

ISSN 1727 – 8651

JOURNAL
de la
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
de
L'UNIVERSITÉ DE LOMÉ



LOME - TOGO

Le Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé est
référéncé dans African Journal on Line (AJOL) [www.inasp.org/ajol]

VOLUME 24
(2022)

Numéro 3&4

Instructions aux auteurs (Directives aux auteurs)

Le Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé est un journal international et pluridisciplinaire qui publie des travaux de recherche rédigés en français ou en anglais. Les domaines couverts par le journal sont trois définis par le Réseau pour l'excellence de l'enseignement supérieur en Afrique de l'Ouest (REESAO) :

- *Lettres, Langues et Humanités ;*
- *Sciences, Technologies et Agronomies;*
- *Sciences de la Santé.*

Le journal reçoit des articles originaux, des revues de la littérature, des petites communications, des commentaires et critiques d'articles et des études de cas. Les articles soumis ne doivent pas avoir été publiés antérieurement, ni être actuellement soumis au processus d'évaluation dans une autre revue scientifique.

Le journal s'engage à ce qu'il n'y ait pas de retard dans la procédure d'évaluation, et réduire considérablement le délai pour émettre l'avis final : (au plus tard quatre (4) semaines après la soumission). Les articles soumis doivent impérativement suivre le format de l'article type (exemplaire).

Périodicité

Chaque volume du journal paraît en quatre numéros par an (mars, juin, septembre, décembre).

Le comité de rédaction fixe le délai des appels à contribution à un mois avant le numéro à venir.

Processus de Soumission

Les auteurs doivent lire attentivement les instructions aux auteurs avant d'entamer le processus de soumission.

La soumission d'articles est acceptée exclusivement via la page de soumission sur le site du journal. En cas de difficultés, les manuscrits seront soumis par voie électronique à l'adresse suivante : jrsultg@gmail.com ou jrsultg@univ-lome.tg.

Les manuscrits doivent être soumis via Open Journal Systems (OJS), pour la préparation des manuscrits, voir les lignes directrices de l'auteur.

Le manuscrit doit être accompagné d'une lettre d'engagement (exemplaire disponible) signée par l'auteur correspondant. La Lettre d'engagement, datée et signée à l'encre bleue, doit être soumise en tant que fichier supplémentaire pendant la procédure de soumission du manuscrit (en format pdf). Les manuscrits qui ne sont pas accompagnés d'une lettre d'engagement seront automatiquement rejetés.

Présentation du manuscrit

Le manuscrit, saisi en format A4, colonne double avec 2,0 cm de marges et (Word : Times New Roman, 12, interligne simple), doit comprendre les parties suivantes :

- **Titre de l'article** : En majuscule, il doit être court et très explicite, en français et en anglais
- **Les auteurs** : Les noms et prénoms des auteurs (le nom en Majuscule et les initiales des prénoms ex : KOLEDZI K. E., les affiliations (noms et adresse des institutions) ainsi que leurs adresses email. Le nom de l'auteur correspondant doit être identifié par un astérisque (*) et son adresse électronique doit être fournie.
- **Un résumé (français) et un abstract (anglais)** : le résumé doit indiquer brièvement les objectifs de l'étude, la méthodologie suivie et les matériels, les principaux résultats obtenus (résultats qualitatifs et quantitatifs) et la conclusion. Il doit être court et précis. Le résumé est un bloc de 250 mots au maximum. Un résumé doit pouvoir présenter le travail de recherche indépendamment de l'article. Les références doivent être évitées dans le résumé. Ne pas utiliser d'abréviations, des caractères spéciaux et des formules mathématiques dans le résumé.
- **Les mots clés en français et keywords en anglais** : au maximum six (6). Les mots-clés ne doivent pas répéter les termes du titre.
- **Introduction** : elle fait le point de la revue de la littérature récente sur le sujet (justification du sujet), soulève de façon précise la problématique de la présente étude, les hypothèses ou objectifs scientifiques, les approches et énonce le plan du manuscrit.
- **Matériel et méthodes/Méthodologie** : on y décrit clairement la méthodologie utilisée. Les références des méthodes d'analyse, des équipements et des produits chimiques doivent être fournies.
- **Résultats** : cette section renferme les principaux résultats obtenus. Les résultats peuvent être présentés sous forme de figure ou de tableau dans la mesure du possible. Toutes les illustrations doivent être claires et faciles à reproduire. Elles

seront insérées dans le texte et à la bonne place. On évitera les couleurs dans les tableaux. Pour les équations, il est recommandé d'utiliser un éditeur d'équations compatible en traitement de texte word. Les tableaux et les figures doivent être numérotés en chiffres arabes et doivent comporter une légende courte et explicite en français. Les unités doivent être choisies dans le Système International. Il est souhaitable d'utiliser les puissances négatives à la place des barres (mg l^{-1} et non mg/l). Pour les noms scientifiques dans les systématiques, utiliser l'italique plutôt que souligner.

- **Discussion** : il est souhaitable de séparer la discussion des résultats. Dans la discussion, on apportera des interprétations approfondies des résultats, on montrera les liens de l'étude avec les travaux récents de la littérature et on mettra en évidence l'apport de la contribution. La discussion peut être associée directement au résultat.
- **Conclusion** : une conclusion retrace les principaux résultats et leurs contributions.
- **Remerciements** : les remerciements suivent directement la section de la conclusion. Cette section non numérotée est utilisée pour identifier les personnes qui ont aidé les auteurs dans l'accomplissement du travail présenté et de reconnaître les sources de financement. (Remerciements des contributions techniques importantes et des sources de financement de l'étude)
- **Références** (Cette section ne doit pas être numérotée.)
 - ✓ Essayez de s'assurer que toutes les références citées dans le texte sont également présentées dans la liste des références (et vice versa).
 - ✓ Évitez d'inclure des citations dans le résumé.
 - ✓ Le fait de citer une référence en tant que 'in press' signifie qu'elle fait référence à un article accepté pour publication.
 - ✓ Les citations dans le texte doivent être marquées consécutivement par des nombres arabes entre crochets (par exemple [1]).
 - ✓ Lorsque vous faites référence à un élément de référence, s'il vous plaît utilisez simplement le numéro de référence, comme dans [2].
 - ✓ Ne pas utiliser « Réf. [3] » ou « de référence [3] », sauf au début d'une phrase, par exemple, « La référence [3] montre ... ».
 - ✓ Plusieurs références sont numérotées avec des crochets distincts (par exemple [2], [6], [7], [8], [9]) Et non [2,6,7,8,9].
 - ✓ Les résultats non publiés ne doivent pas figurer dans la liste des références, mais ils peuvent être mentionnés dans le texte.
 - ✓ Les références doivent être présentées dans un ordre consécutif (dans l'ordre

de leur apparition dans le texte).

✓ Pour la présentation des références on distinguera les cas suivants :

✚ **Exemples : (en général)**

Des articles de revues :

[1] S. K. Srivastava and K. Kaur, “Stability of Impulsive Differential Equation with any Time Delay,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 2, no. 3, pp. 280–286, 2013.

[2] O. V. ADEOLUWA, O. S. ABODERIN, and O. D. OMODARA, “An Appraisal of Educational Technology Usage in Secondary Schools in Ondo State (Nigeria),” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 2, no. 3, pp. 265–271, 2013.

Des livres:

[11] C. Tichi, *Electronic Hearth: Creating an American Television Culture*. Oxford University Press, 1991.

[12] A. R. Jennings, *Financial Accounting*. Cengage Learning EMEA, 2001.

Un chapitre dans un livre :

[7] Mettam, G. R., and Adams, L. B., How to prepare an electronic version of your article, In: B. S. Jones, and R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc, pp. 281-304, 1994.

[8] O'Neil, J. M., and Egan, J., Men's and women's gender role journeys: A metaphor for healing, transition, and transformation, In: B. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle*, New York, NY: Springer, pp. 107-123, 1992.

Sites Internet : A n'utiliser que dans des cas exceptionnels ; préciser si possible les noms des auteurs et la date de consultation

[5] Smith, Joe, One of Volvo's core values, 1999. [Online] Available: <http://www.volvo.com/environment/index.htm> (July 7, 1999).

Comité du Journal

Le *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* est cogéré par trois comités, à savoir un Comité scientifique, un Comité de rédaction et un Comité de lecture.

COMITE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DE LECTURE

Pr. KOKOU Kouami, Université de Lomé ;
Pr. TSIGBE Koffi Nutefé Joseph, Université de Lomé ;
Pr. BATCHANA Essohanam, Université de Lomé ;
Pr. KETOH Koffivi Guillaume, Université de Lomé ;
Pr. KPODAR Adama, Université de Kara ;
Pr. BALOGO K. Agnon, Université de Lomé,
Pr. SALOU Mounerou, Université de Lomé ;
Pr. AKAKPO-NUMADO Cyriaque, Université de Lomé ;
Pr. GANGUE Martin, Université de Lomé ;
Pr. BOKO Essahanam, Université de Lomé ;
Pr. GNON Baba, Université de Lomé ;
Pr. COUCHORO Mawuli, Université de Lomé ;
Pr. AKUE ADOTEVI Mawusse Kpakpo, Université de Lomé ;
Pr. DOSSEH Ekoué David, Université de Lomé ;
Pr. KOKO Koffi, Université de Lomé ;
Pr. YIGBE Dotsè, Université de Lomé ;
Pr. GBENOUGA Dossou, Université de Lomé ;
Pr. ANATE Koumealo Germaine, Université de Lomé ;
Pr. KOLA Edinam, Université de Lomé ;
Pr. AMEYAPOH Yaovi, Université de Lomé ;
Pr. AGBODJI Ega, Université de Lomé ;
Pr. PALI Tchaa, Université de Kara, membre ;
Pr. EGBENDEWE Aklesso, Université de Lomé ;
Pr. WALA Atchi, Université de Lomé ;
Pr. HETCHELI Follygan, Université de Lomé ;
Pr. WALA Kpèrkouma, Université de Lomé ;
Pr. GASSOU Amivi Kafui, épouse TETE-BENISSAN, Université de Lomé ;
Pr. OWAYE Jean-François, Université Omar Bongo, Libreville ;
Pr. BAMBA Mamadou, Université Alassane Ouattara ;
Pr. AMOUZOUVI Dodji, Université d'Abomey Calavi ;
Pr. MENSAH-NYAGAN Guy, Université de Strasbourg ;
Pr. GOERG Odile, Universités de Paris ;
Pr. FERRÉOL Gilles, Université de Franche-Comté ;
Pr. AGBOBLI Christian, Université de Montréal ;
Pr. SINSIN Brice, Université d'Abomey Calavi ;
Pr. SAKA Bayaki, Université de Lomé ;
Pr. BOUKPESSI Tchaa, Université de Lomé ;
Dr. AYEWOADAN Akodah, MCA, Université de Lomé ;
Dr. SEGNIAGBETO Hoinsoudé, MC, Université de Lomé ;
Dr. LARE Yendoubé, MC, Université de Lomé ;
Dr. HOUNAKE Kossivi, Université de Lomé ;
Dr. DZAGLI Milohum Mikesokpo, MC, Université de Lomé.

Comité de Rédaction

Le comité de rédaction participe à la mise en œuvre de la politique éditoriale. Il est dirigé par un Directeur de Publication qui est le Directeur de la Recherche et un rédacteur en Chef.

Directeur de publication : Professeur TSIGBE Koffi Nutefé

Rédacteur en Chef : Professeur KOLEDZI K. Edem.

Membres :

- Professeur NAPO Gbati,
- Dr ADJONOU Kossi, MC (Maître de Conférences)

Secrétariat

Mlle LAWSON-HELOU Nadou Cécilia

M. KUWONU Tata Koffi

M. N'SILE N.

Frais de publication : 60 000 F CFA

Toute correspondance concernant la publication doit parvenir sur l'adresse mail **jrsultg@gmail.com**, sans frais, de la :

Direction de la Recherche et de l'Innovation (DRI)

Université de Lomé

01 B.P. 1515 Lomé 01 (TOGO)

**JOURNAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
DE L'UNIVERSITE DE LOME (TOGO)**

VOLUME 24, Numéro 3 & 4, (2022)

SOMMAIRE

Lettres, Langues et Humanités

1. AÏTCHEDJI M. F. L., (Bénin)
Evaluation de la souffrance psychique au sein des entreprises privées de Cotonou en 2018,.....1
2. ADOKOU M. A. & al, (Togo)
Diversité avifaunique du complexe d'aires protégées de Togodo au sud-est du Togo,.....13
3. AWOKOU K., (Togo)
Politique sectorielle de l'éducation et intégration des TIC dans l'enseignement au Togo,.....35
4. DJAUGA M. & al, (Bénin)
Contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou,.....45
5. KABA E., (Togo)
Le mariage Kabiye / Tem et la question identitaire : entre attachement culturel et exclusion ethnique, 63
6. TCHABA A. & TSIGBE K. N., (Togo)
Ombres et lumières de l'organisation du monde paysan au Togo (1971–2019),.....77
7. SORO D. F., (Togo)
Les femmes face aux réalités de la filière anacarde au nord de la côte d'ivoire (1990-2011),.....93
8. DIAMIDIA Marie-Cécile, (Côte-d'Ivoire)
Les croisades du roi Charles V de Valois: des stratégies politiques de libération du royaume (1364-1380),.....107

CONTRIBUTION DES SIG ET DE LA TELEDETECTION A L'IDENTIFICATION DES ZONES PROPICES A L'URBANISATION DANS LES DEUXIEME ET TROISIEME ARRONDISSEMENTS DE PARAKOU

CONTRIBUTION OF GIS AND REMOTE SENSING TO THE IDENTIFICATION OF AREAS SUITABLE FOR URBANIZATION IN THE SECOND AND THIRD DISTRICTS OF PARAKOU

Dr DJAOUGA M.¹ et ², Mr SALIFOU² R., Dr KOUMOI³ Z. & Dr THOMAS² O.

1- Enseignant-Chercheur au Département de Géographie et Aménagement du Territoire, DGAT/FASHS/UAC

2- Laboratoire de Cartographie, Télédétection et SIG (LaCarto) /Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP)/, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (République du Bénin)

3-Pôle de recherches et d'Expertises sur la Dynamique des Espaces et des Sociétés (PREDES)

Département de Géographie, Université de Kara (République du Togo).

*Correspondance courriel : mama.djaouga@uac.bj, mama.djaouga@gmail.com

(Reçu le 07 Septembre 2022; Révisé le 08 Janvier 2023; Accepté le 20 Janvier 2023)

RESUME

La télédétection et les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) constituent des outils efficaces dans l'identification des zones non aedificandi des agglomérations urbaines africaines. Le présent travail s'inscrit dans le processus de cartographie des zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou à base des outils SIG et de Télédétection. La démarche méthodologique adoptée a pris en compte la collecte des images Landsat téléchargées sur le site earthexplorer.usgs.gov. Les données collectées ont été traitées à l'aide du logiciel ERDAS Imagine 2014, des logiciels SIG couplés aux enquêtes sur le terrain. La méthode d'Analyse Multicritères Hiérarchique (AMH) à été utilisée. La superposition des différentes cartes a permis d'identifier les zones propices à l'urbanisation dans les deux arrondissements de Parakou. L'urbanisation de la ville a entraîné la diminution des formations végétales naturelles qui se sont converties en agglomération. Les espaces urbains des arrondissements 2 et 3 ont connu un accroissement spatial de 20, 16 % de leur superficie au détriment des espaces agricoles entre 2000 et 2010. Pour l'aptitude à l'urbanisation, quatre niveaux sont identifiés : Les zones fortement aptes couvrent 7923,5 ha ; Les zones aptes à l'urbanisation sont estimées à 7478,09 ha des 21500 ha. Les zones faiblement aptes occupent 4644,25 ha de la superficie du secteur d'étude. Les zones inaptes situées dans les basses altitudes, représentent 1310,83 ha. Elles sont humides, avec des sols non constructibles. Une planification rigoureuse de ces espaces faciliterait un meilleur cadre de vie des populations.

Mots clés : Urbanisation, télédétection, SIG, Arrondissement, Parakou, Bénin

ABSTRACT

Remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) are effective tools in the identification of non aedificandi zones in African urban areas. The present

work is part of the process of mapping the areas suitable for urbanization in the second and third districts of Parakou using GIS and remote sensing tools. The methodological approach adopted took into account the collection of Landsat images downloaded from the earthexplorer.usgs.gov site. The collected data were processed using ERDAS Imagine 2014 software, GIS software coupled with field surveys. The Hierarchical Multi-criteria Analysis (HMA) method was used. The overlay of the different maps made it possible to identify the areas suitable for urbanization in the two districts of Parakou. The urbanization of the city has led to the reduction of natural vegetation formations that have been converted into urban areas. The urban areas of arrondissements 2 and 3 have experienced a spatial increase of 20.16% of their area at the expense of agricultural areas between 2000 and 2010. For urbanizability, four levels are identified: Highly suitable areas cover 7923.5 ha; Areas suitable for urbanization are estimated at 7478.09 ha of the 21500 ha. The weakly suitable areas cover 4644.25 ha of the study area. The unsuitable areas located in the lower altitudes, represent 1310.83 ha. They are wet, with non-constructible soils. A rigorous planning of these spaces would facilitate a better living environment for the populations.

Keywords: Urbanization, remote sensing, GIS, District, Parakou, Benin

INTRODUCTION

L'urbanisation du tiers monde est souvent qualifiée de « sans précédent ». Elle est très différente de celle connue par les pays développés, tant dans ses antécédents que dans ses formes et ses conséquences [1].

Les études sur les perspectives à long terme en Afrique de l'Ouest ont montré que l'Afrique est en pleine urbanisation avec un taux qui est passé de 14 % en 1960 à 40 % en 1990 et les projections donnent 63 % pour 2020 [2]. Cette urbanisation pose, aujourd'hui aux villes, d'énormes défis dans plusieurs domaines et nécessite l'amélioration des nouveaux outils de connaissance pour la gestion urbaine. En effet, depuis les années 1960, le Bénin connaît, une forte croissance démographique. Entre 1979 et 2013, la population est passée de 3331210 habitants en 1979 à 10008749 en 2013, avec un taux de croissance régulièrement en progression (2,8 % entre 1979 et 1992, 3,25 % entre 1992 et 2002 et 3,5 entre 2002 et 2013) [3]. Il en est de même de la croissance spatiale des grandes agglomérations urbaines qui est le reflet de leur croissance démographique [4]. Cette forte croissance démographique et spatiale s'est traduite par une accélération du

taux d'urbanisation [5]. Mais, pour évaluer l'ampleur de ces étalements urbains dans ces villes du Bénin, il est donc nécessaire de connaître les états actuels et futurs des dynamiques urbaines. Les Systèmes d'Information Géographique et la télédétection occupent une place de plus en plus importante dans ce processus. Selon les travaux de [6], [7] et [8], il est possible grâce aux SIG et à la télédétection, d'évaluer de manière automatique le suivi des croissances spatiales urbaines. La ville de Parakou connaît de nombreux défis urbains : problèmes de surconsommation d'espace, de lotissement dans les quartiers périphériques, de détérioration de l'environnement naturel, d'occupation des espaces non aedificandi où les acteurs urbains ont du mal à apporter des solutions viables et durables à la maîtrise de l'espace. L'identification des zones ou des espaces les mieux adaptées pour recevoir un équipement constitue l'un des aspects les plus prestigieux des SIG à l'aménagement urbain [9]. Il apparaît opportun d'utiliser une approche pluridisciplinaire qui permet de proposer un outil pour la classification des zones potentielles à l'urbanisation. La télédétection et les systèmes d'information et de communication géographique se sont présentés comme étant des outils avancés par excellence pour l'analyse spatiale des milieux humains [9]. Cette recherche vise à

Contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou

cartographier les zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou à l'aide des outils SIG et de Télédétection dans un contexte de mutation spatiale.

L'hypothèse de recherche se présente comme suit : les possibilités offertes par la télédétection et les SIG permettent de nos jours de mieux appréhender les problèmes urbains complexes.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Milieu d'étude

La commune de Parakou est située au nord de la République du Bénin entre les parallèles 9°15'20'' et 9°27'58'' de latitude nord et les méridiens 2°30'42'' et 2°46'12'' de longitude est. A mi-chemin, entre le nord et le sud du Bénin, la ville de Parakou est une ville carrefour [10]. Elle est le Chef-lieu du département du Borgou et est située à 435

km de Cotonou. La commune abrite une population de près de 300 000 habitants avec une superficie de 441 km². Cette commune à statut particulier est constituée depuis 1999 de trois (3) arrondissements et de 58 quartiers de ville : le premier arrondissement compte 29 quartiers, le deuxième en compte 19 et le troisième arrondissement 10. Le deuxième arrondissement et le troisième arrondissement de la ville de Parakou sont situés respectivement à l'est et au nord de la ville. Géographiquement, ces deux arrondissements se localisent entre les parallèles 9°18'40'' et 9°27'20'', de l'altitude nord et les méridiens 2°30'54'' et 2°45'36'' de longitude est. Le deuxième arrondissement couvre une superficie de 119 km² et le troisième couvre une superficie de 96 km² [11]. La figure 1 présente la carte de situation géographique des 2^e et 3^e arrondissements de Parakou.

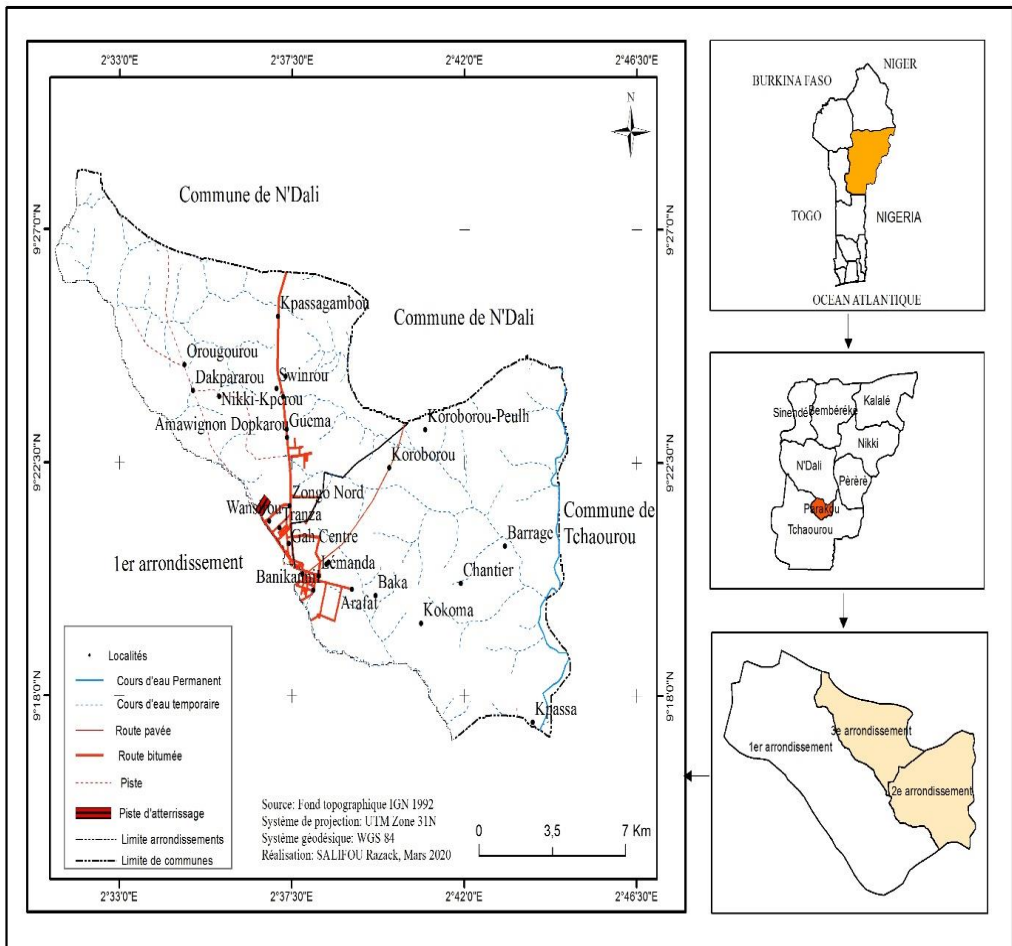


Figure 1 : Situation géographique des 2^e et 3^e arrondissements de Parakou

1.2. Matériels

1.2.1. Données planimétriques et outils utilisés pour la réalisation des cartes d'occupations du sol

Les données planimétriques utilisées sont : Images satellites (Landsat ETM de 2000, ETM+ de 2010 et Landsat 7 OLI TIRS de 2020). Ces différentes scènes ont été téléchargées sur le site earthexplorer.usgs.gov au format GeoTIFF de 30 m. Ces images ont subi des corrections

géométriques (géo référencement, corrections des distorsions).

- les photographies aériennes de 5 m de résolution de 2015, obtenues auprès du CENATEL
- les cartes topographiques de 1992, 2015 (1/50000)
- les plans parcellaires de 2007, 2012 de la Mairie de Parakou
- les données démographiques de l'INSAE (2002, 2013 et 2020)

Contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou

Ces données ont permis de réaliser les cartes d'occupation du sol des années 2000, 2010 et 2020.

Les outils utilisés sont :

- QGIS 3.16.1 et Erdas Imagine 2014 pour le traitement des images satellites ;
- ArcGIS 10.5 pour la réalisation des cartes
- GPS pour le contrôle terrain ;
- Google Earth Pro pour la correction de quelques unités.

1.2.2. Données et outils utilisés pour l'identification des zones propices à l'urbanisation

Plusieurs sources de données ont été utilisées :

- Les données pédologiques de la ville de Parakou ont été utilisées pour l'analyse du degré d'aptitude de chaque couche à l'inondation.
 - Les données SRTM de 2014 de 30 m de résolution ont été utilisées pour réaliser les cartes de pentes et d'apprécier l'altitude et l'élévation de la zone d'étude.
 - les SIG ont été mis à contribution dans la réalisation de la carte de distance aux talwegs.
 - les données démographique de l'INSAE ont été utilisées pour réaliser la carte de densité de population par quartier.
- Les logiciels ArcGIS et Global Mapper ont été utilisés pour le traitement des données.

1.3. Méthodes de traitement des données

1.3.1. Classification des images satellitaires

Ce processus a débuté par l'extraction du secteur d'étude qui a été effectuée grâce à l'outil « Create Subset Image » du menu « Raster » du sous menu « Subset & Chip » du logiciel ERDAS IMAGINE 2014.

Après, La composition colorée réalisée 5-4-3 a été utilisée pour Landsat 7. La technique de classification multi spectrale en fonction

du choix des thèmes basés sur l'échantillonnage des pixels purs a été utilisée. Avant le choix des pixels, les deux opérations effectuées sont : la définition de la légende du ROI ; la détermination des différentes classes. L'algorithme utilisé pour la classification supervisée est Maximum de Vraisemblance. Cela consiste à choisir les pixels qui correspondent aux valeurs de la moyenne et de la variance.

Après la classification, les données rasters ont été vectorisées et exportées vers le SIG.

Cette vectorisation a consisté à muer une image en une entité vectorielle. L'image classifiée est vectorisée dans l'environnement du logiciel ERDAS IMAGINE 2014 et ensuite exportée sous forme de "Shapefile" afin de faciliter une bonne manipulation et visualisation des informations dans l'environnement du logiciel SIG (ArcGIS 10.5).

La validation de la classification a été faite à travers le contrôle terrain. Il s'est agi ici de confirmer, à partir d'observations de terrain, les types de formations végétales définis à partir des tons de gris (cas des photographies aériennes noires et blancs) ou des plages de couleurs observées sur les photos aériennes. Cette phase de terrain est d'autant plus importante qu'elle a permis de constater les réalités sur le terrain et de procéder aux corrections qui s'imposent. La fiabilité surtout des classifications a été améliorée par les travaux de terrain au cours desquels six points GPS de marque Garmin ont été choisis au niveau de chaque unité d'occupation.

Ces corrections ont été revues dans le logiciel de classification (Erdas Imagine).

1.3.2. Identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou

La méthode d'Analyse Multicritères Hiérarchique (AMH) créée par [12] a été utilisée pour identifier des zones propices à l'urbanisation dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou.

1.3.3. Formulation hiérarchique multicritère et élaboration des différents critères

La hiérarchisation permet de mettre en évidence les indicateurs qui auront le plus d'impact dans la décision finale [14]. Le choix des critères s'est basé sur les travaux de [13] et sur les éléments de l'environnement pouvant avoir des impacts sur l'urbanisation. Les critères qui ont été reconnus comme représentant des caractéristiques jugées essentielles dans la compréhension du processus d'utilisation du sol pour les besoins d'urbanisation ont été intégrés dans l'analyse. Le résultat obtenu est une classification de l'ensemble des attributs ou critères sélectionnés suivant une structure hiérarchique, qui permet par la suite d'appliquer la méthode AHP.

L'élaboration des critères est une étape cruciale dans la détermination des zones potentielles à l'urbanisation à partir des SIG qui offrent des fonctions d'acquisition de données sous forme numérique. Ils permettent la validation, la gestion, le traitement et l'analyse spatiale, thématique et multithématique de données géoréférencées [15]. Ces critères concernent la pente, l'altitude, la pédologie, densité de population et la distance aux talwegs. Ces critères sont évalués grâce aux fonctionnalités d'analyse spatiale des SIG. Chaque évaluation aboutit à une carte représentant l'aptitude à l'urbanisation.

➤ Critère d'altitude

Le critère d'altitude joue un double rôle dans l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou. Lorsque l'altitude est supérieure à 450 m, elle indique une forte pente. Les risques d'érosion des pentes sont donc très élevés. En revanche compte tenu de la disposition topographique générale du secteur les zones les plus faibles altitudes sont exposées à un grand risque d'inondation. Elles se trouvent être donc les exutoires d'un système de drainage des eaux de ruissellement qui demeure essentiellement naturel, faute d'assainissement. C'est le cas des zones inférieures à 320 m. sur la base de ces réalités, les zones constructibles sont donc des zones dont l'altitude varie entre 320 m et 450 m.

➤ Critère de pente

Plus la pente est forte (supérieure ou égale à 10 %), plus elle entraîne l'érosion par conséquent cela entretient une instabilité pédologique défavorable à l'urbanisme de pente. Ce qui a donc une influence directe sur l'urbanisation.

➤ Critère Densité de population

Le critère densité de population joue un rôle important dans l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou. Plus la population est nombreuse (> 10000) sur une pente forte (10 %), plus l'installation sur cette zone est dangereuse. **Critère de distance**

En plus de l'altitude et de la largeur des vallées, les inondations provoquent aussi des catastrophes du fait d'une urbanisation intensive des berges et des cours d'eau. En effet les cases sont en contact immédiat des plans d'eau sans aucun aménagement protecteur des berges. Toutefois de tels incidents peuvent être évités ou du moins

Contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou

réduits, si une ceinture de sécurité de 50 m est observée de part et d'autre des plans d'eau. Pour définir ce couloir de sécurité, les zones urbaines ont été classées en fonction de leur éloignement par rapport aux plans et aux cours d'eau (Tableau 1). Le tableau 1 présente la catégorisation des critères d'appréciation.

Tableau 1 : Catégorisation des critères d'appréciation

Critères	Rang	Justification : paramètres et types de critères	Valeur
Pente	1	< 2%	9
	2	2% - 5%	7
	3	5% - 10%	5
	4	10% - 15%	3
	6	> 15%	1
Altitude	1	<330m	9
	2	330m-340m	7
	3	340m-350m	5
	4	350m-360m	3
	6	>360m	1
Densité de population	1	< 1000	9
	2	1000 – 5000	5
	3	5000 – 10000	3
	4	>10000	1
Pédologie	1	Sols ferrugineux tropicaux	7
	2	Sols ferralitiques	5
	3	Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères	3
Distance aux cours d'eau	1	<30m	0
	2	30m-40m	3
	3	40m-50m	7
	4	>50m	9

Source : Elaboration et traitement des données, Mai 2020.

1.3.4. Catégorisation et standardisation des critères d'appréciation

Le processus de calcul de l'importance relative de chaque critère est connu comme la normalisation des critères [12]. Ainsi, dans une optique de pouvoir intégrer plusieurs facteurs (qualitatif et quantitatif) dans le modèle il convient de les rendre comparables.

Les critères d'évaluation sont identifiés par rapport à la recherche des zones propices à

l'urbanisation. Il s'agit de déterminer la couche de chaque facteur qui indique le degré d'aptitude de chaque unité pour la mise en valeur des ressources foncières. Alors, pour chacun des critères identifiés, la procédure calcule une carte critère qui mesure pour le critère spécifié, le niveau d'aptitude ou d'inaptitude de l'unité d'espace à l'urbanisation. Ces degrés d'aptitude doivent alors être classés en fonction de l'importance relative de la contribution apportée par ce critère particulier, en vue d'atteindre l'objectif final.

Ceci abouti à une série de cartes qui ont été agrégées par combinaison linéaire pondérée. Pour cette étude, cinq critères à savoir : la pente, l'altitude, la distance aux cours d'eau, la pédologie et la densité de population ont été sélectionnés et classés comme défini dans le tableau suivant (tableau 1).

La méthode de la somme pondérée où les facteurs ont été standardisés sur une échelle continue d'aptitude allant de 0 (le moins apte) à 10 (le plus apte), a été utilisée. Le tableau présente la catégorisation et la standardisation des critères sectionnés dans l'intervalle de 0 à 10 pour aboutir à une carte représentant, pour toutes les surfaces élémentaires de la zone d'étude, leur aptitude à l'urbanisation selon le critère considéré.

1.3.5. Pondération des critères d'appréciation

La quatrième phase consiste à comparer entre eux les différents éléments d'un niveau hiérarchique de façon à déterminer l'importance de sa contribution à la

résolution du problème selon la méthode de AHP de [12]. Les critères désignés dans la formulation hiérarchique multicritère déterminent la qualité de la réalisation de l'objectif en utilisant les divers indicateurs liés à la gestion du foncier pour les besoins de l'urbanisation. Lesdits indicateurs représentent les différentes options, choix ou alternatives qui pourraient être utilisés pour atteindre l'objectif final du projet. Ces indicateurs ont été comparés et définis selon l'importance de chacun pour les autres en utilisant la méthode AHP. Une matrice des rapports de comparaison par paires est obtenue. La comparaison par paire au sein de l'AHP peut être effectuée à travers le schéma montré à la figure 10. Un diagnostic est typiquement utilisé pour obtenir le rapport degré d'importance de chacun des critères basés sur le jugement. La détermination du degré d'importance s'effectue en comparant chacune des paires de critères et en leur assignant un coefficient de pondération r_{ij} suivant l'échelle de valeur de [12]. (Voir Tableau 2) pour constituer une matrice de comparaison par paire.

Tableau 2 : Echelle proposée par Saaty

Comparaison d'un critère par rapport à un autre	Intensité de l'importance
Même importance que	1
Modérément plus important que	3
Fortement plus important que	5
Très fortement plus important que	7
Extrêmement plus important que	9
Modérément moins important que	1/3
Fortement moins important que	1/5
Très fortement moins important que	1/7
Extrêmement moins important que	1/9

Source : tableau de l'échelle de [12].

La comparaison constitue, à la fin, une matrice carrée où chaque valeur d'élément va de 1/9 à 9. Les éléments de la diagonale de la matrice sont toujours égaux à 1 alors que

les éléments non diagonaux indiquent la perception relative de l'importance d'une caractéristique par rapport à une autre.

Tableau 3 : Schéma de comparaison par paire au sein de l'AHP, Comparaison par paire

Critères	C1	C2	C3	...	Cn	Wi
C1	$1 / \sum C1$	$W21 / \sum C2$	$W31 / \sum C3$	....	$Wn1 / \sum Cn$	$\sum C1 / n$
C2	$W12 / \sum C1$	$1 / \sum C2$	$W32 / \sum C3$	....	$Wn2 / \sum Cn$	$\sum C2 / n$
C3	$W13 / \sum C1$	$W23 / \sum C2$	$1 / \sum C3$	....	$Wn3 / \sum Cn$	$\sum C3 / n$
....
Cn	$W1n / \sum C1$	$W2n / \sum C2$	$W3n / \sum C3$	....	$1 / \sum Cn$	$\sum Cn / n$
	$\sum C1$	$\sum C2$	$\sum C3$	....	$\sum Cn$	

Une fois que la matrice de comparaison est obtenue, on détermine la valeur propre de chacune et le vecteur propre qui lui correspond. Le vecteur propre indique l'ordre de priorité ou la hiérarchie des caractéristiques étudiées. Ce résultat est important pour l'évaluation de la probabilité, puisqu'il sera utilisé pour indiquer l'importance relative de chaque critère. La valeur propre est la mesure qui permettra d'évaluer la cohérence ou la qualité de la solution obtenue, représentant ainsi, un autre avantage de cette méthode. Par la suite la matrice de comparaison est normalisée de façon à ce que la somme de tous les poids soit égale à 1 (tableau XIV). Pour l'acceptation des résultats de pondération, il est donc primordial de disposer d'un moyen pour mesurer la cohérence des jugements émis. La plupart du temps, une plus grande cohérence dans les jugements implique des jugements de meilleure qualité ; ce qui suppose que les estimations des poids relatifs aux critères adoptés en sont d'autant plus fiables.

1.3.6. Vérification de la cohérence

La notion de cohérence dans la comparaison par paires de [12] est basée sur le respect de la transitivité de jugement personnel. Ainsi l'indice de cohérence exprimé par la formule mathématique mesure la fiabilité de la comparaison exprimée à des jugements cohérents. Plus l'indice de cohérence devient grand et plus les jugements qui ont été exprimés dans la matrice de comparaison seraient incohérents et vice versa.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - N)}{(N - 1)}$$

Avec N : est le nombre des éléments comparés et λ_{max} , une valeur calculée sur la base de la moyenne des valeurs de matrice de Saaty des vecteurs propres.

De plus l'expérimentation établie par [12] a permis de définir le Ratio de Cohérence (RC) comme étant le rapport de l'indice de cohérence calculé sur la matrice correspondant aux jugements des acteurs et de l'Indice Aléatoire (IA) d'une matrice de même dimension présentée dans le tableau IX. Le ratio de cohérence calculé par la formule mathématique ci-dessous permet d'évaluer la cohérence par la méthode de comparaison par paires. En général, lorsqu'il s'agit de comparer moins de 9 éléments, un seuil de tolérance de 10% est fixé pour cet indice de cohérence. Comme un critère compte rarement plus de 9 indicateurs, 10% est le seuil le plus utilisé dans l'analyse multicritère. Des niveaux d'incohérence supérieurs pourraient être tolérés pour des comparaisons impliquant plus de 9 éléments. Le ratio de cohérence peut donc être interprété comme la probabilité que la matrice soit complétée aléatoirement.

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Où IA : est l'indice aléatoire fixé en fonction du nombre de critères inscrits dans le tableau 4.

Tableau 4 : Valeurs de l’IA en fonction de l’ordre de la matrice

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Source : Tableau des indices aléatoires de [12],

Selon [12], si RC est supérieur à 0.1, il y a une incohérence dans les comparaisons par paires et alors, la matrice issue des comparaisons devra être réévaluée. La comparaison par paires des critères appliquée pour les arrondissements de Parakou, ainsi que les calculs relatifs aux différents paramètres ont donné les résultats suivants: $\lambda_{max} = 3,92$, indice de cohérence IC = -0,02, indice aléatoire IA = 0,90 ; ratio de cohérence RC = -0,02 < 0,1. Le ratio de cohérence étant inférieur à 0,1 ce qui permet d’affirmer que les jugements d’appréciation des critères ont été cohérents.

Synthèse

Pour parvenir à avoir un poids d’importance par critère, il s’agit maintenant d’agréger l’ensemble des critères associés à la thématique tels qu’ils sont confirmés dans la structure hiérarchique ci-dessous. Elle consiste en l’intégration de l’ensemble des données dans l’expression mathématique relative à la méthode AHP en vue de l’obtention d’une valeur unique après intégration du poids attribué à chaque critère et combinaison de ces critères en un indicateur par une somme pondérée.

Cependant, une fois que les couches d’information relative aux critères d’appréciation ont été établies et auxquelles ont été attribuées des coefficients de pondération, il est facile de les combiner pour synthétiser ainsi une décision composite sur les zones optimales pour l’urbanisation. Cette opération s’appelle analyse multicritères ou agrégation des critères. La technique la plus courante et la plus connue de cette approche est la

combinaison linéaire pondérée ou somme pondérée, qui intègre totalement tous les critères considérés en un seul [12]. Elle consiste à multiplier chaque couche facteur par son coefficient de pondération respectif, et ensuite d’additionner ces résultats pour produire un indice d’aptitude, pour chaque site, situé sur une échelle de 0 à 10 identique à celle des facteurs et dont la somme des poids est égale à 1. Une fois les couches facteurs de décision évaluées, elles ont été par la suite associées par une combinaison linéaire pondérée afin de créer un indice d’aptitude illustré par l’équation suivante (Yoon et Hwang, 1995).

$$V_i = \sum_{j=1}^4 (a_{ij}) * w_j \quad \text{pour } i = 1, 2, 3, 4$$

Avec:

$$a_{ij} = \frac{a_i}{a_j}$$

a_i et a_j sont les coefficients de pondération évaluant l’importance relative des critères, w_j : le poids de chaque critère ; V_i : indice de synthèse.

L’extension Algèbre des cartes du module analyse spatiale du logiciel ArcGIS a permis d’effectuer cette opération. Cette démarche méthodologique basée sur des données multi-sources et sur des méthodes provenant des analyses statistiques et multicritères a permis d’obtenir les résultats qui sont présentés ci-dessous.

2 Résultats

2.1. Cartographie de la dynamique de l'occupation du sol dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou en 2000, 2010 et 2020

La figure 2 présente la carte d'occupation des terres du deuxième et troisième arrondissement de Parakou en 2000, 2010 et 2020.

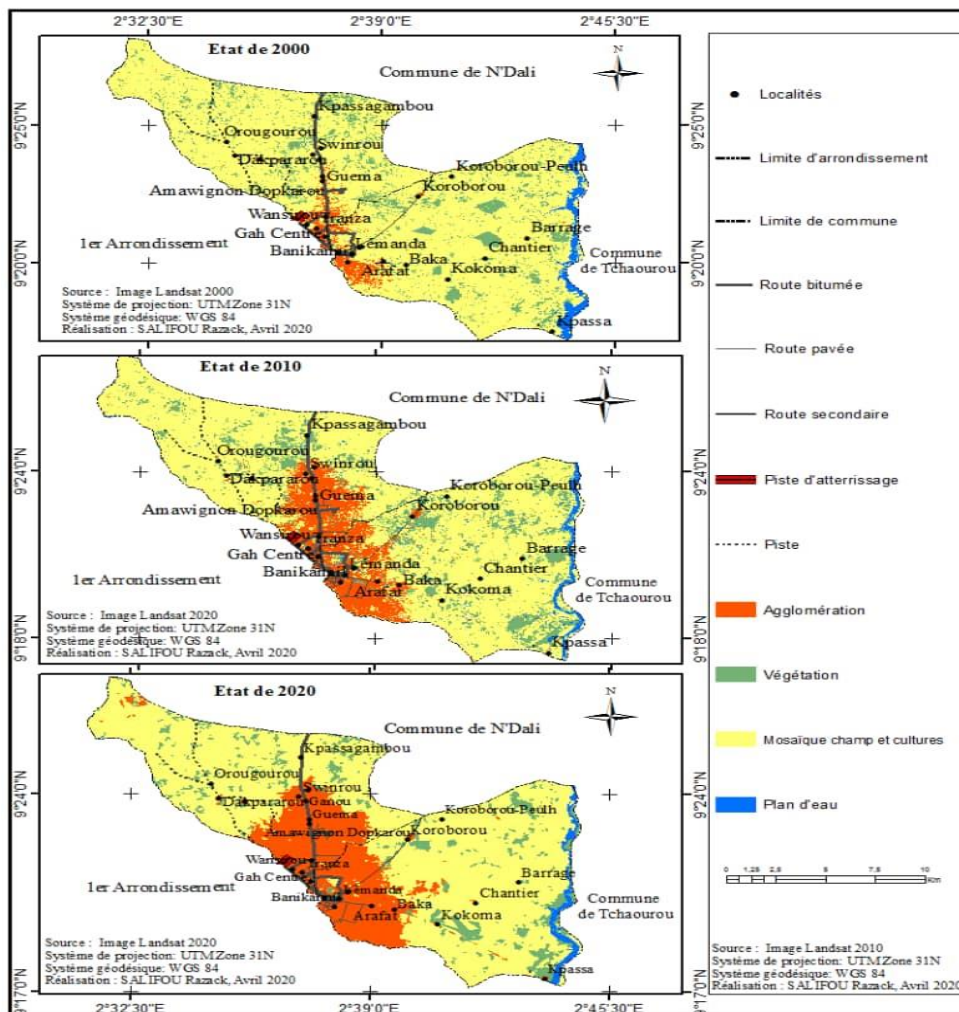


Figure 2 : Occupation du sol dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou en 2000, 2010 et 2020

L'examen de la figure 2 montre les évolutions des unités d'occupation des terres en 2000, 2010 et 2020 des arrondissements 2 et 3 de la ville de Parakou. L'analyse diachronique de l'occupation des terres

de 2000 à 2020 a montré d'une part qu'entre 2000 et 2010, les superficies des formations naturelles ont régressé en passant de 2426,18 ha en 2000 à 638,64 ha. Dans le même temps les superficies du tissu urbain

sont passées de 711,81 à 3023,99 ha. Le bâti est l'une des unités qui a considérablement évolué pendant cette période. En outre, les mosaïques de champ et jachères qui occupaient 17760,18 ha en 2000 sont passées à 17234,38 ha, soit une diminution de plus de 525,8 ha au détriment des agglomérations. D'autre part, dans la période de 2010 à 2020, les formations naturelles ont continué à diminuer pour atteindre 545,29 ha en 2020. Les superficies des agglomérations ont aussi progressé de 3022,14 ha en l'espace de 10 ans. Les

superficies des mosaïques de champs et jachères qui occupaient 15756,09 ha en 2010 ont diminué de 2999,82 en 2020 pour la même période. Les plans d'eau ont légèrement régressé à cause de la pression anthropique et du comblement des bas-fonds pour l'habitation. Cette situation est due à la pression foncière.

La figure 3 présente l'évolution du tissu urbain de 2000 à 2020 dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou.

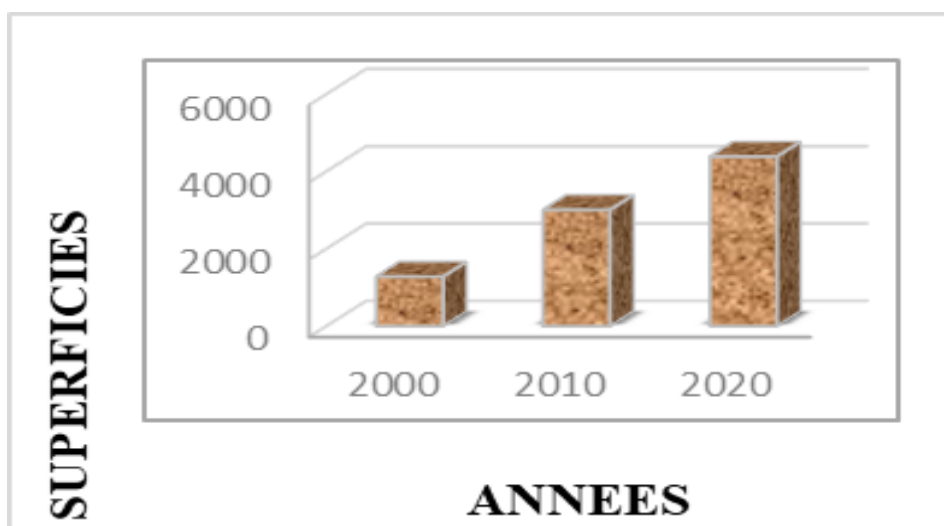


Figure 3 : Superficies des zones urbanisées des 2^{ème} et 3^{ème} arrondissements de Parakou en 2000, 2010 et 2020

L'analyse de la figure 3 montre qu'en 2000 la superficie de l'agglomération était de 1279,12 ha, soit 6 % de la superficie totale de la zone d'étude. En 2010, cette superficie est passée à 3007,45 ha, soit 14 % et à 4386,78 ha, soit 20 %.

2.2. Etat des lieux des lotissements dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou

La figure 4 présente les zones déjà loties dans les deuxième et troisième arrondissements de Parakou.

Contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou

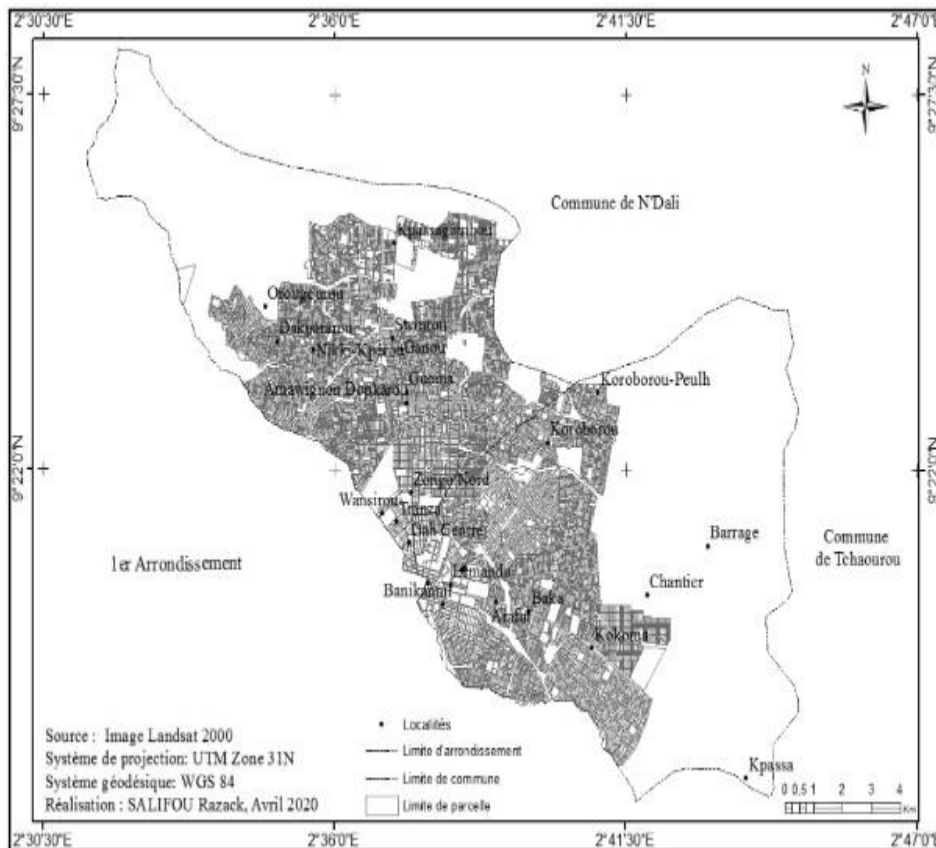


Figure 4 : Etat des lieux des lotissements des deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou

L'examen de cette figure 4 montre l'état des lotissements dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou. En effet, jusqu'en 2017, année du lancement des opérations d'audit des lotissements dans la ville de Parakou, les lotissements se faisaient souvent dans l'ignorance des normes et textes en vigueur. Le rythme de lotissement dans les arrondissements 2 et 3 est plus rapide que la croissance urbaine et la capacité de viabilisation communale des zones urbaines. Mais dans la majorité des cas, la viabilisation desdites zones n'a pas suivi le recasement et l'installation des populations urbaines.

2.3. Identification des zones propices à l'urbanisation du deuxième et troisième arrondissement de Parakou

La figure 17 est une synthèse ou combinaison des cartes critères qui montre l'aptitude à l'urbanisation.

La méthode d'analyse multicritère (AHP) combinée aux systèmes d'information géographique (SIG) a été utilisée afin d'aider les acteurs à la prise de décision pour l'identification des zones propices à l'urbanisation du deuxième et troisième arrondissement de Parakou. La principale production cartographique de cette étude est une carte de synthèse globale générée suite à

un processus décisionnel comprenant la modélisation des couches d'information, la conversion en raster des couches. Les différents traitements ont permis d'identifier

lesdites zones propices à l'urbanisation suite à la réalisation des cartes d'altitude, de pente et de distance par rapport aux cours d'eau suivant les critères.

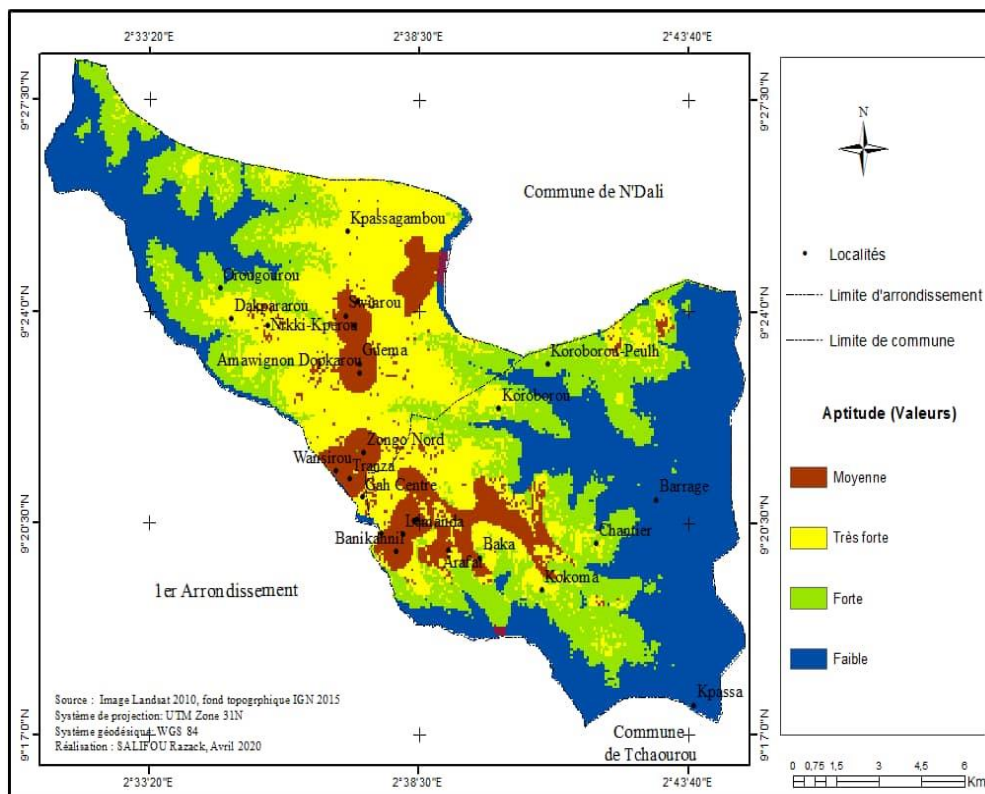


Figure 5 : Aptitude à l'urbanisation dans les arrondissements 2 et 3 de Parakou

L'examen de la figure 5 permet de distinguer quatre niveaux d'aptitude à l'urbanisation : inapte, faiblement apte, apte et fortement apte. Les zones propices à l'urbanisation couvrent 37 % des arrondissements. Les zones moyennement aptes à l'urbanisation occupent 35 % des superficies. Les zones faiblement aptes à l'urbanisation concernent 22 % des arrondissements. Enfin les zones inaptes à l'urbanisation se localisent dans les basses altitudes (6 %).

3. DISCUSSION

3.1 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres du deuxième et troisième arrondissement de Parakou.

La cartographie spatio-temporelle de l'occupation des terres à partir de l'interprétation des différentes images satellitales Landsat a permis de réaliser des cartes d'occupation du sol des années 2000, 2010 et 2020 des 2^e et 3^e arrondissements de Parakou. En 2020 la superficie de l'agglomération est de 4386,78 ha contre

3007,45 ha en 2010 et 1279,12 ha en 2000. Soit une extension de plus de 20 % de la superficie totale de la zone d'étude. Cette évolution considérable de la superficie de l'agglomération des arrondissements 2 et 3 est due à la pression anthropique et à une mauvaise affectation du sol. Cela a entraîné une régression de l'espace naturel du fait de l'avancée urbaine. Dans le même ordre d'idées, [15] n'ont pas manqué de montrer le rôle joué par les divers flux migratoires dans la croissance démographique de la ville et son impact sur l'environnement périurbain. La référence [10] a conclu en montrant que l'extension de la ville de Parakou s'est faite par le mitage des villages de Ganou, Guinma, et le lotissement d'anciens champs et jachères.

Les diverses pressions sur le milieu périurbain s'expliquent en faisant le rapport entre la pression démographique et les opérations de lotissement. Cette croissance démographique a conduit à un étalement excessif avec des lotissements qui anticipent sur l'occupation spatiale. Entre 2000 et 2020, le rythme de lotissement dans les arrondissements 2 et 3 est plus rapide que la croissance urbaine. Ainsi l'évolution de la ville de Parakou avec des lotissements tous azimuts accueillerait une population de plus de 800000 habitants [11]. Ce qui contribue non seulement à l'extension mais aussi à l'urbanisation de la ville. Dans ce même sens que la référence [16] a notifié que la maîtrise du foncier constitue l'un des atouts essentiels de toute politique de développement réel. Le lotissement est en relation avec l'urbanisation, il facilite l'aménagement, l'assainissement et la viabilisation proprement dite.

3.2. Cartographie des zones propices à l'urbanisation

L'utilisation des techniques de télédétection et du SIG, couplées à la méthode d'analyse multicritères ont permis de cartographier les zones propices à l'urbanisation dans les

deuxième et troisième arrondissements de Parakou. En effet, dans le cadre d'une politique d'urbanisation efficiente, la bonne gestion de l'espace passe par l'utilisation des technologies informatiques, des systèmes d'information géographiques [17]. La méthode AHP a permis d'identifier les zones de forte aptitude à l'urbanisation (37 %). Les zones moyennement aptes à l'urbanisation couvrent (35 %). Les zones faiblement aptes (22 %). Enfin les zones inaptes à l'urbanisation se localisent dans les basses altitudes (6 %). Ces zones sont dominées par la concentration des affluents des cours d'eau et constituent des lits ou des zones d'accumulation en eau. Des résultats similaires ont été trouvés par [18] qui indique que les personnes vivant dans la vallée béninoise du fleuve Niger sont très exposées aux risques d'inondation du fait que près de 80 % des personnes et de leurs biens sont situés dans les zones à risques d'inondation. Pour [19], les systèmes d'information géographique SIG occupent une place importante, quant à leur apport à la mise en place d'un cadastre, tant par le traitement des données issues des images satellitaires que par le temps mis pour réaliser. Les zones viabilisées par les lotissements des deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou participent à l'urbanisation de la ville de Parakou. Ces résultats obtenus corroborent ceux de nombreuses études menées au Bénin et dans la sous-région. C'est notamment celle réalisée par [8] dans la recherche des zones constructibles de la ville de Yaoundé. Il a mis en exergue les potentialités de l'analyse multicritères dans le SIG qui a permis d'identifier les zones aptes à l'urbanisation sur le territoire de Yaoundé. C'est aussi le cas des procédures d'analyse spatiale basée sur les critères pour l'identification et le choix de l'emplacement d'un site qui a déjà fait ses preuves à travers diverses études [20], [21], [22]. Les travaux de la référence [23] ont montré que l'installation de l'homme sur les terres inadaptées à l'habitat comme les bas-fonds, les berges lagunaires et fluviales,

l'expose aux inondations. De même une installation sur les zones à fortes pentes l'expose au glissement de terrain, etc.

CONCLUSION

La méthode AHP combinée aux SIG et à la télédétection a permis d'identifier des zones potentielles à l'urbanisation. Quatre niveaux d'aptitude à l'urbanisation ont été identifiés : inapte, faiblement apte, apte et fortement apte. Les zones fortement aptes couvrent 37 %. Les zones aptes à l'urbanisation couvrent 35 % de la superficie de la zone d'étude. Les zones faiblement aptes occupent une superficie non négligeable de 22 %. Enfin les zones inaptes se localisent dans les basses altitudes (6 %) sont dominées par la concentration des affluents des cours d'eau et constituent des lits ou des zones d'accumulation. On peut conclure que les zones inaptes à l'urbanisation ne couvrent seulement que 6 % du territoire. Cette

méthode peut être utilisée comme un instrument de base à la prospection des zones à urbaniser lors de l'élaboration des documents de planification urbaines comme les Schémas d'Urbanisme ou d'Aménagement pour réguler l'urbanisation et optimiser l'utilisation des ressources. Les SIG combinés à l'AHP constitue l'un des meilleurs outils de décision pour l'aménagement des territoires. L'utilisation des données radar ainsi que l'imagerie à de très haute résolution spatiale (IKONOS, QUICKBIRD, RESOURCESAT) constituent des pistes de recherche pour affiner la qualité des données cartographiques.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1].F. Dureau et C. Weber C, "Télédétection et systèmes d'information urbains, anthropol", 75015 paris, 408 p, 1995.
- [2].J.E. Gnélé, 'Dynamique de planification urbaine et perspectives de développement durable à Cotonou', 338 p, 2010.
- [3].INSAE. Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH). Résultats définitifs. Cotonou, Bénin'', 203 p, 2013.
- [4].M. Djaouga, C.J. Houndagba, O. Thomas, et B. Sinsin "Contribution des SIG et de la télédétection à l'analyse du devenir des espaces agropastoraux dans le Borgou au Bénin : cas de la commune de Parakou'', *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo), 2010, n° 006*, pp.24-40, 2010.
- [5].L. Benyahia et H. Dridi, " L'analyse diachronique de la superficie urbaine par télédétection et SIG d'une grande ville algérienne (Batna)", *Revue Sciences et Technologie D-N°45*, p. 101-108, 2017.
- [6].A.M. Dieng et M. Keita, "Télédétection et SIG dans l'analyse spatio-temporelle de la dynamique urbaine de Dakar'', Sénégal, Afrique SCIENCE 13 (2), pp.292 - 306, <http://www.afriquescience.info>, 2017
- [7].K. M. Kayembe Wa, M. De Maeyer et E. Wolff "Cartographie de la croissance urbaine de Kinshasa (R.D. Congo) entre 1995 et 2005 par télédétection satellitaire à haute résolution'', *Belgeo 3-4/2009*, p. 439-456, 2009.
- [8].Obognon Emile EDEA, Taméon Benoît Danvide, 2019. "Analyse diachronique de la croissance urbaine de la ville de Parakou au moyen du système d'information géographique (SIG) au Nord-Bénin'', *Revue Regardsud* ; Numéro spécial, 2019.

Contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des zones propices à l'urbanisation dans les deuxièmes et troisièmes arrondissements de Parakou

- [9].R.J. Assako-Assako "Apport de la télédétection et du SIG dans la recherche des zones constructibles d'un site urbain de collines : le cas de Yaoundé (Cameroun) ", l'Espace géographique, n° 2, 122 p, 1998.
- [10].O.Thomas "Parakou et sa région : Essai de cartographie sur l'occupation de l'espace dans la région dans le Borgou Sud". Thèse de Doctorat. Université de Paris VII, UER de géographie, histoire et science de la terre, Paris, France, 258 p, 1983.
- [11]. PDU Parakou, Parakou Horizon 2034, 203 p, 2019
- [12]. T.L Saaty. "The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation". McGraw-Hill, New York, 287 p, 1980.
- [13]. El Amraoui S. M., Mohamed R., Mourad B., El Idrissi A., 2017. "Intégration du SIG et de l'analyse hiérarchique multicritère pour l'aide dans la planification urbaine : étude de cas de la province de Khemiss et, Maroc", 63 p. Papeles de Geografia 2017, 63 pp. xx-xx DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2016/280211>
- [14]. Le Gall, 2009. "Rapport d'étude : panorama des méthodes d'analyse multicritères comme outils d'aide à la décision", 38p.
- [15]. El Morjani, EL A. Zine. "Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale : application à la sélection des sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride " (Souss, Maroc), 342 p, 2002.
- [16]. K. Bagoudou & S. Houegbonou "Evolution démographique de Parakou. Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH/UNB, Abomey-Calavi, Bénin, 127 p, 1991.
- [17]. Adechy G. 2010. "Les problèmes fonciers au Bénin 21
- [18]. C. T. Demanou. Utilisation d'un SIG mobile comme outil d'optimisation de la mobilité pastorale et d'accès aux informations sur les intrants vétérinaires dans l'unité pastorale de KHOUTIABA au Sénégal, 138 p, 2009.
- [19]. D.I. Behanzin,. "Flood disaster and human security in Benin Niger river valley. Master of Science. University of Lome, Faculty of Arts and humanities Departement of Geography, 69 p, 2014.
- [20]. H Soumana "Apport de la télédétection spatiale et des systèmes géographique à la préparation d'un cadastre polyvalent : cas de la région de Niamey (Niger) 66 p, 1999.
- [21]. A. Meyer "Une indication géographique sur l'échalote dogon comme outil pour le développement territorial : atouts et limites de la démarche". L'obtention du diplôme de Master Spécialisé « Développement Agricole Tropical option VALOR de l'institut des Régions Chaudes-Montpellier Sup-Agro. 121 p, 2011
- [22]. C.M.G. Kêdowidé "Modélisation géomatique par évaluation multicritère pour la prospection des sites d'agriculture urbaine à Ouagadougou", 435 p. volume 10, n°2 , 2010.
- [23]. R. Banai "Le flou dans les systèmes d'information géographique : contribution du processus de hiérarchie analytique. Journal international des sciences de l'information géographique", 7, 315-329. <https://doi.org/10.1080/02693799308901964>, 1993.
- [24]. Peerbolte *et al.*. "Different flood defence measures" 17 p, 1994.