



The 1st International Conference on Local Resource Exploitation

www.lorexp.org / info@lorexp.org

REF: LOREXP_2021_A1156 Pages: 158–170

LOREXP

LOCAL RESOURCE EXPLOITATION

Cartographie des zones favorables à la culture du riz (*Oryza sativa*) au Cameroun : apports des SIG et de l'Analyse Multicritère

Mapping of suitable areas for rice-growing (Oryza sativa) in Cameroon: contribution of Multicriteria Analysis and GIS

Makuate Marie Brigitte¹, Toko Mouhamadou Inoussa^{2*}, Arouna Ousseni³ & Adimou Sena Ghislain Ceniphore⁴

¹ Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI)/ Institut National de Cartographie (INC). BP : 157 Yaoundé, Cameroun. mbmakuate@gmail.com.

² Institut Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Information Géospatiale (AFRIGIST). Département des Sciences de l'Information Géographique. Campus Universitaire Obafemi Awolowo. Off Road1, PMB 5545, Ilé-Ife. Osun State. Nigéria. toko.inoussa64@gmail.com.

³ Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM) d'Abomey (Bénin). arounaousseni@gmail.com.

⁴ Institut Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Information Géospatiale (AFRIGIST). Unité des Technologies de l'Information et de la Communication. Campus Universitaire Obafemi Awolowo. Off Road1, PMB 5545, Ilé-Ife. Osun State. Nigéria. gharafat@gmail.com.

* Auteur correspondant : toko.inoussa64@gmail.com

RÉSUMÉ :

L'agriculture au Cameroun est la principale activité du monde rural. Cinq zones agro écologiques porteuses de paysages et de climats variés sont identifiables dans le pays et expliquent la grande diversité des productions agricoles. Les superficies et la production entre 2010 et 2011 des principales céréales cultivées au Cameroun (maïs, mil, sorgho et riz) ont subi dans l'ensemble de légères baisses respectivement d'environ 3 % et 1 %. La filière riz est celle pour laquelle le pays connaît une forte dépendance des marchés internationaux, alors que paradoxalement les potentialités de production intérieures sont considérables. Il existe en particulier, des conditions naturelles favorables qui sont encore peu exploitées. La présente étude a pour but d'identifier les zones propices à la culture du riz dans la commune de Yagoua au Cameroun. La méthodologie utilisée dans le cadre de ce travail est basée sur les analyses géospatiales couplées aux méthodes d'analyses multicritères utilisant les données Landsat OLI-TIRS, ASTER-DEM, les données cartographiques, climatiques, pluviométriques et pédologiques. Les différents traitements ont permis d'établir différentes cartes thématiques. La synthèse de toutes ces informations à l'intérieur d'un SIG a permis d'établir la carte des zones favorables à culture du riz. Les résultats obtenus indiquent que 5 % de la zone d'étude sont considérés comme très favorable, 38 %, favorables et 51 % peu favorables et 6 % restants non favorables à la riziculture. Ces résultats sont fort intéressants et utiles pour la production efficace du riz dans la commune de Yagoua. Ils contribuent à une meilleure connaissance et une amélioration des rendements rizicoles au Cameroun.

Mots clés : Riz, Analyse multicritère, SIG, Yagoua, Cameroun.

ABSTRACT:

Agriculture in Cameroon is the main activity of the rural world. Five agro-ecological zones with varied landscapes and climates can be identified in the country and explain the great diversity of agricultural production. Between 2010 and 2011, the areas and production of the main cereals grown in Cameroon (maize, millet, sorghum and rice) have on the whole slightly decreased by about 3 % and 1 % respectively. The rice sector is the one for which the country is highly dependent on international markets, while paradoxically the domestic production potential is considerable. In particular, there are favorable natural conditions that are still little exploited. The purpose of this study is to identify the areas suitable for rice cultivation in the municipality of Yagoua in Cameroon. The methodology used in this work is based on remote sensing and geospatial analyses coupled with multi-criteria analysis methods using Landsat OLI-TIRS, ASTER-DEM, cartographic, climatic, rainfall and soil data. The different treatments have made it possible to establish different thematic maps. The synthesis of all this information within a GIS made it possible to draw up the map of areas suitable for rice cultivation. The results obtained indicate that 5 % of the study area is considered very favorable, 38 % favorable and 51 % unfavorable and the remaining 6 % unfavorable to rice cultivation. These results are very interesting and useful for the efficient production of rice in the commune of Yagoua. They contribute to a better knowledge and improvement of rice yields in Cameroon.

Keywords: Rice, Multi-criteria analysis, GIS, Yagoua, Cameroon.

1. INTRODUCTION

En Afrique, le riz représente une source de revenus et une composante importante dans le régime alimentaire de nombreux ménages (Demont et al., 2013 ; Krupnik et al. 2012). Au Cameroun, le riz est la céréale la plus consommée après le maïs (Folefack, 2014). Or le pays connaît une forte dépendance en riz par rapport à l’extérieur (Du et al., 2013). Plusieurs études ont été menées en Afrique sur l’utilisation des données statistiques et géospatiales couplées aux analyses multicritères pour déterminer des zones propices aux cultures agricoles, notamment la culture du Blé dur en Algérie (Mendas et al., 2012), du maïs au Bénin (Olatondji et al., 2018), du sorgho en Ethiopie (Kahsay et al., 2018) et du Manioc au Nigéria (Ajala et al., 2020). Mais jusqu’à présent, l’approche géospatiale est très peu prise en compte dans la gestion de la filière riz (Perveen et al., 2007).

Ainsi, cette étude a pour but d’identifier les zones propices à la culture du riz dans la commune de Yagoua au Cameroun grâce à l’Analyse multicritères et aux SIG.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Présentation de la zone d’étude

Située entre 10° 00' 00 et 10° 20' 00 de latitude Nord et entre 15° 00' 00 et 15° 30' 00 de longitude Est, la commune de Yagoua, couvre une superficie de 950 km². Sa population est environ de 170 000 habitants et composée de Massa, Toupouri, Kanuri et Peulhs. Le tissu économique est soutenu par l’agriculture dont le riz et le coton bénéficient respectivement de l’encadrement de la SEMRY et de la SODECOTON. (GIC PIPNVRA, 2013).

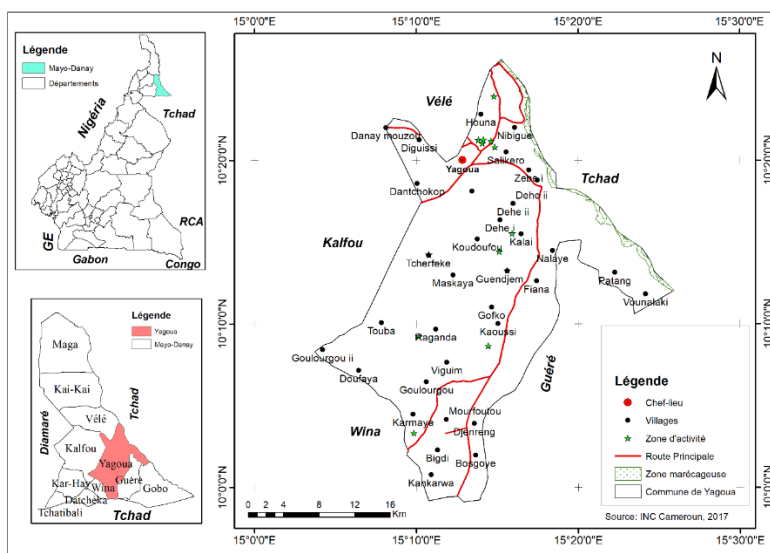


Figure 1. Localisation de la Commune de Yagoua.

2.2. Données utilisées

- Fond topographique de l’INC au 1/200.000, feuille de Maroua ;
- Base de Données topographiques de 2017, (BDTOPO_INC) ;

- Cartes pédologique et géologique au 1/200000 de 1977, feuille de Maroua. ORSTOM ;
- Images satellitaires Landsat obtenues à <https://earthexplorer.usgs.gov/> :
 - Landsat 8 OLI de 30m résolution spatiale de février 2019, Path 184 et Row 053.
 - ASTER de 30 m de résolution spatiale de novembre 2000.

2.3. Méthodologie de traitement des données

Cette étude est basée sur l'intégration des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et de l'Evaluation Multicritère ou Analytical Hierarchy Process (AHP) pour mettre en évidence les zones potentielles de culture du riz.

Méthode SIG

La Télédétection et la Cartographie ont été les piliers de cette méthode SIG. Grâce à la Télédétection les données satellitaires ont subi des prétraitements numériques et une classification supervisée. A partir des résultats de cette dernière et après les opérations de validation et de post-classification, les cartes de l'occupation du sol et de celles des facteurs naturels considérés comme contraintes, ont été réalisées et utilisées pour l'évaluation multicritère.

Méthode AHP

La méthode AHP grâce à ces différentes opérations, a permis de manipuler aisément les données collectées afin d'en extraire des informations adéquates pour la production du riz.

Identification des critères : En se référant aux observations de terrain et aux travaux antérieurs, un certain nombre de critères a été identifié, sélectionné et évalué pour l'établissement des différentes cartes thématiques concernant la pente, la pédologie, l'accès aux points d'eau, l'accessibilité aux marchés, l'accessibilité aux transports et l'occupation du sol (FAO, 2003).

Classification et standardisation des critères : La classification des critères doit tenir compte de la variance des données et s'inspirer de la classification adoptée lors des travaux antérieurs et de la classification proposée par la FAO. Pour une meilleure interprétation, le nombre de classes a été réduit à 4 à savoir : Très favorable ; favorable ; peu favorable ; non favorable. Une standardisation des critères est obligatoire car les différents critères sont mesurés en diverses unités et selon différentes échelles. Un intervalle commun de 0 à 10 (Anoh et al., 2012) a été retenu. La note 10 est attribuée aux classes « très favorable » ou « très forte » selon qu'elles contribuent à l'excellente réalisation de l'indicateur considéré. Dans le cas inverse, la note 1 est attribuée. Des valeurs intermédiaires sont attribuées aux autres classes selon une distribution linéaire.

Pondération des critères : La pondération des critères de décision a été effectuée suivant la méthode de comparaisons par paire par le processus d'analyse hiérarchique (Analytical Hierarchy Process : AHP) développée par Saaty (1980) et utilisée par Youan et al. (2011). Les coefficients de pondération des facteurs sont déterminés à partir d'une série de comparaisons par paire en tenant compte de leur importance déterminée sur une échelle numérique de 9 niveaux proposée par El Morjani (2003). En utilisant la matrice générée par la comparaison par paire sur les valeurs, des vecteurs propres sont obtenues en calculant leur moyenne géométrique par ligne. Le tableau 1 ci-dessous présente l'échelle de pondération.

Tableau 1. Echelle de pondération. Source : Saaty, 1980.

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

Ce tableau 1 se base sur un principe selon lequel si un critère **A** est 3 fois plus important qu'un critère **B** alors **B** est 1/3 de fois important que **A**. De plus, si le critère **A** est plus important que le critère **B** et **C** plus important que **A** alors **C** plus important que **B**. C'est sur la base de cette logique que le tableau de pondération a été mise en place.

Une fois le tableau de pondération mis en place, il a été évalué à l'aide du Ratio de Cohérence basé sur la formule de l'équation 1 suivante :

$$RC = IC / IA \tag{1}$$

Ratio de Cohérence

- Avec $IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ (2)

Indice de Cohérence

- $\lambda_{max} = \Sigma (\Sigma C_i . w_i)$ (3)

Valeur calculée sur la base d'indice de Saaty

C = colonne, n étant le nombre de facteur et λ max, une valeur calculée sur la base de la matrice de Saaty, des vecteurs propres et de n et IC l'Indice de Cohérence.

Si $IA > 10\%$, il n'y a pas de cohérence dans la comparaison des critères par paire. La matrice doit être réévaluée. IA est un indice aléatoire fixé en fonction du nombre de critère. Le tableau 2 présente les indices aléatoires en fonction du nombre de critère.

Tableau 2. Indice aléatoire.

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

Agrégation des critères : analyses multicritères : Dans cette étude, la méthode d'agrégation par pondération a été utilisée. Celle-ci consiste à sommer les valeurs standardisées et pondérées de chaque critère intervenant dans l'élaboration d'un indicateur donné (Youan et al., 2011). L'équation 4 illustre bien ce propos :

$$S = \sum_{i=1}^n (w_i x_i) \tag{4}$$

Avec :

S : somme ; w_i : poids du critère i ;

x_i : valeur standardisée du critère de facteur i

L'établissement de la carte d'un indicateur donné consistera à reporter dans l'espace, les différentes valeurs issues de la sommation des valeurs standardisées et pondérées de chaque critère intervenant dans l'élaboration de l'indicateur. Une reclassification des critères conduira aux quatre classes suivantes, pour les cartes thématiques : pas favorable, peu favorable, favorable et très favorable. Le nombre de classes est fixé à quatre pour une meilleure lisibilité et une bonne interprétation de la carte résultante (Youan et al., 2011). Toutes les combinaisons nécessaires pour l'établissement des cartes thématiques seront effectuées en mode « Raster » en utilisant l'outil « Map algebra » du module « Spatial Analyst » du logiciel ArcGIS 10.2. Cette démarche conduira à la production des cartes thématiques. Toutes ces cartes thématiques seront combinées afin d'obtenir une carte des zones propices à la culture du riz.

Niveau d'hierarchisation des critères : Dans cette étude, certaines unités d'occupation du sol constituent des contraintes pour la pratique de la riziculture. Quant aux facteurs, il s'agit : de la proximité des cours d'eaux, l'accès aux marchés, la topographie et la pédologie. La figure 2 présente le niveau d'hierarchisation de 2 critères (contraintes et facteurs).

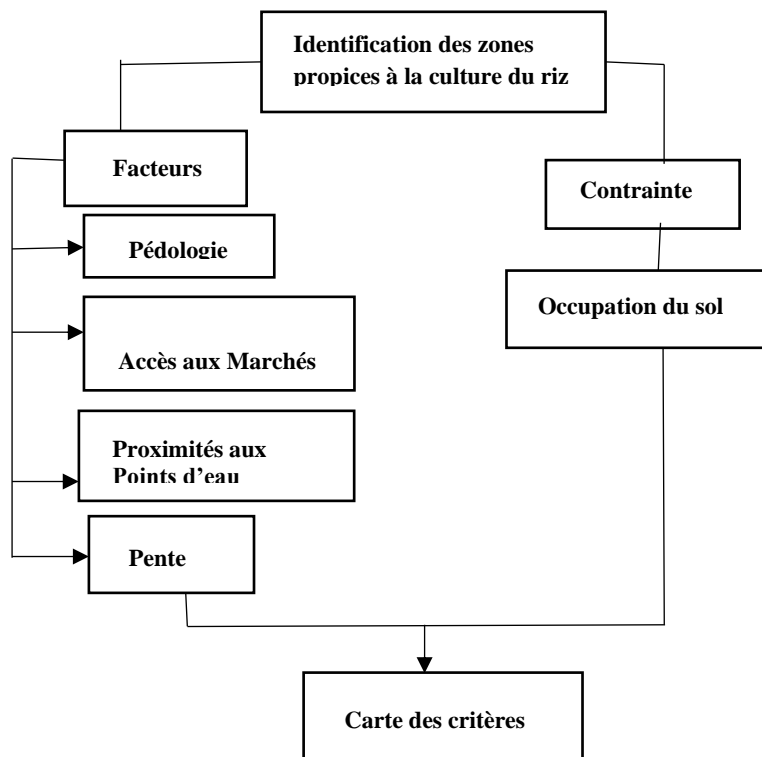


Figure 2. Hiérarchisation des critères.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Carte d'occupation du sol et cartes de facteurs naturels

La réalisation des cartes d'occupation du sol et des cartes de facteurs naturels a servi à l'élaboration des cartes de critères dans l'évaluation multicritères.

3.2. Elaboration des cartes critères

La figure 3 présente les cartes des critères non standardisés de la Commune de Yagoua. L'analyse de ces cartes montre 8 unités d'occupation du sol (figure 3a), 5 types de sols dont certains sont plus aptes à la riziculture que d'autres, de par leurs éléments constitutifs ainsi que leur localisation (figure 3b). La commune présente un relief relativement plat. Les zones de fortes pentes correspondent aux zones d'affleurement rocheux et de ce fait très peu favorables à la riziculture (figure 3c). L'accessibilité aux transports ainsi qu'aux marchés est très difficile du fait du mauvais état des routes (figure 3d et 3e). Les points d'eau sont accessibles car la zone regorge le plus grand cours d'eau de la localité (figure 3f).

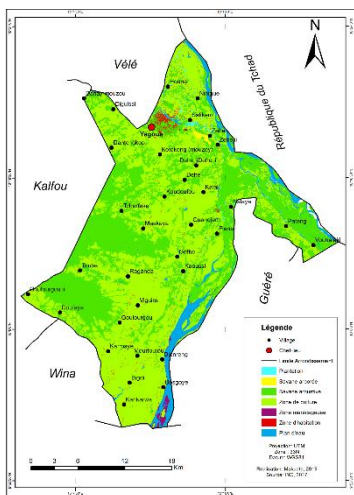


Figure 3a. Occupation du sol.

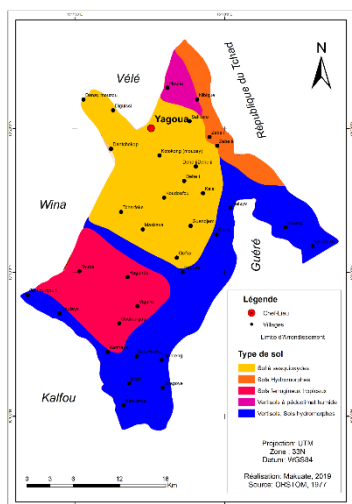


Figure 3b. Type de

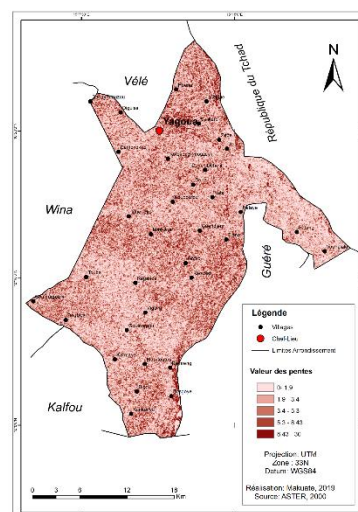


Figure 3c. Relief.

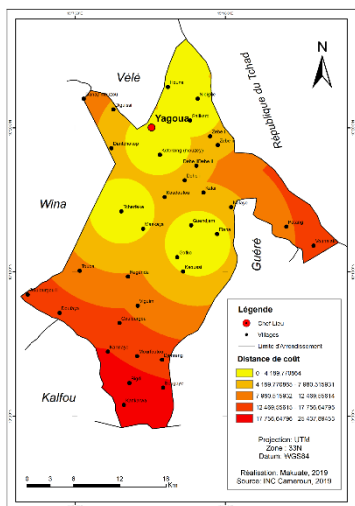


Figure 3e. Accessibilité aux marchés.

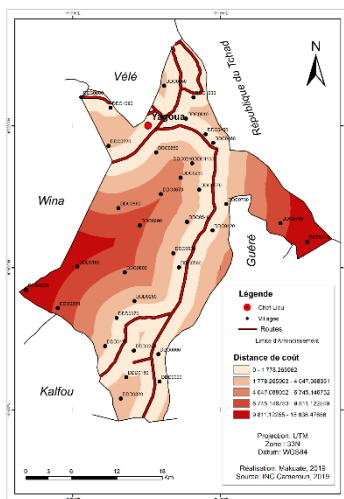


Figure 3d. Accessibilité aux transports.

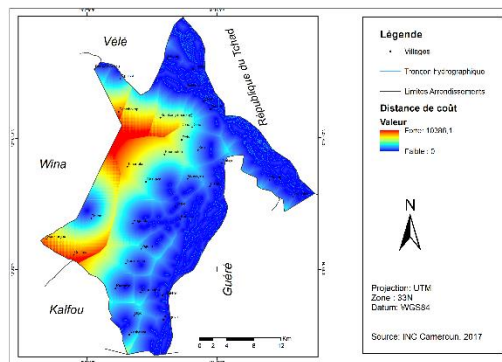


Figure 3f. Accessibilité aux points d'eau.

Figure 3. Critères non standardisés.

La figure 4 présente les cartes des critères standardisés issues de la standardisation des données de la figure 3.

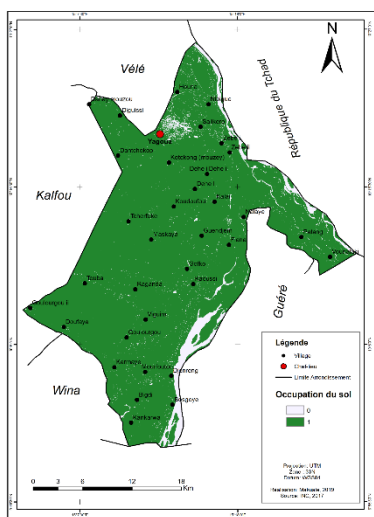


Figure 4a. Critère occupation du sol.

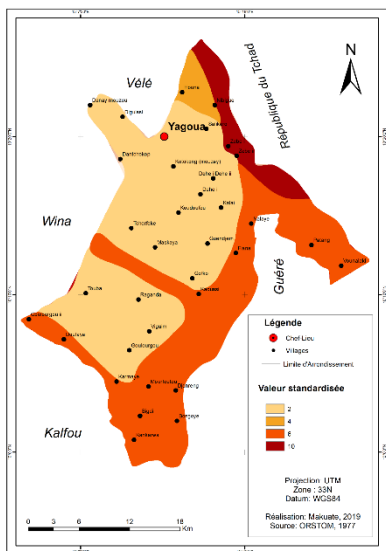


Figure 4b. Critère pédologie.

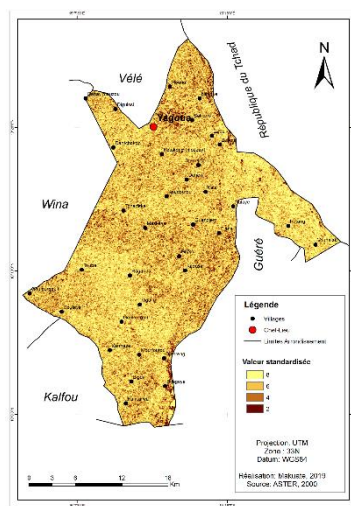


Figure 4c. Critère pente.

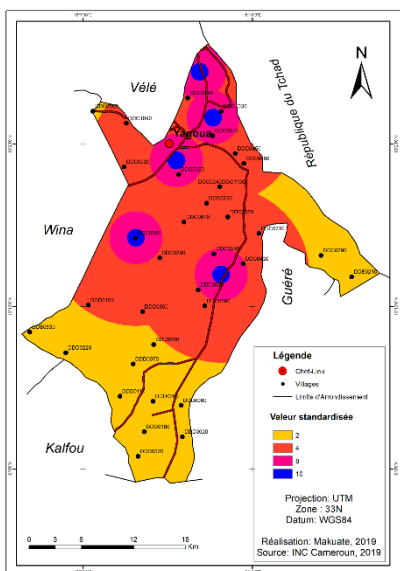


Figure 4d. Critère Accessibilité aux marchés.

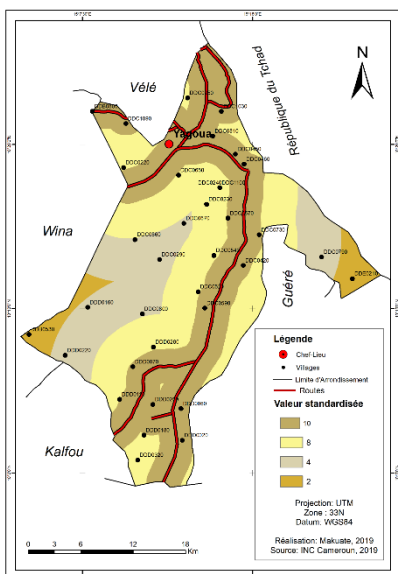


Figure 4e. Critère Accessibilité aux transports.

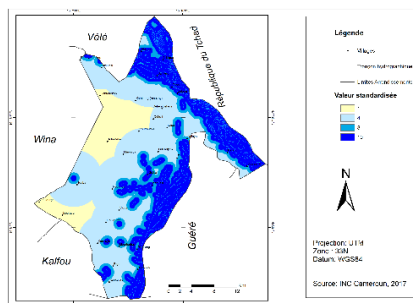


Figure 4f. Critère Accessibilité aux points d'eau.

Figure 4. Critères standardisés.

3.3. Pondération des critères

Le tableau 3 présente la Comparaison par paire du poids des critères qui indique leur importance relative par rapport à tous les autres. Ce tableau de comparaison par paire a été mis en place à partir des exigences agronomiques du riz et de l'échelle de pondération de Saaty.

Tableau 3. Comparaison par paire du poids des critères.

Critères	Pédologie	Accessibilité aux marchés	Accessibilité aux points d'eau	Pente	Accessibilité au réseau de transport
Pédologie	1	5	3	3	7
Accessibilité aux marchés	1/5	1	1/3	1/3	1
Accessibilité aux points d'eau	1/3	3	1	3	5
Pente	1/3	3	1/3	1	3
Accessibilité au réseau de transport	1/7	1	1/5	1/3	1
Total	2	13	4,86	7,66	17

Le tableau 4 présente la pondération de chaque critère. Il est établi à partir du tableau de comparaison par paire du poids des critères.

Tableau 4. Pondération des Critères.

Critères	Pédologie	Accessibilité aux marchés	Accessibilité aux points d'eau	Pente	Accessibilité au réseau de transport	Poids des Critères
Pédologie	0,5	0,3846	0,6172	0,3916	0,4117	0,4610
Accessibilité aux marchés	0,01	0,0769	0,0679	0,0430	0,0588	0,05132
Accessibilité aux points d'eau	0,165	0,2307	0,2057	0,1305	0,2941	0,2052
Pente	0,165	0,2307	0,0563	0,1305	0,1764	0,15178
Accessibilité au réseau de transport	0,07	0,0769	0,0341	0,0430	0,0588	0,05656
Total	1	1	1	1	1	1

De l'analyse du tableau 4, il ressort que le facteur détenant le poids le plus important est le facteur pédologie (0,4610). Suivent respectivement l'accessibilité aux points d'eau (0,2052), la pente (0,15178), l'accessibilité au réseau de transport (0,05656) et l'accessibilité aux marchés (0,05132).

3.4. Importance du poids des 5 critères

Dans cette étude, l’aptitude des terres pour la production du riz a été évaluée avec succès en utilisant la méthode d’analyse multicritère AHP (Analytical Hierarchy Process) et les SIG. Cinq facteurs, Pédologie, Accessibilité aux marchés, Accessibilité aux points d’eau, Pente, Accessibilité au réseau de transport, ont été sélectionnés. Les pondérations de chaque facteur ont été déterminées par AHP et l’indice d’aptitude des terres pour la production calculée. Des cartes ont été générées sous ArcGIS 10.5. Ainsi, le défi d’identifier l’importance ou les poids relatifs des facteurs ont été examinés simultanément et il a été constaté que ceux-ci ont influencé inégalement l’aptitude culturelle des terres. Les résultats obtenus sont similaires à ceux de plusieurs auteurs qui ont utilisés diverses méthodes pour tenter de déterminer les poids de ces facteurs. Il s’agit de la méthode paramétrique d’Albaji et al. (2009), la moyenne pondérée ordonnée de Mokarram et al. (2010), l’Electre Tri de Mendas et al. (2012), l’approche d’appartenance floue d’Ahmed et al. (2000), l’analyse relationnelle grise de Li et al. (2012), la simple superposition des cartes dans ArcGIS de Falasca et al. (2012), le cadre de la FAO d’Abdelfattah (2013), une analyse de régression et analyse des composantes principales. Néanmoins, ces méthodes présentent des inconvénients dans la détermination des poids.

3.5. Agrégation des critères

La figure 5 présente le degré d’aptitude de chaque zone à la production du riz dans la commune de Yagoua.

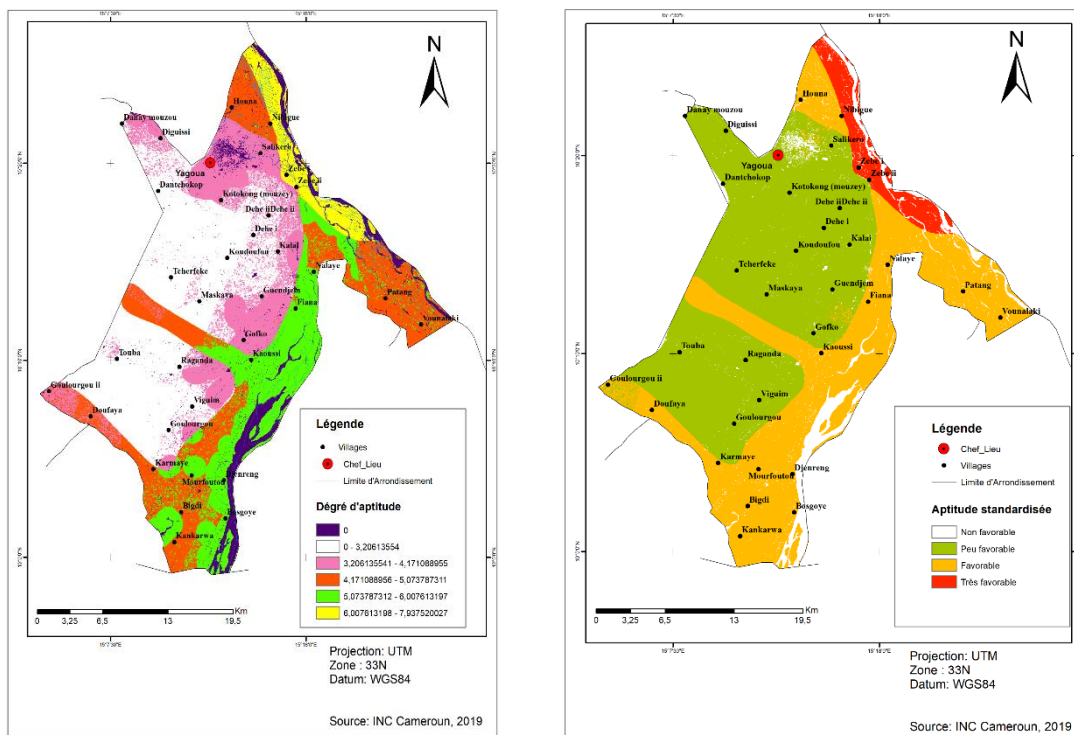


Figure 5. Degré d’aptitude du sol à la production du riz dans la commune de Yagoua

L’analyse de cette figure 5 montre que la commune de Yagoua de façon générale présente une aptitude favorable à la culture du riz.

La figure 6 présente les différentes classes en fonction de leur niveau d’aptitude.

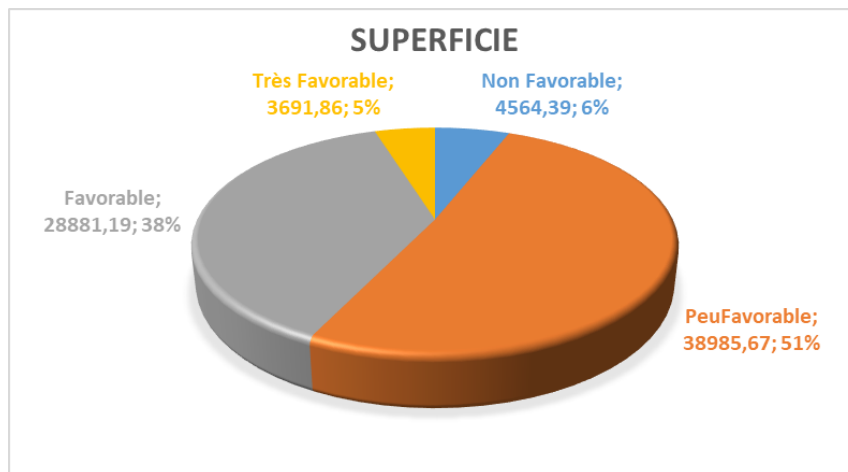


Figure 6. Superficies favorables par hectare

De l'analyse de la figure 6, il ressort que 39,6% de la superficie totale de Yagoua n'est pas du tout favorable à la culture du riz (soit environ 4564 ha). La superficie très peu favorable à la culture est de 5 % au moment ou celle favorable occupe 38%. Et c'est seulement la superficie restante (5%) qui est très favorable à la culture du riz dans ladite commune, parce qu'elle est située le long du fleuve Logone et éloignée des zones d'habitation.

3.6. Efficacité et inconvénients de la Méthode AHP

Dans ce travail, les poids des 5 facteurs (critères) ont été affectés et les ratios de consistance sont calculés en utilisant l'approche AHP. De ce fait il a été constaté que AHP a une grande capacité d'intégration de données hétérogènes, car elle permet aux intervenants de définir le poids d'une manière systématique et logique (Zhang et al., 2015). L'AHP est une méthode très efficace pour déterminer les poids et elle paraît plus efficace que les méthodes mentionnées ci-dessus puisque son inconsistance peut être mesurée et contrôlée en présence des critères contradictoires. Ainsi, nos résultats sont similaires à ceux de plusieurs auteurs (Akıncı et al., 2013 ; Chen, 2013 ; Feizizadeh et al., 2013 ; Bagheri et al., 2012 ; Kumar et Shaikh, 2012 ; Chen et al., 2010 ; Kumar et al., 2010), qui ont utilisé l'AHP dans l'évaluation d'aptitude des terres avec succès. Cependant pour Li et al., (2012), l'AHP dépend principalement de la cession subjective de l'importance relative de deux facteurs et les interrelations entre les différents facteurs peuvent être ignorées, ce qui représente un inconvénient pour la méthode AHP.

4. CONCLUSION

L'étude a utilisé les SIG et la méthode AHP (Analytical Hierarchy Process) pour évaluer l'aptitude culturelle des terres dans la Commune de Yagoua. Les SIG ont permis de réaliser dans un premier temps la carte d'occupation du sol et les cartes de facteurs naturels de la commune. Tandis que dans un second temps la méthode AHP a permis l'élaboration des cartes critères. En effet, au total 6 facteurs dont 5 ont été identifiés comme critères. Ces critères ont été pondérés et des poids leur ont été attribués. Les résultats issus de l'application de ces méthodes ont permis d'identifier les zones propices à la culture du riz dans la commune de Yagoua. La commune de Yagoua est de façon globale très peu favorable à la culture du riz. Elle totalise

respectivement 6 % de zones non favorables (4564 ha) et 51 % de superficie peu favorables (38 958 ha) de la superficie totale de la commune. Les zones propices à la production du riz, sur le plan pédologique, topographique, socio-économique et environnemental sont les zones favorables avec une superficie de 28881 ha (environ 38 %) et les zones très favorables occupant 3691 ha (environ 5 %) de la superficie de la commune. La faible accessibilité aux marchés d'écoulement des produits et aux voies de communication constitue une énorme contrainte pour le développement de la filière riz.

Enfin, la méthode AHP et les SIG constituent d'excellents outils pour l'analyse de l'aptitude des sols à la culture du riz.

5. DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT

Le présent article a été préparé avec la participation consensuelle de chacun des auteurs. Il n'y a donc pas eu de conflit d'intérêt. Chaque auteur a effectivement et spécifiquement contribué aux différentes étapes de la réalisation de l'article.

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelfattah M.A., 2013. Integrated suitability assessment: a way forward for land use planning and sustainable development in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Arid Land Research and Management*, **27**(1), 41–64.
- Ahamed T.R.N., Gopal Rao K., Murthy J.S.R., 2000. GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis. *Agricultural Systems*, **63**(2), 75–95.
- Ajala O.N., Kpadonou G.E., Adjadeh T.A., Akponikpe P.B.I., Olaniyan J.O., 2020. Soil suitability evaluation for production of improved Cassava (*Manihot esculenta*) varieties in Kwara State, Nigeria: A GIS-Based and Multi-Criteria analysis. *West African Journal of Applied Ecology*, **28**(1), 158–172.
- Akıncı H., Özalp A.Y., Turgut B., 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and electronics in agriculture*, **97**, 71-82.
- Albaji M., Naseri A., Papan P., Nasab S.B., 2009. Qualitative evaluation of land suitability for principal crops in the West Shoush Plain, Southwest Iran. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, **15**(2), 135–145.
- Anoh K.A., Jourda J.P., Kouamé K.J., Koua T.J.J., Eba A.E., Lazar, G., 2012. Demarcation of protection perimeters for surface waters of Taabo (Ivory Coast) watershed using GIS and multicriteria analysis. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, **11**(12) (2012).
- Bagheri M, Sulaiman W.N.A., Vaghefi N., Land use suitability analysis using multi criteria decision analysis method for coastal management and planning: a case study of Malaysia. *J Environ Sci. Technol*, **5**(5), 364–372.
- Chen H.S., 2013. Evaluation of soil fertility suitability of tobacco planting fields on slant plain in the east side of Funiushan mountain in central China supported by GIS. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, **11**(2), 459–1463.
- Chen H.-S., Liu G.-S., Yang Y.-F., Ye X.-F., Shi Z., 2010. Comprehensive Evaluation of Tobacco
- Demont M, 2013. Reversing urban bias in African rice markets: A review of 19 National Rice Development Strategies. *Global Food Security*, **2**(3), 172–181.
- Du ADLP, Des Semences, RED, 2013. Projet C2D-RIZ/IRAD. GIC PI-PNVRA, Plan communal de développement de Yagoua, 307p. https://www.pndp.org/documents/PCD_YAGOUA.pdf
- Ecological Suitability of Henan Province Based on GIS. *Agricultural Sciences in China*, **9**(4), 583–592.

- El Morjani Z., 2003. Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale ; application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride (Souss, Maroc). Thèse de Doctorat, Université de Genève. 300p.
- Falasca S.L., Ulberich A.C., Ulberich E., 2012. Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (*Ricinus communis L.*). *Industrial Crops and Product*, **40**, 185–191.
- FAO, 2003. Une action sur deux fronts pour lutter contre la faim: les mesures à prendre en priorité dans les pays et au niveau international. Rome.
- Feizizadeh B., Blaschke T., 2013. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*, **56**(1), 1–23.
- GIC, PI-PNVRA, Plan communal de développement de Yagoua. 307p.
https://www.pndp.org/documents/PCD_YAGOUA.pdf
- Kahsay A., Haile M., Gebresamuel G., Mohammed, M., 2018. Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: Application of GIS-based fuzzy AHP approach. *Cogent Food & Agriculture*, **4**(1), 1507184.
- Krupnik T.J., Shennan C., Rodenburg J., 2012. Yield, water productivity and nutrient balances under the System of Rice Intensification and Recommended Management Practices in the Sahel. *Field Crops Research*, **130**, 155–167.
- Li B., Zhang F., Zhang L.-W., Huang J.-F., Jin Z.-F., Gupta D.K., 2012. Comprehensive Suitability Evaluation of Tea Crops Using GIS and a Modified Land Ecological Suitability Evaluation Model. *Pedosphere*, **22**(1), 22–130.
- Makuate M.B., 2019. SIG et identification des sites propices à la production du riz dans la commune de Yagoua au Cameroun. Mémoire de Master en Science de la Géoinformation. AFRIGIST, Campus Universitaire Obafemi Awolowo, Ilé-Ife, Nigeria en collaboration avec l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 110p.
- Mendas A., Delali A., 2012. Integration of Multi-Criteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*, **83**, 117–126.
- Mokarram M., Aminzadeh F., 2010. GIS-based multicriteria land suitability evaluation using ordered weight averaging with fuzzy quantifier: a case study in Shavur Plain, Iran. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **38**(2), 508–512.
- Olatondji C.A., 2018. Modélisation spatiale et évaluation multicritère dans la détermination des sites propices à la production du maïs à Ouèssè, Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 253–265.
- Perveen F., Nagasawa, R., Uddin, M.I., Delowar, H.K., 2007. Crop land suitability analysis using a multicriteria evaluation and GIS approach. In: *5th International Symposium on Digital Earth (ISDE5)*, **5**(9).
- Saaty T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, **1**(1), 83–98.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Youan T.M., Lasm T., Adja G.M., Kouamé, K.J., Biémi J., 2011. Cartographie des eaux souterraines en milieu fissuré par analyse multicritère. Cas de Bondoukou (Côte-d'Ivoire). *Revue internationale de géomatique*, **21**(1), 43–71.
- Zhang J., Su Y., Wu J., Liang H., 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture*, **114**, 202–211.