

PRINCIPAUX FACTEURS EXPLICATIFS DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LE CENTRE-TOGO : APPORT DES SIG ET DES STATISTIQUES SPATIALES

KOUMOI Zakariyao, Docteur ; BOUKPESSI Tchaa, Maître de Conférences et
KPEDENOU Koffi Djagnikpo, Doctorant

*Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE),
Département de Géographie, Université de Lomé*

E-mail : zakarietg@yahoo.fr, tchaa.boukpeSSI@gmail.com, florentk2@hotmail.fr,

Résumé

L'évaluation de la dynamique de l'occupation du sol a relevé la régression des forêts au profit des formations anthropiques. Les facteurs qui sous-tendent cette dynamique sont divers et doivent être appréhendés afin de les confronter à la réalité terrain pour mieux orienter les stratégies de gestion. La présente étude se propose d'analyser ces facteurs par le biais des statistiques spatiales en s'appuyant sur la télédétection et les SIG. En effet, le taux de la dynamique de l'occupation du sol (variable dépendante) a été calculé à partir des superficies générées sous SIG par traitement des images satellitaires Landsat TM de 1987 et ETM+ de 2012. Les tests statistiques ont permis de retenir et pondérer dix facteurs explicatifs. Ces facteurs ont été regroupés en trois catégories suivant leur nature et leur action dans le paysage (facteurs primaires, secondaires et facteurs de réponse). Les plans d'aménagement participatifs doivent tenir compte de ces différents facteurs qui agissent différemment d'un canton à un autre.

Mots clés : facteurs explicatifs, dynamique de l'occupation du sol, SIG, statistique spatiale et Centre-Togo.

Abstract

The assessment of land-use dynamics has noted the decline of forests in favor of anthropogenic formations. The factors underlying this dynamic are diverse and must be apprehended in order to confront them to the reality on the ground to better guide management strategies. The present study proposes to analyze these factors through spatial statistics using remote sensing and GIS. Indeed, the rate of land use dynamics (dependent variable) was calculated from the areas generated under GIS by the 1987 Landsat TM satellite images and the 2012 ETM + satellite images. Statistical tests allowed to retain and weight ten explanatory factors. These factors have been grouped into three categories according to their nature and their action in the landscape (primary, secondary and response factors). Participatory management plans must take into account these different factors that act differently from one area to another.

Key words: explanatory factors, land-use dynamics, GIS, spatial statistics, Central-Togo.

INTRODUCTION

Au Togo, les exploitations forestières et les activités agricoles constituent les deux principales sources de pressions sur la pérennité du couvert végétal. En effet, « les produits ligneux (bois et charbon de bois) entrent pour 80 % dans la satisfaction des besoins énergétiques du pays tandis que pour compenser la baisse des rendements agricoles, les paysans ont augmenté la superficie des terres cultivées » (Amégadjé, 2007). Les conséquences visibles de ces pratiques sont la déforestation suivie de la fragmentation du paysage forestier.

Dans le Centre-Togo, des études sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol ont montré que les différentes formations végétales ont subi des modifications sensibles entre 1987 et 2012. Selon, Koumoi (2013 et 2016), entre ces deux périodes, la superficie des forêts est passée de 126 708 à 40 835 ha soit avec un taux de régression de 4,53 %. Les savanes boisées ont perdu 189 136 ha soit un taux de régression de 5,88 %. Contrairement, les savanes arborées et arbustives, les champs et jachères et les agglomérations ont connu une augmentation de leur superficie. En effet, les savanes arborées et arbustives sont passées respectivement de 90 816 à 178 778 ha soit un taux de progression de 2,71 % ; les champs et jachères quant à eux sont passés de 90 740 à 275 844 ha avec un taux de progression de 4,45 %. Il en est de même pour les agglomérations dont la superficie est passée de 738 à 2 681 ha. Dans l'ensemble, au cours des deux dernières décennies, le taux d'expansion moyen des savanes arborées et arbustives, des champs et jachères et des agglomérations est de 4,11 % contre un taux de réduction moyen des forêts et des savanes boisées qui est de 5,21 %. Tout ceci met en lumière l'emprise spatiale des activités de production agricole et concorde avec l'augmentation des besoins de facteurs de production supplémentaires (nouvelles terres agricoles) pour faire face à la croissance démographique galopante de la zone. Malgré l'importance de ces pressions humaines sur la végétation, peu d'études ont identifié et quantifié ces principaux facteurs explicatifs en associant les SIG et les statistiques spatiales. Tchamiè (1993), ANCR TOGO (2008), MERF (2014) ont cependant montré que les activités humaines sont en majorité responsables de la dynamique du couvert végétal au Togo. Mais ces différentes études n'ont pas intégré l'approche quantitative dans la détermination des principaux facteurs explicatifs. Or, une évaluation quantitative des facteurs explicatifs permet de modéliser, d'examiner et d'explorer des relations spatiales et peut aider à expliquer les changements spatiaux observés (Oszwald, 2000 ; Houet, 2006 ; Oloukoi, 2012). L'objectif de la présente étude est d'identifier et d'analyser quantitativement et qualitativement les principaux facteurs explicatifs de cette dynamique dans le Centre-Togo en utilisant les SIG et les statistiques spatiales.

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le secteur concerné par cette étude comprend les préfectures de Tchaoudjo et de Sotouboua et couvre une superficie de 5545,39 km² (Figure 1).

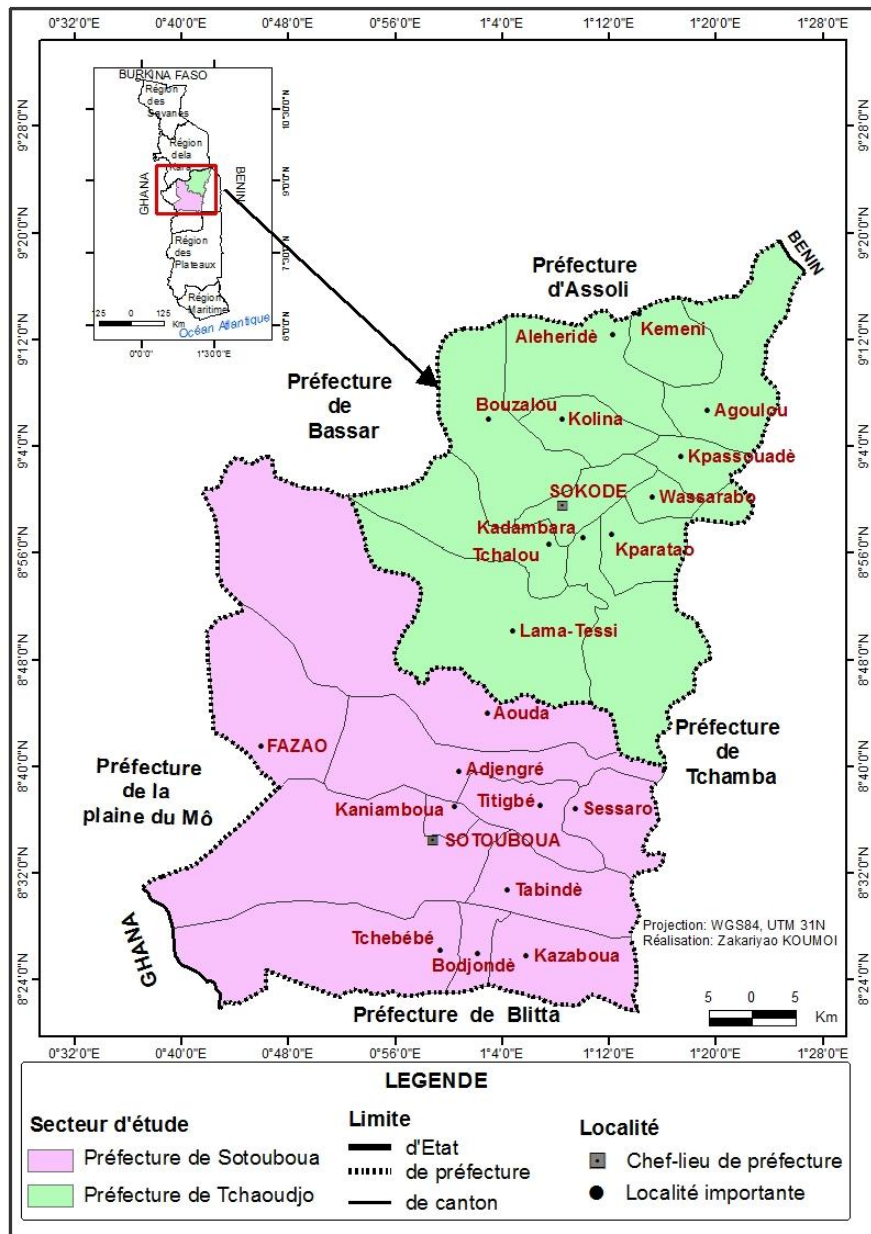


Figure 1 : Situation de la zone d'étude
Source : Fond de carte topographique, 1980

2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Pour mieux analyser les facteurs explicatifs, il a été adopté une approche qui intègre divers outils et données.

2.1. Collectes de données

Trois types de données ont été collectés sur le terrain. Il s'agit des données de sources documentaires, des données spatiales et des données socio-économiques collectées sur le terrain.

2.1.1. Données de sources documentaires

Les données de population issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH4, 2010) ont été collectées à l'Institut Nationale de la Statistique, des Etudes

Economique et Démographiques (INSEED). Les données agricoles du 4^e Recensement Nationale agricole (RNA4, 2012) quant à elles sont collectées à la Direction de la Statistique Agricole, de l'Information et de la Documentation (DSID). Enfin, celles relatives au reboisement, à l'utilisation du charbon de bois et de bois de chauffes sont collectées auprès du Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF).

2.1.2. Données spatiales

Pour établir la cartographie de la dynamique de l'occupation du sol, des images satellitaires du type Landsat TM de 1987 et ETM+ de 2000 et de 2012 ont été utilisés dans les travaux antérieurs. Pour la présente étude, ce sont les superficies issues du traitement de ces images par télédétection qui ont été utilisées.

Le découpage administratif du Togo a servi pour la délimitation de la zone d'étude et l'extraction des différents cantons du secteur d'étude.

2.1.3. Données socio-économiques

Pour collecter les données socio-économiques sur les changements d'occupation du sol, une enquête par questionnaire a été administrée aux ménages agricoles suivant un échantillonnage bien déterminé.

2.1.3.1. Technique d'échantillonnage

La technique d'échantillonnage adoptée est basée sur un sondage au niveau des ménages agricoles produisant aussi le charbon de bois ou exploitant de la forêt dans le secteur d'étude. Tous les 23 cantons des préfectures de Tchaoudjo et de Sotouboua ont fait l'objet de l'enquête. A l'intérieur de chaque canton, un sous échantillon n_i d'individus a été choisi dans les villages retenus pour l'enquête de façon aléatoire selon le principe de tirage exhaustif sans remise. Les villages qui ont été choisis sont reconnus d'une part comme de grandes zones de production agricole dans la zone et d'autre part comme des lieux de forte pression sur les ressources naturelles (ProDRA, 2014).

La formule suivante de Dumolard *et al.* (2003) été utilisée pour le calcul de la taille de l'échantillon :

$$n = t^2 \times p \times (1-p) / m^2$$

n: Taille d'échantillon minimale pour l'obtention de résultats significatifs pour un événement et un niveau de risque fixé ;

t: Niveau de confiance (la valeur type du niveau de confiance de 95 % sera 1,96) ;

p: Probabilité de réalisation de l'événement (40 %) ;

m: Marge d'erreur (généralement fixée à 5 %). Ce qui est la norme partagée (Durant, 2002), indiquant que le choix de l'échantillon est acceptable dans un intervalle de confiance de 95 %.

La taille d'échantillon devient :

$$n = 1,96^2 \times 0,4 \times 0,6 / 0,05^2 = 368,79$$

$$n = 369 \text{ individus}$$

Ainsi, 369 ménages agricoles ont été enquêtés et repartis par canton selon la méthode par quota.

Le questionnaire a porté sur les caractéristiques socio-économiques des enquêtés, le système de culture, la perception des ménages ruraux sur l'état des terres agricoles et de la végétation, les feux de végétation et leur impact et la gestion des ressources naturelles, etc.

Ces questionnaires ont été complétés par des entretiens avec des personnes âgées, des chefs d'agence de l'Institut du Conseil et d'Appui Technique (ICAT) de Sokodé et de Sotouboua, des exploitants forestiers, des autorités traditionnelles et des forestiers.

2.2. Traitement de données

2.2.1. Calcul du taux moyen annuel d'expansion spatiale

Au préalable, Les images satellitaires Landsat de 1987, 2000 et 2012 ont été traitées suivant les principes de la télédétection. A travers une classification supervisée par maximum de vraisemblance, les superficies des classes d'occupation du sol obtenues ont été générées sous SIG. Le logiciel ArcGIS 10.2 a été utilisé à cet effet.

Le travail a consisté à calculer le taux moyen annuel d'expansion spatiale de l'ensemble des unités d'occupation du sol entre 1987 et 2012 par canton suivant la formule de Puyravaud (2003) :

$$T = \frac{(\ln S2 - \ln S1)}{t \ln e} \times 100$$

où

t est le nombre d'années d'évolution ; \ln le logarithme népérien ; e la base des logarithmes népériens ($e= 2,71828$) et T , le taux moyen annuel d'expansion spatiale.

Ce taux moyen annuel d'expansion spatiale de l'ensemble des unités d'occupation du sol (en abrégé (TDYNA) est calculé pour servir de *variable dépendante* (Y) dans la méthode de statistique spatiale par « les moindres carrés ordinaires ». Ce taux est calculé par canton (regroupement administratif de plusieurs villages) entre les deux années de références retenues (1987 et 2012). Le TDYNA est le processus ou phénomène à comprendre ou à modéliser.

2.2.2. Traitement de données d'enquête

Les données récoltées sur le terrain ont été traitées à partir des logiciels CSpro, SPSS et le tableur Microsoft EXCEL. Les données jugées plus pertinentes sont retenues pour le modèle de régression linéaire par les moindres carrés ordinaires. Celles -ci ont constitué les principales *variables explicatives* (X) utilisées pour modéliser ou prévoir les valeurs de la variable dépendante (TDYNA). Les caractéristiques de ces variables sont consignées dans le tableau 1.

Tableau I : Description des données d'enquêtes utilisées

Nature	Code	Description	Sources de données
Bois de chauffe	BCHAUF	Volume du bois de feu prélevé pour la cuisson par canton	Données d'enquêtes de terrains
Charbon de bois	CBOIS	Volume du charbon de bois prélevé dans le secteur par canton	
Disponibilité de terres	DTERRE	Réserve de terre à mobiliser pour compenser une situation donnée. C'est le ratio entre la variable « disponibilité bonne (DB) » et « disponibilité insuffisante ou mal répartition (IMR) » des terres selon les acteurs	
Etat des terres agricole	PAUV_T ERRE	Proportions des ménages enquêtés ayant reconnu les terres comme étant pauvres ont été déterminées par canton.	
Accès au crédit agricole	A_CRED I	C'est le ratio des ménages enquêtés qui ont réellement accès au crédit agricole et ceux qui n'en ont pas accès	
Reboisement	REBOIS	C'est la superficie estimée de plantations individuelles des paysans par canton	

Source : Tavaux de laboratoire

2.2.3. Traitement de données de sources diverses

Les variables explicatives pour le modèle de régression linéaire par les moindres carrés ordinaires peuvent provenir de sources diverses. Pour ce faire, d'autres données ont été récoltées et traitées (Tableau 2).

Tableau II : Description des données de sources diverses

Nature	Code	Description	Sources de données
Densité de population	DPOP	C'est le nombre d'habitants au km ² . Les données de population du RGPH4 ont été rapportées à la superficie de chaque canton sous le logiciel SIG (ArcGIS 10.2)	RGPH4, 2010 ; RNA4, 2012
Surface moyenne des champs de maïs	SC_MAIS	Les proportions des superficies du maïs défrichées par canton ont été rapportées à la superficie totale de ce même canton. Les superficies des cantons sont générées sous un SIG à partir du découpage administratif utilisé par le RGPH4 (2010)	
Surface moyenne des champs d'igname	SC_IGN	Les proportions des superficies de l'igname défrichées par canton ont été rapportées à la superficie totale de ce même canton. Les superficies des cantons sont générées sous un SIG à partir du découpage administratif utilisé par le RGPH4 (2010)	
Topographie	TOPO	C'est la réserve de terre non protégée. Sa valeur est ici obtenue par le calcul de l'altitude moyenne par canton	Fond de carte topographique IGN au 1/200 000

Source : Tavaux de laboratoire

2.3. Méthode des moindres carrés ordinaires

Cette méthode permet de mesurer avec quelle ampleur les variations communes des variables explicatives retenues agissent sur la dynamique de l'occupation du sol qui est la variable dépendante (Wooldridge, 2003 ; Mitchell, 2005). Elle est exécutée par « *l'outil statistique spatial* » du logiciel ArcGIS 10.2.

Les variables explicatives retenues sont celles qui présentent une corrélation linéaire avec la variable dépendante (coefficient de détermination partiel inférieur à 0,80) (Souiah et Toutain, 2005). Il convient de souligner aussi que la création d'un modèle de régression est un procédé itératif qui implique la découverte de variables indépendantes efficaces pour expliquer la variable dépendante à modéliser ou à comprendre (TDYNA). Le travail se fait en supprimant et/ou ajoutant des variables à plusieurs reprises jusqu'à trouver le meilleur modèle de régression. Sur cette base, 10 variables explicatives qui constituent des principaux facteurs de la dynamique de l'occupation du sol ont été retenues afin d'appréhender et d'analyser les phénomènes de déforestation.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Principaux facteurs explicatifs de la dynamique de l'occupation du sol et leurs pondérations

Les principaux facteurs explicatifs retenus sont entre autres : *l'utilisation de charbon de bois, surface moyenne des champs de l'igname, la densité de population, surface moyenne des champs de maïs, l'accès au crédit agricole, l'utilisation du bois de chauffe, la topographie, la disponibilité des terres, le reboisement et l'état des terres agricoles.* Ces facteurs ont été analysés et pondérés à travers un modèle statistique (la régression linéaire multiple par les moindres carrés ordinaires). Ceci a permis de tester la relation entre la variable dépendante qui est le taux de la dynamique de l'occupation du sol (TDYNA) entre 1987 et 2012 et ces 10 variables explicatives retenues.

Le tableau 3 montre ces variables explicatives retenues et leurs coefficients de régressions (les coefficients sont indiqués avec les mêmes unités que leurs variables explicatives associées). Le coefficient reflète la variation prévue de la variable dépendante (taux de la dynamique de l'occupation du sol) pour toute variation d'une unité dans la variable explicative associée, toutes les autres variables restant constantes. Lorsque le signe associé au coefficient est négatif, la relation est négative et lorsque le signe est positif, la relation est positive. Sur cette base :

- trois facteurs explicatifs présentent une corrélation positive avec la variable dépendante comme l'indique leur coefficient. Il s'agit, par ordre de contribution de l'état des terres (0,135), le reboisement (0,0336) et la disponibilité des terres (0,012) ;
- les variables explicatives ou les facteurs qui influencent négativement la variable dépendante (TDYNA) sont par ordre de contribution : charbon de bois (-0,174), surface moyenne des champs de l'igname (-0,073), densité de population (-0,065), surface moyenne des champs de maïs (-0,059), accès au crédit (-0,024), bois de chauffe (-0,018) et topographie (-0,018).

Tableau III: Evaluation des variables explicatives du modèle

Variable	Coefficient de régression	t StdError	Probabilité
<i>Intersection</i>	<i>-0,418619</i>	<i>3,503037</i>	<i>0,907035</i>
CBOIS	-0,174737	0,094674	0,092007
SC_IGN	-0,072611	0,123506	0,568459
DPOP	-0,065016	0,037069	0,107230
SC_MAIS	-0,058873	0,042885	0,197155
A_CRED	-0,024162	0,018090	0,208652
BCHAUF	-0,018836	0,019224	0,348240
TOPO	-0,018097	0,006540	0,018322*
DTERR	0,012113	0,111174	0,915200
REBOIS	0,033653	0,017668	0,083277
ETAT_TERRE	0,135451	0,045213	0,012174*

□ Corrélation négative, ■ Corrélation positive, *Variable statistiquement significative à probabilité ($p=0,05$)

CBOIS : charbon de bois, SC_IGN : surface moyenne des champs de l'igname, DPOP : densité de population, SC_MAIS : surface moyenne des champs de maïs, A_CRED : accès au crédit agricole, BCHAUF : bois de chauffe, TOPO : topographie, DTERRE : disponibilité des terres, REBOIS : reboisement, ETAT_TERRE : état des terres agricoles.

Le modèle de régression linéaire multiple par les moindres carrés ordinaires nécessite la mesure d'un certain nombre de paramètres pour la validation de ses résultats. Il s'agit entre autres, la performance du modèle et la signification du modèle :

-*la performance du modèle* est mesurée par la valeur de R^2 ajustée qui est égale à 0,52 ; ce qui indique que le modèle (les variables explicatives modélisées à l'aide de la régression linéaire) explique approximativement à 52 % de la variation de la variable dépendante.

-*la signification du modèle* : une valeur de p (probabilité) inférieure à 0,005 indique qu'un modèle est statistiquement significatif (Mitchell, 2005). Or, dans ce cas précis, la probabilité de la *Statistique Wald de jointure* est de 0,000* (variable statistiquement significatif), donc inférieur à 0,005. Ce qui indique que le modèle est statistiquement significatif. (Tableau 1).

Les principaux facteurs explicatifs ainsi retenus sont entre autres : densité de population, bois de chauffe ou de charbon de bois, disponibilité des terres, surface moyenne des champs de maïs, surface moyenne des champs d'igname, la topographie, état des terres agricoles ; accès au crédit agricole et le reboisement.

Ces principaux facteurs explicatifs et leur coefficient qui représentent leurs poids respectifs sont regroupés en trois grandes catégories en fonction de leur nature et de leur action dans le paysage.

3.2. Catégorisation et analyse quantitative des facteurs explicatifs de la dynamique de l'occupation du sol

Trois catégories de facteurs explicatifs ont été identifiées. Il s'agit des facteurs primaires, des facteurs secondaires et des facteurs de réponses.

3.2.1. Facteurs primaires

Ce sont des facteurs qui interviennent directement dans le changement de la couverture du sol. Il s'agit de la densité de population, la disponibilité des terres, la topographie, l'état des terres et l'accès au crédit agricole.

-*Densité de population*

La densité moyenne de population dans le secteur d'étude est de 45 habitants au km^2 (RGPH4, 2010), mais les contrastes sont importants d'un canton à l'autre. Elle dépasse 80 habitants au km^2 dans les secteurs les plus densément peuplés et tombe à 7 habitants au km^2 dans les espaces peu peuplés.

Ainsi, selon les tests statistiques, la variation d'un habitant au km^2 entraîne une possibilité de régression de 0,065 % du taux de la dynamique de l'occupation de sol, les autres facteurs restant constants. Or d'ici 2050, la population du secteur d'étude qui était de 311128

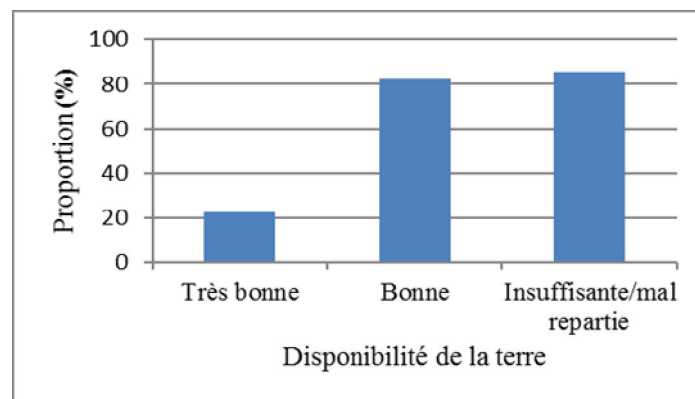
habitants en 2010 va atteindre selon les estimations 976234 habitants en 2050 portant la densité de population à plus de 150 habitants au km².

Donc une augmentation rapide de la population aura des répercussions négatives sur l'état des ressources naturelles. En effet, cette croissance démographique galopante entraîne la demande de plus en plus élevée des biens de consommation (charbon de bois et de bois d'œuvre, produits alimentaires, etc.) et le morcellement des terres agricoles. Dans le secteur d'étude, les parcelles consacrées aux cultures vivrières tournent autour d'un hectare. Une population de plus en plus nombreuse a toujours besoin d'espace de production, en particulier des terres cultivables et bien d'autres ressources indispensables à sa survie. Or, l'extension de terres agricoles liée à l'accroissement démographique remplace progressivement les espaces boisés, exposant ainsi les terres au risque de dégradation.

Il est donc admis que la densité de population peut être une force motrice de la dégradation des territoires ruraux. Mais il faut aussi constater qu'une faible densité de population peut également conduire à une dégradation, car les ressources étant à leur portée, l'utilisation qu'ils pourront en faire peut conduire à une sorte de gaspillage.

-disponibilité des terres agricoles

Les terres disponibles sont des réserves de terres susceptibles d'être mobilisées pour résoudre un problème. Dans le cadre de cette étude, un postulat a été posé : « il existe encore des réserves de terre à mobiliser pour compenser une situation donnée », la perception des populations locales sur la question sont partagées entre une disponibilité bonne et une disponibilité insuffisante (ou mal répartie) (Figure 2).



Source : Données d'enquêtes de terrain, 2014

Figure 2 : Perception des ménages enquêtés sur la disponibilité des terres

Plus de 80 % des ménages enquêtés considèrent que la terre est encore abondante contre 83 % qui pensent que les terres sont insuffisantes ou mal réparties. Mais, les tests statistiques par la régression linéaire multiple de cette variable révèlent qu'une variation d'1 % des opinions des ménages enquêtés entraîne une progression de 0,012 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol. Plus les terres sont supposées être disponibles, plus les paysans ont tendance à laisser les champs en jachère après deux ou trois années de cultures.

En effet, plusieurs scénarii ont permis de constater que des réserves de terres à aménager peuvent être disponibles. La topographie du secteur d'étude est composée de plaines (0-200 m d'altitude) dont la superficie avoisine 326377 ha, des plateaux (200-600 m d'altitude)

avec 221273 ha et des hauts sommets dont les altitudes dépassent 600 m avec une superficie de 7760 ha. Les espaces occupés par les réserves de Fazao, de Sotouboua et d'Aou-Mono occupent respectivement 117055 ha, 2858 ha et 6841 ha soit une superficie totale de 126754 ha.

La plupart des ménages du secteur d'étude mettent beaucoup plus en valeur les plaines (la grande plaine du Mono et la petite plaine du Mô). Si la terre appartenait à l'Etat et que celui-ci devrait distribuer les zones de plaine convenablement à l'ensemble des ménages agricoles du secteur d'étude, il revenait à chaque ménage agricole, une surface de 10 ha en moyenne. La superficie des plateaux et des espaces montagneux pourraient éventuellement être mobilisée pour aménager et planifier l'espace géographique du secteur d'étude. La topographie joue donc un rôle important dans la dynamique de l'occupation du sol et dans le processus de planification spatiale.

-Topographie

Le secteur d'étude est dominé par les plaines. Elles sont beaucoup plus sollicitées aux dépens des surfaces montagneuses. Les populations ont tendance à occuper les espaces faciles d'accès. En effet, dans le secteur d'étude, selon les résultats de l'analyse diachronique de l'occupation du sol de 1987 à 2012 à partir des images satellitaires, c'est sur les monts Fazao-Malfakassa et sur les massifs de Tchaoudjo qu'on rencontre le plus souvent les formations végétales plus ou moins naturelles comme les forêts (forêt dense sèche et forêt claire). Les formations végétales des zones basses sont plus dégradées.

Les tests statistiques par la méthode des moindres carrés ordinaires montrent qu'une diminution de la variable « altitude » entraîne une possibilité de régression de 0,018 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol.

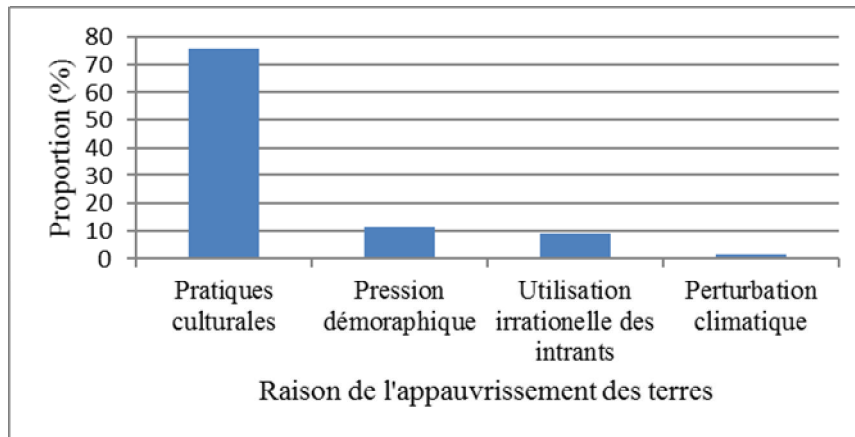
Donc les zones de plateaux peuvent être considérées comme des réserves de terres à aménager pour atténuer la diminution du couvert forestier dans le secteur d'étude.

-Etat des terres agricoles

Les ménages agricoles ont donné leur appréciation sur l'état des terres qu'ils cultivent. Les tests statistiques par la méthode des moindres carrés ordinaires ont montré qu'une augmentation de 1 % de l'opinion des ménages agricoles de la variable « pauvreté des terres » entraîne un accroissement de 0,135 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol. En effet, selon 91,21 % des ménages enquêtés, les terres sont majoritairement pauvres. Seulement 8,80 % pensent encore à une certaine fertilité de ces dernières.

Cette pauvreté se traduit par une faible productivité à l'hectare des exploitations agricoles et le morcellement excessif des terres entraînant des exploitations de petites tailles de l'ordre de 0,5 à 1 ha. Les jachères deviennent de plus en plus courtes et rares.

La dégradation de ces terres est beaucoup plus liée à l'action de l'homme à travers son mode de vie. Selon ces mêmes ménages agricoles, 80 % pensent que cette dégradation des terres est liée aux pratiques culturelles, pour 11,28 % des ménages enquêtés, c'est plutôt la pression démographique qui est à l'origine de ce phénomène ; seulement 9,06 % l'ont liée à l'utilisation irrationnelle des intrants. Les facteurs naturels (les perturbations climatiques) n'ont retenu que l'attention de 1,57 % des personnes enquêtées (Figure 3).



Source : Données d'enquêtes de terrain, 2014

Figure 3 : Raison de dégradation des terres agricoles

Il en ressort que bon nombre des ménages enquêtés n'ont pas suffisamment connaissance des effets des changements climatiques sur la productivité des terres qu'ils cultivent. Or, les questions de perturbation ou de changement climatique et de dégradation des sols sont liées. Les facteurs anthropiques de dégradation des sols peuvent être accentués par les changements climatiques. Des modifications dans les cycles des pluies et la fréquence croissante des périodes de sécheresse ou l'inondation ne fera que renforcer la pression sur les ressources en terre. D'où la nécessité d'éduquer, de communiquer et de faire des plaidoyers auprès des paysans et des acteurs décentralisés pour un éveil de conscience sur les causes de dégradations des terres et de l'environnement.

-Accès au crédit agricole

Les terres dans leur ensemble sont « pauvres » selon les ménages agricoles. Ces terres dites pauvres peuvent constituer des réserves de terres disponibles à aménager dans le cadre de la planification spatiale. Dans ce cas, le crédit agricole pourra permettre aux agriculteurs de disposer des moyens financiers pour pouvoir intensifier leurs activités agricoles.

Les résultats de la régression linéaire par les moindres carrés ordinaires ont montré que la variation de 1 % des ménages qui ont réellement accès au crédit agricole entraîne probablement une diminution de 0,024 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol.

Mais l'intensification n'exige pas nécessairement un apport accru d'intrants externes, qui peuvent être nocifs pour l'environnement, en particulier les pesticides. L'intensification va consister aussi à optimiser l'utilisation des connaissances autochtones et mettre au point de nouvelles technologies répondant à la demande. Ce qui va permettre d'accroître considérablement les disponibilités alimentaires tout en préservant les ressources naturelles et en réduisant la pauvreté.

3.2.2. Facteurs secondaires

Ce sont des facteurs qui sont influencés par les facteurs primaires. Il s'agit de la production du charbon de bois et du bois de chauffe, des pratiques culturelles (superficie moyenne des champs de maïs et de l'igname).

-Production du charbon de bois et de bois de chauffe

Le milieu rural du Centre-Togo comme les autres milieux ruraux du Togo est caractérisé par la production et la commercialisation du bois et du charbon de bois. Les tests statistiques par les moindres carrés ordinaires ont montré que l'augmentation de 1 % du volume de bois de chauffe (BCHAUF) entraîne une possibilité de régression de 0,018 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol. Alors que pour cette même augmentation du volume du charbon de bois, le taux de régression est de 0,174 %.

En effet, dans le secteur d'étude, les localités productrices du charbon de bois et leur circuit de distribution sont plus concentrés dans la préfecture de Tchaoudjo.

Dans le secteur d'étude, les acteurs directement liés dans la production du charbon de bois au niveau des différents maillons sont les hommes, les femmes, des jeunes de catégories socio-professionnelles variées.

Les observations faites sur le terrain et les divers entretiens ont permis de constater que le bois de feu qu'utilisent la plupart des ménages ruraux ne constitue pas que de bois mort ramassé par les femmes dans les champs et jachères. En effet, les arbres sont volontairement coupés aussi bien pour le bois de feux que pour la production du charbon de bois (Photo 1).



Cliché : Koumoi, 2014

Photo 1 : Coupe des arbres pour le bois de chauffe sur la route Kpaza-Kemeni

Les espèces végétales les plus utilisées à cet effet sont : *Vitellaria paradoxa*, *Anogeissus leocarpus*, *Khaya senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Terminalia glaucescens*, *Milicia exelsa*, *Acacia senegalensis*, *Prosopis africana*.

La commercialisation vers les villes se fait sous forme de sacs de 50 kg et de 100 kg et sous forme de bois aussi (Photos 2 a et b). La commercialisation se présente à trois niveaux : la collecte des sacs de charbon ou des tas de bois, le commerce en détail et le commerce en gros.



a : Sacs de charbon de bois sur un site de production (Agoulou)



b : Camion transportant le bois de chauffe en direction de Sokodé

Clichés : Koumou, 2014

Photos 2a et b : Commercialisation du charbon de bois et du bois de feu

Sources : Données d'enquête ProDRA V3, 2014

Dans les cantons, le bois de feu est utilisé dans une forte proportion par rapport au charbon de bois. Ce dernier est destiné à la vente vers les villes. Les grands consommateurs de bois-énergie sont les entreprises agroalimentaires tenues par les femmes, les casernes militaires, les camps pénitenciers, les hôpitaux, etc. Le bois énergie est utilisé pour la préparation des aliments, la distillation du vin de palme en liqueur, la transformation des produits agricoles, la cuisson des produits de poterie, etc.

L'augmentation du volume de bois de chauffe ou de charbon de bois est fonction de la densité de population. Plus la population augmente, plus elle a besoin de source d'énergie pour satisfaire le besoin quotidien. Raison pour laquelle la production du charbon de bois et de bois de chauffe est considérée comme l'un des facteurs secondaires influencés par la densité de population.

La production du charbon de bois a largement contribué au déboisement au niveau des terroirs et des espaces alentour.

-Pratiques culturelles

Dans le secteur d'étude, l'agriculture est la principale activité des populations rurales, elle demeure un facteur prépondérant de dégradation du couvert végétal. Par ailleurs, ce n'est pas l'agriculture en soi qui dégrade le milieu, mais c'est plutôt les techniques culturelles qui sont très dévastatrices de l'environnement (modes de préparation du sol, types de feux de végétation, etc). L'agriculture est de type traditionnel. En effet, 98,27 % des paysans interrogés pratiquent ce type d'agriculture avec des outils rudimentaires très dévastateurs de l'environnement contre 1,32 % pour l'agriculture attelée et 0,5 % pour l'agriculture mécanique.

Selon le modèle de régression linéaire, la variation de 1 % de la superficie moyenne défichée du maïs et de l'igname entraîne respectivement la possibilité de régression de 0,059 et 0,073 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol. En effet, la pratique de l'igname est une activité très dégradante de l'environnement par rapport à la culture du maïs. L'igname est une plante héliophile et exigeante en sol. Elle nécessite des terres humifères qui obligent le paysan à défricher de nouvelles terres en éliminant aussi des arbres. La culture de

l'igname engendre donc la destruction des forêts et de savanes chaque année. D'une part, le système de buttage est consommateur de l'espace et d'autre part, presque tous les arbres présents dans ces champs sont brûlés ou détruits (Photos 3a et b).

Le système de culture à base d'igname est pratiqué par presque tous les groupes socioculturels résidant dans le secteur d'étude.



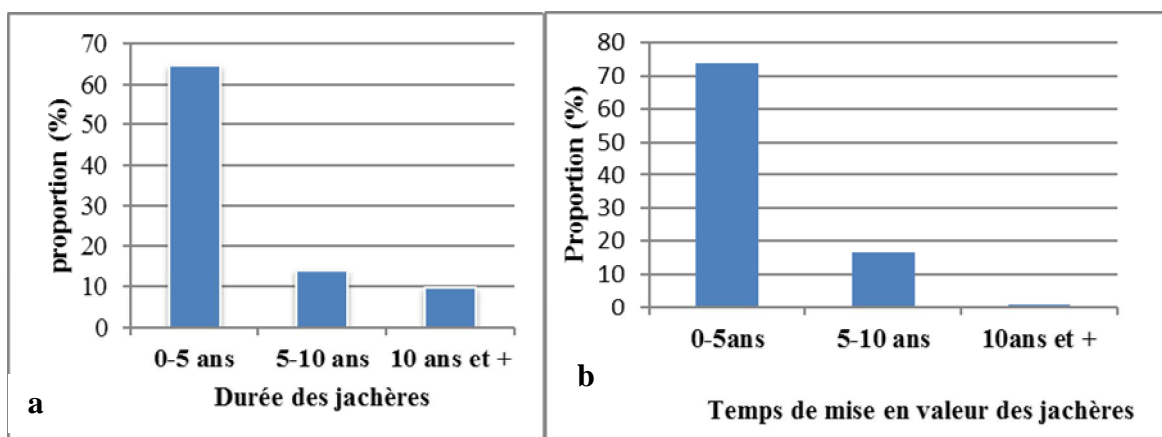
Clichés : Koumoj, 2015

Photos 3a et b : Pratiques culturelles de l'igname très dévastatrice de la végétation

Les deux photos illustrent la technique de buttage caractéristique de la culture d'igname. On y observe des pieds des arbres déjà consumés par le feu. D'autres arbres sont systématiquement détruits.

L'augmentation de la population rurale a entraîné celle des besoins de chaque ménage paysan. Il se produit de ce fait un raccourcissement voire une disparition de la durée de jachère et la recherche des terres nouvelles aux dépens des forêts et des savanes.

En effet, selon les populations enquêtées, ce sont les jachères de moins de 5 ans qui occupent une place prépondérante avec plus de 60 % des champs des ménages enquêtés. 10 % des ménages ont des champs dont la durée des jachères dépasse 5 ans et ces jachères sont rares sur le terrain (Figure 4a).



Source : Données d'enquêtes de terrain 2014

Figure 4 : (a) durée des jachères et (b) temps de mise en valeur des jachères

Ensuite, dans le groupe des jachères de moins de 5 ans, la durée est très courte et le plus souvent n'excède pas 2 ans. Plus de 70 % des personnes enquêtées dont l'âge des champs est

compris entre 0 et 5 ans ont affirmé qu'ils mettront ces champs en valeur l'année suivante (Figure 4b). Les sols subissent donc une pression culturale intense, car ils sont cultivés sans repos entraînant la dégradation du couvert végétal.

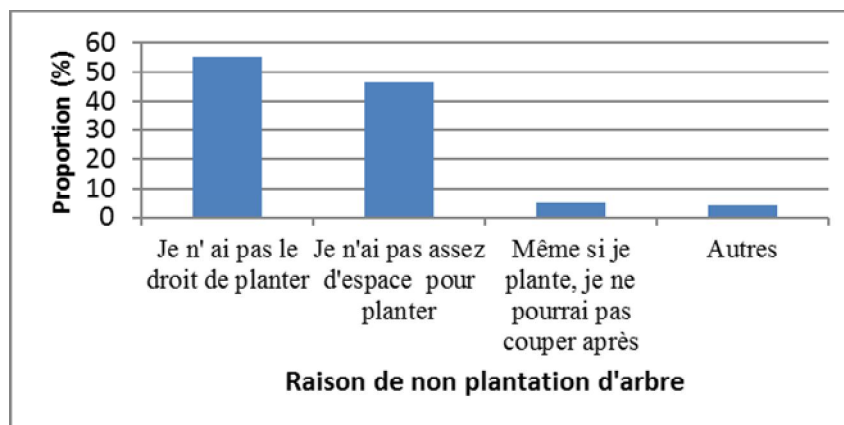
3.2.3. Facteurs de réponses

Ce sont des facteurs qui interviennent pour corriger une situation donnée. Il s'agit ici du facteur reboisement qui vise à améliorer le taux de couverture du sol.

- Reboisement

Il concerne non seulement les arbres que les paysans ont plantés dans leurs champs, mais aussi quelques plantations initiées par AGAIB-RC, Champagne Ardenne et ProDRA Volet III dans le secteur d'étude. Les tests statistiques par la méthode des moindres carrés ordinaires ont montré que la variation d'une unité des superficies individuelles reboisées par les ménages enquêtés entraîne une possibilité d'augmentation de 0,033 % du taux de la dynamique de l'occupation du sol.

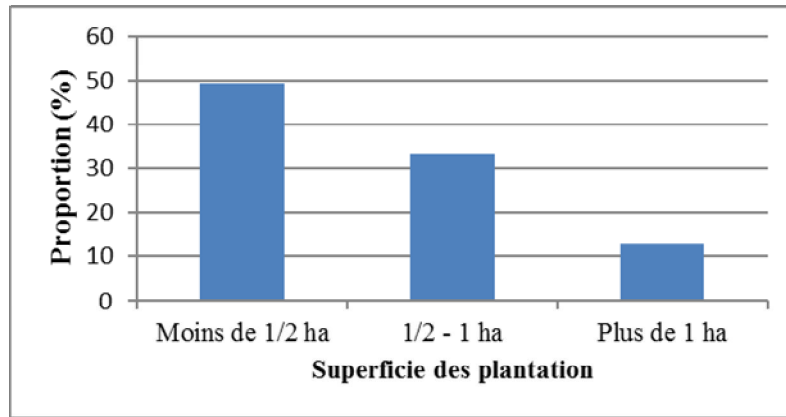
Dans le secteur d'étude, environ 60 % des ménages enquêtés ont commencé par planter les arbres dans leurs champs contre 40 % qui ne l'ont pas fait. Ces derniers évoquent des raisons diverses. Pour 55,29 %, le droit de propriété des terres constitue un véritable handicap aux plantations d'arbres. Mais pour 46,53 %, c'est le manque d'espace pour planter. 5,17 % estiment aussi que même s'ils plantent, ils n'auront pas le droit de jouir de ces arbres plantés (Figure 5).



Sources : Données d'enquêtes de terrain, 2014

Figure 5 : Raisons de non-plantation d'arbres dans les champs

Pour ceux qui ont réussi à planter, les superficies moyennes des plantations individuelles excèdent rarement 3 hectares. Plus de 49,38 % ont moins d'un demi-hectare. C'est dans cette tranche que se retrouve la majorité des paysans du secteur d'étude. Ceux qui ont planté entre et un hectare avoisinent 33,15 %. Seuls 12,93 % réussissent à avoir au moins un hectare (Figure 6).



Source : Données d'enquêtes de terrain, 2014

Figure 6 : Superficies des plantations d'arbres dans les champs

Dans le secteur d'étude, Champagne Ardenne, AGAIB-RC et ProDRA Volet III appuient les paysans dans le processus de reboisement individuel et collectif :

✓ entre 2009 et 2012, l'ONG Champagne Ardenne a accompagné les paysans du secteur d'étude à la création des forêts communautaires et à l'adoption des techniques d'agroforesterie. Elle a amené les paysans à intégrer le *Tectona grandis* et surtout l'*Anacardium occidentale* dans leurs cultures vivrières en respectant les techniques modernes d'agroforesterie. Ainsi, ces deux espèces ont été associées aux cultures de maïs dans 16 groupements répartis dans 16 villages (Photos 4a et b). Chaque groupement devrait planter 5 ha.



Clichés : Koumoui, 2014

Photos 4a et b : Plantation de *Tectona grandis* (Adjengré) et d'*Anacardium occidentale* (Agoulou) dans les champs

Ainsi, les groupements des villages de Tchemberi, Agbandaoudè, Kpaza, Kéméni, Agoulou, Amaïdè, Kolowaré, Sagbadaï et Yara-Kabyè ont associé l'*Anacardium occidentale* aux champs de maïs tandis que ceux des groupements de Aouda, Adjengré, Kanyamboua, Sotouboua, Elavagnon et Sessaro ont plutôt associé le *Tectona grandis* à leurs champs de maïs.

Elle appuie aussi le gouvernement dans la création des forêts communautaires au niveau de la région Centrale dans le cadre du projet d'adaptation au changement climatique adopté en 2015 au Togo. A cet effet, un village par préfecture a été retenu. Il s'agit du village d'Agoulou pour le compte de la préfecture de Tchaoudjo et celui de Fazao pour le compte de la

préfecture de Sotouboua dans le secteur d'étude. A Agoulou, 50 ha ont été retenus pour la création de forêt communautaire. Les paysans d'Agoulou ont reçu les pieds de *Vitellaria paradoxa* pour renforcer les savanes arborées et arbustives.

La création de la forêt communautaire de la préfecture de Sotouboua n'a pas encore démarré.

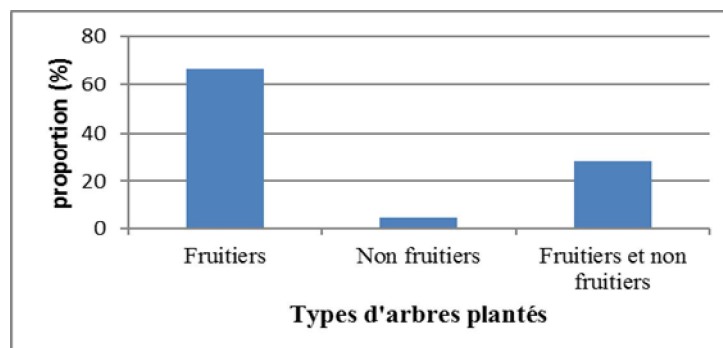
✓ AGAIB-RC a aussi appuyé l'Etat dans le domaine de reboisement. Dans le secteur d'étude, les sites de Foukpa (Sotouboua) et le site de Lassa (vers Aou Mono) ont été reboisés. Sur le site de Foukpa, environ 4 ha de terres sont reboisés et 28 ha pour le site d'Aou Mono (Figure 7).

✓ ProDRA dans le cadre du projet bois-énergie a créé deux unités dans le canton pilote de la région centrale (canton d'Amaoudè). Une unité de reboisement et une unité de protection.

L'unité de reboisement comprend 13 ha. Elle est constituée d'Anacardiens et gérée par une coopérative de 26 personnes. Cette zone sera subdivisée en parcelles individuelles de 0,5 ha par personne suivant les besoins exprimés par les membres de la coopérative.

La zone à protéger avoisine 23 ha. Les espèces plantées sont le *Cassia siamea* et l'*Acacia auriculiformis*, deux espèces de bois énergie à croissance rapide. Elle est subdivisée en 11 parcelles de 2 ha chacune et chaque année, le comité de gestion choisit, en respect du plan de gestion, une parcelle de la forêt pour laquelle l'exploitation du bois vert sera autorisée (chantiers annuels).

C'est ce qui explique la prédominance des espèces fruitières plantées dans les champs (Figure 7).

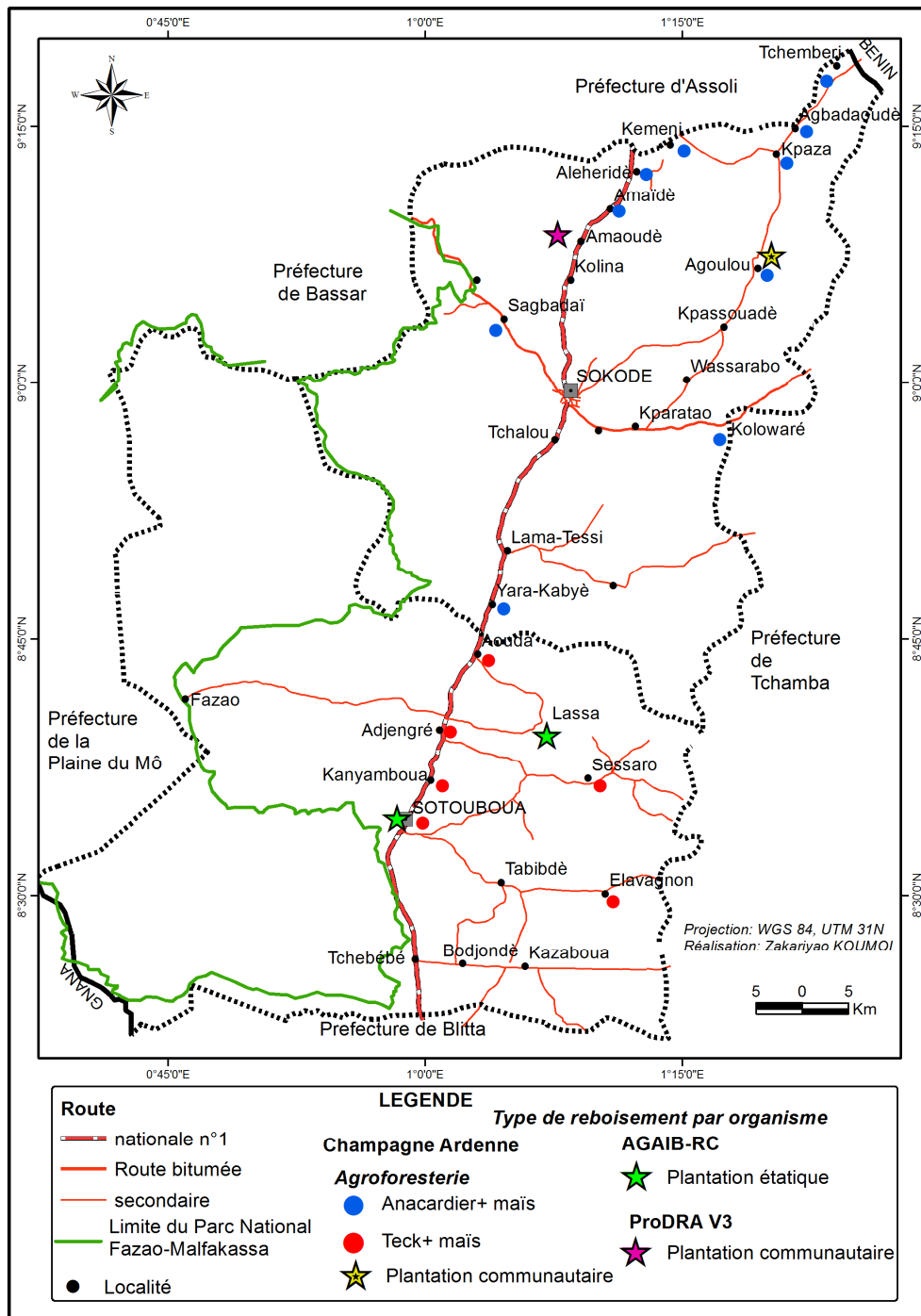


Source : données d'enquêtes de terrain, 2014

Figure 7 : Type d'arbres plantés par les ménages agricoles

Selon 66,7 % des ménages enquêtés, les fruitiers sont dominés par *Anacardium occidentale* et *Manguifera indica*) alors, 4,9 % seulement ont planté des non fruitiers (surtout le *Tectona grandis*). Mais 28,4 % ont déclaré avoir planté les deux à la fois.

Les types de reboisement par structure et ONG dans le secteur d'étude sont résumés sur la figure 8.



Source : Champagne Ardenne, AGAIB et ProDRA

Figure 8 : Types de reboisement dans le secteur d'étude

Toujours dans le secteur d'étude, environ 88 % des ménages interrogés n'ont pas de contact permanent avec les forestiers et certaines ONG de système de gestion des forêts contre 12,5 % qui déclarent les rencontrer le plus souvent. Ces derniers sont des groupements de paysans qui travaillent souvent avec des conseillers techniques de l'ICAT et certaines ONG de la place (AGAIB-RC, ONG AJA, ONG GRADSE, etc).

3.4. Discussions

La dynamique de l'occupation du sol est la conséquence de la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis comme principale technique culturale depuis des décennies. C'est une pratique agricole qui est associée à des feux de végétation et à l'abattage des arbres pour la fabrication de charbon de bois et à l'obtention du bois de chauffe. Ces points de vue restent largement partagés par des auteurs comme Tchamiè et Bouraïma (1997), Theinti-Nabine (2000), Bamba *et al.* (2008), Tente *et al.* (2010), Igue *et al.* (2010), Vodounou *et al.* (2011) et ANGE (2013). Mais ces auteurs ont seulement identifié ces facteurs sans toutefois les quantifier à travers un modèle statistique. Cette étude est allée plus loin en déterminant la part de chaque variable explicative retenue dans la dynamique de l'occupation du sol par les statistiques spatiales (méthode des moindres carrés ordinaires). Ce modèle explique à 52 % le taux de la dynamique de l'occupation du sol avec 10 variables explicatives retenues. Ce taux est supérieur à celui obtenu par Oloukoi (2012) soit 43,7 % avec 17 variables explicatives retenues. Cette différence s'explique par le choix des variables explicatives et leur degré de liaison avec la variable dépendante. Certaines variables explicatives présentent souvent des redondances entre elles. Si ces variables ne sont pas supprimées du modèle, elles réduisent sa performance. Ainsi, la création d'un modèle de régression est un procédé itératif qui implique la découverte de variables indépendantes efficaces pour expliquer la variable dépendante à modéliser ou à comprendre. Le travail se fait en supprimant et/ou ajoutant des variables à plusieurs reprises jusqu'à trouver le meilleur modèle de régression.

Les variables « charbon de bois, surface des champs de l'igname et la densité de population » ont été les principaux facteurs explicatifs influençant négativement la dynamique de l'occupation du sol parmi les 10 variables explicatives retenues.

Les potentialités agronomiques des terres sont déterminées par rapport à la perception de la population endogène. Il faut dès lors mener des analyses physico-chimiques des sols pour voir à quel point la perception des populations locales concorde avec les méthodes scientifiques.

Conclusion

Les principaux facteurs retenus ont été analysés et pondérés à travers un modèle statistique (la régression linéaire multiple par les moindres carrés ordinaires). Ce modèle a permis de modéliser la dynamique de l'occupation du sol entre 1987 et 2012 en fonction des variables explicatives retenues et de comprendre les phénomènes de dégradation de la végétation. Les variables dépendantes retenues expliquent à 52 % le taux de déforestation. Elles ont une influence certaine sur la dynamique de l'occupation du sol. Cela a permis de mieux cerner et comprendre les dynamiques spatiales qui ont lieu dans le secteur d'étude entre 1987 et 2012. Mais ces variables n'expliquent pas à elles seules cette dynamique. Dans ce cas précis, elles doivent être analysées comme des objets géographiques liés et qui sont influencés par des phénomènes et les rétroactions extérieures, souvent à des échelles régionales.

Étant donné que les modes actuels d'utilisation des ressources naturelles n'obéissent pas au critère de leur durabilité. Il faut, à la lumière de ces facteurs explicatifs, adopter des stratégies participatives d'aménagement qui vont se baser sur des diagnostics territoriaux en tenant compte de l'évolution des politiques d'aménagement du territoire et de la décentralisation

du pays. Les SIG et la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP) qui vont prendre en compte les aspirations des populations locales viendront à point nommé pour faciliter la visualisation des résultats sur des cartes d'aide à la prise décision.

Références Bibliographiques

- Amégadje M. K. (2007), *Profil environnemental du Togo*, Ministère de la Coopération et du NEPAD, Rapport définitif, 209 pages.
- ANCR TOGO (2008), *Stratégie nationale de renforcement des capacités pour la gestion de l'environnement, Rapport du projet ANCR (Autoévaluation Nationale des Capacités à Renforcer)*, document de travail réalisé par L'Etat togolais, PNUD et Fond pour l'Environnement Mondial (FEM), 132 pages.
- ANGE (2013), *Suivi des Tendances de l'Occupation/utilisation des terres au Togo pour l'amélioration de la Gestion des Ressources Naturelles*, Document de validation, 12 pages.
- Bamba I., Mama A., Neuba D. F. R., Koffi K. J., Traoré D., Visseri M., Sinsin B., Le Joly J., Bogaert J. (2008), « Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo) ». *Sciences & Nature*, vol. 5, n°1, pp. 49-59.
- Brunel J.F., Hiepkö P., Scholz H. (1984), *Flore analytique du Togo*. Phanérogame, Eschborn, 751 pages.
- Dumolard P., Dubus N., Charleux L. (2003), *Les statistiques en géographie*. La géographie aux éditions Berlin, 239 pages.
- Durant C. (2002), *Méthode de sondage : l'échantillonnage et la gestion du terrain*. Note de cours, Département de Sociologie, Université de Montréal, 77 pages.
- Houet T. (2006), *Occupation des sols et gestion de l'eau : Modélisation prospective en paysage agricole fragmenté (Application au SAGE du Blavet)*, Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Rennes 2-Haute Bretagne, 370 pages
- Igue M. A., Houndagba C. J., Worou R., Gaiser T., Mensah G. A., Stahr K. (2010), « Aspect de la dynamique de l'occupation du sol et du projet d'aménagement participative de la forêt classée de Toui-Kolibo au Bénin », *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo)*, n° 006, pp. 115-136.
- Koumoui Z., Alassane A., Djangbedja M., BoukpeSSI T., Kouya A. (2013), « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le Centre-Togo », *Revue de Géographie du LARDYMES, n°10-7^e année*, pp163-172.
- Koumoui Z. (2016), *Gestion et planification des territoires ruraux dans le Centre-Togo : approche par la télédétection et les Systèmes d'informations géographiques (SIG)*, Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Lomé, Département de Géographie, Université de Lomé, 233 pages
- MERF, (2014), *Cinquième rapport national sur la diversité biologique du Togo 2009-2014*, MERF, document de travail, 104 pages.

- Mitchell A. (2005), *The ESRI Guide to GIS Analysis*, Volume 2, ESRI Press, 2005.
- Oloukoi J. (2012), *Utilité de la télédétection et des systèmes d'information Géographiques dans l'étude de la dynamique spatiale de l'occupation des terres au Centre du Bénin*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie ; Université d'Abomey Calavi, 306 pages.
- Oszwald J. (2000), *Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) : Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique*, thèse de Doctorat de Géographie, Université des Sciences et Technologies de Lille, Laboratoire de Géographie des Milieux Anthropisés (UMR CNRS 8141), 304 pages
- ProDRA, (2014), *Production et consommation du bois-énergie au Togo*. ProDRA-volet III, MERF et GIA, document de travail, 24 pages.
- Puyravaud J. P. (2003), « Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation ». *Forest Ecology and Management*, vol. 177, n° 1-3, pp. 593-596
- Souiah S.A. et Toutain S. (2005), *L'analyse démographique et spatiale : outils et méthode en Géographie*, Collection, édition du Temps, 286 pages.
- Tchamiè T.T.K. (1993), « La protection de l'environnement dans le Nord-Togo ». *Géo-Eco-Trop.*, 17 (1-4), pp. 67-79.
- Tchamiè T. et Bouraïma M. (1997), « Les formations végétales du plateau Soudou-Dako dans la chaîne de l'Atacora et leur évolution récente (Nord Togo) ». *J. Bot. Soc. Bot. Fr.* 3 pp. 83-94.
- Tcheinti-Nabine T. (2000), *Pratiques paysannes et dynamiques des systèmes agraires dans la Région Centrale du Togo*, Thèse de Doctorat de Géographie, U.L (Nouveau régime), 451 pages.
- Tente B. H. A., Houhohoue I., Houndagba J. C. (2010), « Dynamique actuelle des milieux naturels dans la région de Cobly (Nord-Ouest du Bénin) », *Rev. Sc. Env., Lomé (Togo)*, n°006, pp. 187-208.
- Vodounou J. B. K., Akoégninou A., Tchamiè T. T. K. (2011), « Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin de la rivière Sô au Bénin ». *Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo)*, n° 007, pp. 81-102.
- Wooldridge, J. M. (2003), *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western, Mason, Ohio.