

Identification des aptitudes culturelles des terres par analyse multicritère et SIG à l'échelle du Département des collines (Bénin, Afrique de l'ouest)

[Identification of land suitability for cultivation by multi-criteria analysis and GIS at the scale of the collines Department (Benin, West Africa)]

Koudérin A. Lucie¹, F. Avahounlin Ringo^{1,2}, Tométin A. S. Lyde^{1,5}, Ouassa Pierre^{1,4}, Kédomé C. Nelly³, and W. Vissin Expédit⁴

¹Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, FAST, UAC), Cotonou, Benin

²Ecole Normale Supérieure (ENS, UNSTIM), Natitingou, Benin

³Département des Sciences de la Terre, Université d'Abomey-Calavi (FAST, UAC), Benin

⁴Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT, FASHS, UAC), Benin

⁵Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement (FAST, UAC), Benin

Copyright © 2022 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: Growing population is a challenge for developing countries. They must resort to quality agriculture in order to meet the nutritional needs of this population. In Benin, agriculture occupies a prominent place in the socio-economic life of the population. The objective of this study is to identify from a multi-criteria approach combined with GIS, the specific areas for the cultivation of various cereals, tubers and other food crops and market gardening in order to contribute to the improvement of yields in Hills. The methodology used is based on GIS techniques coupled with multi-criteria analysis methods from data on the physico-chemical components of the soil, agricultural statistics and socio-economic data obtained in the field. The results obtained show that the hills department has a good aptitude for soybean crops and market gardening but moderately suitable in the communes of Dassa-Zoumè and Savè. In general, the department of Collines is suitable for most crops practiced in Benin. This is partly due to the knowledge that producers have of the quality of their soil, often assessed through the level of yield of the previous one.

KEYWORDS: Department of hills, GIS, Multi-criteria analysis, cultural aptitudes.

RESUME: L'augmentation croissante de la population constitue un défi pour les pays en voie de développement. Ils doivent avoir recours à une agriculture de qualité afin de satisfaire les besoins nutritionnels de cette population. Au Bénin, l'agriculture occupe une place prépondérante dans la vie socioéconomique des populations. L'objectif de cette étude est d'identifier à partir d'une approche multicritère combinée au SIG, les zones spécifiques à la culture des diverses céréales, les tubercules et autres cultures vivrières et maraîchères afin de contribuer à l'amélioration des rendements dans des Collines. La méthodologie utilisée est basée sur les techniques des SIG couplées avec les méthodes d'analyse multicritère à partir des données des composantes physico-chimiques du sol, des statistiques agricoles et des données socioéconomiques obtenus sur le terrain. Les résultats obtenus montrent que le département des collines a une bonne aptitude pour les cultures de soja et le maraîchage mais moyennement apte dans les communes de Dassa-Zoumè et Savè. De façon générale que le département des Collines est apte pour la plupart des cultures pratiquées au Bénin. Ceci est en partie, dû aux connaissances que les producteurs ont de la qualité de leur sol, souvent apprécié à travers le niveau de rendement de la précédente.

MOTS-CLEFS: Département des Collines, SIG, Analyse multicritère, aptitudes culturelles.

1 INTRODUCTION

La population mondiale sera confrontée aux problèmes d'insécurité alimentaire, qui concernera 95 % des pays en voie de développement et en particulier les pays africains au sud du Sahara. La principale cause de cette situation est la baisse de la fertilité des sols et leur dégradation (Sanchez, 2002; Orou Seko, 2014). En effet, les terres cultivées s'épuisent à un rythme accéléré et les rendements des cultures baissent continuellement en raison de l'accroissement de la population et du raccourcissement de la durée de la jachère qui autrefois, permettait un renouvellement de la qualité des sols (Sanchez, 2002; Saïdou *et al.*, 2008).

Au Bénin, au nombre des indicateurs des déficits alimentaires, figure le déséquilibre entre la croissance démographique rapide et la baisse de la productivité agricole due à la faiblesse de la fertilité des sols. Le trait physique explique le caractère très accidenté du relief, l'insuffisance des terres cultivables et surtout leurs dégradations par l'érosion qui les rend infertiles et inaptes aux cultures (Kombiénou *et al.*, 2014). Par ailleurs, l'évolution exponentielle de la population béninoise et la récession pluviométrique à partir des années 1970 (Sutcliffe et Piper, 1986; Boko *et al.*, 1997; Vissin, 2007) ont eu pour conséquences la fragilisation et la dégradation des écosystèmes. Cette situation climatique a également impliqué les écosystèmes pédologiques dont dépendent les productions agricoles à l'échelle du département des Collines.

Pour assurer une sécurité alimentaire sans affecter l'équilibre agroécologique, il faut exiger l'adoption d'une agriculture durable basée sur l'usage de la technologie géospatiale. Ceci requiert une évaluation des écosystèmes pédologiques actuelles en vue de leur utilisation durable au regard de la variabilité des paramètres climatiques, facteurs déterminants pour les pratiques culturales. L'utilisation des SIG associé aux divers facteurs physiques et chimiques impactant la fertilité des sols représente un intérêt important pour l'évaluation des zones propices aux différentes spéculations culturales. Aussi l'intérêt des SIG réside dans la présentation de nombreux avantages par rapport à la cartographie automatique, la capacité d'intégrer des sources très variées (statistiques agricoles, cartes, images satellites...) et de travailler à des échelles diverses, de faciliter l'accès à de grandes quantités de données et de permettre de combiner par le traitement et l'analyse toutes les informations (Hajji, 2002). L'objectif de cette étude est d'identifier à partir d'une approche multicritère combinée au SIG, les zones spécifiques à la culture des diverses céréales, les tubercules et autres cultures vivrières et maraîchères afin de contribuer à l'amélioration des rendements dans des Collines.

2 CADRE D'ETUDE

La zone d'étude qu'est le département des collines, est l'un des douze départements du Bénin. Il est limité à l'Ouest par le Togo, à l'Est par le Nigéria, au Nord par les départements de la Donga et du Borgou, au Sud par ceux du Zou et du Plateau. Il s'étend sur une superficie de 13 931 km² avec une population de 717 477 Habitants soit une densité de 52 Habitants/km² (RGPH-4 2013). Le département des Collines est localisé entre 7°27' et 8°46' de latitude Nord et entre 1°39' et 2°44' de longitude Est (figure 1). Il est composé de six Communes qui sont: Bantè, Dassa-Zoumè, Glazoué, Ouèssè, Savalou et Savè. Le régime pluviométrique dans le Département des Collines présente une situation contrastée. Il est à cheval sur celui de la distribution bimodale du Sud et celui de la distribution unimodale du Nord (Boko, 1988; Afouda, 1990; Ogouwalé, 2006; Médéou, 2015). Dans le milieu d'étude, les sols les plus représentés sont les sols ferrugineux tropicaux et les sols hydromorphes (Volkoff, 1965; Viennot *et al.*, 1969) (figure 2). Ils sont souvent lessivés (Judex *et al.*, 2009) et pour la plupart développés sur deux matériaux superposés: un matériau d'altération en profondeur et un matériau de recouvrement superficiel apporté ou d'altération remanié. Les sols ferrugineux sont argilo-sableux, gravillonnaires et se localisent sur les crêtes et sur les glacis des massifs rocheux. Quant aux sols hydromorphes, ils sont argileux, épais et noirs et se localisent en bordure des vallées et dans les dépressions. Ces sols sont donc pour la plupart peu épais (la roche saine est généralement atteinte à quelques mètres de profondeur) sauf dans le quart Nord-Ouest où leur épaisseur apparaît plus importante (Volkoff, 1976). Les différentes cultures pratiquées dans le département des Collines résultent à la fois des aptitudes pédologiques des divers types de sols qu'il recouvre et de la disponibilité de l'eau dans leurs premiers horizons, ce qui confère à chaque type de sol, une gamme variée de cultures.

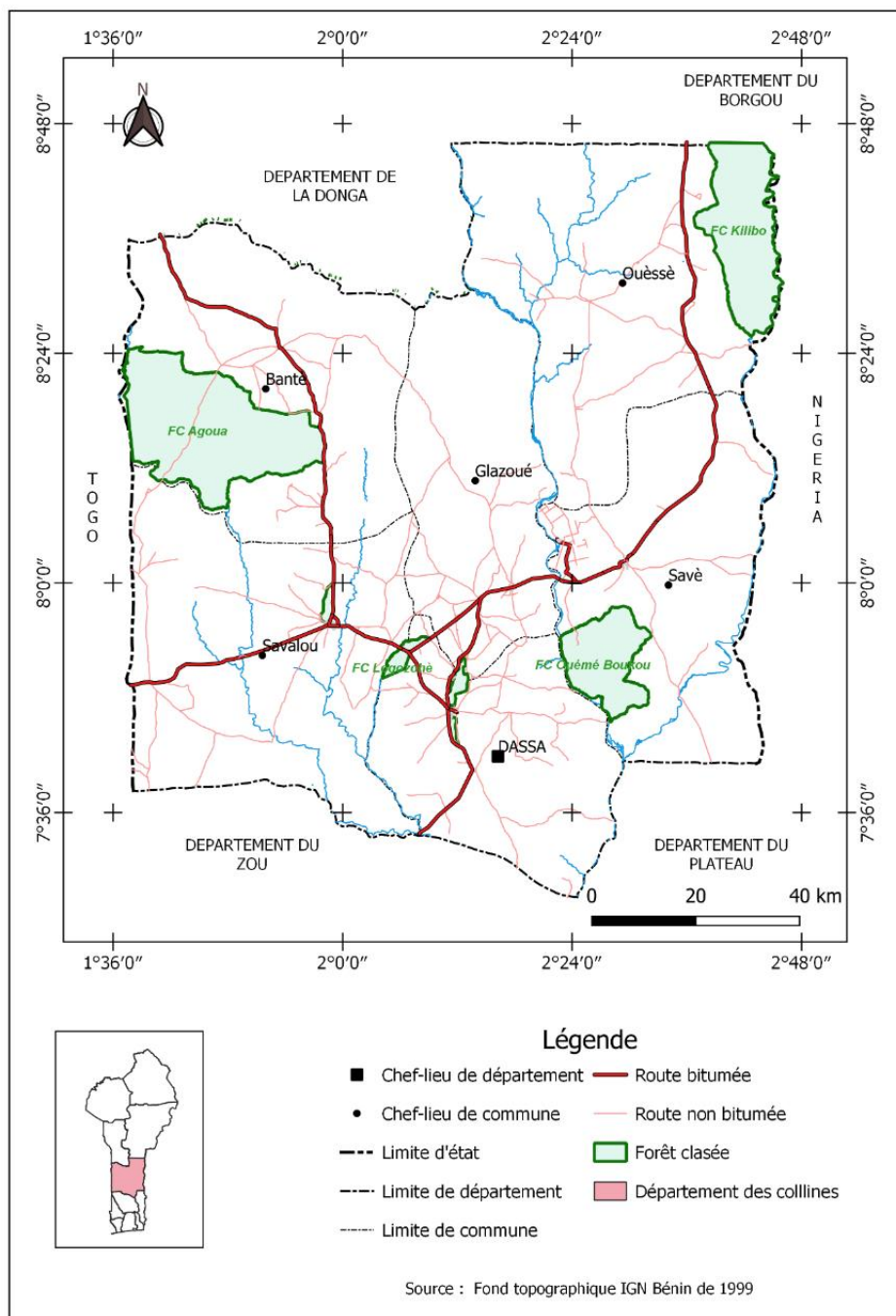


Fig. 1. Situation géographique du département des Collines

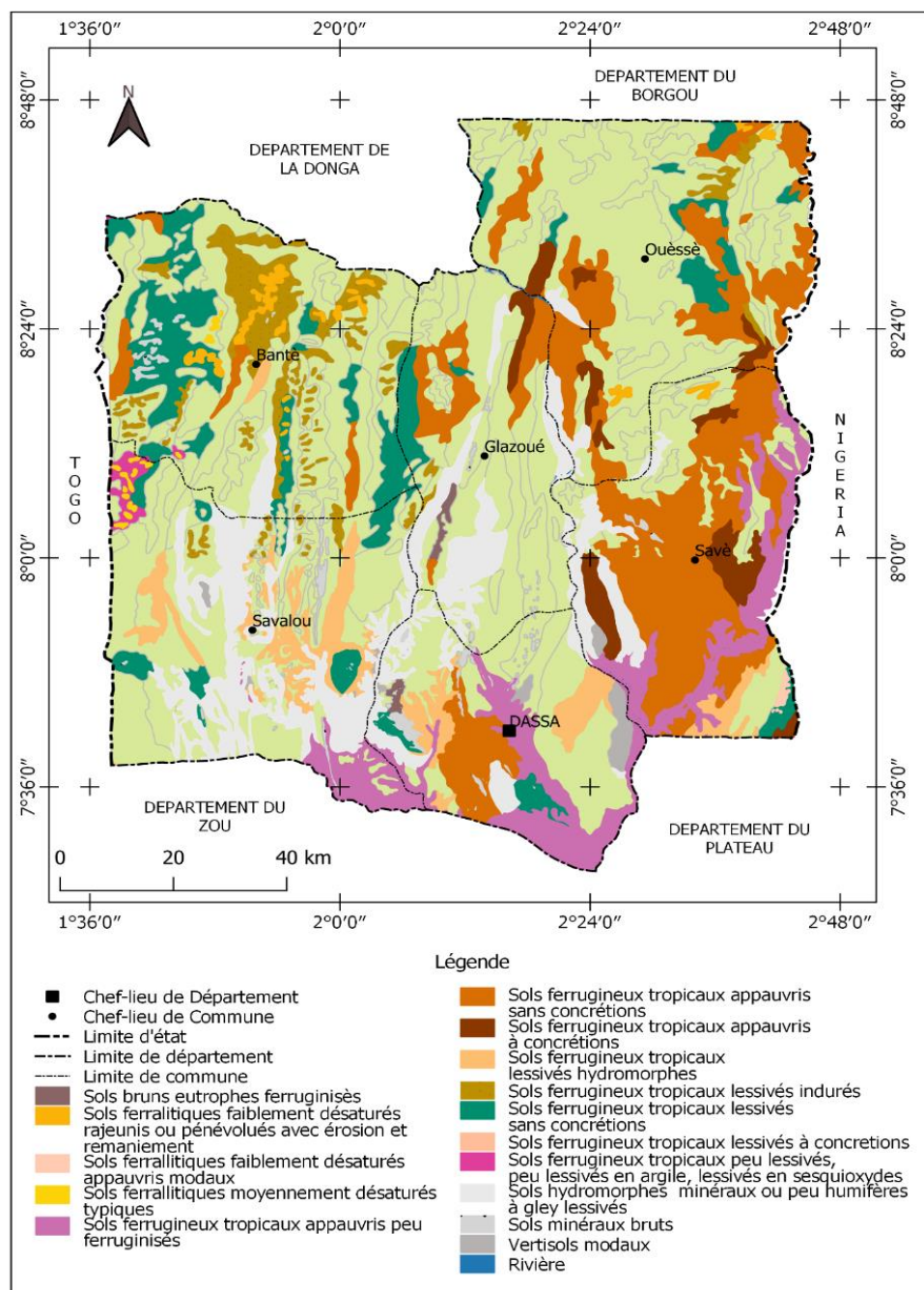


Fig. 2. Composante pédologique dans les Collines

3 MATERIELS ET METHODE D'ETUDE

3.1 TYPES DE DONNEES COLLECTEES

Les données utilisées pour cette étude concernent:

- Le modèle numérique de terrain (SRTM) récupéré et les images satellitaires Landsat ETM+ OLI 2018 de scène septembre – octobre. Les images ont été acquises à partir des sites officiels de Landsat: <http://earthexplorer.usgs.gov/> et <http://gdex.usgs.gov/>.
- Les données planimétriques faites des extraits de la carte pédologique 1/50 000 et 1/200000 des feuilles de Zagnanado et d'Abomey (IRB, 1982; Volkoff, 1969). Ces cartes ont été obtenues auprès de l'Institut Géographique National (IGN) et ont été utilisée pour apprécier le niveau de fertilité des sols du département des collines.

- Les hauteurs pluviométriques journalières (1970 – 2017) de la station synoptique de Savè, extraites de la base de données de l'Agence Nationale de la Météorologie (ANM).
- Les statistiques agricoles qui renseignent sur les différentes spéculations culturales dans le département des collines, les superficies culturales emblavées et les rendements par localité, ont été obtenues auprès des structures déconcentrées de l'Agence Territoriale de Développement Agricole de la zone agro écologique 5 (ATDA5)
- Les statistiques démographiques qui renseignent sur l'évolution de la population à l'échelle du secteur d'étude sont issus du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH1, RGPH2, RGPH3)
- Les données d'investigations socio-économiques ont été collectées par la méthode des enquêtes individuelles (Diop,2013) et complétées dans certains cas par des entretiens. Des questions ouvertes et semi-ouvertes renseignant sur l'état des lieux des productions culturales dans les collines ont été adressées à des agriculteurs (108), aux responsables des groupements agricoles (27) et aux responsables des structures décentralisées de l'ATDA5.

3.2 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

DELIMITATION DES ZONES AGRICOLES

Le modèle numérique de terrain et les images satellitaires ont été utilisées pour réaliser la carte d'occupation du sol à l'échelle du département des collines. En effet, la carte d'occupation des sols est utilisée pour extraire les zones à vocation agricole, les aires classées, les surfaces rocheuses. Les plans d'eau et les sols nus et dénudées sont exclues de ce zonage.

CARTOGRAPHIE DES ISOHYETES

A partir des hauteurs de pluies maximales journalières, des moyennes mensuelles ont été calculées. Au moyen de l'outil de l'interpolation, on a procédé à l'interpolation des précipitations mensuelles afin d'obtenir les isohyètes. La cartographie des isohyètes a permis de délimiter les zones répondant aux exigences hydriques (besoin en eau exprimé en mm) pour la pratique des différentes cultures.

DETERMINATION DES NIVEAUX DE FERTILITE

A partir des feuilles de la carte pédologique, le niveau de fertilité des sols du département des collines a été déterminé en se référant aux données existantes sur la zone 5. La zone 5 dispose des sols peu profonds de niveau de fertilité physique assez bas et également des sols profonds de niveau de fertilité physique élevé mais surtout et en majorité des sols de profondeur moyenne à niveau de fertilité physique moyen. Au total on distingue douze types de sols différents dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques chimiques et niveaux de fertilité des sols de la zone agroécologique 5 (Azontondé et al, 2009)

Caractéristiques	Matière organique %	Azote à pH 6	P ppm (Bray 1)	K méq/100 g sol	Somme des bases	Saturation en bases	CEC méq/100 g sol	Niveau de fertilité
1	2,04	0,085	25	1,3	13,6	66	20,64	Élevé
2	1,55	0,088	12	0,385	6,59	81	8,22	Bas
3	1,52	0,083	35	0,695	8,71	65	13,4	moyen
4	1,12	0,063	11	0,19	5,83	84	6,9	Bas
5	0,79	0,048	9	0,055	1,84	64	2,95	Très bas
6	1,22	0,07	8	0,16	4,79	86	5,55	Très bas
7	1,09	0,067	7	0,285	3,32	80	4,1	Très bas
8	2,26	0,118	23	0,52	12,39	91	13,55	Élevé
9	3,03	0,146	12	0,2	13,31	70	19,1	Moyen
10	1,36	0,068	10,8	0,38	2,34	51	4,6	Très bas
11	1,18	0,067	19,85	0,4	2,7	42	6,5	Très bas
12	2,48	0,12	1,75	0,024	5,2	56,63	9,39	Très bas

(1) sols bruns eutrophes à Logozohè (Ouèdèmè-Lahotan); (2) sols ferrugineux tropicaux lessivés concrétionnés à Agouagon; (3) des sols ferrugineux tropicaux appauvris modaux à Paouignan; (4) sols ferrugineux tropicaux hydromorphes peu concrétionnés à Djidja; (5) sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux non concrétionnés à Bassila; (6) sols ferrugineux tropicaux appauvris concrétionnés à Bétérou; (7) sols ferrugineux tropicaux peu lessivés modaux à Tchaourou; (8) sols ferrugineux tropicaux peu lessivés modaux à Bantè; (9) sols hydromorphes minéraux à gley à Logozohè; (10) sols ferrugineux tropicaux appauvris hydromorphes; (11) sols ferrallitiques moyennement désaturés en (B) typiques; (12) sols ferrallitiques fortement désaturés en (B) typiques).

Les différentes classes de fertilité chimiques ont permis d'étudier la fertilité chimique. Les niveaux de fertilité physique ne peuvent modifier les classes chimiques que lorsqu'ils représentent une contrainte sérieuse telle que le drainage qui peut entraver la dynamique et l'absorption des nutriments (Azontondé *et al.*, 2009). Cette particularité n'existant pas à l'échelle de la zone agro écologique 5, les classes de fertilité chimique des sols sont considérées comme les niveaux de fertilité de ces sols dans le secteur d'étude. Le tableau 2 présente les critères d'évaluation des classes de fertilité chimique des sols.

Tableau 2. Critères d'évaluation des classes de fertilité chimique des sols [Dabin (1956), Sys (1993) cités par Azontondé *et al.* (2009), Igué (2004)]

Caractéristiques	Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations Sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
Matière organique (MO) (%)	> 2	1-2	0,5-1	< 0,5
Azote total (N) (%)	> 0,08	0,045-0,08	0,03-0,045	< 0,03
Phosphore (P) Bray 1 (ppm)	> 20	20-10	10-5	< 5
Potassium (K) (méq/100 g de sol)	> 0.4	0.4-0.2	0.2-0.1	< 0.1
Somme des bases (méq/100 g de sol)	> 10	10-5	5-2	< 2
Saturation en bases (V) (%)	> 60	60-40	40-15	< 15
Capacité d'Echange Cationique (CEC) (méq/100 g de sol)	> 25	25-10	10-5	< 5
pH	5.5-6.5 6.5-8.2	5.5-5.3 8.2-8.3	5.3-5.2 8.3-8.5	< 5.2 >8.5

Les classes de niveaux de fertilité chimique des sols retenus par Azontondé *et al.* (2009) et présentés par Naboua (2017) ont été adoptées. Celles-ci se présentent comme suit:

- Classe I, niveau de fertilité élevée: les sols sont de cette classe lorsque les caractéristiques ne présentent pas ou présentent seulement de faibles limitations;
- Classe II, niveau de fertilité moyen: les sols sont de cette classe lorsque les caractéristiques ne présentent pas plus de 3 limitations modérées éventuellement associées à de faibles limitations;
- Classe III, niveau de fertilité bas: les sols sont de cette classe lorsque ses caractéristiques présentent plus de 3 limitations modérées associées à une seule limitation sévère;
- Classe IV, niveau de fertilité très bas: les sols sont de cette classe lorsque ses caractéristiques présentent plus d'une limitation sévère.

Il faut signaler que les limitations sont sériées en 5 niveaux codés de 0 à 4 comme suit:

Tableau 3. Classification des niveaux de limitation de la fertilité des sols

Niveaux de limitations	Caractéristiques distinctives
0	Pas de limitation, les caractéristiques considérées est optimale.
1	Limitations légères, se référant à des situations qui pourraient légèrement diminuer les rendements sans cependant imposer des techniques culturales spéciales.
2	Limitations modérées, se référant à des situations qui causent une diminution plus importante des rendements ou la mise en œuvre de technique culturales spéciales. Ces limitations ne mettent pas la rentabilité en cause.
3	Limitations sévères se référant à des situations qui causent une diminution des rendements ou la mise en œuvre de technique culturales qui pourraient mettre la rentabilité en cause.
4	Limitations très sévères se référant à des situations qui ne permettent plus l'utilisation de la terre pour le but précisé.

MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

La méthode utilisée à consister à croiser les données des trois cartes établies (carte pédologique; la carte des isohyètes, la cartes de fertilité) dans un SIG avec le logiciel QGIS 3.4 afin d'obtenir la cartes d'aptitude pour les principales cultures du département des collines. La figure 3 présente l'organigramme méthodologique.

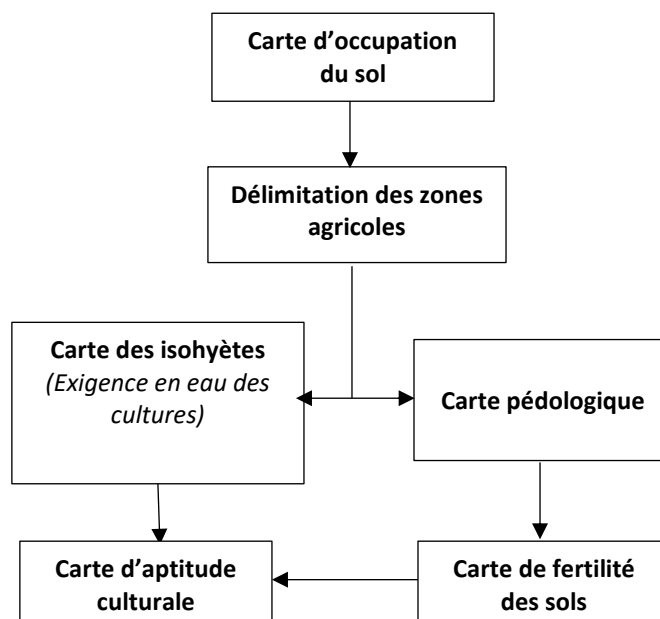


Fig. 3. Organigramme méthodologique de cartographie des zones d'aptitude culturelle

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 CARTOGRAPHIE DES ZONES DE CULTURES

L'espace du département des Collines est occupé par plusieurs unités dont les plus importants sont des zones de cultures (figure 4). Dans l'ensemble, l'analyse de l'occupation du sol montre que, ces zones de cultures faites de champs et jachères occupent une part importante de la superficie du secteur d'étude. Toutefois, l'importance des zones cultivées varie d'une commune à une autre du département des Collines. Les zones de cultures sont plus importantes dans les Communes de Dassa-Zoumè, de Savalou, de Savè et faiblement représentées dans les Communes de Glazoué, Ouèssè et Bantè. Soulignons que la présence des forêts classées d'Agoua à Bantè et de Toui-Kilibo à Ouèssè justifie la faible emprise des zones agricoles dans ces milieux. De plus, selon ces populations, la disponibilité de la terre ne définit pas à elle seule la zone agricole, l'eau et la fertilité de ces sols sont déterminantes pour les activités agricoles.

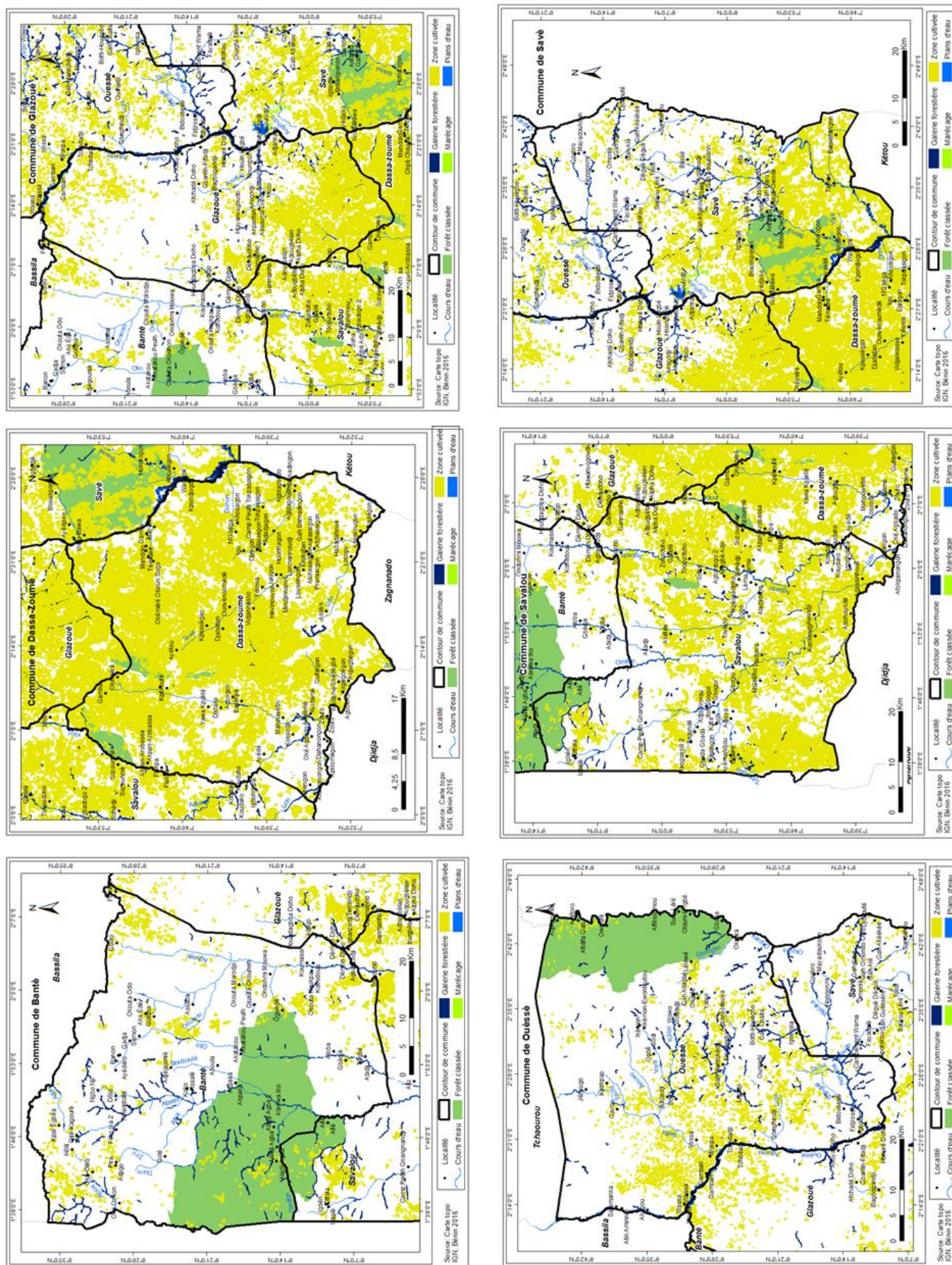


Fig. 4. Carte d'occupation du sol à l'échelle des différentes communes dans les collines

4.2 DISPONIBILITE EN EAU

La figure 5 présente la cartographie des isohyètes des maxima pluviométriques mensuelles à l'échelle du département des collines.

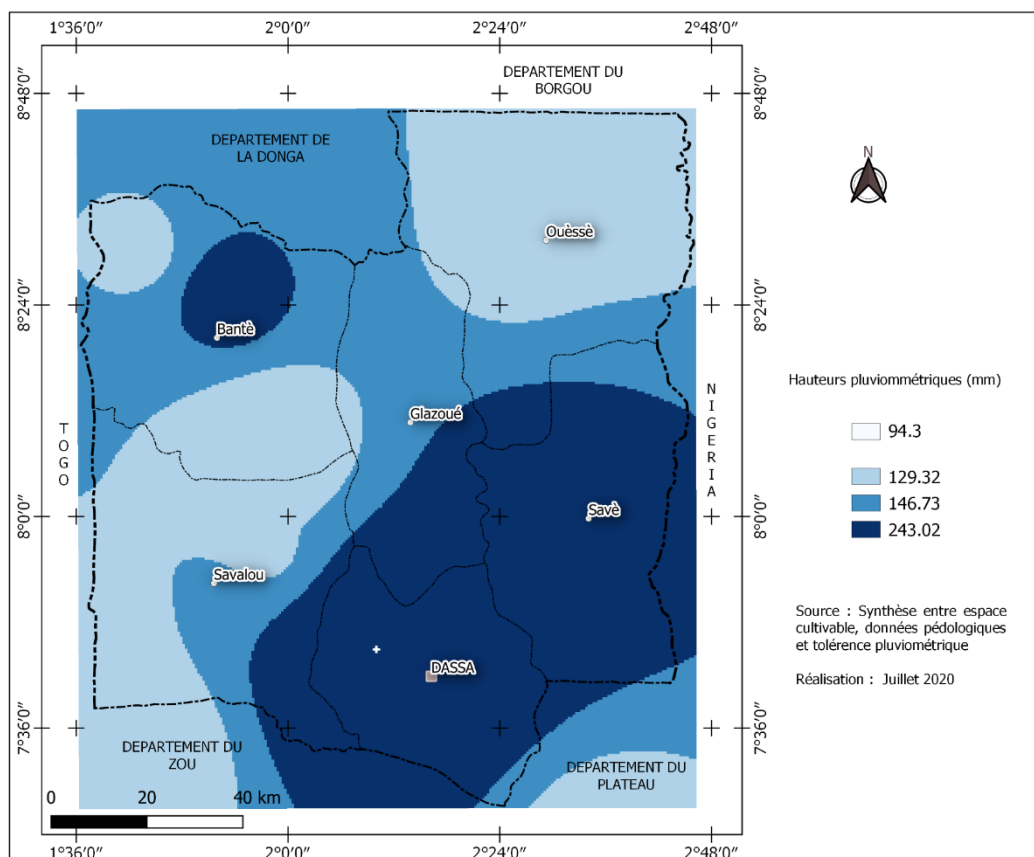


Fig. 5. Répartition spatiale des hauteurs de pluies maximales mensuelles dans les collines

L'analyse de cette figure 5 montre que les maxima mensuelles sont en moyenne de l'ordre de 243,02 mm dans les communes de Dassa-Zoumè et Savè; comprise entre 146,73 mm et 243,02 mm au centre de Bantè et entre 129,32 - 146,73 mm dans les communes de Savalou, Glazoué, Ouessè et aux extrêmes nord et sud de Bantè. En général, on note une inégale répartition de la pluviométrie à l'échelle du département des collines. La présence des fortes valeurs dans les communes de Dassa-Zoumè, Savè, Glazoué et Bantè témoignent du rôle important de l'orographie dans les fortes pluies. En effet ces zones de forte altitude et de forêt sont le siège d'intense évapotranspiration faisant parfois objet de pluviométrie locale abondante. Celle-ci contribue à l'augmentation des pluies extrêmes par l'effet de Föhn (Avahounlin, 2016).

L'inégale répartition des précipitations est en lien avec le régime pluviométrique observé dans le département des collines qui présente une situation contrastée. Celui est à cheval entre une distribution bimodale au Sud et unimodale au nord (Bokonon-Ganta, 1987; Boko, 1988; Afouda, 1990; Houssou, 1998; Ogouwalé, 2006). D'après ces auteurs, un pic d'environ 166,2 mm est enregistré en juillet au niveau des stations de Savalou et Bantè à l'ouest du secteur d'étude en régime unimodal. Plus à l'est du secteur d'étude, où le régime est bimodal un pic d'environ 171,9 mm et 162 mm sont respectivement enregistrés en juillet et en septembre dans les zones de Dassa-Zoumè et Savè. De ce régime pluviométrique, la durée des périodes humides s'étale sur près de six mois. De ce fait, les différentes cultures pratiquées disposent de l'eau nécessaire aux différentes phases phénologiques. Toutefois, selon les témoignages des acteurs du secteur agricole, des déficits sont d'une part observés à l'épiaison et à la maturité pour certaines cultures dont le maïs, le sorgho et d'autre part au semis, à la floraison et à la maturité pour les cultures d'igname. La pluie représentant un élément climatique fondamental qui conditionne les différentes activités agricoles, l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies observées constitue des défis pour la production agricole.

4.3 CARACTERISTIQUES ET NIVEAUX DE FERTILITE DES SOLS DANS LES COLLINES

La figure 6 montre la cartographie de l'état de fertilité des sols à l'échelle du département des collines. Celle-ci révèle que le département des collines présente à environ 96 % de sa couverture pédologique, des niveaux de fertilité de classe III à limitation sévère avec par endroits des niveaux de fertilité de classe I sans limitation, de classe II à limitation légère et de classe IV à limitation très sévère

à l'Est du département. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus au centre du Bénin par Igué et *al* (2013), où ils précisent que les sols du secteur d'étude ont présenté des limitations modérées à sévères pour le développement des cultures.

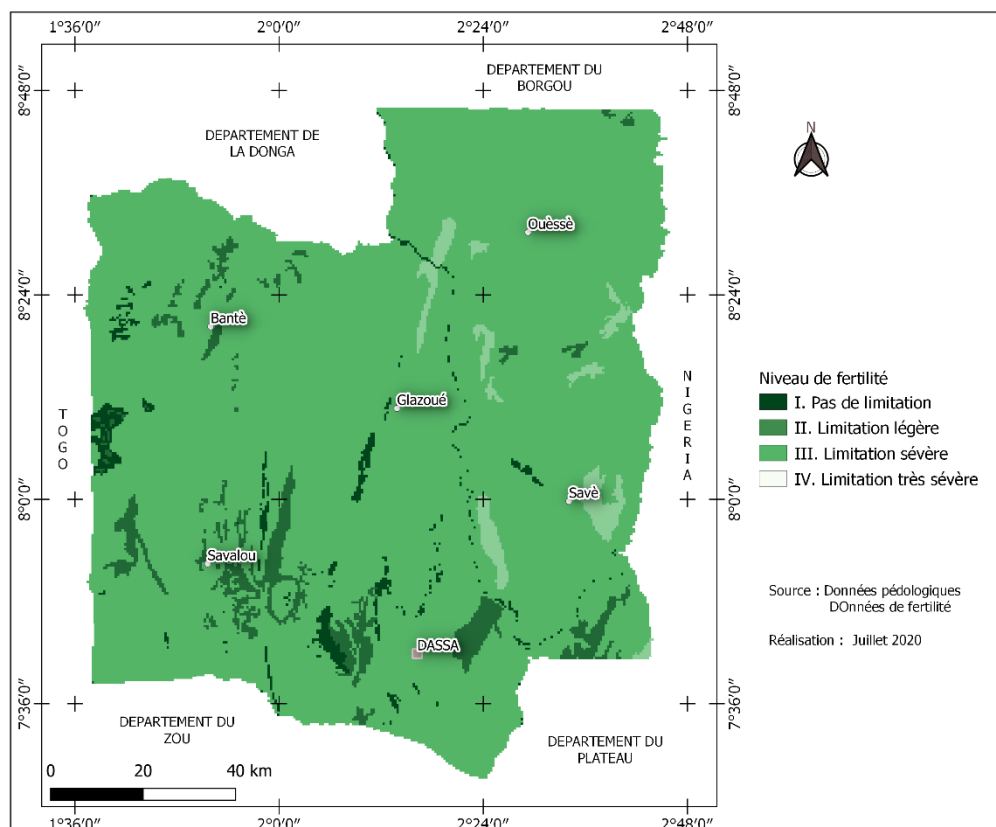


Fig. 6. Répartition spatiale des niveaux de fertilité des sols dans les collines

Les niveaux de fertilité observés sont tous liés à la nature pédologique des sols. Volkoff (1976), identifie les sols hydromorphes dans le secteur d'étude, qui sont des sols sableux sur quelques dizaines de centimètres devenant brutalement en profondeur, argileux, massifs et imperméables. Ces très mauvaises conditions physiques les rendent inutilisables pour la plupart des cultures. A ces sols sont associés des sols de meilleure qualité tels que des sols ferrugineux tropicaux lessivés argileux peu concrétionnés et des vertisols; eux seuls ont une vocation agricole à l'intérieur des zones à sols hydromorphes mais leur extension est très réduite.

La grande couverture de fertilité à limitation légère est observée dans les zones de cultures et les types de fertilité à limitation légère à nulle est identifiée dans les zones forestières. Selon Igué (2007; 2008), les sols cultivés ont perdu leurs potentialités agricoles, dans la majorité des cas, comparativement à la forêt qui présente des limitations classes de faibles à très faibles au niveau des éléments nutritifs. En effet, une interaction entre les différentes caractéristiques chimiques des sols, qui conduit à la classification de la fertilité des sols a révèle que 68% des sols au centre du Bénin ont perdu leurs potentialités agricoles et sont dans les classes III et IV (Igué, 2013). Selon les mêmes auteurs, cette perte de potentialités serait dû à la teneur en azote, en phosphore, en potassium et à la capacité d'échange cationique dans les sols où les plus dominants et les plus exploités sont les sols ferrugineux tropicaux, rouges ou brun-jaunâtres, des sommets et des versants dans le centre du Bénin. Cette destruction des propriétés chimiques des sols soumise à la culture intensive, entraîne le déclin de la qualité du sol. Et ceci a été rapporté par Pieri (1989), Azontondé (1993), Gaiser et al (1999) qui ont montré une perte rapide de la matière organique et des réserves nutritives par rapport à la culture intensive. La situation au niveau de ces sols peut causer une diminution des rendements ou bien elle nécessite la mise en œuvre d'aménagements spécifiques sans lesquelles la rentabilité est mise en cause.

4.4 APTITUDE DES SOLS AUX DIFFERENTES SPECULATIONS CULTURALES DANS LES COLLINES

Les différents niveaux de fertilité des sols déterminent leurs aptitudes culturales. Dans le cadre de la présente étude, les zones d'aptitude à la culture du maïs, du riz, du soja, des tubercules, de l'anacarde et des maraichères ont été déterminées à l'échelle des différentes communes du secteur d'étude. Les tubercules sont constitués de patate douce, d'igname et de manioc. La figure 7 montre que l'ensemble du département des Collines est moyennement apte à la production des tubercules, du maïs, du riz et de l'anacarde. Avec une bonne aptitude dans les communes de Dassa-Zoumè et de Savè (Figures 7 et 8).

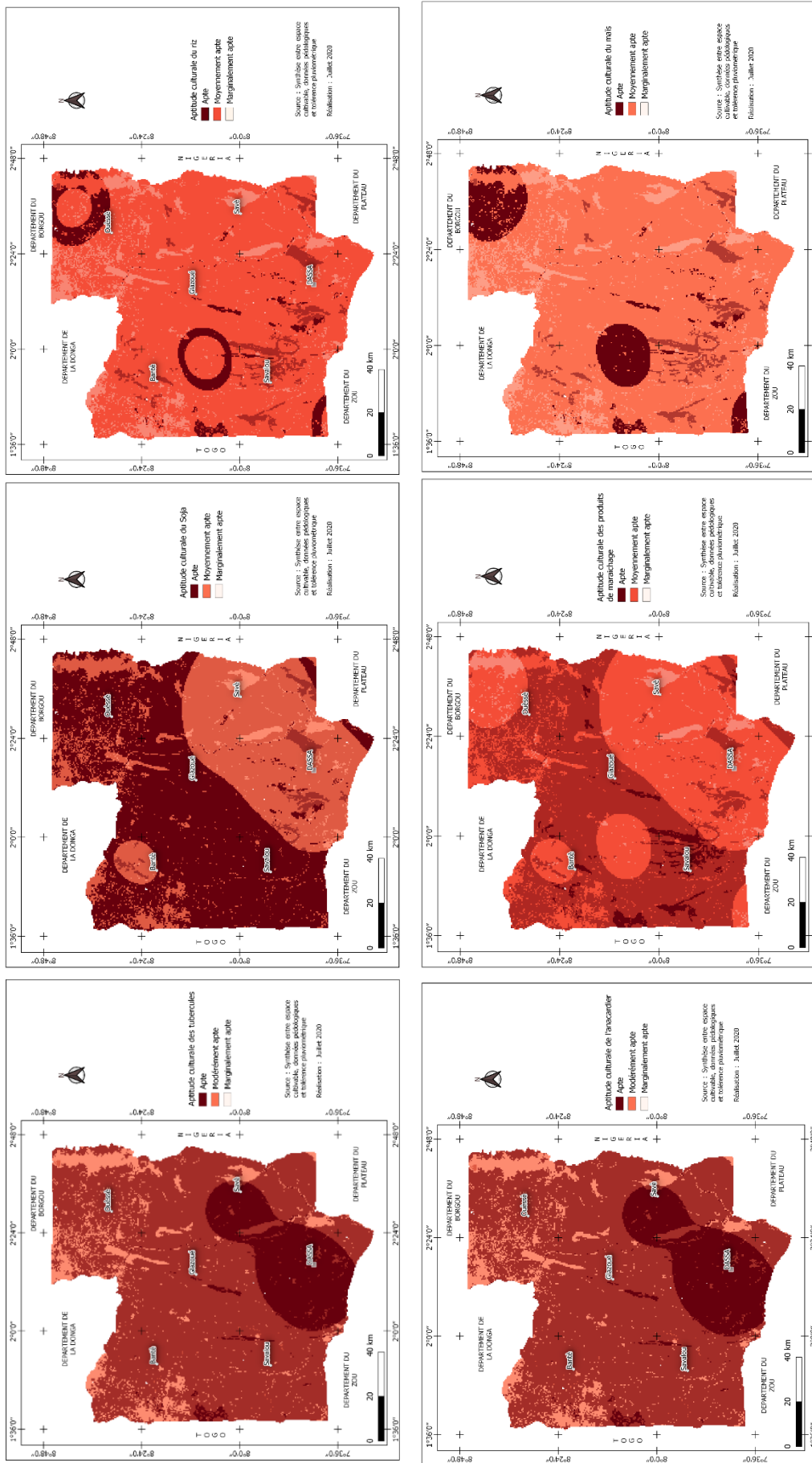


Fig. 7. Zones d'aptitudes culturelles des terres dans les différentes Communes des Collines

5 DISCUSSION

Les sols constituent une dimension fondamentale des ressources en terres et sont à la base du développement agricole et de la viabilité écologique. Les composantes physico-chimiques des sols déterminent leur fertilité et l'aptitude de chaque zone aux différentes cultures. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Konan-Waidhet *et al.*, (2013). Ces auteurs se sont contentés pour leur part de cinq critères principaux à savoir: la topographie, les types de sol, la densité de la population, la hauteur de pluie et l'occupation du sol pour l'étude des sites propices à la culture du riz sans pour autant détailler les composantes physico-chimiques du sol. Les procédures ou méthodes d'analyse spatiale basée sur des critères pour l'identification et le choix de l'emplacement d'un site ont déjà fait leurs preuves à travers diverses études (Bensaid *et al.*, 2007; Dembélé *et al.*, 2014). La présente étude a montré l'importance des SIG et des méthodes d'analyses multicritères dans la détermination des sols propices aux cultures (maraichère, tubercules, riz, maïs, soja) dans le secteur d'étude. Le couplage du SIG avec l'Analyse multicritère a favorisé considérablement cette étude. Des résultats similaires ont été obtenus par Adimi *et al.*, (2018), qui estiment que, le SIG est bien adapté pour répondre à cette insuffisance de l'approche classique de l'analyse multicritère spatiale. L'intégration du SIG et l'analyse multicritère semble donc être la meilleure solution pour combler leurs lacunes respectives. Ouédraogo *et al.* (2012); Akpo *et al.*, (2016), ont confirmé les résultats qui peuvent subvenir de ce couplage. Pour ces auteurs, dans le renforcement du SIG comme un outil d'aide à la décision à référence spatiale, une solution possible consiste à son intégration à l'analyse multicritère. De même, les résultats obtenus sur l'agrégation des critères corroborent de façon générale les nombreuses études menées en Afrique et dans le reste du monde, notamment celles réalisées par Kuria *et al.*, (2011) et Feizizadeh et Blaschke (2012). Pour eux, un facteur d'aptitude faible pour une zone donnée peut être compensé par un autre ayant un degré d'aptitude élevée, car l'importance de chacun des facteurs est déterminée par le poids que l'on lui affecte. Pour finir cette étude montre que, les cultures de soja, de maïs, du riz et le maraîchages sont plus aptes dans les Communes de Bantè, de Glazoué, de Ouèssè et de Savalou. Par contre, les cultures d'igname et l'anacardier sont aptes seulement à Dassa-Zoumè, à Savè et dans la partie sud-est de la Commune de Bantè. Néanmoins, les résultats trouvés dans le secteur d'étude par Kadjègbin (2014) et ceux obtenus par Tohozin et Avohou (2012) montrent que l'évolution en dents de scies de la production vivrière caractéristique des pratiques agricoles traditionnelles en vigueur dans le département des Collines n'est guère rassurante pour la sécurité alimentaire.

6 CONCLUSION

Les différentes cultures pratiquées dans le département des Collines résultent à la fois des aptitudes pédologiques des divers types de sols qu'il recouvre et de la disponibilité de l'eau dans leurs premiers horizons, ce qui confère à chaque type de sol, une gamme variée de cultures. Les terres dans le Département des Collines sont aptes pour la plupart des cultures pratiquées au Bénin Cette étude a montré que, les cultures de soja, de maïs, du riz et le maraîchage sont plus aptes dans les Communes de Bantè, de Glazoué, de Ouèssè et de Savalou. Par contre, les cultures d'igname et l'anacardier sont aptes seulement à Dassa-Zoumè, à Savè et dans la partie sud-est de la Commune de Bantè. Malgré quelques limites relevées, la présente recherche a montré l'importance des SIG et des méthodes d'analyses multicritères dans la détermination des sols propices aux pratiques culturelles dans le Département des Collines.

REFERENCES

- [1] Afouda F. (1990): L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional: Etude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural dans la savane africaine. Thèse de doctorat unique de l'Université Paris IV Sorbone, 428 p. Akpo et al., 2016.
- [2] Akpo M. A.; Saïdou A.; I. Yabi I.; Balogoun I. et Bio Bigou L. B. (2016): Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de.
- [3] l'Okpara au Bénin, 13p.
- [4] Avahounlin R. F., (2016): Etude des extrêmes hydropluviométriques du bassin de l'Ouémé dans un contexte de variabilité climatique. Thèse de doctorat unique à la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université d'Abomey-Calavi. CIPMA - Chaire UNESCO, 284 p.
- [5] Azontondé H. A., Igué A. M. et Dagbénonbakin G., 2009: Carte de fertilité des sols du Bénin par zone agro-écologique du Bénin. Rapport d'étude. LSSEE/CRAAGONKANMEY/INRAB, AFRIQUE-ETUDES, 121p.
- [6] Azontondé, A. H., (1993): Dégradation et restauration des terres de barre du Sud Bénin. Communication présentée lors des 10ièmes journées du réseau érosion au centre ORSTOM de Montpellier/France. 22 p.
- [7] Boko M., Guiwa C. et Pérard J., (1997): Récessions pluviométriques et dynamiques des végétaux dans le bassin du Niger au Bénin (Afrique Occidentale). In Publication de l'Association Internationale de Climatologie. Volume 10. Thessaloniki, p.297-303.
- [8] Boko M. (1988): Climats et communautés rurales du Bénin: Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres et Sciences Humaines. Université de Bourgogne, Dijon. 2 volumes, 608 p.
- [9] Bokonon Ganta E. (1987): Les climats de la région du golfe du Bénin. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université de Paris 248 p + annexes.

- [10] Chabi Adimi, O. S., (2015): SIG et identification des sites propices à la production du maïs dans la commune de Ouessè au Bénin, Mémoire de Master, RECTAS, Obafemi Awolowo University, Ilé-Ife, Nigeria, 121 p.
- [11] Dembélé M., I. Toko Mouhamadou et C. A. B. Tohozin, (2014): Identification des sites favorables à la production de mangues dans le cercle de Bougouni au Mali, *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, num 3, septembre 2014, pp. 123-136.
- [12] Gnitona P. (2000): Stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques et climatiques chez les Betâmmaribe de l'Atacora. Mémoire de maîtrise; D.G.A.T./ FLASH / UNB, 8 pages.
- [13] Hajji H.; Aste J. P.; Badji N. et Hacid S. (2002): Nouvelles perspectives pour la gestion du sol, du sous-sol et des risques en site urbain. JNGG 2002, 8 et 9 Octobre 2002, Nancy, 14p.
- [14] Houssou S. C. (1998): Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin et leurs implications socio-économiques. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 331 p.
- [15] Igué A. M., Floquet A. et Stahr K., 2005: Changement dans l'utilisation et l'occupation des terres et les systèmes de culture au Centre Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, n°50, p.23- 37.
- [16] Igué A.M., V. Agossou, T.F. Ogouvidé, (2008): Influence des systèmes d'exploitation agricole sur l'intensité de la dégradation des terres dans le département des Collines au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, N° 61, 39-51.
- [17] Igué, A.M., M. Bello, T. Gaiser, K. Stahr, (2007): Dégradation des terres du bassin versant de Lotho dans la Commune de Dassa-Zoumé (Département des Collines). 4ème édition de l'Atelier Scientifique National de la Recherche Agricole au Bénin. Abstrat p. 34. 11 au 14 décembre 2007, Dassa Zoumé, Bénin.
- [18] Igué A. M., A. Saidou, A. Adjanooun, G. Ezui, P. Attiogbe, G. Kpagbin, H. Gotoechan-Hodonou, S. Youl, T. Pare, I. Balogoun, J. Ouedraogo, E. Dossa, A. Mando et J. M. Sogbedi, 2013, Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Numéro spécial Fertilité du maïs, pp. 12-23.
- [19] Kadjegbin T. R. G. (2014): Production agricole et sécurité alimentaire dans les communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Bénin. Thèse de Doctorat, FLASH/EDP/GEN/ESD/UAC, 329p.
- [20] Kédowidé, C.M.G., 2010, Modélisation géomatique par évaluation multicritère pour la prospection des sites d'agriculture urbaine à Ouagadougou, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Volume 10 numéro 2, septembre 2010, mis en ligne le 30 septembre 2010, consulté le 03 décembre 2020, URL: <http://vertigo.revues.org/10368>; DOI: 10.4000/vertigo.10368.
- [21] Kodjo S.; Adjanooun A.; Akondé T. P.; Aïhou K.; Kpagbin G.; Gotoechan H.; et Igue A. M. (2013): Diagnostic participatif de la fertilité des sols des exploitations agricoles à base.
- [22] de maïs (*Zea mays*) dans les départements du Zou et des Collines au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 1025-2355 et ISSN en ligne (on line): 1840-7099, 15p.
- [23] Kombienou P. D, Arouna O, Azontondé H. A, Mensah GA, Sinsin AB. 2014. Influences des activités agricoles sur la fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord- ouest du Bénin. *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo)*, 11: 1812-1403., *LaRBE*, 1: 381-404.
- [24] Médéou K. F. (2015): Ambiances bioclimatiques et changements climatiques dans le Département des Collines au Bénin: Vulnérabilité socio-sanitaire et performance des agriculteurs. Thèse de doctorat unique, EDP, UAC, FLASH, 229p.
- [25] Naboua K, (2017): Evaluation du potentiel agricole du plateau d'allada dans un contexte de changement climatique à l'aide du système d'information géographique, Thèse de doctorat, Ecole Doctorale Sciences Exactes et Appliquées: Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA - Chaire UNESCO), 183p.
- [26] Ogouwalé E. (2006): Changements climatiques dans le Bénin méridional et central. Indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de doctorat unique, EDP, UAC, FLASH, 302 p.
- [27] Orou Séko R. (2013): Contribution à la restauration des sols agricoles dans la commune de Banikoara. Diplôme d'Etude Approfondie, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 92 p.
- [28] Orou Séko S. S. M. 2014. Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires en coton culture dans la Commune de Banikoara. Mémoire de master en géographie, MIRD/FLASH/UAC, 99 p.
- [29] Pieri, C. 1989. Fertilité des terres et savanes: bilan de 30 ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. pp. 107-330.
- [30] Saïdou A., Kossou D., Brussaard L., Richards P. et Kuyper T.W. (2008): Earthworm activities in cassava and egusi melon fields in the transitional zone of Benin linking farmers' perceptions with field studies. *NJAS –Wageningen Journal of Life Sciences*, 56, 1/2, pp. 123-135.
- [31] Sanchez P. A., 2002 - Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, 295 2019-2020.
- [32] Rilwani, M. et I. Ikhuoria, (2011): Geoinformatics-based land suitability assessment of a rain forest river basin for precision crop production in Nigeria. *Lagos journal of geo-information Science*, Vol 1 n 1, pp. 19-30.
- [33] Sutcliffe J.V. et Piper W.B.S. (1986): Bilan hydrologique en Guinée et Togo-Bénin, 11p.
- [34] Vissin E.W. 2007. Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 280 p.
- [35] Volkoff B. et Willaime P., 1976: Carte pédologique de reconnaissance de la République.
- [36] Populaire du Bénin à 1/200000. Feuille de Porto-Novo, ORSTOM, Paris, France.