

# Pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols de Boukombé au Bénin

Pocoun Damè KOMBIENOU\* & Gustave Dieudonné DAGBENONBAKIN

*Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01BP884 Cotonou, Bénin*

\* Auteur correspondant Email : [ykopoda@yahoo.fr](mailto:ykopoda@yahoo.fr); Tel : (+229) 97355649/95454959

**Mots clés :** Bassins versants, dégradation des terres, pratiques agricoles et conservation des eaux et des sols.

**Keywords:** Watersheds, land degradation, agricultural practices and water and soil conservation.

Submission 11/01/2022, Publication date 30/04/2022, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

## 1. RESUME

Au Bénin, certains bassins versants présentent de sérieux problèmes environnementaux, qui se manifestent par l'érosion des sols, la diminution de la qualité et de la quantité des eaux, la perte de la diversité biologique et le manque d'aménagement. L'objectif de l'étude, réalisée à l'échelle des bassins versants de Boukombé au Bénin, était d'évaluer les pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols. A cet effet, un diagnostic participatif a été effectué auprès de 250 personnes choisies au hasard à l'aide d'un questionnaire structuré, une démarche descriptive, l'observation des pratiques agricoles et les sondages d'opinions. Les résultats ont montré que, les pratiques agricoles étaient : association de cultures (100%), système de rotation (70%), assolement (80%), monoculture (66%) et jachère cultivée (100%). Le billonnage cloisonné (100%), le buttage (92%), le collecteur d'eau (91%), les billons parallèles à la pente (90%), les engrais minéraux (67%), les cordons pierreux (66%) et les dispositifs en nids d'abeilles (60%) constituaient les techniques endogènes et techniques exogènes les plus adoptées. Pour améliorer les conditions environnementales, les producteurs et l'État ont fait des efforts de restauration et de protection des sols, par l'aménagement des terres exposées aux processus d'érosion hydrique. Afin de valoriser la kyrielle de pratiques et de techniques visant la sauvegarde des ressources hydriques et en sol, la recherche était centrée sur les espaces cultivés.

## ABSTRACT

In Benin, some watersheds present serious environmental problems, manifested in soil erosion, reduction in water quality and quantity, loss of biological diversity and lack of development. The aim of the study, carried out in the Boukombé watersheds in Benin was to assess the agricultural practices and techniques for water and soil conservation. A participatory diagnosis, realized with 250 people chosen at random, and interviewed using a structured questionnaire, a descriptive approach, observation of agricultural practices and surveys of 'opinions.. The results showed that the agricultural practices were: combination of crops (100%), rotation system (70%), rotation (80%), monoculture (66%) and cultivated fallow (100%). Partitioned ridging (100%), ridging (92%), the water collector (91%), ridges parallel to the slope (90%), mineral fertilizers (67%), stone bunds (66 %) and honeycomb devices (60%) were the endogenous techniques and most widely adopted exogenous techniques. To improve environmental conditions, the farmers and the State have made efforts to restore and protect soils, by developing land exposed to water erosion processes. In order to promote the myriad of practices and techniques aimed at saving water and soil resources, the research was focused on cultivated areas.

## 2. INTRODUCTION

L'exploitation forestière, l'accroissement des activités pastorales, l'augmentation des superficies agricoles, modifient les états de surfaces au profit de l'érosion hydrique. Ce processus, très menaçant et fréquent caractérise les mutations environnementales observées des versants. Il s'agit de la menace la plus redoutée et la plus répandue dans la dynamique environnementale des versants (Rodríguez-Juan et al, 2015). Selon (Roose, 1994 ; Conedera *et al.*, 2010), les écosystèmes qui maintiennent et améliorent la fertilité des sols des milieux tropicaux sont les forêts et savanes épargnés par les feux de végétation et les activités agropastorales. Mais leur utilisation à des fins culturelles s'accompagne de leur dégradation. Face à cette tendance lourde, de dégradation des composantes environnementales dans les bassins versants, les producteurs font preuve d'innovation en adoptant des pratiques et techniques plus durable. (Laouina, 2010). La méthode la plus répandue est la mise en œuvre des nombreuses techniques de conservation des eaux et des sols qui correspondent à l'ensemble des pratiques mécaniques, biologiques, culturelles et agronomiques, ainsi que des structures préconisées par les populations locales ou par l'État pour améliorer la gestion des ressources naturelles (El Abassi, 2000). Dans les milieux montagnards à conditions climatiques semi-aride, les pratiques des producteurs ont pour objectif d'intercepter et d'infiltrer l'eau atmosphérique, ce qui permet de limiter l'érosion des sols et d'étendre des terres cultivables (Tribak, 2002). Au Bénin, les bassins versants de Boukombé présentent de sérieux problèmes environnementaux, qui se manifestent par l'érosion des sols, la diminution de la qualité et de la quantité des eaux, la perte

de la diversité biologique et la dégradation des terres dues aux pratiques agricoles. En effet, l'agriculture devient graduellement minière et provoque la dégradation quasi irréversible des terres et des écosystèmes (Floquet et Mongbo, 1998). La plupart des systèmes de cultures utilisés aboutissent à la dégradation des sols (Baco *et al.*, 2012). C'est pourquoi, Laouina (2010) estime que, les facteurs qui sont à l'origine de cette situation sont amplement connus : un couvert végétal très dégradé, des roches tendres, une topographie largement pentue, des sols peu épais ainsi que l'agressivité des pluies et des vents. A cela s'ajoute la forte pression humaine avec la pratique continue de l'agriculture et de l'élevage qui provoquent un épuisement des ressources en eau et en sol. La dégradation des terres et l'épuisement des ressources naturelles caractérisent la plupart des espaces de montagne. Ces techniques développées depuis des siècles sont des adaptations des producteurs à la nature des sols, au relief et surtout au système foncier qui oblige les hommes à travailler sur les sols à pentes très fortes et parfois longues des montagnes (Kombienou, 2010). Les producteurs de Boukombé au Nord-Ouest du Bénin, ont recours aux méthodes et pratiques agricoles concourant à cette transformation qui varie selon les localités. (Kombienou *et al.*, 2017). L'objectif de l'étude était, d'évaluer les pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols au niveau des bassins versants de la commune de Boukombé au Bénin. Ce travail met en exergue l'implication des différents acteurs dans la conservation des eaux et des sols, ainsi que la mise en œuvre des techniques, soit par les producteurs, soit par les services compétents de l'État.

## 3 MATERIEL ET METHODES

**3.1 Milieu d'étude :** L'étude a été réalisée dans 05 villages de la commune de Boukombé au Nord-Ouest du département de l'Atacora au Bénin que sont : KoumagouA, KoumagouB, Okouaro, Koukouatiengou et

Koussoukouingou (figure1). La commune est située entre 10° et 10°40' de latitude Nord et 0°75' et 1°30' de Longitude Est. Elle regroupe les traits physiques et socio-économiques du nord-ouest béninois montagneux. Le relief y est très accidenté et dominé par les montagnes. Le

bassin-versant, comme l'ensemble de la région est caractérisé par une dégradation des ressources généralisées, due aux conditions physiques et à la pression anthropique dont souffrent ces espaces. Sur le plan climatique, cet espace appartient au type de climat soudanien, caractérisé par une saison pluvieuse allant d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à

mars. L'économie locale est basée sur l'agriculture, l'élevage et l'artisanat. Une diversité de groupes socioculturels y est rencontrée dont les plus majoritaires sont les Bètammaribè, les Bèbèribè et les Lamba. L'effectif de cette population est de 83.147habitants avec un accroissement de 2,86 % (INSAE,2013).

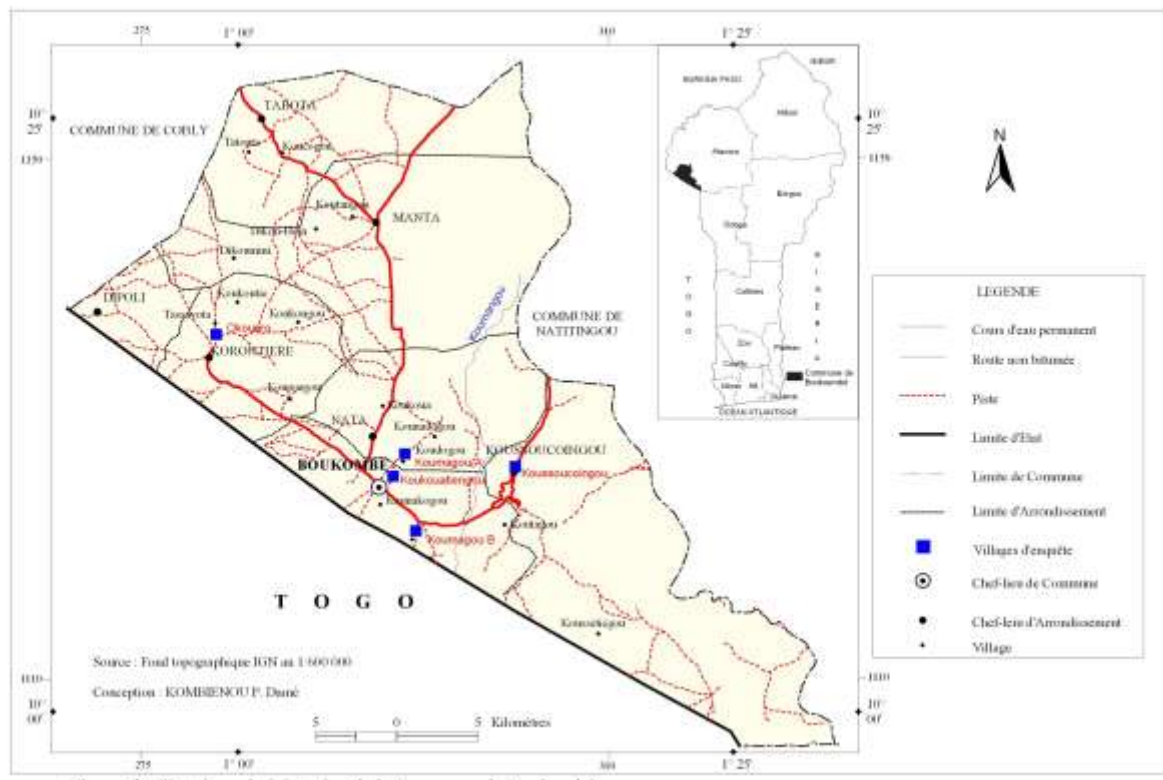


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude

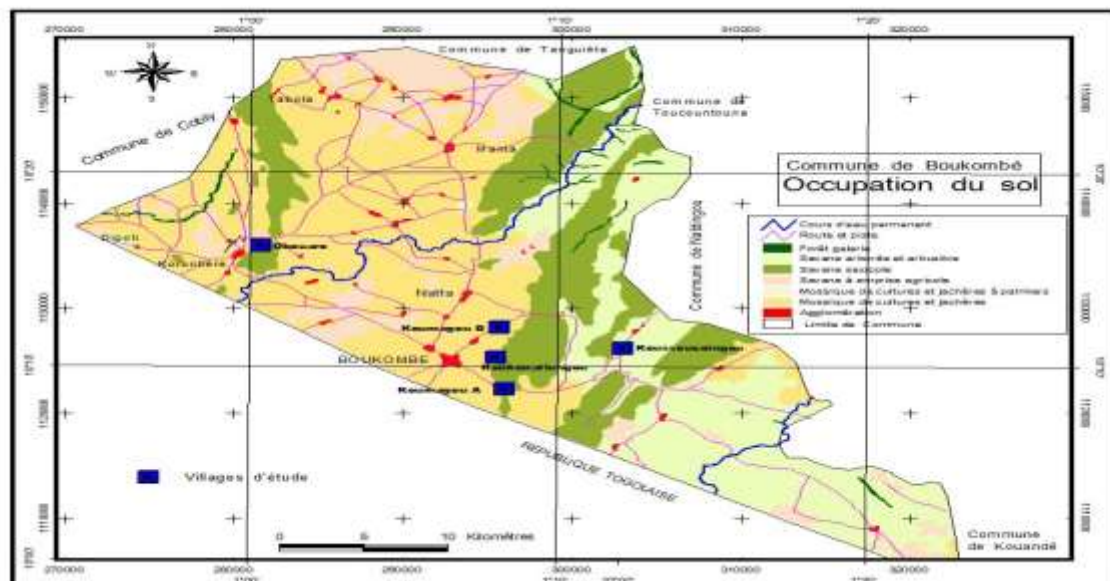
**3.2 Relief et sols :** La commune de Boukembé se présente comme une vaste pénéplaine reposant en grande partie sur les séries de Kantè-Boukembé et bordée à l'Ouest par celle du Buem. Les reliefs sont orientés Nord-Sud à l'Est au niveau du dernier maillon de la chaîne de l'Atacora. Avec 700 mètres d'altitude en moyenne, cette chaîne dont le sommet se situe à Boukembé (835 m), représente le château d'eau d'où coulent les grands fleuves du Bénin (Ouémé, Mono, Mékrou et Pendjari) et du Togo (Oti, Kérou ou Kouamongou, etc.) (Koussey, 1977). Le relief de Boukembé escarpé est dû à la chaîne de

l'Atacora. C'est ce qui explique que les contraintes naturelles soient liées à : l'enclavement dû à l'orographie ; la faible disponibilité en eau et l'exigüité des sols cultivables doublée de leur très forte dégradation.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont en général rencontrés. On en distingue 4 grandes classes (figure 2) : les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols hydromorphes dans les bas-fonds. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les plus dominants sont caractérisés par une faible teneur en matière organique, une texture

sableuse, une structure à tendance particulière et sensible à l'érosion (Dagbenonbakin et al. (2003), (Azontondé *et al.* (2010)). De grands bas-fonds existent dans la zone-Ouest Korontière, Ouest – Manta, Ouest-Tabota ; en dehors d'eux existent beaucoup de tous petits bas-fonds souvent cultivés par les femmes (riziculture) (Willaine, 1956). Ce sont les espaces les plus représentatifs qui permettent d'aborder la véritable problématique de la dégradation des terres, où les pratiques et les techniques agricoles sont décisives pour traiter les phénomènes de la

dégradation. Les sols ont une épaisseur très réduite et sont peu fertiles. Ce sont souvent des formations superficielles sous forme d'altérites ayant légèrement subi une pédogenèse in situ, sous des ambiances paléo-climatiques plus favorables que le climat actuel. La roche mère de ces couvertures pédologiques est généralement constituée de couches sédimentaires de dolomies et de calcaires biodétritiques (Dagbenonbakin *et al.* (2003), (Azontondé *et al.* (2010) (fig.2).



**Figure 2 :** Occupation des sols des bassins versants de la Commune de Boukombé

### 3.3 Matériel

**3.3.1 Outils de collecte des données :** Les outils de collecte des données ci-après ont été utilisés : un carnet de note ; des porte-fiches ; un crayon ; un stylo à bille ; un appareil photo ; un récepteur GPS Garmin ; un questionnaire et un guide d'entretien.

**3.3.2 Méthodes :** La méthode utilisée s'inscrit dans une démarche descriptive et explicative. Elle est basée sur l'exploration et l'observation sur le terrain des techniques et/ou des pratiques de conservation des eaux et des sols rencontrés dans la zone d'étude. Tenant compte que les terres cultivées sont plus exposées aux processus

d'érosion hydrique, la recherche s'est focalisée sur ces espaces.

La phase préparatoire a consisté à recueillir à l'aide d'un GPS, les coordonnées géographiques des points qui constituent les limites territoriales de la zone d'étude. La constitution de l'échantillon a nécessité la mobilisation des approches d'évaluation d'impact. L'évaluation de l'incidence de ces technologies exogènes a été faite à l'aide des approches expérimentales aléatoires) (Da, 2008).

**3.3.2.1 Techniques de collecte des données :** Les techniques utilisées ont été les suivantes : le diagnostic participatif au niveau village; les sondages d'opinions par tranches



d'âges variant de 15-70 ans et supérieur à 70 ans, en raison de ce que GERED (1993) a défini dans la zone d'étude, l'actif agricole comme étant un individu d'âge compris entre 6 et 60 ans s'occupant d'une au moins des activités agricoles. Les entretiens informels et semi-structurés ayant pour base N=250 agriculteurs ou chefs d'exploitations avec ni=50 producteurs par village. La taille de l'échantillon enquêté a été obtenue grâce à l'approximation normale de la distribution binomiale proposée par (Dagnelie, 1998) :  $n = ((U_{1-\alpha/2})^2 \times p(1-p)) / d^2$ , avec  $U_{1-\alpha/2}$  la valeur de la variable aléatoire normale pour la valeur de probabilité de  $1-\alpha/2$ ,  $\alpha$  étant le risque d'erreur. Pour  $\alpha = 5\%$ , la probabilité  $1-\alpha/2 = 0,975$  et on a  $U_{1-\alpha/2} = 1,96$ .  $p$  est la proportion de producteurs qui s'adonnent aux pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols dans les bassins versants de Boukombé avec une marge d'erreur ( $d$ ) estimée à 5%. La valeur de  $p$  est déterminée suite à une phase exploratoire au début de l'enquête. Au total, 250 producteurs ou chefs d'exploitations ont été choisis au hasard à raison de 50 producteurs par village et de 5 villages dans la commune. Les unités de recherche qui sont les exploitations bénéficiaires de l'étude ont été choisies aussi au hasard. Aussi les rapports du Centre Régional pour la Production Agricole (CeRPA)-Atacora/Donga des années 1990 à 2019 ont-ils été exploités. Ces techniques pouvaient être classifiées facilement selon les pratiques traditionnelles des agriculteurs au niveau de la parcelle, ainsi que les techniques introduites par certaines structures étatiques dans un niveau plus étendu, à l'échelle des bassins versants. Dans chaque groupe, les différentes techniques ont été classifiées sur la base de son extension. Les différentes techniques de Gestion et Conservation des Eaux et des Sols (GCES) pratiquées par les producteurs étaient développées dans le but de gérer l'eau pluviale et aussi d'empêcher la perte en sol provoquée par un ruissellement linéaire et incisé. Les informations collectées auprès des différents groupes socio-professionnels portent sur les activités agricoles, les valeurs socio-économiques des spéculations agricoles, les

perceptions paysannes sur des pratiques et techniques agricoles adaptées (naturelles et culturelles) suivantes : les causes culturelles et naturelles de la dégradation des sols, leurs manifestations, les superficies cultivées en général et celles occupées par chaque culture en particulier, les stratégies de conservation des eaux et des sols utilisées, leur origine et objectifs selon les producteurs, la production des principales cultures obtenues et à l'utilisation de chaque type de stratégies. Dix focus groups à raison de deux par village ont été organisés au cours de la phase exploratoire dans la commune pour recenser les principales perceptions relatives aux causes et les manifestations de la dégradation des sols ainsi que les différentes stratégies utilisées pour les conserver. Au total, les trois types d'entretiens conduits sont les suivants :

**3.3.2.2 Entretiens informels :** Non structurés, ouverts, accordant une marge de manœuvre à l'enquête, ce type d'entretien a été surtout privilégié lors des enquêtes sur l'historique de l'occupation des terres sur les bassins versants, les données relatives aux groupes socioculturels et les relations qu'ils entretiennent, la description des pratiques et des processus, le recoupement des informations, la typologie selon le niveau de prospérité, etc. Les entretiens informels non structurés ont permis de recueillir la superficie allouée à chaque culture, les différents coûts des variables liés à la production de chacune et à l'utilisation de chaque type de stratégies. Ils ont été réalisés avec différents acteurs et représentants de groupes socioculturels rencontrés sur le terrain tels que les personnes ressources, les producteurs, les ONG, les chefs traditionnels, les décideurs politiques locaux, etc. Les prises de notes ou des enregistrements audio ont été faits au fur et à mesure des entretiens.

**3.3.2.3 Entretiens semi-structurés :** Les entretiens semi-structurés ont été réalisés avec un guide d'entretien conduit auprès de 250 exploitants agricoles. Les questions posées étaient à la fois ouvertes et fermées et concernaient surtout le niveau d'adaptation des techniques, l'historique d'occupation des terres et la fréquence des paramètres.

**3.3.2.4 Entretiens de groupes :** Plusieurs entretiens ont été conduits avec des petits groupes dans le village avec un effectif variant entre 10 et 15 personnes, afin de comprendre, au niveau local, les stratégies locales de gestion, de conservation des eaux et des sols et de l'utilisation des terroirs.

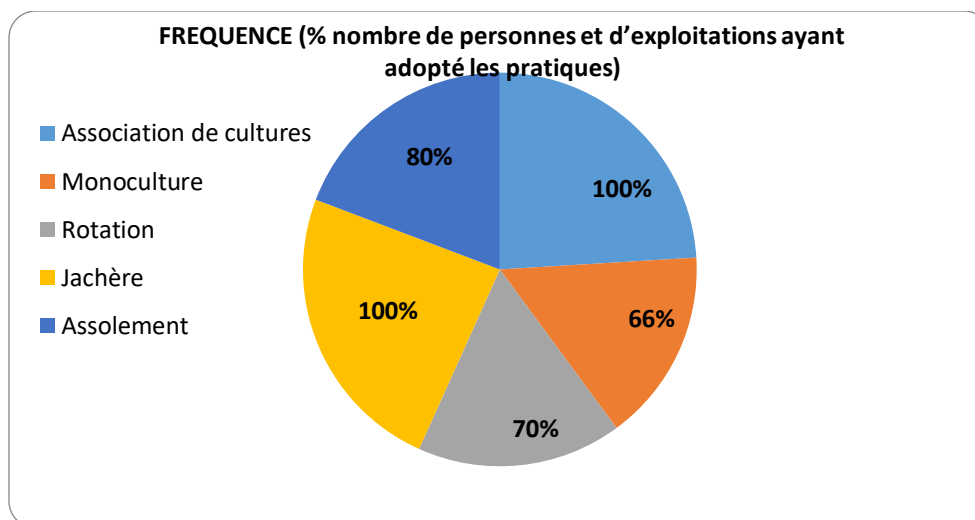
**3.3.3 Diagnostic :** Sur le terrain, le diagnostic s'est déroulé en deux phases : une première phase qui a consisté à explorer et réaliser la typologie des exploitations agricoles relative à la gestion de la fertilité des sols, l'adoption des pratiques culturales et les techniques de conservation des eaux et des sols. Une seconde

phase d'enquêtes complémentaires a été exécutée entre 2019 et 2021 sur les caractéristiques des exploitations types selon les classes d'âges. Cette typologie des exploitations, réalisée lors des réunions villageoises au cours desquelles des focus group ont été subdivisés en trois (03) classes selon les pratiques agricoles. Les enquêtes complémentaires ont été effectuées auprès d'exploitants représentatifs des trois (03) classes. Ainsi, des informations quantitatives sur les cultures, l'élevage, les pratiques de conservation et de restauration des sols ont été collectées.

## 4 RESULTATS

**4.1 Pratiques agricoles dans les bassins versants de Boukombé :** L'analyse de la figure 3 a montré les différentes pratiques agricoles utilisées dans le milieu. Soixante-sept pour cent des producteurs de Boukombé pratiquaient l'association des cultures, la jachère cultivée sous fonio et les assolements dans leurs agrosystèmes. Cependant, seulement 32, 69 % des exploitations pratiquaient la rotation et la monoculture de la culture du fonio, du coton et le riz du fait de leurs exigences technologiques.

Globalement, dans la commune de Boukombé les associations de cultures se résument comme suit : sorgho-mil et céréales – niébé dans toutes les exploitations. Toutefois, le fait qu'aucun système n'est pratiqué à moins de 50 % des producteurs explique leur importance dans le milieu. Il n'existe presque plus de terres en friche ces dernières années en raison de leur pénurie. Les superficies pratiquées sont très réduites de l'ordre de 1/8 à un hectare au maximum pour des raisons sus-évoquées.



**Figure 3 :** Différentes pratiques agricoles dans les agro-systèmes à Boukombé

**4.2. Techniques de conservation des eaux et des sols à Boukombé :** Dans les bassins versants de la commune de Boukombé, deux

techniques de conservation des eaux et des sols en cours ont été observées à savoir : les

techniques endogènes ou traditionnelles et les techniques exogènes ou introduites.

**4.2.1 Techniques endogènes:** L'analyse des résultats du terrain a montré que les actions entreprises dans les bassins versants de Boukombé visant la gestion et la conservation des eaux et des sols (GCES) étaient nombreuses et diversifiées. L'analyse de la figure 4 a révélé que, 10 techniques endogènes étaient en cours dans les agrosystèmes de Boukombé. En outre, la pratique arboricole la plus répandue sur les

versants pentus dans la zone d'étude, était l'installation des petites cuvettes autour des arbres en forme de demi-lune ou bien en cercle, avec la finalité de retenir l'eau provenant de l'amont pour faciliter l'infiltration au profit des racines (fig4). En complément à cette technique, les producteurs construisaient aussi de petites digues et des canaux pour redistribuer l'eau et diminuer l'énergie du ruissellement sur les pentes (figure 4).



**a) Billons en essaim d'abeilles**

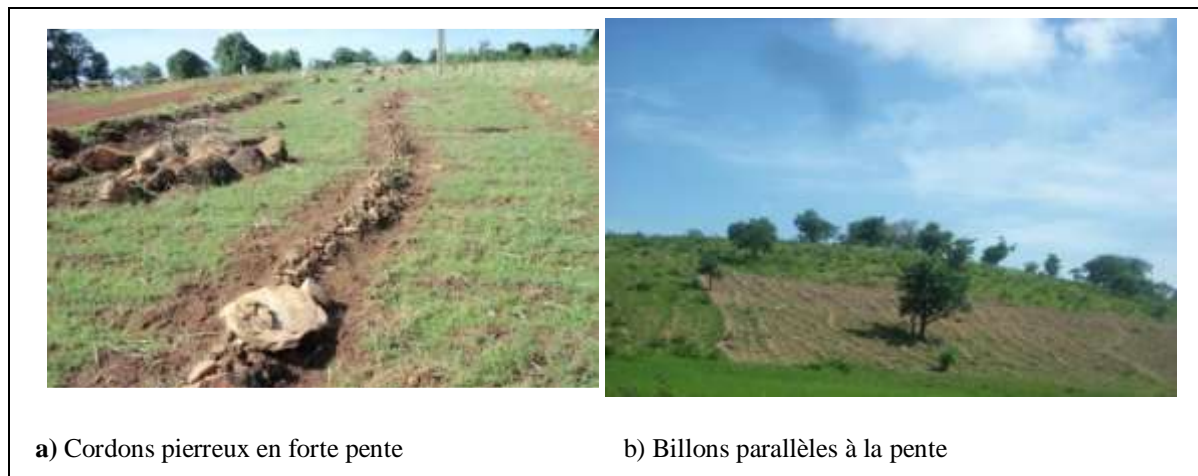


**b) Billons en demi-lunes autour des arbres dans un champ avant les semis**

**Figure 4 :** Billons en essaim d'abeilles (a) et en demi-lunes autour des arbres dans un champ avant les semis (b) au niveau des bassins versants de Boukombé (Koumagou A)

L'analyse de la figure 5 a montré que, sur les parcelles cultivées de petites tailles et sur des pentes faibles, il a été développé des petits cordons en terre ou billons pour ralentir le ruissellement et faciliter également l'infiltration. L'utilisation des techniques en pierres dans les terres en culture ne se limitait pas aux terrasses, donc les producteurs construisaient des cordons et cordonnets en pierres sèches suivant les courbes de niveau (fig.5). Ils permettaient à la fois de réduire le ruissellement et sa vitesse, d'améliorer la captation des eaux dans le sol et de piéger les particules fines du sol qui étaient mobilisées depuis l'amont des versants par

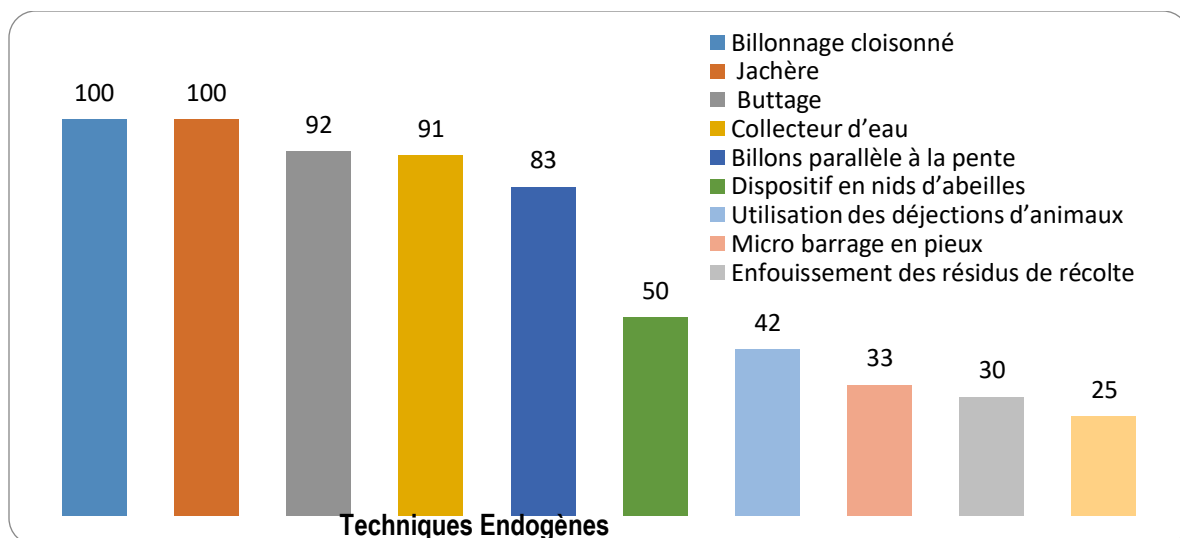
l'érosion hydrique. Ces obstacles étaient construits et adaptés aux pentes fortes en utilisant les blocs collectés par l'épierrement des parcelles. En fait, la forte pierrosité gênait les travaux de labour, mais favorisait néanmoins l'infiltration et diminuait l'érosion pluviale due à l'effet de splash. Par ailleurs, les producteurs développaient d'autres pratiques culturelles moins visibles et non généralisées, mais très importantes à l'échelle de la parcelle. Les plus remarquables étaient des bandes enherbées, des haies vives, des rideaux de roseaux, le labour parallèle aux courbes de niveau et la correction des ravines par des diguettes en pierres.



**Figure 5 :** Cordons pierreux forte pente (a) et Billons parallèles à la pente (b) à Boukombé (Koukouatiengou)

L'analyse de la figure 6 a révélé que, 10 techniques endogènes étaient en cours dans le milieu. Les producteurs ont adopté 69,20% des ouvrages de conservation des sols et la restauration de leur fertilité (billonnage cloisonné, jachère, déjections d'animaux, enfouissement des débris, buttage et billons cloisonnés) et 30,80% des ouvrages de

conservation des eaux et la lutte antiérosive (micros barrages en pieux, dispositif en nid d'abeilles, haies de pourghère et collecteurs d'eau dans le milieu). Toutefois, l'utilisation des déjections d'animaux, les micros barrages en pieux, l'enfouissement des débris et les haies de Pourghère étaient adoptées par moins de 50% des producteurs dans l'ensemble.



**Figure 6 :** Fréquence des enquêtés utilisant des techniques agricoles endogènes

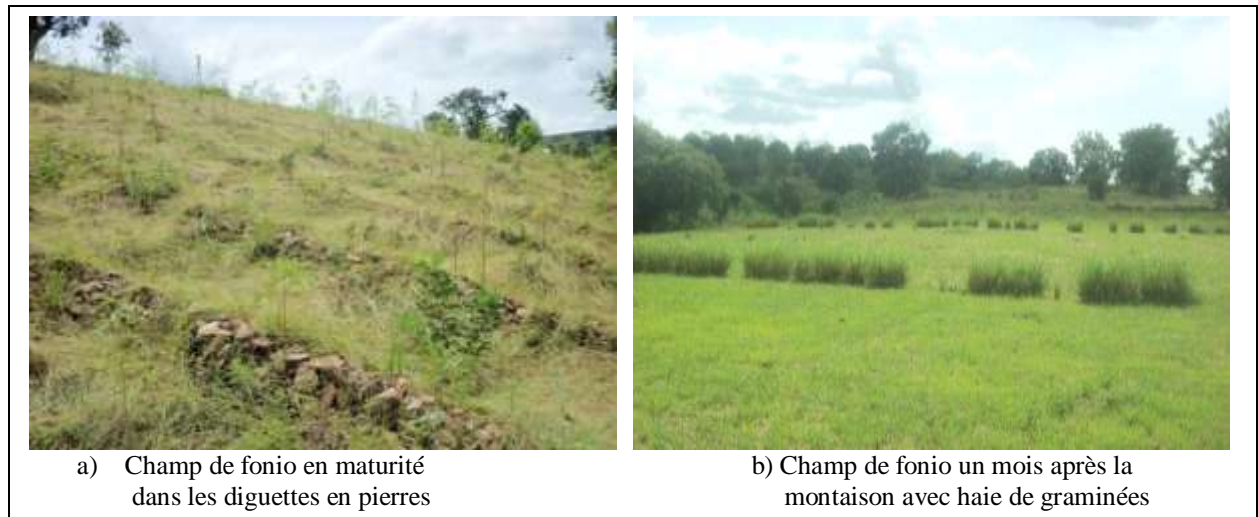
**4.2.2 Techniques exogènes :** Conscient des graves problèmes d'érosion générés dans les zones agricoles marginales, L'Etat avait entrepris plusieurs projets visant à réduire ces contraintes dans les bassins versants de Boukombé, à travers

des techniques plus coûteuses que les pratiques menées par les producteurs. Parmi les techniques qui ont été observées au niveau du versant et entreprises en majorité par les services de l'administration du secteur agricole et des



Eaux et Forêts, les plus importantes étaient (fig.7) : le reboisement en amont des terres en cultures pour réduire le ruissellement, consolider les sols et améliorer l'infiltration de l'eau ; la construction des banquettes de haies de graminées, accompagnés principalement de reboisements par des espèces fruitières ; le

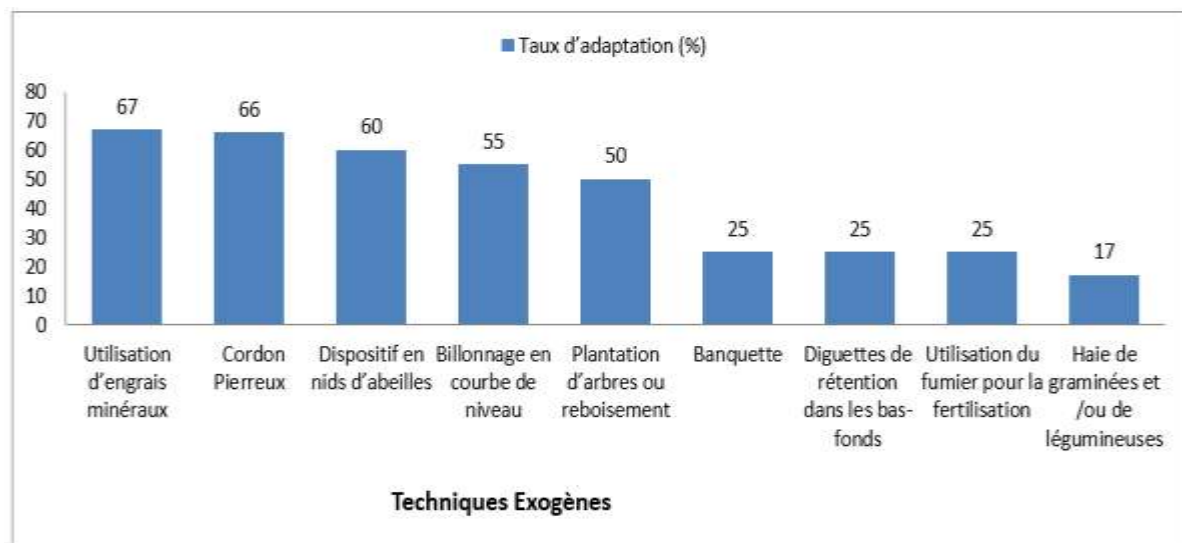
traitement des ravines à travers la préservation de la végétation naturelle ou la plantation d'espèces qui facilitent la stabilisation de berges ou même des fonds des ravins dans le but d'éviter l'élargissement du lit et le recul de la tête du ravin par érosion régressive (fig.7)



**Figure 7 :** Champs de fonio à gauche en maturité dans les diguettes en pierres (a) et à droite un mois après la montaison avec haie de graminées (b) à Boukombé (Koumagou B).

L'analyse de la figure 8 a montré que, 9 techniques introduites ou exogènes étaient en vogue à Boukombé. Les producteurs ont adopté 71,79% des ouvrages de conservation des sols (plantations d'arbres, cordons pierreux, haies de graminées, utilisation du fumier, engrais minéraux et le billonnage suivant les courbes de niveau) et 28,21% des ouvrages de conservation des eaux (banquettes, diguettes, dispositif en nid

d'abeilles). Ce résultat semblait contredire la réalité au regard du niveau de déforestation dans le milieu. Il a été certainement dû au fait que beaucoup de producteurs connaissaient l'importance des plantations d'arbres, mais ne les réalisaient pas. Ce résultat semblait contredire la réalité, vu le niveau de déforestation dans le milieu.



**Figure 8 :** Fréquence des enquêtés utilisant des techniques agricoles exogènes

## 5 DISCUSSION

**5.1 Pratiques agricoles de conservation des eaux et des sols :** L'étude réalisée dans les bassins versants de Boukombé sur les pratiques agricoles de conservation des eaux et des sols permet de remarquer que 67,31% des producteurs de Boukombé pratiquent l'association des cultures, la jachère cultivée sous fonio et les assolements dans leurs exploitations. Cependant, 32,69 % des exploitations pratiquent la rotation et la monoculture en ce qui concerne surtout la culture du fonio, du coton et le riz du fait de leurs exigences technologiques. Dans cette commune, les associations de cultures portent notamment sur sorgho-mil et céréales – niébé dans toutes les exploitations. Toutefois, du fait qu'aucun système n'est pratiqué à moins de 50 % des producteurs explique leur importance dans le milieu. Parmi les contraintes identifiées, l'érosion hydrique est l'une des majeures responsables de la baisse de la productivité des sols et du rendement des cultures. Elle induit une carence des sols en éléments nutritifs, affectant ainsi leur productivité du sol et le rendement des cultures. Selon Wijesundara *et al.* (2018), l'érosion est responsable de 17% de perte de productivité agricole. Si le taux d'érosion étant estimé à 75 milliards de t/an (GSP, 2017 ; Moges et Bhat, 2017) demeure constant, les pertes de rendement des cultures atteindront 10% d'ici à

2050. En effet, l'érosion hydrique des sols est un phénomène naturel résultant de la dégradation des couches superficielles de la couverture pédologique et du déplacement des matériaux les constituant sous l'action de l'eau de pluie (Antoni *et al.*, 2006). En outre, l'érosion hydrique désigne le processus de détachement et de transport de particules solides par l'eau. (Le Bissonnais *et al.*, 2002). Elle est générée sous les conditions suivantes : forte érosivité de pluies, érodibilité élevée du sol, fortes pentes et longues, faible couverture végétale du sol et forte pression anthropique.

**5.2. Techniques de conservation des eaux et des sols à Boukombé :** La Conservation des Eaux et des Sols (CES) est un ensemble de stratégies dynamiques et innovantes de protection des sols contre l'érosion et d'autres dégradations, destinées à maintenir la fertilité et la productivité du sol et à favoriser une meilleure infiltration des eaux au détriment des ruissellements (Rapport OmiDeta ANE GIRE-PSE, 2019). Les explorations conduites sur le terrain par le biais d'enquêtes auprès de plusieurs producteurs qui font eux-mêmes les pratiques conservatoires. La classification des techniques est inspirée de l'approche de Al Karkouri *et al.* (2002) qui fait la distinction entre les techniques développées par les agriculteurs et celles

introduites par l'administration de l'État. La population et l'activité économique de l'ensemble du bassin-versant sont fortement liées au système agropastoral (El Harradji, 2007). Les perceptions des producteurs enquêtés sont regroupées en les facteurs aussi bien anthropiques que naturels. Les facteurs naturels sont plus observés dans la zone à risque de certains villages dans la commune de Boukombé. Ce qui se justifie par l'état pentu et caillouteux des sols de ladite commune (Egah *et al.*, 2014). Cependant, plusieurs chercheurs ont montré que l'érosion des sols ces dernières années est accélérée par des facteurs anthropiques telles que les mauvaises pratiques culturales (Botticelli, 2010). Le labour et l'agriculture sur brûlis, en diminuant la teneur en matière organique du sol, diminuent également l'activité biologique du sol, ce qui entraîne la dégradation des bio-structures du sol et l'expose par conséquent à l'érosion hydrique. En outre, le labour perturbe l'habitat de beaucoup d'organismes telluriques, c'est le cas de certains champignons qui peuvent participer à la stabilisation de la structure du sol par le réseau d'hyphes qu'ils développent (Beard *et al.*, 1997). Capowiez *et al.* (2009b) ont mis en évidence les effets bénéfiques de l'augmentation de la teneur en matière organique sur l'activité lombricienne, qui à son tour améliore certaines propriétés physiques et hydriques du sol comme la structure, la porosité et la perméabilité. De plus, Boukong (2000) a démontré que le labour réalisé dans le sens de la pente favorise considérablement l'érosion de sol. En effet, l'érosion hydrique des sols est un phénomène mondial de dégradation des sols et une menace sérieuse pour la durabilité de l'agriculture (Zhang *et al.*, 2019). Environ 10 millions d'hectares de terres cultivées sont perdus chaque année dans le monde en raison de l'érosion des sols (Pimentel et Burgess, 2013). Les impacts de l'érosion hydrique sur les cultures sont à la fois directs et indirects. Les impacts directs désignent la destruction des cultures par les sols érodés. Par contre, les impacts indirects se caractérisent par la réduction de la profondeur

du sol et du potentiel d'enracinement, la réduction de la teneur en matière organique du sol et les éléments nutritifs du sol, les modifications des propriétés physiques du sol (Den Biggelaar *et al.*, 2001). La réduction de la profondeur du sol a un effet sur la capacité de stockage de l'eau dans le sol et l'épaisseur du sol susceptible d'être colonisée par les racines. Les sols peu profonds ont une faible capacité de stockage de l'eau, ce qui peut affecter négativement la croissance des cultures. Outre la faible capacité de rétention de l'eau, ces sols ont également une faible épaisseur de surface du sol exploitable par les racines. La diminution de la teneur en matière organique et éléments nutritifs engendrée par l'érosion de sol entraîne la réduction des rendements des cultures. La matière organique joue un rôle très important dans la rétention de l'eau (Chaplain *et al.*, 2011 ; Alletto *et al.*, 2010). De plus, elle sert de source de nourriture pour les plantes et les organismes du sol du fait qu'elle contient de grandes quantités d'azote et de phosphate (Quinton *et al.*, 2010). D'après ces mêmes auteurs, la perte de certaines quantités de matière organique et d'argile causée par l'érosion hydrique diminue donc la stabilité de ces agrégats, détériore la structure du sol, qui dès lors, devient un milieu de moins en moins favorable aux racines des plantes. Le sol en s'appauvrissant en argile et en matière organique diminue également sa capacité de rétention d'eau et d'éléments nutritifs. Par ailleurs, les cultures annuelles et les monocultures couvrent moins le sol, voire même le laissent nu pendant un certain temps (période avant la levée), ce qui expose le sol au splash et accroît le ruissellement de surface (Thierfelder *et al.*, 2005 ; Thierfelder ; Wall, 2009 et Rodríguez-Juan *et al.*, 2015). Il est évident qu'on ne peut parler des agro-systèmes sur la chaîne de l'Atacora sans mettre un accent sur les pratiques agricoles qui ont cours dans le milieu. Les associations de plantes cultivées visent à tirer la meilleure partie possible du milieu à l'exemple des associations comprenant des légumineuses qui permettent une meilleure nutrition azotée des autres plantes. En plus des associations de cultures, la diversité d'espèces cultivées

procurent diverses utilisations à l'échelle des Exploitations Agricoles (EA) à la fois pour l'autoconsommation, pour la vente procurant de revenus, pour l'autoproduction de semences ainsi que d'autres utilisations (Raharison *et al.*, 2017). L'association, Sorgho – niébé à port étalé permet de lutter contre les mauvaises herbes et améliore la qualité du sol. Par contre, l'association de certaines cultures présentent beaucoup d'inconvénients, c'est le cas des céréales–céréales ou tubercules – céréales qui augmentent la compétitivité entre les plantes de même famille, surtout sur des sols déjà très pauvres (Kombienou, 2010).

**5.2.1. Techniques endogènes (Pratiques traditionnelles ou paysannes) :** Les résultats de l'étude révèlent que 10 techniques endogènes sont en cours dans le milieu. Soixante-neuf pour cent des producteurs utilisent des ouvrages de conservation des sols et la restauration de leur fertilité et 30,80% des ouvrages de conservation des eaux et de lutte antiérosive dans le milieu. Toutefois, l'utilisation des déjections d'animaux sur les micros barrages en pieux, l'enfouissement des débris et les haies de pourghère sont pratiqués par moins de 50% des producteurs dans l'ensemble. En effet, toutes les sociétés rencontrent des problèmes de dégradation du milieu à travers divers types d'érosion et ont tenté d'y apporter des remèdes par des stratégies traditionnelles adaptées aux pressions foncières, en aménageant les eaux de surface pour améliorer la productivité des sols et stabiliser les versants (Roose E. et Barthès B., 2001).

Selon (Natta, 1999), la principale activité des Bètammari est la production agricole. La terre s'impose comme un moyen de production de richesse. Elle bénéficie d'un grand intérêt et de nombreux soins. Aussi, le paysan Otammari se donne-t-il à la terre avec enthousiasme. C'est toute une gamme de solutions qui a été développée localement par les producteurs eux-mêmes afin de faire face aux problèmes relatifs à l'appauvrissement des terres. Ces solutions semblent concernées plus la lutte antiérosive (LAE) que la restauration de la fertilité des sols (RFS). Les Bètammari et Waaba adaptent par ordre d'importance le billonnage cloisonné, le

buttage, le collecteur d'eau, les billons parallèles à la pente et le dispositif en nids d'abeilles pour la lutte antiérosive. Ils ont par ricochet adapté le billonnage en courbe de niveaux, les cordons pierreux et très peu la plantation d'arbres sur les sols des montagnes pour lutter contre l'érosion (Kombienou, 2010 ; Kombienou, 2016 ; Kombienou *et al.*, 2015 ; 2016 et 2018). Les pratiques culturales inappropriées dégradent les sols et les systèmes de culture sans amendement réduisent considérablement les teneurs en matière organique et de l'azote (Azontondé *et al.*, 1998 et Koundé, 1998). Ce qui empêche la régénération des arbres et arbustes, appauvrit le stock du sol en matières organiques et favorise l'érosion. De même, l'exploitation des flancs des montagnes en déterrants certaines pierres fait exposer le sol à l'érosion hydrique et éolienne (Kombienou, 2010). L'eau y ruisselle et érode les sols encore cultivables qui diminuent peu à peu. Aussi, les feux de végétation appauvrissent les sols en humus comme l'a prouvé une étude réalisée au Kenya pendant dix ans sur plusieurs parcelles (Ramade, 1991). La première parcelle protégée a présenté un taux d'accroissement de matière humique, contrairement aux autres parcelles, annuellement parcourues par les feux. La conséquence, le sol est mis à nu et exposé à l'action destructrice des gouttes de pluie et des eaux de ruissellement. Les sols sont privés d'une grande partie de la végétation pouvant leur fournir de la matière organique suite à leur décomposition. Quant à l'utilisation des fertilisants, qui sont des déjections d'animaux, du fumier, la nécessité de posséder du bétail limite considérablement la disponibilité des excréments. Ces techniques endogènes appropriées à la nature des terres des plaines de Boukombé permettent de lutter contre l'érosion des sols et de conserver ainsi ceux-ci. Kombienou *et al.* (2015) affirment que, pour ce qui est du buttage, son dispositif s'observe sur les terrains de pente faible. Ledit dispositif reste efficace toute la saison de culture. L'eau est piégée entre les sillons des buttes. Ces sillons forment des cuvettes lorsque les buttes sont juxtaposées. Les barrières réalisées sur un parcours d'eau ainsi que les canaux évoluant



dans le sens de la pente de la terre sont des techniques de conservation des sols en cours dans la chaîne de l'Atacora. Les micro-barrages en pieux protègent les sols contre la dégradation. La barrière du micro-barrage en pieux constitue un rideau filtrant qui laisse passer uniquement l'eau en réduisant sa force. L'ensemble du dispositif reste efficace durant une saison complète. Quant au dispositif des collecteurs d'eau, celui-ci a été toujours confectionné par les Bètammaribè pour éviter la destruction des cultures et par voie de conséquence du raclage des terres arables par les eaux provenant du tata. L'efficacité du collecteur d'eau réside dans le fait que les eaux provenant de la plateforme du tata sont dirigées vers le bassin où elles s'infiltreront (Kombienou, 2016). Si ce système d'exploitation est jusque-là possible, « la pression démographique et l'introduction des cultures commerciales comme le coton limitent son efficacité » (GERED-ONG, 1993).

**5.2.2. Techniques exogènes (techniques introduites ou adaptées) :** Les résultats de l'étude sur les pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols à Boukombé montrent que 9 techniques introduites ou exogènes sont en vogue dans le milieu. Les producteurs ont adopté 71, 79% des ouvrages de conservation des sols et 28,21% des ouvrages de conservation des eaux. Ce résultat semble contredire la réalité, vu le niveau de déforestation dans le milieu. Ceci est certainement dû au fait que beaucoup de producteurs connaissaient l'importance des plantations d'arbres par exemple, mais ne les réalisent pas. En effet, conscient des graves problèmes d'érosion générés dans les zones agricoles marginales, l'Etat avait entrepris plusieurs projets visant à réduire ces contraintes dans les bassins versants de Boukombé, à travers les techniques plus coûteuses que les pratiques menées par les producteurs. Parmi ces techniques qui ont été observées au niveau du versant et entreprises en majorité par les services de l'administration du secteur agricole et des Eaux et Forêts, les plus importantes sont: le reboisement en amont des terres en cultures pour réduire le ruissellement, consolider les sols et améliorer l'infiltration de

l'eau ; la construction des banquettes de haies de graminées, accompagnés principalement de reboisements par des espèces fruitières ; le traitement des ravines à travers la préservation de la végétation naturelle ou la plantation d'espèces qui facilitent la stabilisation de berges ou même des fonds des ravins dans le but d'éviter l'élargissement du lit et le recul de la tête du ravin par érosion régressive.

Du fait des pratiques agricoles et de la pression démographique, le sol, principal support de cette agriculture connaît des dégradations qui affectent sa fertilité (Natta, 1999). D'une manière générale, les techniques rencontrées sont inégalement réparties sur l'ensemble du territoire des villages d'étude. Une absence de certaines techniques au niveau du village Koussoukouingou est observée et elles sont plus concentrées sur les sites des villages de Koumagou A et Koumagou B. Cela s'explique par le fait que la zone de Koussoukouingou est très accidentée avec de faibles concentrations humaines. Par contre, la zone d'Okouaro est très peu accidentée, ce qui fait que les techniques de versants ne se sont pas retrouvées. La zone des villages de Koumagou A et Koumagou B comporte aussi bien des versants que des bas-fonds et est marquée par de nombreuses actions, tels que la réalisation de fosses fumières, l'emploi des engrais minéraux, le reboisement et les haies diverses » (Kombienou, 2010). Ces techniques sont peu efficaces contre le ruissellement dans les bassins versants. L'aménagement des versants est très sélectif et cible les zones de grande disponibilité de pierres. Les cordons de pierres et les dispositifs en nids d'abeilles sont péniblement mis en place pendant la période de labours sur une longue période au moyen d'outils dérisoires (houe, daba). Le dispositif en nids d'abeilles et le canal d'évacuation sont réputés efficaces. Les micro-barrages protègent les champs d'ignames installés dans les plateaux. Les haies de pourghères sont moins utilisées dans la lutte antiérosive que dans la délimitation des parcelles ou d'allées. Les essais de plantations forestières, fruitières et fourragères sont perturbés par la vaine pâture des résidus post-récoltes et les feux de végétation anarchiques. La

plantation forestière et/ou arbustive est très peu développée. Quelques cordons horizontaux sporadiques qui cloisonnent les lignes, amènent la formation de petits ressauts qui sont remblayés par des matériaux fins. Les jachères

sont très courtes (Kombienou, 2010). Ces stratégies sont reconnues de grande efficacité contre le ruissellement intensif et contribuent à améliorer la fertilité des sols.

## 6 CONCLUSION

L'étude des pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols dans les bassins versants de Boukombé au Bénin, permet de remarquer que l'érosion, la dégradation accélérée des terres, l'appauvrissement des sols ainsi que la pénurie des terres arables sous une forte pression démographique sans précédente sont les problèmes environnementaux majeurs, les plus évoqués. Les travaux d'observation sur le terrain, montrent que les techniques de gestion et de conservation des eaux et des sols (GCES) développées à Boukombé visent l'adaptation aux conditions locales très marginales où l'insuffisance des précipitations et l'action incessante des processus de dégradation limitent la durabilité de l'utilisation des ressources en eau et en sol. En outre, la sédentarisation d'une grande partie des producteurs peu instruits dans la région expliquent la faible extension de ces techniques par la faible maîtrise d'un savoir-faire ancestral qui favorise l'entretien et la mise en œuvre de ces pratiques. La plupart des

techniques adaptées est uniquement endogènes ou endogènes améliorées, à l'exception des engrais minéraux pour lesquels l'utilisation se justifie aisément par l'acuité du problème d'appauvrissement des sols et les retombées positives de cette technologie sur la production. Toutes les techniques endogènes en dehors de la jachère (rareté des terres cultivables) ne sont pas très contraignantes dans leurs applications. Celles peu adaptées sont majoritairement exogènes à cause des difficultés liées à leur mise en œuvre et à l'insuffisance des connaissances techniques et des moyens financiers. Aussi les pratiques agricoles de manière générale mises en œuvre par les agriculteurs de Boukombé ont-elles atténué l'érodibilité des sols, malgré la persistance et l'application de certaines pratiques inappropriées dénoncées pour leurs effets d'amplification sur l'érodibilité du sol. En somme, les techniques adaptées par les producteurs luttent plus contre l'érosion que la restauration de la fertilité des sols.

## 7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdullahi A. 2018. Erosion Effect on Soil Physical Properties in Selected Farmlands in Gidan Kwano, Niger State. *Journal of Horticulture and Plant Research* 2, 10–22. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/JHPR.2.10>.
- Akissoé N, Hounhouigan DJ, Bricas N, Vernier P, Nago MC, Olorunda OA. 2001. Physical, chemical and sensory evaluation of dried yam (*Dioscorea rotundata*) tubers, flour and amala, a flour driven product. *Tropical science*, 41 (3) 151-155
- Alletto L, Coquet Y, Roger-Estrade J. 2010. Two-dimensional spatial variation of soil physical properties in two tillage systems: Variation of soil physical properties in two tillage systems. *Soil Use and Management* 26, 432–444. <https://doi.org/10.1111/j.14752743.2010.00295.x>
- Al Karkouri J, Watfeh A, Aderghal M. 2002. « Techniques de conservation de l'eau et des sols dans une zone semi-aride méditerranéenne du Rif central (Vallée de Béni Boufrah) ». *Bulletin Réseau Erosion*, 21, pp. 56-80.
- Antoni V, Bissonnais YL, Thorette J, Zaidi N, Laroche B, Barthes S, Daroussin J. 2006. Modélisation de l'aléa érosif des sols en contexte méditerranéen à l'aide d'un Référentiel Régional Pédologique au

- 1/250 000 et confrontation aux enjeux locaux. Etude et Gestion des Sols, 22p.
- Azontondé A. 1993. Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferralitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. *La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES, Cahier ORSTOM Pédol.*, 28, 2 : 217-226.
- Azontondé HA, Feller C, Ganry F, Remy JC. 1998. Le Mucuna et la restauration des propriétés d'un sol ferralitique au sud du Bénin. Agriculture et Développement n°18, CIRAD- Montpellier, France, 14-21.
- Baco MN, Akponikpé PI, Sokpon N, Fatondji D. 2012 : Promouvoir les agricultures fragiles par la gestion intégrée des eaux et sols dans les agro-systèmes du nord Bénin. Integrated Soil Fertility Management in Africa : from Microbes to Markets ; 22-26 octobre 2012 ; Nairobi, Kenya ; 122 p.
- Baize D. 2000 : Guide des analyses en pédologie, 2<sup>e</sup> édition revue, choix expression – présentation – interprétation, institut national de la recherche Agronomique, 147, Rue de l'Université, Paris, CEDEX 07France, pp 38-120.
- Beard John L, Connor James R, Pinero Domingo J, Erikson Keith M. 1997. Regional Brain Iron, Ferretting and Transferring Concentrations during Iron Deficiency and Iron Repletion in Developing Rats. *The Journal of Nutrition*, Volume 127, Issue 10, October 1997, Pages 2030–2038, <https://doi.org/10.1093/jn/127.10.2030>.
- Boli Z, Roose E, Bepaziem B, Sanon K, Waechter F. 1993. Effets des techniques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production de coton et maïs sur un sol ferrugineux tropical sableux du Nord Cameroun (M'bissiri, 1991-1992), Cah Orstom SérPédol ; 28 : 309-26.
- Botticelli N. 2010. Evolution de la structure et de la perméabilité d'un sol en contexte de non labour associé à l'apport d'effluent d'élevage : rôle de l'activité lombricienne. Thèse doctorale.165 p.
- Boukong A. 2000. Influence des pratiques culturales sur la perte en terre, le ruissellement et le rendement de maïs sur un oxisol des hauts plateaux de l'Ouest Cameroun. Bull. Réseau Erosion, N°20, IRD, GTZ, BP 5035, Montpellier, 34032, France. Pp. 388-398.
- Capowiez Y, Cadoux S, Bouchant P, Ruy S, Roger-Estrade J, Richard G, Boizard H. 2009b. The effet of tillage type and coping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. Soil and Tillage Research 105, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.002>.
- Chaplain V, Defossez P, Richard G, Tessier D, Roger-estrade J. 2011. Contraste effets of no-till on bull densité of soil and mécanisa resistance. Soil and Tillage Research 111, 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.08.015>.
- Chenu C, Le Bissonais Y, Arrouay SD. 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. Soil Sci Soc Am J 64: 1479-86
- Conedera M, Bomio N, Bomio P, Sciacca S, Grandi L, Boureima A, Vettraino AM. 2010. Reconstitution des écosystèmes dégradés sahéliens. Bois et Forêts des Tropiques, 304: 61-71.
- Dagbenonbakin G., Sokpon N., Igué M., Ouinsavi C. 2003. Aptitudes des sols et leur répartition au Bénin : état des lieux et perspectives d'aménagement à l'horizon 2025. Etude n°12, Rapport final
- Da DCE. 2008 : Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso. Les Cahiers d'Outre-Mer ; n° 241-242, 99-110.
- Dagnelie P. (1998), Statistique théorique et appliquée. Tome 2 : Inférences

- statistiques à une et deux dimensions. De Boeck et Larcier, Paris-Bruxelles, France Belgique. 659 p.
- Den Biggelaar C, Lal R, Wiebe K, Breneman V. 2001. Impact of soil erosion on crop yields in North America, in : *Advances in Agronomy*. Elsevier, pp. 1–52. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)72010-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)72010-X)
- Egah J, Baco MN, Lokossou RS, Moutouama FT, Akponikpé PBI, Fatondji D, Djenontin AJ, Tossou C, Sokpon N. 2014. Incidence économique des techniques exogènes de conservation de l'eau et des sols au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro 75 – Juin 2014* BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099
- El Harradji A. 2007. « Activités agropastorales et gestion conservatoire des eaux et des sols au NW des Hauts Plateaux du Maroc Oriental ». Dans *GCES au Maroc*, Public. Fac. Let. Sc. Hum. Rabat, pp. 83-102.
- El Abassi H. 2000. « Le savoir-faire des populations locales et gestion des eaux et des sols dans une moyenne montagne méditerranéenne semi-aride. Rif oriental (Maroc) ». *Bulletin Réseau Erosion*, 20, pp. 399-428.
- Faure P. 1977 : Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000ème, Feuille de Natitingou (06), Notice explicative N° 66 (6 et 8) ORSTOM, Paris, pp 37-38.
- Floret C, Serpantie G. 1991. *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Edition ORSTOM, série colloques et séminaires, Montpellier, 494 p.
- Floquet A, Mongbo RL. 1998 : *Les producteurs en mal d'alternatives. Dégradation des terres, restructuration de l'espace agricole et urbanisation au bas Bénin*, Gaimersheim : Margraf, 189 p.
- GERED (Groupe d'Etude et de Recherche sur l'Environnement et le Développement). 1993 : *Rapport d'Etude sur la production et la Gestion des produits agricoles dans le Nord-Ouest de l'Atacora (Boukombé, Coby, Matéri-Tanguiéta)*. GERED CARDER-ATACORA, MDR, R, Bénin, Parakou, PP 41-42.
- GSP (Global Soil Partnership). 2017. *Endorses Guidelines on Sustainable Soil Management* <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/416516>
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique). 2013 : *Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation*, Février, 2013, *Dynamique de la population*, Cotonou, Bénin.
- Kombienou PD. 2010. *Systèmes agricoles et conséquences des pratiques culturales sur les terres de la chaîne de l'Atacora : cas des terroirs de Boukombé*. Mémoire de DEA/EDP/FLASH/UAC, Cotonou, Bénin, 107 p. + Annexes.
- Kombienou PD, Arouna O, Azontonde AH, Mensah GA, SINSIN BA. 2015. *Caractérisation du niveau de fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin*. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **25**(2) : 3836-3856.
- Kombienou PD, Arouna O, Azontondé HA, Mensah GA, Sinsin AB. 2016. *Influences des activités agricoles sur la fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin*. *Rev. Sc. Env. Uni.*, Lomé (Togo), 11(1) : 381-404.
- Kombienou PD. 2016. *Influences des systèmes de productions agricoles sur l'occupation des terres, la fertilité des sols et l'agro-biodiversité en zone montagneuse au nord-ouest du Bénin*. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH/UAC, Cotonou, Bénin, 281 p. + Annexes.



- Kombienou PD, Sinsin AB. 2018. Influence of the Farming Systems on the Productivity of the Soils in Mountainous Area in the North-West of Atacora in Benin. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 18 (5) : 216-232 2018 ISSN 1818-6769. © IDOSI Publications, 2018. DOI : 10.5829/idosi.aejaes.2018.216.232.
- Kombienou PD, Dagbenonbakin DG, Mensah<sup>GA</sup>, Sinsin AB. 2020. Impacts socio-environnementaux des activités agricoles en zone de montagnes au Nord-Ouest de l'Atacora au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 145 (1) :14914-1929 ; ISSN1997-5902.
- Koundé CZ. 1998. Etude de l'impact du compost à base d'ordures ménagères sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à Djougou. Thèse d'ingénieur agronome. Cotonou, Bénin, FSA /UNB, 96 p.
- Lal R. 1976 : Soil erosion on alfisol in Western Nigeria. *Geoderma*, 16: 363-441.
- Le Bissonnais YL, Thorette J, Bardet C, Daroussin J. 2002. L'érosion hydrique des sols en France, 107p.
- Laouina A. 2010. « Conservation des eaux et des sols au Maroc : prise en compte de la diversité géographique ». *Norois*, 214, 2010/1, pp. 85-99.
- Lawal BA, Adeboyé MKA, Tsado PA, Elebiyo MG, Nwajoku CR. 2012. Properties, classification and agricultural potentials of lateritic soils of Minna in sub-humid agroecological zone, Nigeria, 9p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche). 2010 : Rapport annuel d'activités ; Bénin ; 106 p.
- MAPAQ (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec). 2005. Bonnes pratiques agroenvironnementales pour votre entreprise agricole. MAPAQ, section Documents–Agroenvironnement. Repéré à <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCol>
- [lectionDocuments/Agroenvironnement/BonnesPratiques2005.pdf](#).
- Moges DM, Bhat HG. 2017. Integration of geospatial technologies with RUSLE for analysis of land use/cover change impact on soil erosion : Case study in Rib watershed, northwestern highland Ethiopia. *Environmental Earth Sciences*, 76(22), 765.
- Mulder I. 2000. Soil degradation in Benin : Farmers perception and responses. Tinbergen Institute, Research series N° 240 Vrije Universiteit Amsterdam, Hollande, 241 p.
- Natta JNK. 1999. *Tradition et développement : Occupation, exploitation du sol et organisation spatiale chez les Bètammaribè du Nord-Bénin. Mémoire de Maîtrise, UNB/Bénin, 1999, Cotonou, Bénin, 138 p.*
- Ntumba NF, Tshomba KJ, Muyasa EM, Kirika AB, Nkulu MNJ. 2015. Le maraîchage et l'accès aux facteurs de production dans le contexte socio-économique de Lubumbashi. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 13No. 3, pp. 527-537.
- Pimentel D, Burgess M. 2013. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture* 3, 443–463. <https://doi.org/10.3390/agriculture3030443>.
- Quinton JN, Govers G, Van Oost K, Bardgett RD. 2010. The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling. *Nature Geoscience* 3, 311–314. <https://doi.org/10.1038/ngeo838>.
- Raharison T, Belieres J-F, Salgado P, Autray P, Razafimahatratra M, KOTAFRINGA HZ. 2017. Agro-biodiversité dans les exploitations agricoles familiales du Moyen Ouest de Vakinankaratra : des producteurs en avance sur la recherche et le développement agricole durable ? Communication pour l'Axe 3 : Les pratiques paysannes de gestion durable de la diversité biologique agricole pour accroître les bénéfices et promouvoir la sensibilisation et l'action raisonnable.

- Forum de la Recherche sur la Biodiversité et le Développement Durable 2017 à Vakinankaratra, Madagascar. 14p.
- Ramade F. 1991 : <http://msncoa.org/.../MSNCOA>, 23rd Annual Conference Ramade Hilltop a Natchez-Convention-Center-March7-10rd 1991 pdf.
- Rapport ANCR-GEM. 2008. Projet Auto-évaluation Nationale des Capacités à Renforcer pour Gérer L'Environnement Mondial (A N C R - G E M), MEPN, Commission Nationale du Développement Durable, Cotonou, République du Bénin, 161p.
- Rodriguez-Juan JE, et *al.* 2015, Techniques de conservation des eaux et des sols au niveau du bassin versant de Mestferki (Chaîne de Jerada, Nord-Est du Maroc). Scientific Association for Water Information Systems. Journal of SAWIS, ISSN : 2351-9096. J-SAWIS, Volume - 2015, N°01.
- Rapport OmiDeta ANE *GIRE-PSE*, 2019 État des lieux sur les bonnes techniques de Conservation des Eaux et des Sols valorisables dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé (BMVO) (Bénin). Africa green corporation. 58p
- Rodriguez-Juan JE, Sbaï A, El Harradji A. 2013. « Analysis of land sensitivity to erosion in Zekkara mountains (Northeast Morocco) ». 13rd Meeting of the Spanish Society of Geomorphology. 9Th to 12nd September 2014. Cáceres (Spain).
- Roger-Estrade J, Labreuche J, Richard G. 2011. Effects of no-ploughing methods on soil physical properties : Consequences on soil erosion in a temperate climate. Cahiers Agricultures 186–193. <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0490>.
- Roose E, Barthès B. 2001. *Organic matter management of soil conservation and productivity restoration in Africa. Nutrient cycling in Agro-ecosystems ; 61: 159-170.*
- Roose E. 1994. Introduction à la GCES. Bulletin FAO des Sols, Rome, n°70, 420 p.
- Sawadogo H, Bock L, Lacroix D, Zombré NP. 2008. Restauration des potentialités des sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 12, 3 : 279-290.
- Seignobos C. 1998. Pratiques antiérosives traditionnelles : l'élaboration des terrasses des monts Mandara et la récupération des terres hardé (Nord Cameroun). Bull. Réseau Erosion 18: 300-305.
- Tenté B, Sinsin B. 2005. Processus de dégradation et d'érosion des versants de la chaîne de l'Atacora en dehors de la Réserve de Biosphère de la Pendjari (Bénin), LEA, FSA, UNB, actes des JSI-UNB 2, Tome 2, Cotonou, Bénin, 9 p.
- Thierfelder C, Amézquita CE, Stahr K. 2005. Effects of intensifying organic manuring and tillage practices on penetration resistance and infiltration rate. Soil and Tillage Research 82, 211–226. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.07.018>.
- Thierfelder C, Wall PC. 2009. Effects of conservation agriculture techniques on infiltration and soil water content in Zambia and Zimbabwe. Soil and Tillage Research 105, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.07.007>.
- Tribak A. (2002). « Stratégies et techniques de lutte antiérosive dans les montagnes du Prérif oriental (Maroc) ». Bulletin Réseau Erosion, 21, pp. 45-55.
- Wijesundara N, Abeysingha N, Dissanayaké D. 2018. GIS-based soil loss estimation using RUSLE model: A case of Kirindi Oya river basin, Sri Lanka. Modeling Earth Systems and Environment, 4(1), 251–262.
- Willaine P. 1956 : Etude pédologique de Boukombé, Mission d'Etudes au Dahomey, Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-mer, Cotonou, Bénin, 34 p.



- Yarou BB, Silvie P, Komlan FA, Mensah A, Alabi T, Verheggen F, Francis F. 2017. Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 17.
- Zhang K, Yu Y, Dong J, Yang Q, Xux. 2019. Adapting & testing use of USLE K 60 factor for agricultural soils in China. Agriculture, Ecosystems & Environment 269, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.033>.