuelle méthode proposée soit un taux de géocodage de 99,5%. Ce potentiel est proche de ceux de Kim *et al.* [17] et Steiner *et al.* [18] qui ont géocodé les accidents de la route à partir d'adresses nominales comme dans notre cas à la différence qu'ils ont bénéficié d'un environnement d'adressage formelles (condition essentielle pour l'exploitation de leur application). Kim *et al.* [17] ont développé un logiciel propre à eux et l'appliquant à Oahu en Hawaï, ont pu géocoder 98% des accidents. Quant à Steiner *et al.* [18] de l'université de Floride, faisant plus simple en développant sous Arcgis une application personnalisée de géocodage des accidents de la circulation, ils ont atteint un taux similaire de géocodage de 97,9%. Les trois taux sont assez proches mais notre étude a l'avantage de s'adapter aux contextes d'adressages non formels et de surcroît de sonder et de se prononcer sur le taux d'agrégation des données avant et après géocodage qui varie ici de 80 à 90%.

Par ailleurs, nos résultats font état d'environ 45% de collisions aux intersections, valeur proche de celle de Kim et al qui avancent environ 43 % de toutes les collisions aux intersections.

5 CONCLUSIONS

La méthode de géocodage adoptée a permis d'attribuer des coordonnées géographiques à 99,5% de l'échantillon des accidents graves dont 45% se sont produits à des intersections. La concaténation des coordonnées géographiques, spécifiquement des latitudes et longitudes après le géocodage des accidents a permis d'agréger avec un taux de 80 à 90%, les sinistres qui se sont déroulés sur le même point mais qui étaient éclatés sous différentes appellations. Pour atteindre ces taux, les relevés in situ et les reports doivent se faire avec le moins d'erreurs possibles. Aussi, la méthode de concaténation ne fonctionne qu'avec les coordonnées géographiques identiques sans légers décalages. Cette limite peut être compensée par la cartographie par densité de noyau qui lui est complémentaire.

En vue de valoriser le géocodage et l'harmonisation des points d'accidents de la route, il est souhaitable que pour tout constat, les agents relèvent les coordonnées géographiques des lieux. Afin de rendre cette approche accessible aux états de l'Afrique sub-saharienne, ces coordonnées pourront être relevées par les smartphones personnels des agents et consolidées sous google Maps et google Earth; évitant ainsi d'imposer aux départements concernés, la crainte de lourds investissements en achats de terminaux qui sont habituellement les causes de rejets des projets novateurs. Par ailleurs, les états de la sous-région qui ont expérimenté la transmission en temps réel des coordonnées géographiques par réseau GSM se sont heurtés soit à la non disponibilité du réseau par moments soit à l'incompréhension des populations.

Généralement, quatre types d'acteurs interviennent dans les statistiques d'accidents: les agents de constats (gendarmerie, police), les services de secours (pompiers, médecins), les assureurs et les organes étatiques de sécurités routières. Afin qu'ils aient les mêmes références pour statuer et échanger les données sur un sinistre donné, nous proposons l'adoption d'un numéro d'identification unique pour chaque accident utilisable par tous les acteurs. Ce numéro pourrait être de la forme: date-heure-coordonnées géographiques des lieux-unité de constat. A partir de ce numéro, les acteurs du domaine des statistiques accidentologiques pourront se connecter en ligne pour renseigner et consulter chacun en ce qui le concerne, les retours géostatistiques des accidents de la circulation routière. Dans l'application, on peut attribuer le numéro 29.02.2024.17.30+5,34678-4,07336.16Arrd pour un accident qui a eu lieu le 29 février 2024 à 17 heures 30 mn au point de coordonnées géographiques latitude +5,34678 et longitude -4,07336 (relevées par GPS), constaté par le commissariat du 16^{ième} arrondissement. Il s'agit ici du carrefour SIPOREX.

REFERENCES

- [1] Snow, On the Mode of Communication of Cholera, 2nd ed., London: John Churchill, 162 p., 1855.
- [2] M.H. Vandersmissen et al., Mortalité et Morbidité dues aux accidents de la route: Essai de comparaison Belgique-Quebec, 18 p., 1996.
- [3] H. Moellering, The journey of death: A spatial analysis of fatal traffic crashes in Michigan 1969, University of Michigan, Department of Geography, Ph.D. Thesis, 184 p., 1973.
- [4] R. Pampalon, Géographie de la mortalité sur les routes du Québec, Routes et transports, 32, PP 18-21, 1982.

- [5] S. Labonté, Expérimentation du système de positionnement global (GPS) pour la localisation des accidents de la route en Montérégie, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Se.) en géographie, cheminement géomatique, Département de géographie et télédétection Faculté des lettres et sciences humaines Université de Sherbrooke, 94 p., 2004.
- [6] R.C. Smith, D.L. Harkey, and B. Marris, Implementation of GIS-Based Highway Safety Analyses: Bridging the Gap, FHWA-RD-01-039, University of North Carolina, Chapel Hill, 44 p., 2001.
- [7] F. Huguenin-Richard, Cartographie des accidents de la circulation. Researchgate. 21p., 2010 disponible auprès de <https://www.researchgate.net/publication/316988781>.
- [8] S. Mansouri, J-Y Fournier, Localisation des accidents par coordonnées GPS dans le fichier national des accidents de la circulation: un état de la situation., Carnets d'accidentologie. Vol. 2018, p. 13-23, 2018.
- [9] K. Kim, N. Levine, and L. Nitz, Development of a Prototype Traffic Safety Géographie Information System, Transportation Research Record 1477, Transportation Research Board, Washington, D.C., p. 41-47., 1995.
- [10] Edenmap, 2023. [En ligne] Disponible: <https://edenmap.com/les-adresses-geocodees-en-afrique/> (11 Janvier 2025).
- [11] Ecobuilder, 2023. [En ligne] Disponible <https://www.ecobuilder.fr/2023/12/02/le-probleme-dadressage-des-villes-africaines/> (11 Janvier 2025).
- [12] Wanguep [En ligne] Disponible <https://fr.linkedin.com/pulse/le-manque-dadressage-en-afrique-parle-brandon-brice-wanguep-nguebou> (11 Janvier 2025).
- [13] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). La sécurité routière dans la région africaine, 23 p. 2015.
- [14] A. Nikiema, E. Bonnet, S. Sidbega, V. Ridde, Les accidents de la route à Ouagadougou, un révélateur de la gestion urbaine, Lien social et Politiques. Volume 78, pp 89–111., 2017.
- [15] E. Bonnet, A. Nikiema, S. Sidbega et V. Ridde, « Technological Solutions for an Effective Health Surveillance System for Road Traffic Crashes in Burkina Faso», Global health action, vol. 10. 10 p., 2017.
- [16] Banque africaine de développement, Département Infrastructure et développement urbain, Étude pour l'amélioration de la sécurité routière dans le District de Bamako, 139 p., 2018.
- [17] K. Kim, N. Levine and L. Nitz, Development of a Prototype Traffic Safety Geographic Information System, Transportation research record number 1477. Pp 41-47, 1995.
- [18] R. Steiner, I. Bejleri, X. Yang, D.-H. Kim, Improving geocoding of traffic crashes using a custom ArcGIS address matching application. 2003, 13 p. [En ligne] Disponible <https://www.researchgate.net/publication/237771508> (01 février 2025).