

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES PHOTOS	vii
RESUME	viii
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE, PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE ET METHODOLOGIE	4
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	5
1.1. Origine et état actuel de la recherche	5
1.2. Botanique et morphologie	5
1.3. Exigences de la culture du manioc	6
1.3.1. Climat	6
1.3.2. Sols	6
1.3.3. Pentes	7
1.3.4. Exigences minérales	7
1.4. Culture du manioc	7
1.4.1. Place dans la rotation	7
1.4.2. Préparation du terrain	7
1.4.3. Plantation	8
1.4.4. Entretien	8
1.4.5. Récolte	8
1.5. Définition de concepts	8
1.5.1. Irrigation	8
1.5.2. Fertilité des sols	9
1.5.3. Systèmes de cultures et d'élevage	10
1.5.3.1. Systèmes de cultures	10
1.5.3.2. Système d'élevage	10
1.5.3.3. Systèmes de production	10
CHAPITRE II : PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE ET MÉTHODOLOGIE	11
2.1. Présentation du milieu d'étude	11
2.1.1. Milieu physique	11
2.1.1.1. Localisation géographique	11
2.1.1.2. Climat	12
2.1.1.3. Relief et topographie	12
2.1.1.4. Sols	13

2.1.1.5. Végétation.....	14
2.1.1.6. Ressources en eau	14
2.1.2. Agriculture et pêche.....	15
2.1.2.1. Cultures céréalières.....	15
2.1.2.2. Cultures de rente	15
2.1.3. Élevage	16
2.1.4. Évolution du paysage.....	16
2.2. Méthodologie	17
2.2.1. Choix de la zone d'étude	17
2.2.2. Méthode de caractérisation des sols	17
2.2.2.1. Prospection et identification des sites.....	17
2.2.2.2. Travaux de terrain.....	17
2.2.3. Caractérisation des systèmes de cultures.....	19
2.2.4. Méthodes d'analyse des paramètres de la fertilité des sols au laboratoire	19
2.2.4. Méthode d'analyse statistique des données	21
2.2.5. Limites de l'étude	22
DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS	23
CHAPITRE I : CARACTÉRISATION DES SYSTÈMES DE PRODUCTION	24
1.1. Caractérisation du sol	24
1.2. Caractérisation des systèmes de culture	24
1.3. Caractérisation des systèmes d'élevage.....	27
1.4. Caractérisation des systèmes de production	28
CHAPITRE II : EVOLUTION DE LA FERTILITE DU SOL SUR LES PERIMETRES ETUDES.....	29
2.1. Sur le périmètre irrigué de Bon	29
2.2. Sur le périmètre irrigué de Savili.....	33
2.3. Sur le périmètre irrigué de Tanghin Wobdo	38
2.4. Évolution de la fertilité du sol pour toutes les couches confondues.....	42
2.4.1. Évolution de la fertilité du sol par site.....	42
2.4.2. Évolution de la fertilité du sol entre les sites	46
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	48
BIBLIOGRAPHIE.....	49
ANNEXES.....	a

DEDICACE

À ma très chère famille pour tous les efforts consentis à mon égard,

Et à tous ceux dont les efforts ont été indispensables à l'accomplissement de mes études,

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Avant Toute chose, nous souhaitons nous acquitter de la dette de reconnaissance contractée envers les personnes qui nous ont aidées et soutenu pour la réalisation de ce travail.

- ✓ Monsieur Seydina Oumar TRAORE, le Directeur des Aménagements et du Développement de l'Irrigation pour l'accueil chaleureux au sein de sa direction;
- ✓ Monsieur B.V.C Adolphe ZANGRE, notre maître de stage pour la définition du thème de l'étude, son précieux encadrement et sa disponibilité malgré ces multiples occupations;
- ✓ Monsieur Béguè DAO, notre directeur de mémoire pour sa disponibilité et la qualité de ses observations;
- ✓ Tous les enseignants de l'Institut du Développement Rural pour la qualité de la formation que nous avons reçue;
- ✓ Monsieur Sié PALE, pour sa disponibilité et ses différents conseils;
- ✓ Dr Seydou TRAORE, pour sa disponibilité, son appui à la réalisation des différentes analyses et ses différentes observations;
- ✓ Monsieur Ousmane ILBOUDO, pour avoir facilité l'obtention du stage de fin d'étude et pour ses multiples conseils;
- ✓ Mme Antoinette KABORE, pour son assistance à la mise en forme du présent document, et la détente de l'atmosphère qu'elle a su apporter aux moments opportuns;
- ✓ Mes collègues stagiaires;
- ✓ Tout le personnel de la Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation.

Je leur dis merci.

SIGLES ET ABREVIATIONS

BUNASOLS	:	Bureau National des Sols
CPCS	:	Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols
DADI	:	Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation
FAO	:	Food and Agriculture Organisation
FIDA	:	Fond International de Développement Agricole
GPS	:	Global Position System
IITA	:	Institut International Tropical d'Agriculture
INERA	:	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
MAH	:	Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique
PNGT 2	:	Programme National de Gestion des Terroirs/ phase 2
PRSSE	:	Programme de Reforme du Sous-Secteur Engrais
PVC	:	Polychlorure de Vinyle
RDC	:	République Démocratique du Congo

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Description sommaire des méthodes d'analyses d'échantillons de sol	19
Tableau 2: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.	31
Tableau 3: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.	32
Tableau 4: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.	32
Tableau 5: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.....	36
Tableau 6: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.....	37
Tableau 7: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.....	37
Tableau 8: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.	41
Tableau 9: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.	41
Tableau 10: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.	42
Tableau 11: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.	43
Tableau 12: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.....	44
Tableau 13: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.	45
Tableau 14: Résultats des statistiques descriptives pour toute couche confondue 0-60 cm des trois sites.	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du milieu d'étude	11
Figure 2: Évolution de la pluviosité au cours des cinq (05) dernières années de FARA représentatif du village de Bon et de Koudougou représentatif de Savili et de Tanghin Wobdo	12
Figure 3: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Bon	30
Figure 4: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Savili	34
Figure 5: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Tanghin Wobdo.....	39

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Vue d'un creusé d'une fosse pédologique	18
---	----

RESUME

La culture du manioc est une activité en pleine expansion au Burkina Faso. Dans un contexte de développement de l'agriculture irriguée intégrant le souci de maintien de la fertilité des sols, cette culture pourrait contribuer à relever le déficit alimentaire et nutritionnel. Pour certains auteurs, le manioc est une plante qui épuise les sols. Or, cette production du manioc au Burkina Faso n'est pas accompagnée de fertilisation.

C'est dans ce souci de mieux appréhender l'évolution de la fertilité des sols sous culture du manioc dans un milieu naturel, que s'inscrit notre étude intitulée « *Étude des effets de la production irriguée du manioc sur la fertilité des sols : cas des périmètres irrigués de Bon, de Savili et de Tanghin Wobdo* ». L'objectif global visé par cette étude est d'évaluer les effets à court terme de la production irriguée du manioc sur la fertilité des sols. Le périmètre de Bon est situé dans la province de la Sissili, celui de Savili et de Tanghin Wobdo dans le Boulkiemdé.

Des échantillons de sol prélevés à des couches de sol de 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm avant la mise en place de la culture du manioc et six mois après la plantation font l'objet d'un calcul de bilan pour comparer les teneurs des différents paramètres analysés au laboratoire afin d'apprécier l'impact de la culture sur la fertilité des sols. Ces paramètres sont : l'azote, le phosphore, le potassium, le carbone, le pH eau, les potentiels capillaires pF 2,5; pF 3,0 et pF 4,2. Aucun traitement n'a été affecté à la culture du manioc. La surface concernée par le prélèvement est de 0,25 ha sur chaque site. Les paramètres sont comparés à travers des statistiques descriptives intéressant dans un premier temps les différentes profondeurs de prélèvement entre elles par site, et dans un second temps, la comparaison se fait entre les sites d'étude pour mieux percevoir l'évolution de la fertilité sur les sites.

Les résultats obtenus des différentes statistiques descriptives des paramètres analysés, révèlent que la culture irriguée du manioc dégrade la fertilité des sols en baissant significativement au seuil de 5%, la teneur du carbone, de l'azote avec des valeurs respectives de 18,49%, 22,06% à Bon. La teneur moyenne du phosphore total diminue de 25,30% à Savili. Celle assimilable par la plante diminue de 56,71% à Savili. Le potassium disponible dans le sol se manifeste par une régression de sa teneur de 13,47% à Bon. L'acidité du sol baisse de 7,09% à Tanghin Wobdo.

Les pratiques culturales, telle que la fertilisation des cultures, demeurent très insuffisantes.

Toutefois, il y a lieu d'intégrer la fertilisation minérale dans la production irriguée du manioc afin de mieux restaurer la fertilité des sols destinés à sa production.

Mots clés : irrigation ; manioc ; fertilité du sol.

INTRODUCTION GENERALE

Comme pour la plupart des pays en voie de développement, l'agriculture Burkinabè est essentiellement familiale. Elle mobilise plus de 80 % de la population active et constitue le levier économique et demeure le principal pourvoyeur d'emplois, notamment en milieu rural. Cette agriculture contribue pour près de 40% au PIB, procure 60% des recettes d'exportation et absorbe en moyenne 30 à 35% du programme d'investissement public (Sanou, 2009).

Cependant, cette agriculture est confrontée à d'énormes difficultés au nombre desquelles, la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, la pauvreté des sols, la croissance accrue de la population, l'urbanisation accélérée etc. Ces difficultés constituent donc un défi majeur à relever pour atteindre l'objectif de sécurisation alimentaire. Face à cette situation, le Gouvernement Burkinabè s'est engagé résolument dans le développement de l'agriculture irriguée pour atteindre l'objectif de croissance durable de l'agriculture et de lutte contre la pauvreté rurale, ainsi que pour diminuer l'impact des aléas climatiques sur le taux de croissance. Cela s'est traduit par la réalisation de nombreux aménagements hydro-agricoles, l'élaboration de stratégies de valorisation des grands aménagements, la mise en œuvre d'actions pilotes de petite irrigation à travers tout le pays et l'adoption en 2003, d'une stratégie nationale de développement durable de l'agriculture irriguée. Le Burkina Faso est un pays à vocation céréalière. Les céréales demeurent les cultures principales de consommation et pendant que certaines spéculations comme le manioc sont considérées comme des cultures marginales. Pourtant, le manioc est l'une des cultures vivrières la plus importante dans le monde surtout consommé dans les autres pays en voie de développement. En effet, selon le FIDA (2008) cité par Ouédraogo (2010), plus de 600 millions d'habitants d'Afrique, d'Asie et d'Amérique Latine ont une dépendance alimentaire très forte vis-à-vis du manioc.

Au Burkina Faso, la majeure partie des tubercules (manioc, igname, patate douce), sont produits dans la zone sud soudanienne, zone humide et fertile par excellence du pays (+900mm avec 5 à 6 mois de pluie). En vue d'élargir la gamme des spéculations en production irriguée, d'intensifier la production et d'améliorer les conditions de vie des agriculteurs, la Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DADI) sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique (MAH) travaille depuis 2003 avec des producteurs pour la production du manioc sur les pérимètres irrigués.

Cette production prend de l'ampleur à tel point qu'une étude est nécessaire pour évaluer ses effets sur la fertilité des sols. Selon la DADI, 1 367ha ont été emblavés pour 27 039tonnes de manioc

produites au cours de la campagne agricole de saison sèche 2009-2010. Mais cette production de manioc n'est pas accompagnée d'apport d'éléments fertilisants pour compenser les exportations du manioc. Or, les travaux de l'IITA(1990) montrent qu'à l'instar des autres plantes féculentes à croissance rapide, le manioc épuise rapidement le sol si des mesures ne sont pas prises afin de restituer les éléments exportés par la culture. Celui-ci répond à l'apport d'engrais lorsqu'il est cultivé sur des terres peu fertiles. Comme toutes les plantes féculentes et sucrières, le manioc requiert de l'azote, du phosphate et d'importantes quantités de potasse. Fort est de constater, que les sols du Burkina Faso et en particulier la zone sahélienne ont une faible teneur d'azote (N) du fait de la pauvreté de ces sols en matière organique. Pieri (1989), observe des taux de 0,7 % de matière organique dans les sols ferrugineux tropicaux sous culture et inférieur à 3 % sous végétation. L'un des éléments cruciaux de ces sols reste le faible taux de phosphore (P). Lombo (1995) indique que la carence en phosphore est le premier facteur limitant pour la plupart des sols du Burkina Faso du fait de la difficulté de sa correction à moindre coût par rapport à l'azote (compost, fumier, purins...). Les travaux réalisés par Compaoré *et al.*(2001) ont révélé des teneurs en P disponible des sols du Burkina autour de 1,12 mg/kg loin du seuil de déficience établi à 5 mg/kg.

Très peu d'études ont été réalisées sur le manioc en relation avec la gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Cela se traduit par une insuffisance de données pour les orientations et actions de promotion de la culture du manioc au Burkina Faso.

C'est pourquoi, la DADI a décidé de conduire la présente étude intitulée « Etude des effets de la production irriguée du manioc sur la fertilité des sols : cas des périmètres irrigués de Bon, de Savili et de Tanghin Wobdo ».

L'objectif global visé par cette étude est d'évaluer les effets de la production du manioc en irrigué sur la fertilité des sols sur les périmètres irrigués.

Les objectifs spécifiques sont :

- caractériser les sols des différents sites;
- caractériser les systèmes d'exploitation des sols des périmètres irrigués;
- procéder à des analyses de laboratoire d'échantillons de sol sous culture de manioc.

La présente étude est soutenue par les hypothèses suivantes :

- il existe une variabilité des sols rencontrés sur les différents sites;
- le mode de gestion des systèmes d'exploitation des périmètres irrigués améliorent la fertilité des sols;

- la production irriguée du manioc entraîne une dégradation des propriétés physico-chimiques des sols.

Le présent document s'articule autour de deux parties outre l'introduction et la conclusion.

La première partie présente la revue bibliographique sur la culture de manioc et la présentation du milieu d'étude ainsi que la définition de concepts et méthodologie; la deuxième partie est consacrée aux résultats et discussions de l'étude.

**PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE,
PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE ET METHODOLOGIE**

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Ce chapitre consacré à la revue bibliographique et à la définition des concepts de notre étude, permet dans un premier temps de collecter les informations nécessaires à notre thème d'étude, de définir clairement et succinctement dans un second temps certains concepts du thème d'étude.

1.1. Origine et état actuel de la recherche

Le manioc est originaire d'Amérique Tropicale. Il aurait été introduit en Afrique par les négriers portugais entre le 15^{ème} et le 18^{ème} siècle. Peu après, sa culture a pris de l'importance. Les tubercules de manioc sont riches en amidon mais pauvre en protéine et en lipide (Aïdara, 1984). Le Brésil, la Thaïlande, la République Démocratique du Congo (RDC), l'Indonésie et le Nigeria sont les grands producteurs. Selon Raffaillac (1998), le manioc est cultivé pour ses racines qui accumulent de l'amidon dès les premières semaines de croissance, avec des durées de cycle variant de 6 à 36 mois. Ses racines tubérisées peuvent être consommées frais ou cuisinées sous différentes formes. Il sert également à la fabrication d'amidon, de féculle, biscuit etc.

Au Burkina Faso, 27039 tonnes de manioc ont été produites en 2010, avec 1367 ha emblavés (DADI, 2010). Les travaux de recherche de l'INERA ont abouti à la sélection de six (06) variétés améliorées performantes et adaptées à la transformation et retenues par les producteurs. Ce sont les variétés suivantes : 91/02312, 92/0325, 92/0427, 92/0067, 94/0270, 4(2)1425. Pour ces différentes variétés, les cycles de production varient de 9 à 12 mois avec des rendements de 15 à 100 t/ha alors que les variétés locales donnent en moyenne 7 à 8 t/ha et ne sont pas adaptées à la transformation. La variété 94/0270 constitue le matériel végétal de la présente étude sur la fertilité des sols.

1.2. Botanique et morphologie

Le manioc de son nom scientifique *Manihot esculenta*, est une espèce tropicale vivace, appartenant à la famille des Euphorbiaceae, ordre des Euphorbiales, classe des Magnoliopsidae, sous classe des Rosideae. Le genre *Manihot* contient 36 chromosomes et rassemble plus de 8000 espèces presque toutes tropicales (Dabiré, 2008). C'est un arbuste aux larges feuilles lisses qui peut atteindre 1,5m à 3m de haut. La tige est remplie de moelle, fragile et peut atteindre 2 à 3cm de diamètre. Les feuilles sont alternées en multiples lobes foliaires de formes variées. Les jeunes feuilles sont de couleurs vert-claires. Elles sont portées par de longs pétioles.

Les nervures sont vertes ou rougeâtres selon les variétés. Les feuilles les plus basses, généralement les plus âgées s'éliminent régulièrement. Le manioc est une plante monoïque et les fruits sont des capsules déhiscentes, éclatant, bruyamment à maturité (5 à 6 mois).

Ils contiennent trois graines (Aïdara, 1984 ; Sylvestre ; 1987). Le système radiculaire des plantes issues des graines comporte un pivot qui s'enfonce verticalement dans le sol. Les racines secondaires se développent d'abord horizontalement puis verticalement. Lorsque la plante est obtenue par bouture, les racines sont d'abord traçantes puis elles s'enfoncent ensuite. Toutes les racines peuvent être tubérisées. Elles contiennent alors une substance appelée *Manihot-toxine* qui est un glucoside toxique (HCN=). Selon que le glucoside est localisé dans la zone externe des racines ou qu'il est uniformément reparti dans les tissus de la plante, on distingue :

- les variétés amères réussissant mieux en zone équatoriale,
- les variétés douces cultivées au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur.

La détoxication peut être pratiquée par élimination directe, par dissolution dans l'eau, par évaporation, par lavage ou inactivation par chauffage. La dose létale de la toxine est de 1mg/kg de poids vif/jour.

1.3. Exigences de la culture du manioc

Le manioc est une plante tropicale qui s'adapte aux climats les plus variés et aux sols les plus divers, à l'exclusion des sols hydromorphes.

1.3.1. Climat

Le manioc ne fournit un rendement optimum qu'avec une température comprise entre 25°C et 30°C (Aïdara, 1984). Selon Sylvestre (1987), de bonnes cultures de manioc ne peuvent être réalisées que dans des conditions de pluviosité variant de 1 000mm à plus de 3000mm par an. Les conditions les plus favorables se rencontrent souvent dans les climats de type guinéen dont les précipitations totales n'excèdent pas 1 500mm à 2 000mm par an.

1.3.2. Sols

Selon Sylvestre (1987), le manioc tolère une grande diversité de sols allant de sols légèrement alcalins à des sols très acides et de sols argileux à des sols assez sableux (à l'exception des sols hydromorphes).

On choisira des sols profonds, sans horizon imperméable à faible profondeur, à bonne capacité en eau et donc assez argileux dans les régions à précipitations abondantes. Cependant, les sols très argileux, surtout mal structurés, sont peu favorables, en raison des difficultés mécaniques qu'ils opposent à la récolte.

1.3.3. Pentes

Le manioc protège mal le sol contre l'érosion. Un bon dispositif antiérosif consiste, dans les systèmes de production qui prévoient une alternance jachère ou fourrage-manioc, à réaliser cette alternance sur des bandes contiguës suivant les courbes de niveau, de largeur d'autant plus faible que la pente est plus forte et que les risques d'érosion sont grands.

1.3.4. Exigences minérales

Selon les travaux de Sylvestre (1987), le manioc est une plante qui épouse les sols. Il indique que les prélevements d'éléments nutritifs par le manioc sont analogues et même parfois plutôt inférieurs à ceux des autres plantes pour une même quantité de produit utile récolté. Selon l'auteur, en moyenne, pour une tonne de tubercules récoltés, le manioc préleve environ dans le sol : 4,5 kg d'azote, 2,5 kg d'acide phosphorique et 7,5 kg de potasse, mais une partie importante de ces éléments se trouve dans les tiges et les feuilles.

1.4. Culture du manioc

1.4.1. Place dans la rotation

Le manioc est une plante peu exigeante qui se contente des sols les plus divers. De ce fait, il est placé en queue d'assolement, juste avant la jachère, surtout en culture traditionnelle. En culture intensive, un système de culture continue avec une jachère sous couverture de légumineuse serait conseillé.

1.4.2. Préparation du terrain

Elle dépend de l'antécédent cultural.

➤ *Culture traditionnelle*

Un débroussaillage suivi de brûlis permet de débarrasser le terrain. Les travaux du sol, généralement manuels qui ne touchent que les 10 premiers centimètres se limitent au buttage(ou billonnage) ; cela a pour avantage d'ameublir le sol et de concentrer les éléments nutritifs en un même lieu, le sol étant le plus souvent pauvre.

➤ *Culture intensive*

Sur les parcelles non encore mises en valeur, le défrichement est suivi de sous solages afin d'extirper toutes les souches et racines. Le labour permet d'enfouir la matière organique et d'ameublir le sol. Un piquetage à l'aide de cordeau permet de déterminer les lignes de plantation.

1.4.3. Plantation

➤ Choix et préparation des boutures

La multiplication du manioc se fait par voie végétative. Les boutures à mettre en place sont prélevées sur des tiges saines suffisamment aoutées (10 mois d'âge). Une bouture porte environ 3 à 6 nœuds avec une longueur de 25 à 30cm et de 2,5 à 4cm de diamètre. Une tonne de boutures ensemencerait 1ha avec une densité de 1 m x 1m.

➤ Époque de plantation

Afin de favoriser un bon départ de la végétation et obtenir des plants vigoureux, le début de la saison des pluies serait l'époque la mieux indiquée. Mais en condition d'irrigation contrôlée, le manioc peut être planté tout au long de l'année.

1.4.4. Entretien

Le sarclage, le buttage et l'apport de fumure NPK sont les principales opérations d'entretien du manioc. Il est conseillé d'apporter l'azote et le potassium en début, le phosphore en fin de croissance (James et al., 2000).

1.4.5. Récolte

Selon le Mémento de l'agronome (2002), on récolte les tubercules de manioc entre 6 mois et un an après la plantation, lorsqu'ils mesurent de 20 à 40 cm de long et de 4 à 10cm de diamètre. Chaque tubercule pèserait entre 2 et 5 kg.

1.5. Définition de concepts

Afin de mieux aborder le sujet de l'étude, il convient de définir et de comprendre les mots clés, éléments fondamentaux sur lesquels reposeront les analyses.

1.5.1. Irrigation

Dans un contexte de changements climatiques influençant négativement la répartition des pluies dans le temps et dans l'espace, il importe de développer des stratégies, notamment l'irrigation pour palier au déficit hydrique. Il existe plusieurs définitions de l'irrigation mais nous retenons ici, celle d'AOUBA (1993) pour qui, l'irrigation d'une terre cultivée est l'acte par lequel on apporte aux plantes, les quantités d'eau nécessaire en complément des apports naturels, aux moments opportuns et par le biais d'un réseau d'irrigation.

Sur les sites d'étude, le réseau d'irrigation est de type semi-californien. C'est un réseau à l'intérieur duquel le transport de l'eau se fait sous pression depuis la station de pompage jusqu'à un bac de répartition qui se trouve placé généralement au point le plus haut de la zone aménagée.

A partir de ce point, l'eau est envoyée dans un réseau de distribution gravitaire qui comporte également des bassins de répartition secondaires et tertiaires desservant les prises d'eau. Les bassins de répartition sont connectés entre eux par un réseau de tuyaux PVC qui favorisent l'écoulement gravitaire de l'eau suivant le principe de vases communicants.

1.5.2. Fertilité des sols

Le concept de fertilité des sols, fait partie des concepts classiques et importants de la science du sol et de l'agronomie (MABA, 2007). PIERI (1989) voit la fertilité comme l'aptitude d'un milieu et non seulement d'un terrain, à produire, dont il apprécie les diverses caractéristiques. C'est donc une notion qui a évolué et appelle une appréciation plus large, basée sur la confrontation entre les caractéristiques pédoclimatiques du milieu, les systèmes de production et les techniques agricoles pratiquées.

La présente étude tient compte de la définition de MANDO et *al.* (2000) cités par ZANGRE, (2000) et vue sous un angle agricole. La fertilité d'un sol désigne alors, sa capacité à fonctionner dans les limites d'un écosystème aménagé ou naturel afin de soutenir la production animale ou végétale, de maintenir voir même d'améliorer la qualité des systèmes auxquels il est lié. La fertilité d'un sol décrit son efficience à :

- stocker et à libérer des éléments minéraux et d'autres constituants ;
- stocker et à libérer " eau pour les besoins des plantes afin de promouvoir et d'assurer leur croissance racinaire.

Selon LAL. et MILLER (1993) cités par ZANGRE (2000), une base de données minimale requise pour évaluer la fertilité d'un sol doit comprendre:

- au plan physique, (1) la structure, (2) la porosité, (3) la profondeur d'enracinement;
- au plan chimique, (1) la teneur en matière organique et la dynamique du carbone, (2) le recyclage des nutriments et leur dynamique, (3) la réaction du sol en relation avec l'acidification ou l'alcanisation, (4) la capacité tampon;
- au plan biologique, (1) la microflore et le cycle du carbone, (2) les biotransformations (immobilisation, minéralisation, assimilation), (3) la biodiversité du sol.

Pour notre part nous examinerons surtout la (1) la texture du sol, (2) le potentiel capillaire, (3) la matière organique total et la dynamique du carbone dans le sol, (4) les éléments majeurs du sol et (5) l'acidité du sol.

1.5.3. Systèmes de cultures et d'élevage

L'agriculture et l'élevage étant deux secteurs complémentaires, il est nécessaire, en plus de la caractérisation des sols, d'intégrer aussi la description des pratiques culturales (niveau d'utilisation de la fumure organique et minérale, rotation des cultures,) existant sur chaque périmètre irrigué. Les réponses obtenues nous permettront d'une part de les confronter avec les résultats des analyses obtenues au laboratoire mais aussi de proposer des recommandations adéquates pour le maintien de la fertilité des sols. Des fiches d'enquête adressées aux producteurs de manioc mais aussi à tous les producteurs présents sur la zone d'emprise de chaque périmètre irrigué ont été élaborées à cet effet.

1.5.3.1. Systèmes de cultures

Un système de cultures est un ensemble de modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique.

Chaque système de culture se définit par la nature des cultures et leur ordre de succession, les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures ; ce qui inclut le choix des variétés pour les cultures retenues (SEBILLOTE, 1982).

1.5.3.2. Système d'élevage

Le système d'élevage est un ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé par l'homme en vue de valoriser des ressources par l'intermédiaire d'animaux domestiques pour en obtenir des productions variées(lait, viande, cuir et peaux, travail, fumure, etc.) ou pour répondre à d'autres objectifs (LANDAIS, 1992).

1.5.3.3. Systèmes de production

Un système de production agricole est un mode de combinaison entre terre, force et moyens de travail à des fins de production végétale et animale, commun à un ensemble d'exploitations. Un système de production est caractérisé par la nature des productions, de la force de travail (qualification), des moyens de travail mis en œuvre et par leurs proportions (REBOUL, 1976).

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre consacré à la présentation du milieu d'étude et de la méthodologie de notre étude permet dans un premier temps de situer le contexte dans lequel s'inscrit notre travail, de justifier dans un second temps le choix des sites de notre étude, de caractériser les sols des sites, de décrire les protocoles suivis pour l'analyse des échantillons de sol, de préciser les logiciels utilisés pour les différentes analyses statistiques et enfin de préciser les limites de notre étude.

2.1. Présentation du milieu d'étude

2.1.1. Milieu physique

2.1.1.1. Localisation géographique

- Situé à 90 km à l'Ouest du chef lieu de la province (Léo), le village de Bon s'étend sur environ 14 km du Nord au sud et sur 8 km d'Est en Ouest. Il est distant du chef lieu du département (Niabouri) de 17 km. Il est bordé à l'Ouest par le fleuve Mouhoun.
- Tanghin Wobdo et Savili font partie des 12 villages du département de Sabou. Le village de Tanghin Wobdo est situé à l'extrême Est du département et à 22km de Sabou.
- Le village de Savili est à une quinzaine de kilomètres de Tanghin Wobdo. Savili est situé à l'extrême Ouest du département de Sabou.

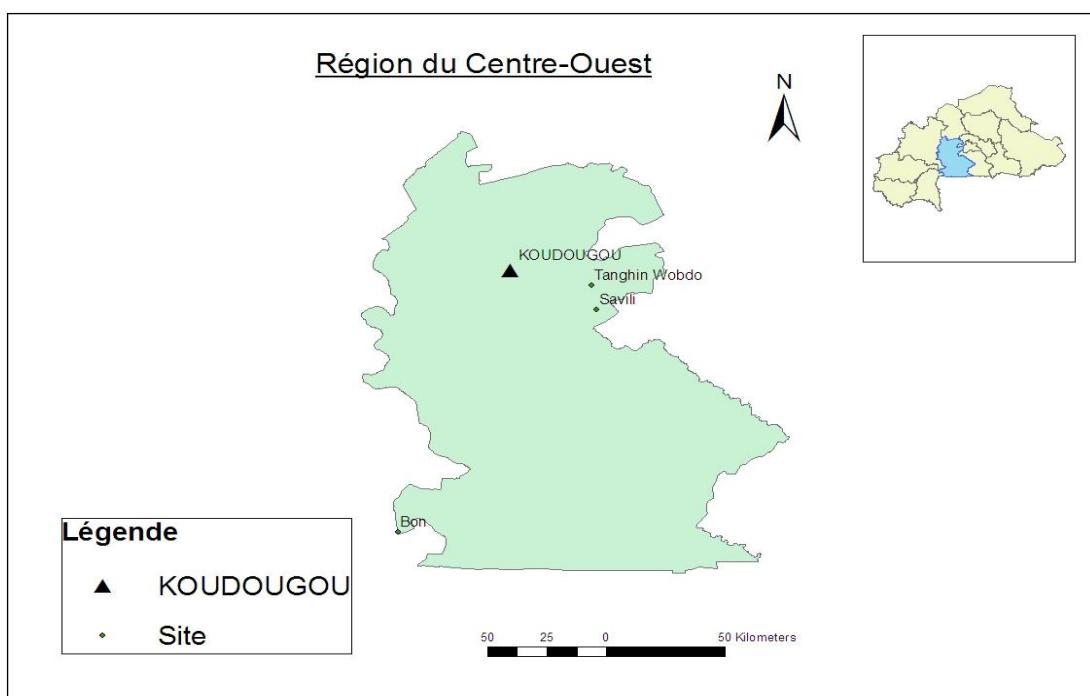


Figure 1: Localisation du milieu d'étude

2.1.1.2. Climat

- Situé dans la province de la Sissili, le village de Bon appartient au climat Sud-soudanien. Il se caractérise par l’alternance d’une saison sèche et d’une saison humide. Le village de Bon reçoit une pluvirosité annuelle moyenne de 996 mm avec un maximum au mois d’Août.
- Savili et Tanghin Wobdo se situent dans la zone soudanienne. La zone de Koudougou reçoit en moyenne 867 mm avec toujours un maximum au mois d’Août.

La figure 1 présente une tendance de l’évolution de la pluvirosité des trois périmètres. Les données pluviométriques sont récoltées auprès des stations météorologiques les plus proches des périmètres.

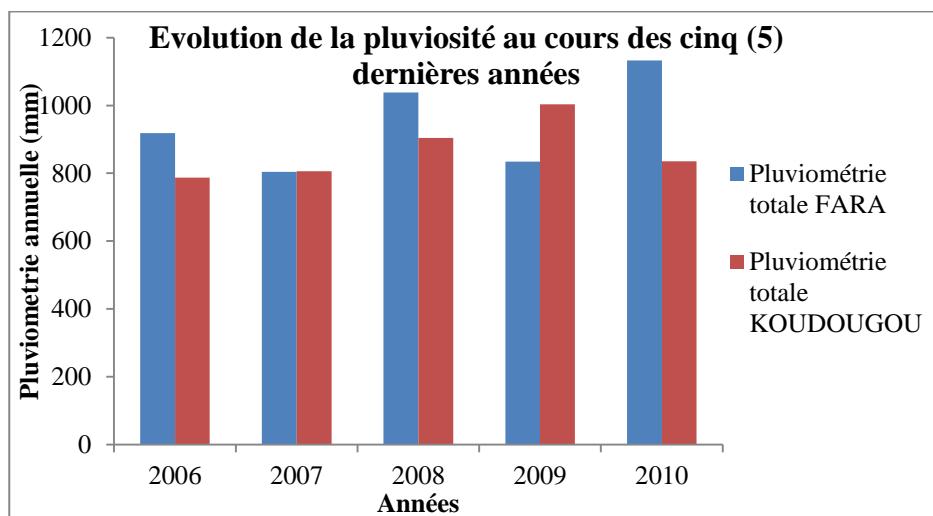


Figure 2: Évolution de la pluvirosité au cours des cinq (05) dernières années de Fara représentatif du village de Bon et de Koudougou représentatif de Savili et de Tanghin Wobdo

Les données pluviométriques de la zone d’étude permettent d’une part de confronter les exigences en eau du manioc avec les données chiffrées de la station météorologique et d’autre part, d’estimer le déficit d’eau pour complémentaire éventuelle.

2.1.1.3. Relief et topographie

- Le relief du terroir de Bon est vallonné dans son ensemble. Il est marqué par la présence de buttes témoins et de collines au Sud-ouest et au Nord favorisant le ruissellement des eaux de pluies et le drainage de la couche arable vers les bas de pente (dans le fleuve). La topo-séquence est formée par une succession de hautes pentes, de bas et de moyens glacis.

Deux grandes zones caractéristiques sont à distinguer :

- la partie Sud et Nord est formée de buttes cuirassées isolées et quelques affleurements granitiques formant des dos de baleine;

- la partie centre comprenant les habitations et les champs de case est relativement plane et disséquée par quelques cours d'eau. Ceci favorise néanmoins l'infiltration des eaux de pluies.
- On note la présence de petites collines autour du village de Savili et de Tanghin Wobdo. On constate surtout dans le village de Tanghin Wobdo le développement des techniques de CES/DRS, notamment les diguettes en pierres et les bandes enherbées sur les terrains à moyen pente.

Ces pratiques ont pour objectif principal, de freiner la vitesse de ruissellement des eaux, d'augmenter l'infiltration des eaux dans les champs et de maintenir leur fertilité.

2.1.1.4. Sols

- Selon les études menées par le PNGT2 en 2004, le relief de Bon a permis la formation de quatre principaux types de sols sur lesquels s'est développée une végétation à caractéristique variable. En fonction de la granulométrie et de la couleur, les types de sols identifiés dans le terroir sont :
 - le « cassimbotia » ou sol sableux : ce sol occupe la moitié Est du terroir. Le principal élément granulométrique est le sable. Les paysans reconnaissent ce sol par sa perméabilité à l'eau. Le soja, le mil et le maïs y sont cultivés.
 - le « bouroutia » ou sol argilo-sableux : c'est le type le plus dominant dans le terroir. Il occupe le centre et l'Ouest du terroir.
 - le « manlètia » ou sol hydromorphe des bas-fonds : il est lourd et collant et se localise le long des bas-fonds. Il est apte à la culture du riz, du sorgho, du maïs et du mil. Ce sol est moyennement représenté à Bon.
 - le « pakourètia » ou sol gravillonnaire : observé au Nord-Est et Sud-Ouest; seules quelques parties de ces sols sont exploitées à des fins agricoles à cause de leur faible valeur organique. Sur ces différents sols, s'est développée une végétation importante.
- L'ensemble des sols de Tanghin Wobdo et de Savili est composé de quatre sortes de terres :
 - les sols gravillonnaires communément appelés « Zinguédèga » où le sorgho, l'arachide, le pois de terre et le haricot sont cultivés;
 - les sols sableux appelés « bisgou » où le sorgho, l'arachide, et surtout le petit mil de préférence sont cultivés;

- les sols argileux ou « Bollé » qui reçoivent les cultures comme le sorgho, le mil et l'haricot s'il n'y a pas trop d'eau;
- une terre en roche où l'on ne peut mettre aucune culture en place.

2.1.1.5. Végétation

Malgré l'influence de l'homme à travers ses activités agricoles et d'élevage, la végétation de la zone d'étude est caractérisée dans son ensemble par des formations rupicoles, la savane arborée et la savane arbustive. On note dans le village de Bon, la présence d'une forêt claire tout au long du fleuve Mouhoun. L'importance de certaines espèces ligneuses telles que le karité (*Vitellaria paradoxa*) et le néré (*Parkia biglobosa*) dans l'économie et dans la couverture des besoins fondamentaux des populations (alimentation humaine et animale) est perceptible et se caractérise par la présence des parcs à *Vitellaria paradoxa* dans les espaces cultivés. Ces parcs peuvent atteindre des densités de 50 pieds/ha.

On dénombre également les espèces comme, *Lanea microcarpa*, *Tamaridus indica*, *Ficus gnanphalocarpa*, *Bombax costatum*, *Adansonia digitata* etc. Outre leur importance économique et alimentaire, ces espèces jouent également le rôle de maintien de la fertilité des sols en amortissant l'impact de l'énergie potentielle et indirectement l'énergie cinétique de l'eau des pluies sur ces sols qui, selon Hudson(1961-1963-1973) cité par Roose(1984) et Ouattara (1989) déclenche les processus de destruction des agrégats du sol, la formation d'une pellicule de battance peu perméable et la naissance du ruissellement. Les *Acacia* jouent en général, le rôle de haie vive à cause de leurs épines et constituent également des espèces appétées par les animaux surtout par les caprins.

L'espèce *Faidherbia albida* localisée surtout dans les champs par quelques pieds constitue avec les cultures, une excellente association culturale surtout les cultures sous pieds. Les friches, les jachères, les hauts de pente et les dépressions non cultivées sont les principales zones de pâture. En saison sèche, le fourrage est constitué par les résidus de récolte. A cela s'ajoutent les ligneux fourragers comme *Piliostigma thonningii*, *Faidherbia albida*, *Acacia seyal*, *Sclerocarya birrea*, *Anogeissus leiocarpus*, *Ficus gnaphalocarpa* et les herbacées fourragères comme *Andropogon sp*, *Pennisetum pedicelatum* etc.

2.1.1.6. Ressources en eau

- Au niveau du village de Bon, le fleuve Mouhoun est la principale source d'eau intarissable. Il collecte toutes les eaux du terroir à travers trois importantes cours d'eau qui coulent d'Est en Ouest. Ces cours d'eau sont utilisés pour la production sylvicole et maraîchère.

Ils constituent également des points d’abreuvement pour les éleveurs Peulhs installés dans le quartier Sia.

- Le village de Tanghin Wobdo est traversé par un cours d'eau venant du village de Poa et coule vers le fleuve Nazinon.

Ce cours d'eau est important pour le village mais en saison sèche, il connaît un tarissement. Le village de Tanghin Wobdo a une retenue d'un volume de 500000 m³ et dure toute l'année. Elle constitue la seule source pour l'irrigation de saison sèche, la pêche et toute autre activité liée à l'eau.

- Le village de Savili bénéficie d'une retenue d'eau aménagée depuis 20 ans. Cette retenue d'un volume de 2 300 000 m³ qui n'a jamais connu de tarissement même en année de déficit pluviométrique permet d'irriguer toutes les cultures de saison sèche, de développer la pêche et d'abreuver les troupeaux.

2.1.2. Agriculture et pêche

L'agriculture est la principale activité des paysans dans les différents villages d'étude.

On y rencontre des cultures céréalières et des cultures de rente.

2.1.2.1. Cultures céréalières

- **le sorgho** : c'est la principale culture de base pour la consommation. Il est cultivé en pur et souvent en association avec des légumineuses, notamment le niébé ou avec le mil à Savili et Tanghin Wobdo pour lutter contre le *Striga hermonthica*.
- **le maïs** : il occupe la seconde place dans la culture céréalière. Le maïs est généralement cultivé dans les champs de case juste pour la consommation pendant la période de soudure (pré-récolte). La culture du coton dans le village de Bon permet le développement parallèle de la culture du maïs, qui, en rotation avec le coton bénéficie de l'arrière effet de l'engrais destiné à cette culture.
- **le riz** : il est cultivé dans les bas-fonds par les femmes. Sa culture n'est pas développée. Les superficies les plus grandes ne dépassent guère 0,25 ha.

2.1.2.2. Cultures de rente

- **le coton** : il occupe une place importante à Bon. Les conditions pédoclimatiques favorables à l'agriculture, l'encadrement des producteurs, l'octroi de crédit agricole pourraient expliquer le développement de la culture du coton dans cette zone.
- **le haricot vert** : c'est la principale activité de saison sèche du village de Savili. Le haricot vert est produit essentiellement pour l'exportation vers l'Europe.

- **l'oignon et la tomate** : l'oignon est surtout la culture la plus pratiquée au détriment de la tomate pour causes de conservation et d'insuffisance de marché.
- **l'arachide, le sésame, le niébé et le pois de terre** constituent avec le **coton** les cultures de rente.

La pêche n'est pas développée. Elle se limite dans les retenues d'eau comme les barrages.

2.1.3. Élevage

L'élevage a existé dans la zone depuis toujours. A Bon, il est surtout développé par les peulhs qui y habitent il y a très longtemps à cause de l'abondance pastorale et de la proximité de la frontière du Ghana. L'élevage constitue la seconde activité après l'agriculture pour les trois villages. Les bovins et les petits ruminants sont les plus élevés. Il s'en suit celui de la volaille, des porcins et des asins.

L'élevage des bœufs de trait par les agriculteurs a connu un développement considérable grâce à la culture du coton, particulièrement au village de Bon.

L'aviculture est pratiquée à petite échelle par la totalité des exploitations, contrairement à l'élevage des porcins qui ne se retrouve que chez les autochtones Gourounsi.

2.1.4. Évolution du paysage

L'agriculture de la zone a connu des évolutions et une recomposition très rapide depuis plusieurs années. Cela se traduit par de profonds changements dans le paysage.

Les paysans des différents sites d'étude notent en général un appauvrissement des sols dû aux feux de brousses, à la coupe du bois soit pour les animaux, soit pour la consommation familiale ou la vente. Ces pratiques mettent les sols à nu car le couvert végétal diminue et donc favorisent le ruissellement qui entraîne la matière organique. A cela, s'ajoute le manque de terre cultivable qui diminue, voire même qui élimine la jachère. Or, les sols ne bénéficient pas d'amendements. Selon les dires d'un producteur de 61ans du comité d'irrigants de Tanghin Wobdo, Kaboré Romain interviewé le 06 janvier 2011, « avant, même sans apport de fumure dans les champs, les épis étaient gros mais de nos jours, on constate une diminution de la taille des tiges et des épis malgré les apports et les techniques de CES/DRS mis en place».

La maraîchiculture reste l'alternative principale pour ces paysans afin de pallier au déficit céréalier de la saison pluvieuse.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Choix de la zone d'étude

Les villages de Bon et de Savili connaissent une production du manioc depuis plus de 20 ans.

Le manioc est généralement produit en quelques pieds repartis dans les exploitations familiales des producteurs ayant eu l'occasion de séjourner en Côte d'Ivoire. Il est produit juste pour la consommation.

Quant au village de Tanghin Wobdo, la production du manioc au cours de la campagne agricole de saison sèche 2010-2011 est une première expérience. La présence d'une eau pérenne au niveau de chaque site justifie également notre choix. En plus, le village de Tanghin Wobdo et de Savili sont voisins et bénéficient des mêmes conditions agro-écologiques de type nord-soudanien comparativement au village de Bon qui bénéficie d'un climat de type sud-soudanien.

2.2.2. Méthode de caractérisation des sols

Cette étude a pour but d'apporter notre contribution à la gestion de la fertilité des sols concernés par la production du manioc des trois (03) sites d'étude en faisant un bilan des analyses d'échantillons de sol avant la mise en place des boutures et 6 mois après le développement des pieds de manioc. Pour apprécier l'état de fertilité des trois (03) sites d'étude et procéder à une comparaison du statut de la fertilité des sols entre les sites, il est apparu nécessaire de procéder à une caractérisation des sols suivant la démarche ci-après :

2.2.2.1. Prospection et identification des sites

Les trois sites faisant l'objet de l'étude ont été proposés par la DADI et ont constitué dès le départ l'objet d'une mission de prospection et d'identification.

2.2.2.2. Travaux de terrain

- ouverture de fosses pédologiques et description
 - ❖ une fosse pédologique a été ouverte par site. La superficie utile du manioc concernée par l'étude est de 0,25 ha. Sur le site de Bon, la superficie totale de manioc est estimée 0,75ha; 0,35ha à Savili et 0,85ha à Tanghin Wobdo. Le manioc occupe un champ par site. Les caractéristiques de la fosse pédologique sont présentées en annexe.
 - ❖ les profils pédologiques sont décrits selon les directives FAO (1994) et classifiés selon les systèmes français CPC (1967) (Cf. fiche de description de profil pédologique en annexe).
 - ❖ trois (03) échantillons ont été prélevés sur chaque profil pour les analyses de laboratoire. Ils concernent les couches de 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm.

La texture, le potentiel capillaire, la matière organique totale et le carbone total, les éléments minéraux majeurs (N, P et K), le pH sont les paramètres d'étude.

- une première opération est de prélever des échantillons de sol avant la plantation des boutures de manioc et d'effectuer des analyses au laboratoire. Cette phase permet d'évaluer la teneur de chaque élément dans le sol.
- une seconde opération consiste, au bout de six (06) mois après la plantation des boutures de manioc, à effectuer d'autres prélèvements d'échantillons de sol pour établir un bilan, afin d'apprécier les effets de la culture du manioc sur la fertilité des sols.

Cette durée de six (06) mois qui ne couvre pas le cycle du manioc se justifie par la contrainte de temps auquel nous sommes confrontés. Le cycle normal étant compris entre 9 mois et 12 mois.

Le matériel suivant était indispensable pour l'ouverture et la description des profils : Pioche, daba, pelle, marteau, Code Munsell, couteau, caoutchouc, GPS.

Photo 1: Vue d'un creusé d'une fosse pédologique



Source : travaux de terrain, Septembre 2010.

2.2.3. Caractérisation des systèmes de cultures

La démarche adoptée pour la caractérisation des systèmes d'exploitation est l'approche systémique. Elle est basée sur l'analyse des relations, la mise en évidence des niveaux d'organisation, grâce à l'éclairage multidisciplinaire dépassant la spécialisation des sciences et le cloisonnement des savoirs (CAPILLON et SEBILLOTTE, 1980). Elle permet dans un temps court, de rendre compte et d'analyser la complexité de la situation d'une petite région qui est en constante évolution. La démarche va du général au particulier et fait appel à différentes disciplines telles que l'agronomie, la zootechnie, l'économie, la foresterie ou encore la sociologie. Les principales étapes du travail sont : l'observation, l'écoute et la description de la réalité.

Un premier questionnaire est élaboré d'une part pour être administré au groupement de producteurs de manioc, et un autre questionnaire conçu pour chaque producteur pris individuellement d'autre part (Annexe 9). Au total, huit (08) producteurs ont été enquêtés à Bon, neuf (09) producteurs à Savili et dix (10) producteurs à Tanghin Wobdo. Le questionnaire vise à comprendre la place qu'occupe le manioc dans les sites, les différents systèmes de cultures et d'élevage, la connaissance de la gamme de spéculations adoptées par les producteurs, les pratiques culturales. Il vise également l'inventaire du matériel servant à la production mais aussi, les superficies agricoles, la fertilisation.

2.2.4. Méthodes d'analyse des paramètres de la fertilité des sols au laboratoire

Le tableau ci-dessous illustre de façon sommaire les méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques des échantillons de sols.

Tableau 1: Description sommaire des méthodes d'analyses d'échantillons de sol

Eléments	Méthodes utilisées	Description sommaire de la méthode
Granulométrie 3 fractions (argile, limons totaux et sables totaux)	Par hydrométrie spécial calibré à 20°C	<ul style="list-style-type: none">- Agitation du poids déterminé de l'échantillon avec une solution d'hexaméthaphosphate de sodium (dispersant) pendant 2 heures.- Agiter la suspension à la main pendant une minute- Mesurer la densité d'abord après 40 secondes de repos puis après 3 heures de repos à l'aide d'un hydromètre spécial calibré à 20°C.

Eléments	Méthodes utilisées	Description sommaire de la méthode
Carbone (matière organique)	Walkley - Black	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation de l'échantillon par du bichromate de potassium en milieu sulfurique - L'excès du bichromate est mesuré au spectrophotomètre à 650 nm.
Azote total et phosphore total	Minéralisation avec l'acide sulfurique - sélénium - salicylique	<ul style="list-style-type: none"> - Minéralisation de l'échantillon (plantes ou sols) avec un mélange d'acide sulfurique - sélénium – salicylique en le chauffant progressivement (100 à 340°C) jusqu'à minéralisation totale. - Détermination de l'azote total dans le minerat à l'auto-analyseur en utilisant le nessler comme indicateur et le phosphore total en utilisant le molybdate d'ammonium.
Potassium total (K)	Même méthode que l'azote et le phosphore	Même méthode que l'azote et le phosphore sauf que le potassium est déterminé à l'aide d'un photomètre à flamme
Phosphore assimilable	Bray n° 1	<ul style="list-style-type: none"> - Extraction avec une solution mixte de chlorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique. - Passage de l'extrait au spectrophotomètre à 720 nm en utilisant le molybdate d'ammonium.
Éléments disponibles	Potassium disponible et sodium	Une quantité déterminée de l'échantillon est prise et agitée avec une solution mixte de l'acide chlorhydrique HCl 0.1 N et l'acide oxalique $H_2C_2O_4$.
Potentiel capillaire (pF)	Par pression	<ul style="list-style-type: none"> - mise en saturation de l'échantillon à l'eau pendant 72 heures au plus. - Soumission de l'échantillon à une pression déterminée (15 ; 1 ; 0,3 bars) - L'eau en excès est éliminée jusqu'à l'établissement d'un équilibre entre la pression et la force de rétention de l'eau par le sol. - On détermine la teneur en

Eléments	Méthodes utilisées	Description sommaire de la méthode
		eau de l'échantillon à l'étuve à 105°C.
Bases échangeables et capacité d'échange cationique (CEC)	Argent thiourée à 0.01M (mélange de AgNO ₃ et le Thiourée (H ₂ NCSNH ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Agitation de l'échantillon avec une solution d'argent thiourée (AgTU) pendant 2 heures. - Filtration ou centrifugation de l'échantillon - Détermination du Ca²⁺ et du Mg²⁺ dans le filtrat ou le centrifugat à l'aide d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (ASS). - Détermination du potassium et du sodium dans le filtrat à l'aide d'un photomètre à flamme. - Quant à la CEC c'est la quantité d'argent dosé dans le filtrat qui lui représente (voir document technique n° 3).
pH eau et pH KCl	Suspension à 1:5	<ul style="list-style-type: none"> - Suspension de l'échantillon avec de l'eau distillée ou une solution de KCl à 1N (pH KCl) sans un rapport 1:5 puis le mesurer sur un pH-mètre.

Source :- BUNASOLS, 1987. Document technique N° 3

2.2.4. Méthode d'analyse statistique des données

Les logiciels Excel 2007 et SASV.9 Windows ont été utilisés respectivement pour le traitement et l'analyse statistiques des données d'analyses physico-chimiques de sol et de la caractérisation des systèmes de production.

Les premiers résultats des analyses d'échantillons de sol obtenus avant la mise en place de la culture du manioc et les seconds résultats des analyses d'échantillons de sol obtenus après six mois de culture, font l'objet de statistique descriptive par profondeur de prélèvement à l'aide du logiciel SASV9. Le but de cette statistique descriptive est de comparer la variation de chaque paramètre au bout des six (06) mois d'évolution du manioc. Les comparaisons intéresseront d'abord les différentes profondeurs de prélèvement entre elles, puis les sites de production entre eux.

Il s'agit d'apprécier les variations de chaque variable le long de chaque profil pédologique et entre les profils pédologiques.

Le logiciel Excel 2007 est utilisé pour la conception des graphiques.

Les données concernant la caractérisation des systèmes de production font l'objet d'une détermination des niveaux d'équipements agricoles, des superficies cultivées, de l'effectif du cheptel etc. Ces indicateurs de caractérisation des systèmes de production sont utilisés pour soutenir la discussion sur l'évolution de la fertilité des sols.

Le seuil de probabilité de 5% a été retenu pour la validité des résultats.

2.2.5. Limites de l'étude

Notre étude devrait couvrir tout le cycle du manioc afin de tenir compte des rendements dans les analyses statistiques. Mais, dans le souci du respect du délai qui nous est accordé pour la réalisation du mémoire, notre étude s'est étalée sur six (06) mois après l'évolution du manioc.

En plus, les effets de l'irrigation sur la culture du manioc n'ont pas pu être évalués sur les périmètres irrigués à cause du grand retard qu'à connu la pratique de l'irrigation dans les champs de manioc.

Enfin, pour des raisons d'insuffisance de moyens financiers, nous n'avons pas fait cas de l'analyse des parties du végétal.

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Cette partie traite en un premier point, de la caractérisation des systèmes d'exploitation et en un second point, de la production du manioc et l'évolution de la fertilité du sol sur les périmètres étudiés.

CHAPITRE I : CARACTÉRISATION DES SYSTÈMES DE PRODUCTION

Pour mieux conduire l'étude sur les différents sites, il est important de caractériser les systèmes de production afin de mieux appréhender le fonctionnement des exploitations et la place qu'occupe le manioc sur ces sites. Cette partie porte sur les résultats de la caractérisation du sol, de la description des différents systèmes de cultures, des systèmes d'élevage, ainsi que les systèmes de production.

1.1. Caractérisation du sol

Les sols des périmètres irrigués de Bon, Savili et Tanghin Wobdo sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions selon la classification de la CSPS (1967). La description morphologique de chaque profil est présentée en annexe. Ainsi, les périmètres de Bon, de Savili et de Tanghin Wobdo présentent en général, des couleurs bruns avec quelques variations. La couleur, selon ESCADAFAL et *al.* (1988), reste un élément très important de description et de discrimination des sols sur le terrain. La texture du sol est à dominance argileuse à Bon, sableuse à Savili et à Tanghin Wobdo. La structure est faiblement développée en éléments grossiers, moyens et présente des taches en profondeur. On note une consistance ferme le long du profil pédologique de Bon avec de nombreuses racines favorisant un bon développement de l'activité biologique. Le profil pédologique de Savili bénéficie d'une consistance friable; ce qui facilite le travail du sol.

A Tanghin Wobdo, la consistance est friable en surface et ferme en profondeur. Les racines sont nombreuses en surface qu'en profondeurs. Ces racines dans le sol, entraînent un développement de l'activité biologique du sol. Les sols présentent des pores fins. Le travail du sol permet une bonne aération du sol (Pieri, 1989).

1.2. Caractérisation des systèmes de culture

➤ *Systèmes de cultures du manioc*

La culture du manioc dans le cadre de notre étude est en pure. Néanmoins, les parcelles maraîchères de certains irrigants ayant eu l'occasion de séjourner dans les pays côtiers, bénéficient d'une association de quelques pieds de manioc.

➤ *Synthèse des systèmes de cultures*

Il existe une diversité de systèmes de cultures sur les périmètres irrigués. Les principaux systèmes de cultures sont résumés dans un tableau en annexe.

Les principales spéculations rencontrées sont : le maïs, le coton, le sorgho, le riz, l'arachide, le niébé, le sésame, le pois de terre.

• *Les cultures céréalières*

Le maïs (*Zea mays*) occupe une place importante dans la production céréalière. Il est cultivé généralement autour des champs de case qui bénéficient des ordures ménagères et les déchets d'animaux. Sur les périmètres irrigués, le maïs entre en rotation avec les cultures maraîchères pour bénéficier des arrières effets des engrais. Il est considéré par les paysans comme une culture de sortie de crise alimentaire à cause de sa précocité. Sur les périmètres irrigués, le maïs est associé aux cultures maraîchères. Cette association présente plusieurs avantages en ce sens que le maïs joue le rôle de brise-vent et profite également des amendements faits sur les cultures maraîchères.

Le sorgho (*Sorghum bicolor*) est la céréale la plus utilisée ; son cycle est long de 4 mois. Il est cultivé sur des superficies de plus d'1 ha et constitue la principale source d'alimentation. Contrairement au maïs, aucun fertilisant n'est appliqué au sorgho. La monoculture du sorgho sur plus de 3 ans favorise le développement du *Striga hermonthica*, espèce caractéristique des sols pauvres d'où l'association culturale sorgho-niébé ou sorgho-mil. Cette association entre céréale et légumineuse permet certes, d'obtenir plusieurs produits sur un même espace, donc de gagner de l'espace et du temps, mais aussi d'obtenir une meilleure fertilisation grâce à l'azote atmosphérique fixée par la légumineuse et libérée dans le sol, et de lutter contre les adventices.

Cependant, ces deux espèces entrent en compétition pour l'espace et les nutriments, ce qui limite leur croissance. De plus, le temps de sarclage est allongé à cause du port rampant du niébé qui gêne le passage de la daba ou du sarcleur. Cette association du niébé se fait une semaine environ après celui du sorgho entre les poquets de sorgho. Selon les propos de TINTA Souleymane enquêté le 23/12/2010, on préfère associer le niébé au sorgho car la longueur du cycle du sorgho dépasse celui du niébé, ce qui évite que les animaux en consomment les pieds.

L'association céréale-céréale est une forme d'association culturale rencontrée à Savili et à Tanghin Wobdo. Cette association permet non seulement aux producteurs des deux localités de disposer de plusieurs productions à la fois mais aussi de lutter contre le *Striga hermonthica* qui est la principale herbacée envahissante des champs.

Les comités d'irriguant de Savili et de Tanghin Wobdo soulignaient en entretien respectivement le 28/12/2010 et le 05/01/2011, nous préférons cette association car nos sols sont beaucoup plus sableux, le mil lutte bien contre le *Striga hermonthica* que le Sorgho.

Hors le sorgho est plus consommé que les autres céréales, ce qui explique ce choix d'association. La différence avec les légumineuses réside à l'écartement entre poquet qui est plus important entre céréale-céréale.

La culture du riz se fait dans les sols hydromorphes communément appelés bas-fonds et occupe surtout les femmes. Les parcelles sont de petites surfaces dépassant rarement $\frac{1}{4}$ d'hectare. Les femmes s'occupent du semis mais ce dernier reste direct. Le manque de pépinière retarde très souvent la levée et un manque de sécheresse brûle les pieds dus à un manque de durcissement des plans. Le désherbage manuel intervient au besoin. La culture du riz n'est pas accompagnée d'apport d'engrais ce qui explique les faibles rendements.

- ***Les cultures de rente***

La culture de l'Haricot vert est la principale activité maraîchère qui mobilise la majorité de la population de Savili et des villages environnants tels que Nabadogo. Elle est pratiquée il y a 18ans sur le périmètre irrigué selon le comité d'irriguant. La culture est essentiellement commerciale et exportée vers l'Europe. Elle subit trois sarclages dont le premier sarclage intervient 15JAS suivi d'un apport de 10kg/superficie élémentaire de NPK. Le second sarclage 30JAS suivi d'un apport de 10kg/ligne de NPK et le troisième à la floraison 45JAS suivi d'un apport de 10kg/superficie élémentaire de NPK.

La récolte intervient 55JAS et s'effectue tous les trois jours et prend fin 85JAS. L'irrigation se fait tous les trois (3) jours et le temps nécessaire d'irrigation dépend du débit d'eau. Comme toutes les cultures maraîchères, l'haricot vert est associé au maïs.

NB : une superficie élémentaire = 1/16ha.

L'oignon est jusqu'à présent la culture que les producteurs préfèrent produire au détriment de la tomate. Le seul refus d'adoption totale de la tomate est l'inexistence du marché d'écoulement. Hors la tomate, de sa caractéristique de pourrissement très prématûr n'encourage pas les producteurs à la produire, contrairement à l'oignon qui peut être conservé au plus six (06) mois avec des techniques appropriées. Généralement 2 à 3 sarclages sont nécessaires avec en moyenne 10kg d'engrais pour tout le cycle, chaque parcelle mesurant 400m² soit 250kg/ha d'engrais.

1.3. Caractérisation des systèmes d'élevage

Chaque système a son importance dans la gestion de la fertilité des sols. L'apport de fumier dans les périmètres irrigués et les champs est un mélange de fèces d'au moins deux systèmes d'élevage.

Quelque soit le type d'animal élevé par l'exploitant, leur fèces est ramassé chaque matin et stocké soit dans des fosses fumières ou en tas pour l'exploitant qui n'en possède pas, soit directement épandu dans les champs de case, généralement réservés pour la culture du maïs. Les différents systèmes d'élevage sont indiqués en annexe.

Dans le SE1, l'élevage de bovins est la principale activité des éleveurs peulhs. Les troupeaux sont constitués de 15 à 30 vaches mères. En saison sèche, la surveillance et l'alimentation des animaux est plus facile car ils sont laissés dans les champs pour épandre la fumure.

Dans le SE2, les troupeaux sont gardés par les enfants et très souvent par les éleveurs lorsque le nombre de têtes est important. Le parcours de ses animaux se limite aux alentours du village surtout dans les champs de case pour épandre leurs fèces. A l'intérieur de ces bovins sont le plus souvent choisis les bœufs de trait. Les bœufs constituent une importante force de travail. Leur âge est situé entre 4 et 12 ans.

Le SE3 n'est pas si important mais on dénombre au moins un âne pour chaque chef d'exploitation pris individuellement. Il joue plusieurs rôles à la fois à savoir le transport de déchets d'animaux vers les champs ou des productions des champs vers les concessions ou des lieux de marché, la traction de la charrue en rotation avec les bœufs lorsqu'il en existe qu'un. Il reste le compagnon fidèle des paysans pour les travaux physiques.

Le SE4 n'est pas très développé. Les brebis mère dépassent rarement 05 ainsi que les chèvres. Seuls les peulhs en possèdent en grand nombre. Leur production est surtout convoitée à la vente, surtout les bêliers et les boucs. Leurs fèces contribuent également à fertiliser les parcelles des périmètres irrigués.

Cependant, le SE5 est le plus rependu et le plus extensif. Il s'agit de la volaille.

Le SE6 reste une activité pratiquée par les Gourounsi (animistes) et les religieux chrétiens. Malgré l'importance de ces deux derniers systèmes, leurs excréta participent moins à la fertilisation des sols.

1.4. Caractérisation des systèmes de production

Sur la base d'enquêtes qualitatives et quantitatives, nous avons caractérisé les différentes exploitations agricoles existantes sur les périmètres irrigués et alentours. Ainsi, les informations collectées concernent le nombre d'actifs sur les exploitations, le niveau d'équipement (matériels et outils), les surfaces cultivées annuellement, les activités agricoles et d'élevage, le nombre de fosses fumières, l'adoption des techniques de CES/DRS.

Les différents systèmes de production rencontrés au cours de notre étude sont résumés dans les tableaux annexés au présent mémoire.

Au regard des différents types d'exploitation, les producteurs des différents sites restent faiblement équipés avec en moyenne une à deux charrues par exploitant. Les outils de travail du sol sont toujours au stade rudimentaire limitant ainsi à une scarification du sol. Il peut en découler donc une séquestration des éléments nutritifs du sol au bénéfice des plantes.

Dans le souci de diminuer la dégradation des sols, il s'avère nécessaire de diminuer la vitesse de ruissellement des parcelles de production agricole. C'est dans cette logique que 80% des producteurs interrogés dans le site de Tanghin Wobdo adoptent les diguettes en cailloux, 20% les diguettes en terre et 90% les diguettes d'herbacées pour leurs champs autour du périmètre irrigué.

Sur le site de Savili, seuls 25% des autochtones adoptent les diguettes en terre et 50%, les diguettes d'herbacées. Aucune adoption des techniques de CES/DRS n'est enregistrée par les producteurs de Bon lors des enquêtes. La disponibilité et la difficulté du transport des cailloux limitent donc son adoption. 100% des parcelles du périmètre irrigué sont sous la protection des diguettes en terre.

CHAPITRE II : EVOLUTION DE LA FERTILITE DU SOL SUR LES PERIMETRES ETUDES

Les résultats ci-dessous sont relatifs à six (06) mois d'évolution de la variété 94/0270 du manioc. Le traitement des données est fait d'une part par site et d'autre part entre les sites. Par site, des statistiques descriptives sont appliquées à chaque variable, à chaque profondeur de prélèvement. De même, les statistiques descriptives portent également sur les différentes profondeurs confondues de chaque site d'une part et entre les sites d'autre part.

2.1. Sur le périmètre irrigué de Bon

Le bilan des teneurs des sols des éléments présentant des différences significatives est présenté dans les figures 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, et 3f.

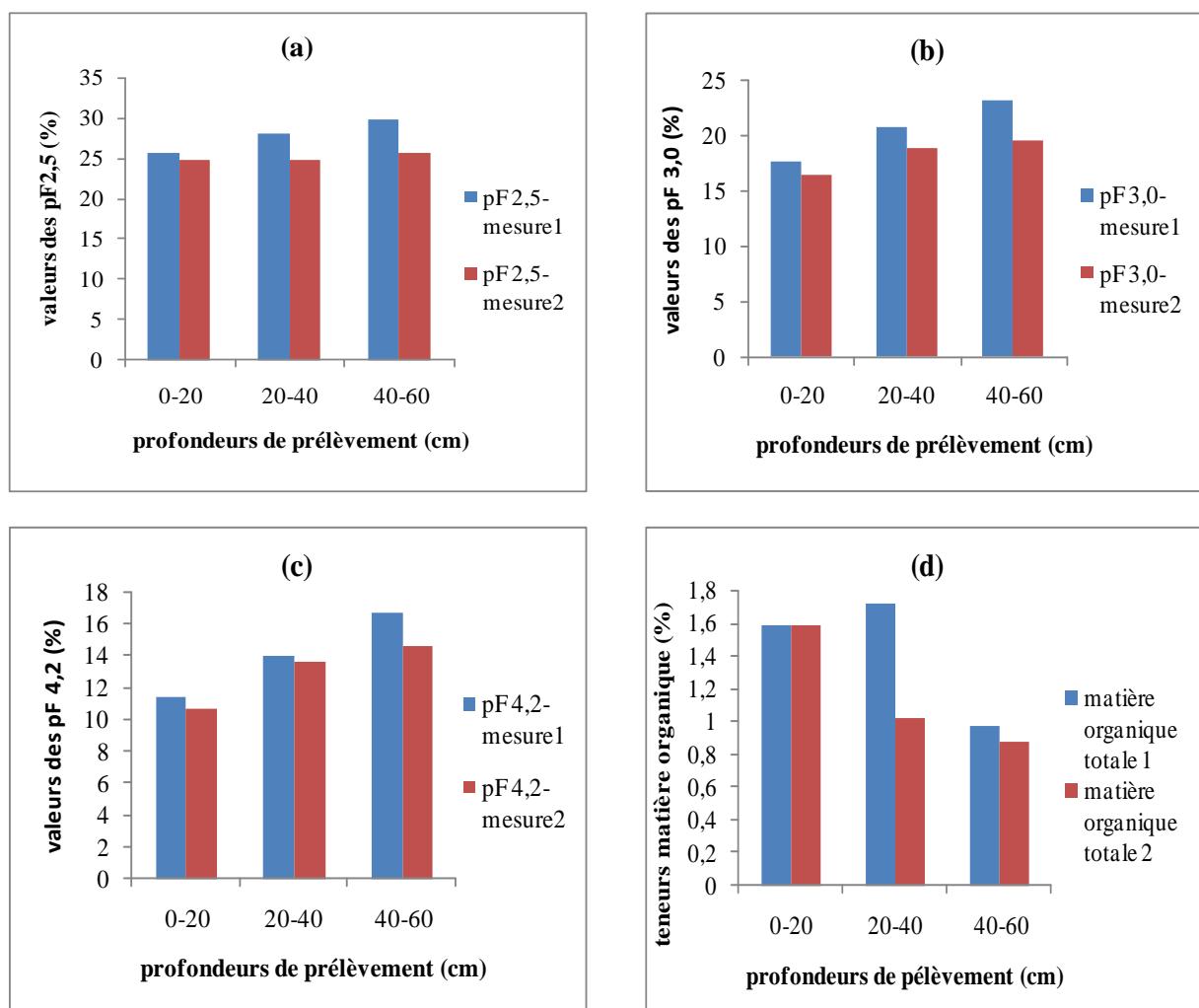
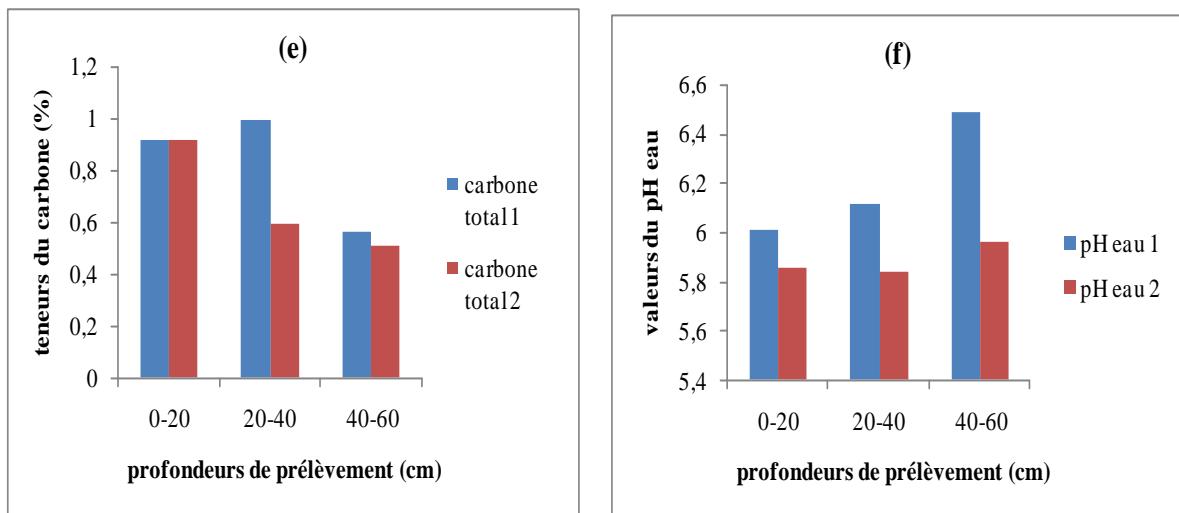


Figure 3: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Bon.



NB : 1 = teneur du paramètre analysé au premier prélèvement 2 = teneur du paramètre analysé au second prélèvement

Figure 4: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Bon.

Les bilans des teneurs des différents paramètres mesurés au laboratoire donnent les résultats suivants :

Par rapport au milieu naturel, la mise en culture induit un déséquilibre des bilans hydriques et minéraux (Moreau, 1986). En absence de fertilisation, les bilans minéraux apparaissent toujours négatifs (Fauck et al., 1969; Charreau et Fauck, 1969; Roose, 1981; Cointepas et Makilo1982).

En effet, les potentiels capillaires connaissent au bilan une régression significative dans toutes les couches de prélèvement. Ces régressions traduisent évidemment une diminution de la réserve utile du sol. Les besoins en eau de la culture du manioc surtout la tubérisation, la variation des facteurs climatiques, les défaillances de l'irrigation, la texture du sol sont entre autres des facteurs explicatifs de ces variations.

Cependant, la matière organique, le carbone et l'azote du sol n'ont subi aucune modification lors du bilan en cette couche ; ce qui n'est pas le cas dans les autres couches. Cela pourrait s'expliquer par l'action des racines qui agissent beaucoup plus en profondeur qu'en surface du fait du repiquage profond d'environ 20 cm de profondeur. L'hypothèse que le travail du sol ramène les couches pauvres en surface et les couches fertiles en profondeurs n'est pas rejetée.

La culture du manioc étant irriguée, Roose (1981), constate que le drainage porte sur l'entraînement des particules fines, souvent sous forme colloïdale, qui vont s'accumuler à plus ou moins grande profondeur selon le régime hydrique interne du sol.

Moreau (1986), confirme que, dans les sols cultivés, ce phénomène peut s'ajouter à l'action mécanique du travail du sol pour accroître l'appauvrissement de l'horizon travaillé et favoriser le développement d'un horizon plus compact au-dessous.

Les valeurs du pH eau connaissent une régression sur les différentes profondeurs de prélèvement. C'est dire que la culture du manioc entraîne une acidification du sol. Les travaux de Sedogo (1993) et Hien (2004) montrent que le phénomène d'acidification des sols, est d'ailleurs plus accru si la culture est peu ou pas accompagnée d'apport de matière organique. L'irrigation joue un rôle important dans la dégradation des sols en lessivant les éléments fertilisants des plantes. Or, selon Moreau (1986), le pH influence l'activité biologique et ce paramètre conditionne aussi dans une large mesure la disponibilité de l'azote minéral à partir des réserves organiques minéralisables.

La figure 3 à elle seule ne donne pas une meilleure visibilité des variations des différents paramètres du sol. D'où la nécessité du tableau ci-dessous qui illustre clairement les variations statistiques des différents paramètres significatifs du sol au bilan.

➤ Profondeur 0 – 20 cm

Tableau 2: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	Moyenne ± déviation std	Coef. Variation	Erreur std
pF 2,5	25,57 ^a	24,76 ^b	25,16 ± 0,57	2,27	0,4
pF 3,0	17,65 ^a	16,54 ^b	17,09 ± 0,78	4,59	0,55
pF 4,2	11,52 ^a	10,67 ^b	11,09 ± 0,60	5,41	0,42
Phosphore total	155,2 ^a	163,96 ^b	159,6 ± 6,19	3,88	4,38
pH eau	6,01 ^a	84,6 ^b	5,93 ± 0,11	1,9	0,08

NB: les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

➤ Profondeur 20-40 cm

Tableau 3: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	Moyenne \pm déviation std	Coef. Variation	Erreur std
pF 2,5	28,13 ^a	24,79 ^b	26,46 \pm 2,36	8,92	1,67
pF 3,0	20,87 ^a	18,99 ^b	19,93 \pm 1,32	6,67	0,94
pF 4,2	14,11 ^a	13,69 ^b	13,9 \pm 0,29	2,13	0,21
Carbone	0,99 ^a	0,59 ^a	0,79 \pm 0,28	35,74	0,199
Azote	0,085 ^a	0,051 ^a	0,06 \pm 0,02	35,69	0,01
pH eau	6,11 ^a	5,84 ^b	5,97 \pm 0,19	35,35	0,13

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

➤ Profondeur 40-60 cm

Tableau 4: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.

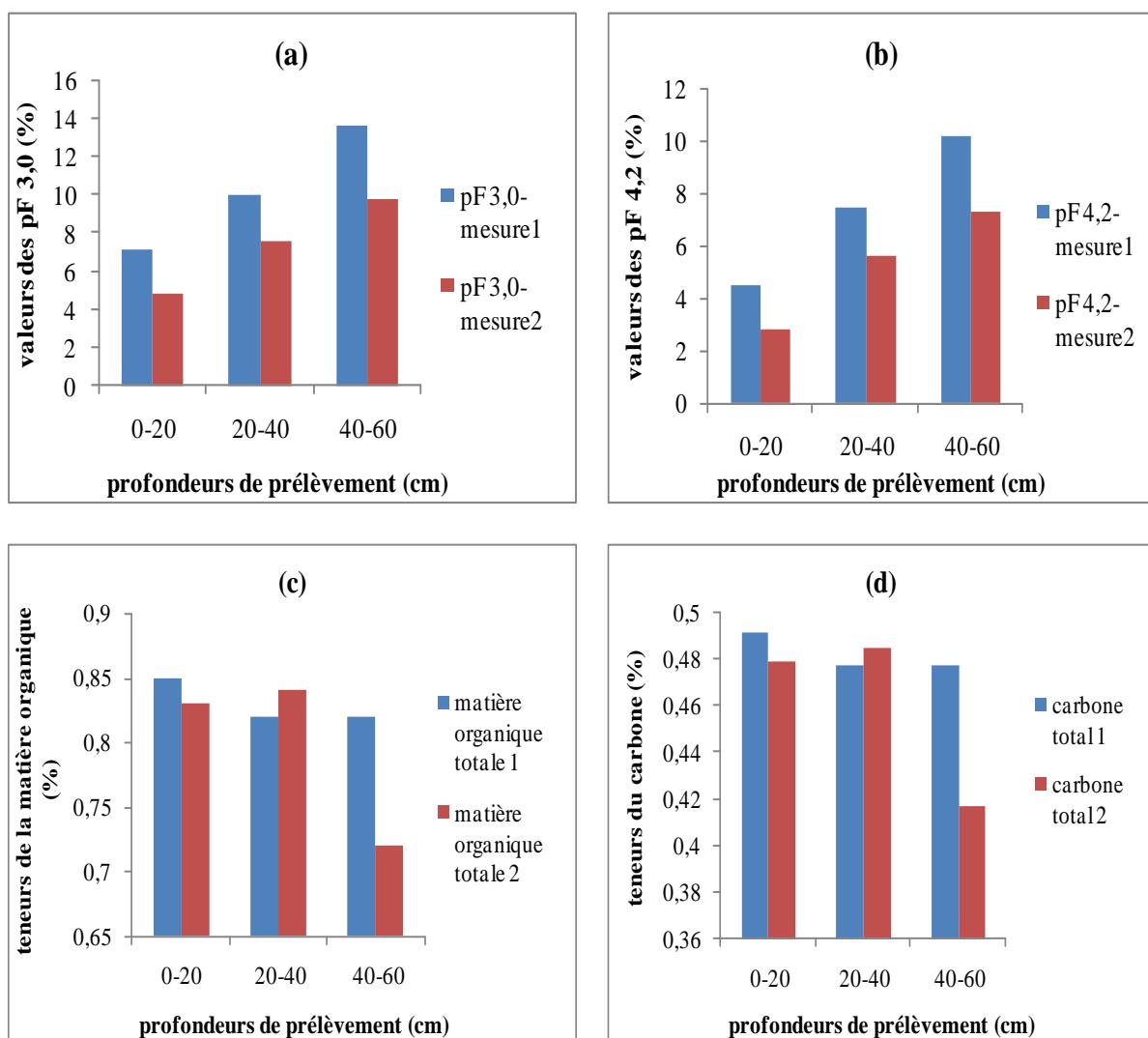
Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	Moyenne \pm déviation std	Coef. Variation	Erreur std
pF 2,5	29,89 ^a	25,67 ^b	27,78 \pm 2,98	10,74	2,11
pF 4,2	16,78 ^a	14,67 ^b	15,72 \pm 1,49	9,48	1,05
Carbone	0,56 ^a	0,51 ^b	0,53 \pm 0,03	6,47	0,02
Phosphore total	139,7 ^a	145,7 ^b	142,8 \pm 4,27	2,99	3,02
pH eau	6,49 ^a	5,96 ^b	6,22 \pm 0,37	6,02	0,26

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les valeurs de la déviation standard ou écart-type dans les différents tableaux indiquent que les différences entre les moyennes des teneurs de chaque élément avant et six mois après le repiquage du manioc sont significatives au seuil de 5%. Il en est de même pour le coefficient de variation qui est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Plus ce rapport est élevé, plus l'écart entre la déviation standard et la moyenne des analyses est grande.

2.2. Sur le périmètre irrigué de Savili

Le bilan des teneurs montre qu'il existe des différences significatives entre les éléments du sol analysés avant la mise en place du manioc et ceux analysés au bilan. Ce bilan est illustré à travers les figures 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g, 4h, 4i et 4j.



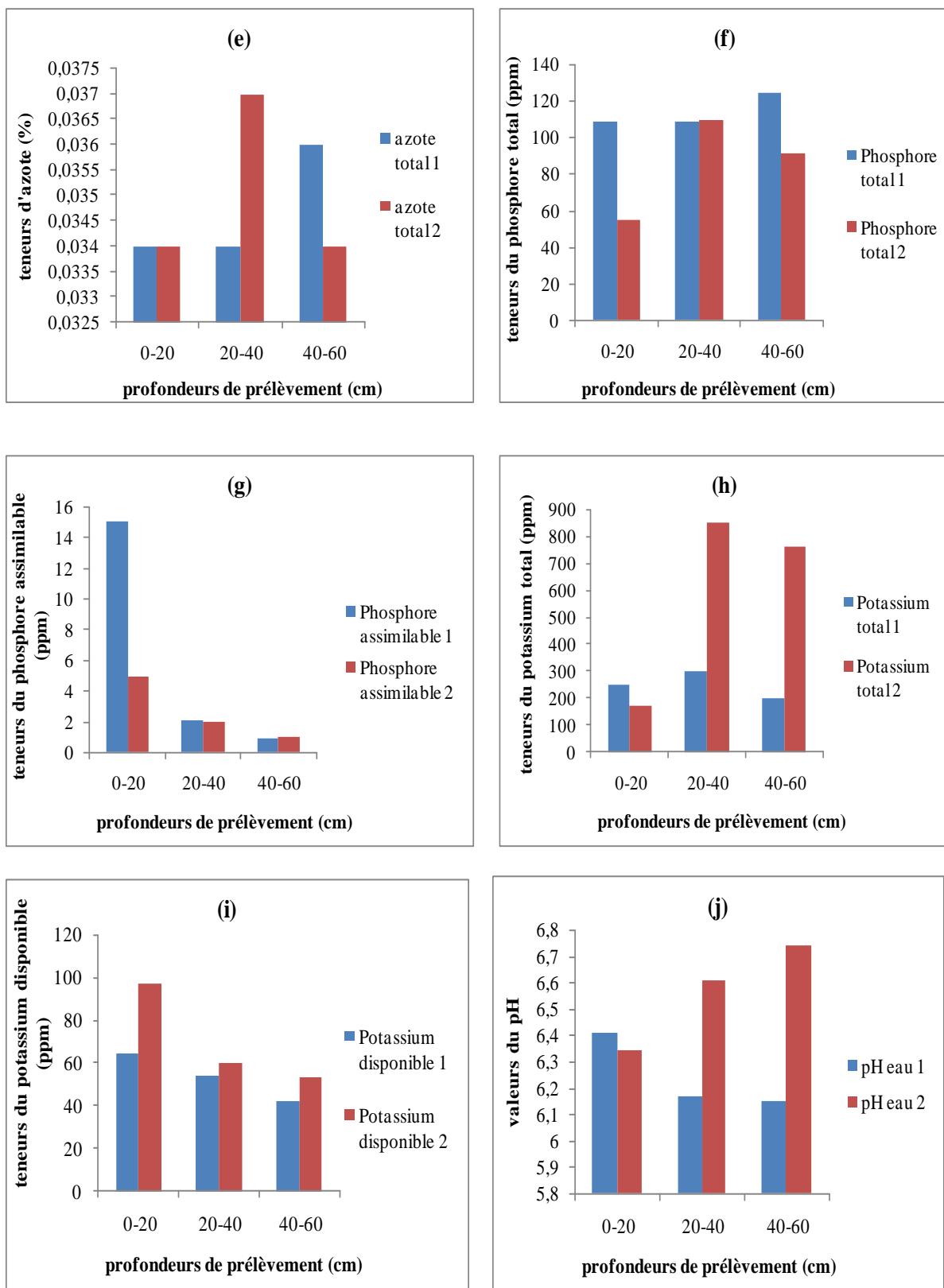


Figure 5: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Savili.

Les histogrammes des pF 3,0 et pF 4,2 du site de Savili sont similaires à ceux du site de Bon. Les résultats du pF 2,5 ne connaissent pas de variation dans la profondeur 20-40 cm. Les mêmes facteurs que ceux du site de Bon, tels que les besoins en eau de la culture du manioc surtout la tubérisation, la variation des facteurs climatiques, les défaillances de l'irrigation, la texture du sol pourraient expliquer également ces observations.

Les teneurs respectives de la matière organique et du carbone régressent à 0-20 cm et à 40-60cm. L'effet contraire se manifeste à 20-40cm. Quant à l'azote, il ne varie pas à 0-20 cm mais connaît une augmentation à 20-40 cm et une régression à 40-60cm.

La baisse de teneur de la matière organique entraîne une libération du carbone; d'où le constat de la baisse de leur teneur dans les couches 0-20 cm et 40-60 cm. Le travail du sol pourrait contribuer à l'enfouissement de la matière organique et à sa décomposition par les organismes vivants du sol dont l'activité est développée (Annexe 2). Fauck et *al.*(1969),Feller et Milleville (1977), Cointepas et Makilo(1982), constatent que, sous l'effet de la mise en culture, le stock organique diminue rapidement au cours des premières années, pour atteindre un palier plus ou moins élevé selon les conditions de milieu et le mode d'exploitation.

Le site de Savili étant influencé par d'intenses activités maraîchères, l'apport de la fumure minérale suivi de son enfouissement en profondeur serait la cause probable de la variation positive du taux de l'azote dans la couche 20-40 cm suite au phénomène de migration des éléments dans le sol. Aussi, au cours de la caractérisation des systèmes d'exploitation, les arrières effets du précédent cultural, qu'est le maïs pourrait probablement contribuer à l'augmentation de la teneur d'azote dans la couche 0-40 cm.

Les résultats des analyses de sols pour les seconds prélèvements indiquent une baisse de la teneur du phosphore. On pourrait penser à une forte sollicitation du phosphore par le manioc due au développement de son système racinaire, la formation des tubercules et des graines. Ces hypothèses sont confirmées par les travaux de Sylvestre (1987) et l'IITA (1990).

Quant au potassium, il convient de souligner qu'il est d'une importance particulière pour le manioc car il détermine la régulation, l'absorption de l'eau et la circulation des hydrates de carbone. Dans notre cas, on note cependant une hausse générale des teneurs du potassium total et du potassium assimilable dans le sol après le bilan.

En plus des apports de fumures minérales en maraîchiculture, qui, dans le sol peut subir une migration, l'on pourrait émettre aussi, l'hypothèse d'une séquestration de ces éléments par le sol ; le labour favoriserait sa libération dans le sol (Dabin, 1969). La Capacité d'Echange Cationique pourrait être un des indicateurs pour vérifier l'hypothèse mais pour des contraintes techniques de fonctionnement du laboratoire du BUNSOLS, nous n'avons pas pu réaliser les mesures de la CEC pour les seconds prélèvements.

Les valeurs de pH eau connaissent également une régression sauf dans la profondeur 0-20cm. Ce fait laisse penser que la culture irriguée du manioc entraîne une acidification du sol. Tel est le cas avec le site de Bon. Le manque d'apport d'éléments fertilisants à la culture du manioc entraîne cette baisse de la valeur du pH. Ces mêmes résultats ont été observés par Sedogo (1993) et Hien (2004).

Les statistiques descriptives viennent en complément pour donner plus d'appréciation aux différentes variations statistiques des paramètres significatifs du sol au bilan.

➤ Profondeur 0-20 cm

Tableau 5: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	Moyenne ± déviation std	Coef. Variation	Erreur std
Carbone	0,49 ^a	0,47 ^b	0,48 ± 0,009	1,89	0,006
pH eau	6,41 ^a	6,34 ^b	6,37 ± 0,04	0,77	0,035

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

➤ Profondeur 20-40 cm

Tableau 6: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	Moyenne \pm déviation std	Coef. Variation	Erreur std
Carbone	0,47 ^a	0,48 ^b	0,48 \pm 0,005	1,02	0,004
Azote	0,034 ^a	0,037 ^b	0,03 \pm 0,002	5,97	0,001
Phosphore total	108,6 ^a	109,3 ^b	108,9 \pm 0,49	0,45	0,35
Phosphore assimilable	2,09 ^a	1,97 ^b	2,03 \pm 0,08	4,17	0,06
Potassium disponible	53,9 ^a	60 ^b	56,95 \pm 4,31	7,57	3,05
pH eau	6,17 ^a	6,61 ^b	6,39 \pm 0,31	4,86	0,22

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

➤ Profondeur 40-60 cm

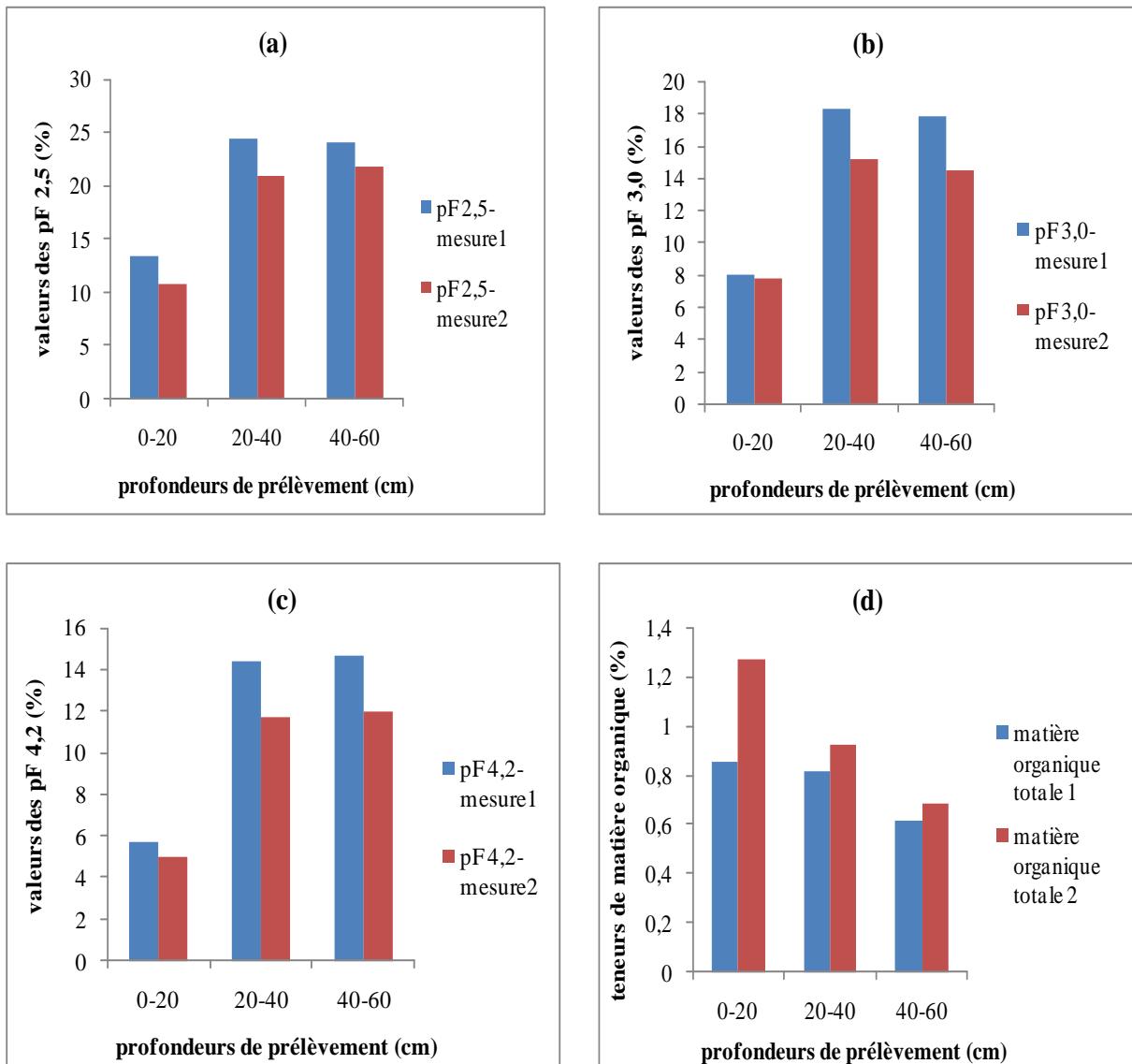
Tableau 7: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	Moyenne \pm déviation std	Coef. Variation	Erreur std
Carbone	0,478 ^a	0,417 ^b	0,44 \pm 0,04	9,63	0,03
Azote	0,036 ^a	0,034 ^b	0,03 \pm 0,002	4,04	0,001
Phosphore assimilable	0,92 ^a	0,96 ^b	0,94 \pm 0,94	3,009	0,02

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

2.3. Sur le périmètre irrigué de Tanghin Wobdo

Le bilan des teneurs des éléments du sol présentant des différences significatives est présenté dans les figures 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g, 5h, 5i et 5j.



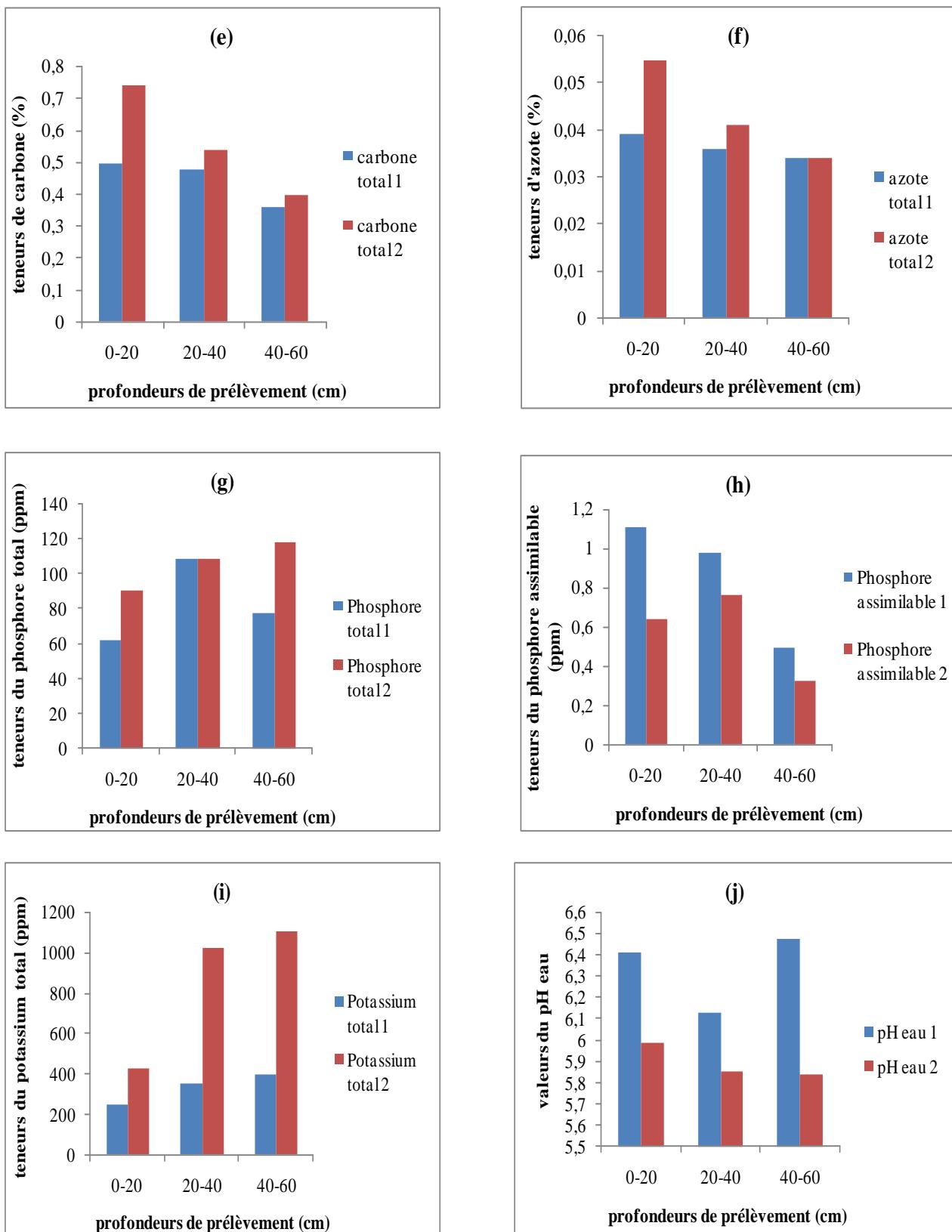


Figure 6: Comparaison des teneurs et des valeurs des éléments analysés du sol après six (06) mois d'évolution du manioc du site de Tanghin Wobdo.

Par rapport au milieu naturel, la mise en culture induit un déséquilibre des bilans hydriques et minéraux (Moreau, 1986). Les histogrammes des potentiels capillaires connaissent une baisse générale sur les sites de Bon et de Savili. Cela traduit une baisse de la réserve utile du sol. Les mêmes causes telles les besoins de la culture du manioc pour son fonctionnement surtout la tubérisation, la variation des facteurs climatiques, les défaillances de l'irrigation, la texture du sol sont entre autres des facteurs explicatifs de ces variations.

Les teneurs en matière organique totale, en carbone total et en azote total présentent toutes une augmentation à l'analyse du bilan. Sous l'influence de l'irrigation et du travail du sol, l'activité des organismes vivants du sol entraîne une dégradation de la matière organique du sol. On assiste à une augmentation du carbone et d'azote du sol.

Le phosphore total et le potassium total connaissent aussi une hausse respective de leurs teneurs. La superficie réservée pour la culture du manioc n'a subi aucune activité agricole auparavant. L'on pourrait émettre comme hypothèse, la séquestration de ces éléments dans le sol. Les effets de la pratique du labour, tels l'aération du sol, la circulation de l'eau dans le sol, la stimulation de l'activité biologique sont les causes probables de la libération et de la hausse des teneurs du phosphore total et du potassium total dans le sol (Dabin, 1969).

Par contre, la teneur du phosphore assimilable connaît une baisse du fait des exigences de la culture pour le développement de son système racinaire, la formation des tubercules et des graines. Le potassium assimilable, quand bien même ne présente pas de résultats significatifs, connaît des variations dans son utilisation.

L'analyse du pH eau du sol révèle une acidification du sol. Cette analyse est similaire à l'analyse de Bon et de Savili. L'absence de fertilisation de la culture permet d'affirmer avec certitude que la culture irriguée du manioc entraîne une acidification du sol.

Le tableau ci-dessous permet d'apprécier les résultats statistiques issus des statistiques descriptives des paramètres significativement différents au seuil de 5%.

➤ Profondeur 0-20 cm

Tableau 8: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	moyenne \pm déviation std	Coef. variation	Erreur std
pF 3,0	8,00 ^a	7,77 ^b	7,88 \pm 0,16	2,06	0,11
pF 4,2	5,68 ^a	5,01 ^b	5,34 \pm 0,47	8,86	0,33
pH eau	6,41 ^a	5,99 ^b	6,2 \pm 0,29	4,79	0,21

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

➤ Profondeur 20-40 cm

Tableau 9: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	moyenne \pm déviation std	Coef. variation	Erreur std
pF 2,5	24,35 ^a	20,88 ^b	22,61 \pm 2,45	10,84	1,73
carbone	0,47 ^a	0,54 ^b	0,51 \pm 0,04	8,87	0,03
azote	0,036 ^a	0,041 ^b	0,03 \pm 0,003	9,18	0,002
phosphore total	108,6 ^a	109,3 ^b	108,95 \pm 0,49	0,45	0,35
pH eau	6,13 ^a	5,85 ^b	5,99 \pm 0,19	3,3	0,14

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

➤ **Profondeur 40-60 cm**

Tableau 10: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.

Variables Paramètres	Valeur prélèvement 1 (Septembre 2010)	Valeur prélèvement 2 (Avril 2011)	moyenne \pm déviation std	Coef. variation	Erreur std
pF 2,5	23,99 ^a	21,75 ^b	22,87 \pm 1,58	6,92	1,12
Carbone	0,362 ^a	0,399 ^b	0,38 \pm 0,02	6,87	0,01
pH eau	6,47 ^a	5,84 ^b	6,15 \pm 0,44	7,23	0,31

NB : les valeurs de prélèvement d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les mêmes observations des valeurs de la déviation standard dans les différents tableaux témoignent toujours les résultats significatifs $P < 0,05$ en comparaison avec la moyenne des analyses des échantillons de sol. Il en est de même pour le coefficient de variation qui est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Plus ce rapport est élevé, plus l'écart entre la déviation standard et la moyenne des analyses est grande.

2.4. Évolution de la fertilité du sol pour toutes les couches confondues

En plus des statistiques descriptives par profondeur sur chaque site, des statistiques descriptives sont réalisées pour comparer toutes les profondeurs afin de mieux appréhender les variations des teneurs des paramètres analysés entre l'analyse initiale et celle réalisée au bilan.

2.4.1. Évolution de la fertilité du sol par site

➤ *Site de Bon*

Tableau 11: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Bon.

Paramètres	Valeurs des échantillons de sol prélevés avant la plantation du manioc (Septembre 2010)	Valeurs des échantillons de sol prélevés six mois après la plantation du manioc (Avril 2011)
pF2.5	27,86 ^a	25,07 ^a
pF3.0	20,62 ^a	18,39 ^a
pF4.2	14,14 ^a	13,01 ^a
MO total	1,42 ^a	1,16 ^a
Carbone total	0,82 ^a	0,67 ^a
Azote total	0,068 ^a	0,053 ^a
C/N	12 ^a	12,33 ^a
Phosphore total	139,7 ^a	151,813 ^a
P assimilable	0,82 ^a	1,42 ^a
K total	596,3 ^a	289,33 ^b
K disponible	70,5 ^a	61 ^a
pH eau	6,20 ^a	5,88 ^a

NB : les valeurs d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

On note sur tous les paramètres analysés, une variation de leurs teneurs respectives dans le sol. Mais, la variation positive concerne les éléments du sol comme le rapport C/N, le phosphore total et le potassium total. Les autres éléments varient à l'opposé des précédents. Malgré les différentes variations observées sur chaque élément du sol, l'analyse descriptive ne montre pas de différences significatives outre le potassium total du sol.

➤ *Site de Savili*

Tableau 12: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Savili.

Paramètres	Valeurs des échantillons de sol prélevés avant la plantation du manioc (Septembre 2010)	Valeurs des échantillons de sol prélevés six mois après la plantation du manioc (Avril 2011)
pF2.5	15,06 ^a	12,54 ^a
pF3.0	10,32 ^a	7,42 ^b
pF4.2	7,39 ^a	5,26 ^b
MO total	0,83 ^a	0,79 ^a
Carbone total	0,483 ^a	0,46 ^a
Azote total	0,035 ^a	0,035 ^a
C/N	13,67 ^a	13 ^a
Phosphore total	113,8 ^a	85,0 ^a
P assimilable	6,03 ^a	2,61 ^a
K total	248,4 ^a	593,66 ^a
K disponible	53,5 ^a	70,13 ^a
pH eau	6,24 ^a	6,56 ^a

NB: les valeurs d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Contrairement aux teneurs du potassium total, du potassium disponible et du pH eau qui augmentent dans le sol, les teneurs des autres éléments analysés ont subi une baisse relative pour toute profondeur confondue.

Cependant l'analyse descriptive montre une différence significative seulement pour le pF 3,0 et le pF 4,2. Cela est dû très probablement à la texture du sol à dominance argileuse indiqué en annexe.

➤ ***Site de Tanghin Wobdo***

Tableau 13: Résultats des statistiques descriptives pour les premières et les secondes analyses d'échantillons de sol de Tanghin Wobdo.

Paramètres	Valeurs des échantillons de sol prélevés avant la plantation du manioc (Septembre 2010)	Valeurs des échantillons de sol prélevés six mois après la plantation du manioc (Avril 2011)
pF2.5	20,57 ^a	17,83 ^b
pF3.0	14,70 ^a	2,45 ^a
pF4.2	11,56 ^a	9,57 ^a
MO total	0,77 ^a	0,96 ^a
Carbone total	0,446 ^a	0,56 ^a
Azote total	0,036 ^a	0,043 ^a
C/N	12,33 ^a	12,66 ^a
Phosphore total	82,8 ^a	106,26 ^a
P assimilable	0,86 ^a	0,57 ^a
K total	331,3 ^a	848 ^a
K disponible	32,6 ^a	50,46 ^a
pH eau	6,34 ^a	5,89 ^b

NB : les valeurs d'une même ligne suivies de la même lettre en exposée ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

La baisse des teneurs des éléments analysés du sol concerne le pF 2,5 ; le pF 3,0 ; le pF4,2 ; le phosphore assimilable et le pH eau.

Le pF 2,5 et le pH eau présentent une différence significative à l'issue de l'analyse de variance. La texture du sol à dominance sableuse justifie la différence significative du pF 2,5.

2.4.2. Évolution de la fertilité du sol entre les sites

Tableau 14: Résultats des statistiques descriptives pour toute couche confondue 0-60 cm des trois sites.

Sites	pF2.5	pF3.0	pF4.2	MO total	Carbone total	Azote total	C/N	P total	P assimilable	K total	K disponible	pH eau
Bon	26,78 _a	19,51 _a	13,58 _a	1,29 _b	0,746 _b	0,061 _b	12,17 _{ba}	145,757 _b	1,12 _{ba}	1442,82 _a	65,75 _a	6,04 _a
Savili	13,8 _b	8,97 _b	6,33 _b	0,81 _{ba}	0,472 _{ba}	0,035 _{ba}	13,34 _b	99,405 _{ba}	4,32 _{ba}	421,03 _b	61,82 _a	6,4 _a
Tanghin Wobdo	19,20 _c	13,58 _c	10,57 _c	0,87 _{ba}	1,006 _{ba}	0,04 _{ba}	12,50 _{ba}	94,53 _{ba}	0,72 _a	589,65 _c	41,53 _a	6,12 _a

NB : les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre en indice ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les statistiques descriptives sur toutes les profondeurs confondues entre les trois (03) sites deviennent intéressantes en ce sens que tous les éléments du sol, à l'exception du potassium disponible, le pH eau, présentent des différences significatives. Ainsi, chaque paramètre du sol pris individuellement à Bon est significatif soit à son homologue de Savili, soit à celui de Tanghin Wobdo. Cependant, les résultats statistiques sont nettement significatifs et beaucoup plus remarquable pour les valeurs des pF 2,5 ; des pF 3,0 et des pF 4,2 et en potassium total.

CONCLUSION PARTIELLE

Au regard des différentes statistiques descriptives par profondeur et par site, nous retenons que la culture irriguée du manioc présente des effets dégradants sur l'évolution des sols.

La baisse de la teneur des éléments dans le sol, traduit leur demande par la culture et toutes autres formes liées à la perte de ces éléments dans le sol. Par ailleurs, la teneur de certains paramètres qui augmente dans le sol, pourrait être certainement liée au phénomène de séquestration.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Il est ressorti de l'étude des effets de la production irriguée du manioc sur la fertilité des sols, que le manioc dégrade les sols en :

- (i) Baissant significativement, les teneurs de la matière organique du sol de 18,31 % à Bon et de 4,82 % à Savili ;
- (ii) baissant significativement, les teneurs du carbone total du sol de 18,49 % à Bon et de 4,76 % à Savili ;
- (iii) baissant significativement, les teneurs d'azote de 22,06 % à Bon ;
- (iv) diminuant significativement, les teneurs du phosphore total de 25,30 % à Savili ;
- (v) diminuant significativement, les teneurs du phosphore assimilable de 56,71 % à Savili et 33,72 % à Tanghin Wobdo ;
- (vi) diminuant significativement, les teneurs du potassium total de 13,47 % à Bon.

La caractérisation des systèmes de production révèle :

- (i) une très faible application de la fumure organique et minérale se limitant à la maraîchiculture ;
- (ii) un faible niveau de matériels de travail se limitant à la daba avec en moyenne une charrue par exploitation.

Au regard des différents résultats, on s'accorde avec Sylvestre, (1987), que si des mesures de la gestion de la fertilité des sols ne sont pas prises à temps, la production du manioc dégraderait davantage la fertilité de ces sols.

Pour cela, il est nécessaire :

- pour le monde rural, d'intégrer sérieusement la fertilisation organique et minérale des cultures dans la chaîne de techniques culturales pour relever le niveau de la fertilité des sols ;
- de réduire les exportations et/ou le brûlis des résidus de culture qui devront être recyclés sous diverses formes (compost, fumier) dans les exploitations agricoles ;
- pour les décideurs, de développer des stratégies de subventions ou d'octroi de matériels aux groupements de producteurs de manioc dans une perspective de la transformation du manioc ;
- de poursuivre la recherche sur l'évaluation des effets de la culture du manioc sur la fertilité des sols sur une période d'au moins cinq (05) ans considérant les rendements et d'autres paramètres physiologiques de la culture afin de formuler des doses d'engrais propres à chaque périmètre.

BIBLIOGRAPHIE

- **AÏDARA S., 1984.** Etude du système racinaire du manioc (variété CB) suivant le système de coupe des boutures et le mode de planting ; ORSTOM, 17 p.
- **AOUBA H., 1993.** « L'irrigation au Burkina Faso : Historique, Situation, Perspective » in « Actes de Séminaire Atelier : quel environnement pour le développement de l'irrigation au Burkina Faso », les 1^{er}, 2 et 3 Février 1993 Ouagadougou, Ministère de l'eau, pp 29 à 48.
- **BELEM C., 1985.** Coton et système de production dans l'ouest du Burkina Faso. Thèse de 3^{ème} cycle en Géographie de l'aménagement–Université Paul Valéry. IRCT/CIRAD, 344p.
- **BUNASOLS, 1987.** Document technique N° 3 : Méthodes d'analyses d'échantillons de sol. 130p.
- **BUNASOLS, 1990.** Document technique n°6 : Manuel pour l'évaluation des terres, 181 p.
- **CAPILLON A., SEBILLETO M., 1980.** Etude des systèmes de production des exploitations agricoles, 111p.
- **CHARREAU C., FAUCK R., 1969.** Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa (Casamance). Agronomie. Tropicale, XXV, 2.
- **COINTEPAS J.P., MAKILO R., 1982.** Bilan de l'évolution des sols sous cultures intensives dans une station expérimentale en milieu tropical humide (Centrafrique). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XIX, 3 : 271-282.
- **COMPAORÉ E., FARDEAU J.C., MOREL J. L., SEDOGO M. P. 2001.** Le phosphore biodisponible des sols : Une des clé de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest. Cahiers Agricultures, 10. Numéro (2). pp 81-5.
- **DABIN B., 1969.** Etude générale des conditions d'utilisation des sols de la cuvette tchadienne. ORSTOM T.D., 199 p.
- **DABIRE R., 2008.** Fiche technique de production et de protection du manioc en irriguée. INERA, 17p.
- **ESCADAFAL R., GIRARD M. C., COURAUDET D., 1988.** La couleur des sols : appréciation, mesure et relations avec les propriétés spectrales. ORSTOM. 8 (2), 147-154p.
- **FAUCK R., MOUREAUX C., THOMANN Ch., 1969.** Bilans de l'évolution des sols de Sefa (Casamance Sénégal) après 15 années de culture continue. Agronomie Tropicale, 3, 263-301.

- **FELLER C., MILLEVILLE, 1977.** Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal oriental). 1ère partie : Présentation de l'étude et évolution des principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 3,291-302.
- **Hien E. 2004.** Dynamique du carbone dans un acrisol ferrique du centre Ouest du Burkina : influence des pratiques culturelles sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 138p
- **IIAT, 1990.** « le manioc en Afrique tropical : un manuel de référence »; Edition Ibadan (Nigéria), 190 p.
- **JAMES B., YANINEK J., TUMANTEH A., MAROYA N., DIXON A., SALAWU R. et KWARTENG J., 2000.** Comment démarrer un champ de manioc. IITA. 14p.
- **LANDAIS E., 1992.** Principes de modélisation des systèmes d'élevage, *in* Les Cahiers de la recherche développement, n°32, Montpellier, 83p.
- **LARCHER W., 1995.** Physiological Plant Ecology. 3rd ed. Springer, Berlin, 506p.
- **LOMPO F. 1995.** Etude de cas au Burkina Faso de l'initiative phosphates naturels. Rapport provisoire. 36 p.
- **MABA B., 2007.** « Identification des éléments nutritifs majeurs limitants et des stratégies appropriées de fertilisation sous culture de maïs dans l'Ogou-Est de la région de plateaux »; Mémoire d'ingénierat : Agronomie, Université de Lomé (TOGO), 84 p.
- **MEMENTO DE L'AGRONOME, 2002.** CIRAD – GRET, MAE. Editions Quae, Paris/France, 1691p.
- **MOREAU R., 1986.** Fertilité des sols et fertilisation des cultures tropicales. ORSTOM, 58 p.
- **OUÉDRAOGO A., 2010.** Analyse de la rentabilité financière et économique de la filière manioc au Burkina Faso : cas des régions des Cascades et du Sud-ouest, Mémoire d'ingénierat, option Sociologie et économie rurales/ IDR/ UPB ; 109 p.
- **PIÉRI, C., 1989.** Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Agridoc-International, Paris, 444 pp.
- **PNDDAI, 2004.** Rapport principal : Stratégie, plan d'action, plan d'investissement à l'horizon 2015, MAHRH, 170 p.
- **PNGT2, 2004.** Plan de développement du village de Tanghin Wobdo, Département de Sabou, 36 p.
- **PNGT2, 2004.** Plan de gestion du terroir de Bon, Département de Niabouri, 80 p.

- **RAFFAILLAC J.P., 1998.** « le rôle de la densité de plantation dans l'élaboration du rendement du manioc » in « la conduite du champ cultivé, points de vue d'agronomes » Editions Orstom, Paris, pp 74-93.
- **REBOUL C., 1976.** « Mode de production et système de culture et d'élevage *in* : Economie Rurale, n°112.
- **ROOSE E., 1981.** Dynamique actuelle de sols ferralitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. ORSTOM T.D. no30, 569 p.
- **SANOU R., 2009.** Étude de la dynamique des systèmes agraires en zones cotonnières du Burkina Faso : cas des villages de Koutoura et de Karaborosso, Mémoire d'ingénierat, option Agronomie/ IDR/ UPB; 89 p.
- **SEDOGO P.M., 1993.** Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture/ incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat. Univ. Cocody. C.I., 285p.
- **SILVESTRE P., 1987.** Le Manioc : le technicien d'agriculture tropical. Éditions Maisonneuve et Larose, 119 p.
- **ZANGRE A., 2000.** Effets combinés du travail du sol et des amendements organiques sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé dans la région de SARIA (zone centre du Burkina Faso). Mémoire d'ingénierat/ option Agronomie/ IDR/Bobo, 97 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Description morphologique du profil du périmètre de Bon

0-14cm : brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état humide; limoneux-argileux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins; nombreuses racines très fines, fines, moyennes; activité biologique bien développée; limite distincte.

14-36cm : brun jaunâtre foncé (10YR4/6) à l'état humide avec quelques tâches diffuses ; texture argilo-limoneux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins et moyens; peu nombreuses racines très fines, fines; activité biologique moyennement développée; limite distincte.

36-65cm : brun jaunâtre (10YR5/6) à l'état humide; 5% de taches gris brunâtre clair (10YR6/2); argile; 7% de concrétions ferrugineuses; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires ; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines; activité biologique moyennement développée; limite graduelle.

65-88cm : brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état humide; 20% de taches brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état humide; argile; 15% de concrétions ferrugineuses; structure massive; consistance collante; assez nombreux pores très fins et fins; racines rares très fines; activité biologique faiblement développée.

>88cm : nappe en affleurement

Annexe 2 : Description morphologique du profil du périmètre de Savili

0-20cm : brun grisâtre très foncé (10YR4/2) à l'état humide; sablo-limoneux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance friable; nombreux pores très fins, fins; peu nombreuses racines très fines, fines, moyennes; activité biologique bien développée; limite distincte.

20-40cm : brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état humide; texture sableuse-argilo-limono; quelques concrétions ferrugineuses ; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins; rares racines très fines, fines; activité biologique moyennement développée; limite distincte.

40-64cm : brun(10YR5/4) à l'état humide; texture Sableuse-argileuse; 15% de concrétions ferrugineuses; structure faiblement développée en éléments fins et moyens polyédriques subangulaires ; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins, moyens; rares racines très fines; activité biologique faiblement développée; limite abrupte irrégulière.

>64cm : carapace ferrugineuse

Annexe 3 : Description morphologique du profil du périmètre de Tanghin Wobdo

0-18cm : brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état humide; sablo-limoneux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance très friable; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grosses; activité biologique bien développée; limite distincte.

18-45cm: brun vif (7.5YR5/6) à l'état humide; argilo-sableux; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins et moyens; assez nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grosses; activité biologique assez bien développée; limite distincte.

45-71cm : brun (7.5YR5/4) à l'état humide; 10% de taches gris brunâtre clair (10YR6/2); sablo-argileux; 7% de concrétions ferrugineuses; structure faiblement développée en éléments grossiers et moyens polyédriques subangulaires; consistance ferme; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges; peu nombreuses racines très fines; activité biologique moyennement développée; limite graduelle.

71-120cm : gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état humide; 20% de taches brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état humide; argile; 15% de concrétions ferrugineuses; structure massive; consistance ferme; assez nombreux pores très fins et fins; racines rares très fines; activité biologique faiblement développée.

Annexe 4 : Synthèse des résultats des analyses au laboratoire

Village	Résultats 1ères analyses				Moyennes	Résultats 2ndes analyses			Moyennes	Déférence moyennes
		0-20	20-40	40-60	0-60	0-20	20-40	40-60	0-60	0-60
Bon	Argile %	39,22	49,02	54,90	47,71	-	-	-	-	-
	Limons totaux %	43,13	37,25	33,34	37,91	-	-	-	-	-
	Sables totaux %	17,65	13,73	11,76	14,38	-	-	-	-	-
	pF 2,5 %	25,57	28,13	29,89	27,86	24,76	24,79	25,67	25,07	2,84
	pF 3,0 %	17,65	20,87	23,34	20,62	16,54	18,99	19,66	18,39	2,23
	pF 4,2 %	11,52	14,11	16,78	14,14	10,67	13,69	14,67	13,01	1,13
	Matière organique totale %	1,58	1,71	0,97	1,42	1,58	1,02	0,88	1,16	0,26
	Carbone total %	0,915	0,990	0,560	0,822	0,915	0,591	0,511	0,67	0,152
	Azote total %	0,068	0,085	0,051	0,068	0,068	0,051	0,041	0,053	0,015
	C/N	13	12	11	12	13	12	12	12,33	-0,33
	P total ppm	155,2	124,2	139,7	139,7	163,96	145,740	145,740	151,813	-12,113
	P assimilable ppm	1,23	0,55	0,68	0,82	0	0,70	0,32	1,42	-0,6
	K total ppm	397,5	1043,5	347,8	596,3	3,25	2374	2629	2289,33	-1693,03
	K disponible ppm	65,8	59,9	85,8	70,5	1865	44,30	54,1	61	9,5
	pH eau	6,01	6,11	6,49	6,20	84,6	5,84	5,96	5,88	0,32
	Somme des bases (S) méq/100g	6,11	7,50	7,47	7,03	5,85	-	-	-	-
	Capacité d'échange (T) méq/100g	8,71	9,07	10,53	9,44	-	-	-	-	-
	Taux de saturation (S/T) %	70	83	71	75	-	-	-	-	-
Savili	Argile %	17,65	23,53	29,41	23,53	-	-	-	-	-
	Limons totaux %	19,60	17,65	17,65	18,30	-	-	-	-	-
	Sables totaux %	62,75	58,82	52,94	58,17	-	-	-	-	-
	pF 2,5 %	12,29	14,26	18,63	15,06	9,91	14,26	13,47	12,54	2,52
	pF 3,0 %	7,15	10,07	13,73	10,32	4,89	7,57	9,80	7,42	2,9
	pF 4,2 %	4,49	7,46	10,22	7,39	2,83	5,60	7,35	5,26	2,13
	Matière organique totale %	0,85	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,72	0,79	0,04
	Carbone total %	0,492	0,478	0,478	0,483	0,479	0,485	0,417	0,46	0,023
	Azote total %	0,034	0,034	0,036	0,035	0,034	0,037	0,034	0,035	0
	C/N	14	14	13	13,67	14	13	12	13	0,67
	P total ppm	108,6	108,6	124,2	113,8	54,660	109,300	91,090	85,01	28,79
	P assimilable ppm	15,07	2,09	0,92	6,03	4,90	1,97	0,96	2,61	3,42
	K total ppm	248,4	298,1	198,8	248,4	170	848	763	593,66	-345,26
	K disponible ppm	64,8	53,9	41,9	53,5	97,3	60,0	53,1	70,13	-16,63
	pH eau	6,41	6,17	6,15	6,24	6,34	6,61	6,74	6,56	-0,32
	Somme des bases (S) méq/100g	2,08	2,76	3,23	2,69	-	-	-	-	-
	Capacité d'échange (T) méq/100g	3,93	4,41	4,62	4,32	-	-	-	-	-
	Taux de saturation (S/T) %	53	63	70	62	-	-	-	-	-

Village	Résultats 1ères analyses			Moyennes	Résultats 2ndes analyses			Moyennes	Déférence moyennes	
	Résultats 1ères analyses			Moyennes	Résultats 2ndes analyses			Moyennes	Déférence moyennes	
		0-20	20-40	40-60	0-60	0-20	20-40	40-60	0-60	0-60
TanghinW obdo	Argile %	15,69	43,14	45,10	34,64	-	-	-	-	-
	Limons totaux %	17,64	15,68	15,68	16,33	-	-	-	-	-
	Sables totaux %	66,67	41,18	39,22	49,02	-	-	-	-	-
	pF 2,5 %	13,37	24,35	23,99	20,57	10,88	20,88	21,75	17,83	2,74
	pF 3,0 %	8,00	18,27	17,84	14,70	7,77	15,13	14,46	12,45	2,25
	pF 4,2 %	5,68	14,36	14,65	11,56	5,01	11,73	11,99	9,57	1,99
	Matière organique totale %	0,86	0,82	0,62	0,77	1,28	0,93	0,69	0,96	-0,19
	Carbone total %	0,499	0,478	0,362	0,446	0,741	0,542	0,399	0,560	-0,114
	Azote total %	0,039	0,036	0,034	0,036	0,055	0,041	0,034	0,043	-0,007
	C/N	13	13	11	12,33	13	13	12	12,66	-0,33
	P total ppm	62,1	108,6	77,6	82,8	91,090	109,300	118,410	106,266	-23,466
	P assimilable ppm	1,11	0,98	0,49	0,86	0,64	0,76	0,32	0,57	0,29
	K total ppm	248,4	347,8	397,5	331,3	424	1018	1102	848	-516,7
	K disponible ppm	39,9	30,9	26,9	32,6	31,5	62,9	57,0	50,46	-17,86
	pH eau	6,41	6,13	6,47	6,34	5,99	5,85	5,84	5,89	0,45
	Somme des bases (S) méq/100g	0,82	3,72	4,59	3,04	-	-	-	-	-
	Capacité d'échange (T) méq/100g	1,70	6,36	7,68	5,25	-	-	-	-	-
	Taux de saturation (S/T) %	48	58	60	55	-	-	-	-	-

Annexe 5 : Teneurs moyennes des paramètres analysés du sol (Analyses préliminaires)

Paramètres		BON	Savili	Tanghin Wobdo
Matière organique total (MO)	%	1,42	0,83	0,77
	cotation	3	2	2
Azote total (N)	%	0,068	0,035	0,036
	cotation	3	2,5	2,5
Phosphore assimilable (P)	ppm	0,82	6,03	0,86
	cotation	2	2,5	2
Phosphore total (P)	ppm	139,7	113,8	82,8
	cotation	2,75	2,75	2,5
Potassium disponible (K)	ppm	70,5	53,5	32,6
	cotation	3	3	2,5
Potassium total (K)	ppm	596,3	248,4	331,3
	Cotation	2,75	2,5	2,5
CEC (T)	Méq/100gr	9,44	4,32	5,25
	cotation	2,5	2	2,5
Saturation Bases (V)	%	75	62	55
	cotation	3,5	3,5	3
Somme des Bases (S)	Méq/100gr	7,03	2,69	3,04
	cotation	3	2	2
pH eau	valeurs	6,20	6,24	6,34
	cotation	5	5	5

Annexe 6 : Caractéristiques de la fosse pédologique.

- Forme : trapèze; la fosse comporte des escaliers pour faciliter la descente et la remontée;
- Dimension : largeur de la paroi à observer : 1m; longueur de la fosse : 1,5m; profondeur : 1,20m ou jusqu'à l'obstacle (cuirasse, roche ou nappe);
- Orientation : la fosse doit être orientée de façon à ce que la face à observer bénéficie au moment de l'observation d'un maximum d'éclairage.

Annexe 7 : Les différents systèmes d'élevage

Les systèmes

D'élevage

Cheptel

SE1	Bovin de parcours des peuls
SE2	Élevage de bovins des agriculteurs
SE3	Élevage d'asins
SE4	Élevage de petits ruminants
SE5	Élevage de la volaille
SE6	Élevage des porcs

Annexe 8 : Principaux systèmes de culture et leur localisation

PPI : Parcelles du périmètre irrigué

PAPI : Parcelles autour du périmètre irrigué

S: Sorgho; **Mi:** Mil; **M:** Maïs; **A:** Arachide; **Se:** Sésame; **N:** Niébé; **C:** Coton; **To:**

Tomate; **Oi:** Oignon; **Ch:** Choux; **Hv:** Haricot vert; **Past:** Pastèque; **R :** riz ; **S2** et **S3** sont des monocultures de 2 et 3 ans.

Village	Successions culturelles	
	PPI	PAPI
Bon	<ul style="list-style-type: none"> - Ass (To// Ch// Oi)// S + N 	<ul style="list-style-type: none"> - M pure - R pure -S// M - Mi// M + fertilisants// S + N - Co + fertilisants//M - Se// A - S + N// M (3ans) - S + N// A// M -S + N// Co// M -S// M -S + N (3ANS)// A -S + N// M// A
Savili	<ul style="list-style-type: none"> - S + N// Hv + M// M - S + N// Hv + M// A - Ass (Hv + M// Oi + M)//M - Ass(To//Aubsauv// Oi)//S + N - S3// Mi// Ass (Hv + M// Oi - S + N// Mi// Ass (Hv + M// Oi) - Hv + M//M - S + Mi// Mi// Ass (Hv + M)//M - S + Mi + N// Mi + N// Ass (Hv + M)//M 	<ul style="list-style-type: none"> - R pure - S2// Mi - S2 + N// Mi// A - S + Mi// Mi
Tanghin Wobdo	<ul style="list-style-type: none"> -Oi + M// M// Past 	<ul style="list-style-type: none"> - S2// Mi//A - S + N// Mi + N - S + Mi// Mi// A - S + Mi + N// Mi// A - S + Mi// Mi - S + N// Mi - S// Mi// M// A - A// Se - S// Mi

Annexe 9 : Principaux systèmes de Production de Bon

Type d'exploitation	Équipement agricole			Nbr de bouches à nourrir	Nbr d'actifs	Nbr de fosses fumière	Superficies (ha)		Pratiques des techniques de CES/DRS (%)			Élevage			
	charrues	Dabas + pioches	charrettes				céréales	maraîchage	Diguettes en cailloux	Diguettes en terre	Diguettes d'herbacées	Bœufs de parcours + asins	Bœufs de traits	Petits ruminants	volaille
Type1 Exploitations des autochtones	1-2	6-10 + 6-10	1	11-27	4-7	1	7,5-13,5	0	0	0	0	5-100 + 0-1	2- 4	9-80	57-200
Type2 Exploitations des migrants résidents	1-2	6-15 + 6-15	1	3-18	2-15	1	6,5-8,75	0,25	0	0	0	9-26 + 0-1	2-6	13- 40	10-30
Type3 Exploitation des migrants en transit	1	7	1	19	7	1	6,25	0	0	0	0	13 + 2	2	20	40

Nbr = nombre

Annexe 10 : Principaux systèmes de Production de Savili

Type d'exploitation	Équipement agricole			Nbr de bouches à nourrir	Nbr d'actifs	Nbr de fosses fumière	Superficies (ha)		Pratiques des techniques de CES/DRS (%)			Élevage			
	charrues	Dabas + pioches	charrette s				céréales	maraichage	Diguettes en cailloux	Diguettes en terre	Diguettes d'herbacées	Bœufs de parcours + asins	Bœufs de traits	Petits ruminants	volaille
<u>Type1</u> <u>Exploitations des autochtones</u>	1-2	7-10 + 7-10	1	10-21	7-10	0-1	4- 9,5	0,25-1	0%	25%	50%	2-8 + 1-2	2	7-20	10- 60
<u>Type3</u> <u>Exploitation des migrants en transit</u>	1-2	7-10 + 7-10	0-1	10-20	7-10	0-1	0	0,25- 0,5	-	-	-	0	0-1	0-15	0-15

Annexe 11 : Principaux systèmes de Production de Tanghin Wobdo

Type d'exploitation	Équipement agricole			Nbr de bouches à nourrir	Nbr d'actifs	Nbr de fosses fumière	Superficies (ha)		Pratiques des techniques de CES/DRS			Élevage			
	charrues	Dabas + pioches	charrette s				céréales	maraichage	Diguettes en cailloux	Diguettes en terre	Diguettes d'herbacées	Bœufs de parcours + asins	Bœufs de traits	Petits ruminants	volaille
<u>Type1</u> <u>Exploitations des autochtones</u>	1	2-10	1	3-12	2-10	1	2-11	0,04- 0,12	80%	20%	90%	0-3 + 1-3	0-2	5- 40	15-20

Nbr = nombre

Annexe 12 : FICHE DE DESCRIPTION DE PROFIL PEDOLOGIQUE (BUREAU NATIONAL DES SOLS)

N° du profil : _____ Date de description : _____ Unité cartographique : _____
Auteurs : _____
Localisation : _____
Coordonnées : Longitude : _____ Latitude : _____ Altitude : _____
Position physio. : _____ Pente : _____
Topographie environnante : _____ Microtopographie : _____
Éléments grossiers en surface : _____ affl. Roche/curasse : _____
Érosion : _____ Influence humaine : _____
Végétation et/ou utilisation :
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Matériaux parentaux : _____ Etat hydrique : _____
Drainage : _____ Nappe : _____
Classification CPCS (1967) : _____
Classification WRB (2006) : _____
Classification technique : _____

Notes additionnelles :

.....
.....
.....
.....
.....

Numéro définitif _____ Nombre d'échantillons _____

Basée sur « Directives pour la description des sols » 3^{ème} éd. FAO, Rome 1994

Annexe 13 : FICHE D'ENQUETE POUR LA CARACTERISATION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION

A. Enquête du groupe social

Identification du groupe social enquêté

Nom du groupe enquêté.....

Nombre de participants : homme (.....), femme (.....), effectif total (.....)

Ethnie :.....

Statut social : autochtone migrant résident migrant en transit

Activité socioprofessionnelle : Agriculteur Agropasteur Eleveur

Religion : Animiste Islam chrétien

I. Production irriguée

1. Culture de saison sèche

1.1 Historique de la production des cultures de saison sèche et dynamique organisationnelle

- Depuis quand pratiquez-vous la culture de saison sèche ?
- Quelles sont les raisons qui ont amenées cette adoption ?
- listez nous la gamme de vos productions et les superficies approximatives ?
- A quelle période commence les activités de saison sèche ?
- Parlez-nous de la proportion en termes de surface qu'occupe chaque spéculature
- Quel est l'effectif des concernés ? Hommes (.....) Femmes (.....) Total (.....)
- Quelle est la tache qu'occupe chaque groupe social ?

1.2 L'irrigation

- Quelle est votre source d'approvisionnement en eau ?
- Est – elle pérenne ?
- Parlez-nous de la profondeur de votre ressource ?
- Caractériser nous les berges de votre ressource ?
- Avez-vous des problèmes de pollution de la ressource d'eau?
- Citez-nous les différents utilisateurs de la ressource d'eau
- De qui avez-vous bénéficié le système d'irrigation en place ?

Il s'agit pour nous de décrire :

- ✚ Le système d'irrigation notamment
 - La technique d'irrigation
 - Exhaure de l'eau
 - Transport de l'eau c'est-à-dire **le réseau d'irrigation** (canaux primaires, secondaires, tertiaires, quaternaires), **le réseau de drainage** (drains quaternaires ou parcellaires, tertiaires, secondaires et de drain principal ou collecteur).
 - La fréquence et le volume d'eau
- ✚ Les avantages et les inconvénients de ce système
- ✚ Application de l'eau :

Manioc Culture de saison sèche

1.3 Formation

- Avez-vous reçu une formation concernant la production des cultures de saison sèche ?

- Que préconisez-vous pour relever votre niveau de production ?

1.4 Fertilisation

- Parlez-nous de votre mode de gestion de la fertilité de vos parcelles ?

Apport de la fumure minérale Apport de fumier (origine à préciser)
 Apport de fumure organique Application de technique de CES/DRS
 Pratique de la rotation culturelle de l'assolement de l'association culturelle

1.5 Entretien

- Parlez-nous de l'entretien de vos différentes cultures de saison sèche prise individuellement

1.6 Récolte et commercialisation

Désignation	Période (JAS)	Quantité (kg/ha)	Prix de vente unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)	Lieux de vente	Acheteurs
Maïs						
Tomate						
Oignon						
Haricot vert						
Autre						

1.7 Que proposez-vous pour une meilleur production et valorisation de vos cultures de saisons sèches ?

2 Le manioc

2.1 Historique de la production du manioc et dynamique organisationnelle

- Quel est l'année de début de production du manioc ?
- Quelles sont les raisons qui vous motivent à produire le manioc ?
- Quel est l'effectif du groupement des producteurs du manioc ?

Hommes (.....) Femmes (.....) Total (.....)

- Quelle est la tache qu'occupe chaque groupe social ?

2.2 Quel sont les systèmes de cultures du manioc de votre périmètre irrigué?

2.3 Entretien

- parlez-nous des opérations culturales que vous avez adoptées pour le manioc
- Comment comptez-vous protéger vos parcelles de manioc contre les animaux en divagation ?

2.4 Transformation et commercialisation du manioc

- Quels sont les sous produits du manioc que vous connaissez ?
- Avez-vous du matériel pour la transformation du manioc ?

Désignation	Autoconsommation (kg)	Vente (kg)	Prix de vente unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)	Acheteurs	Lieux de vente
Tubercules de manioc						
Boutures de manioc						

2.5 Systèmes de culture du périmètre irrigué

- Nous identifierons à l'intérieur du périmètre irrigué la répartition spatiale des productions, les antécédents cultureaux, les apports d'engrais afin de définir les différents systèmes de culture.
- Nous chercherons également à connaître le niveau actuel d'adoption des outils de travail du sol (daba, pioche, charrue, tracteur, motoculteur...), et des mesures de CES/DRS à travers un sondage, toute chose nécessaire pour contribuer à une bonne explication des résultats d'analyse.

Désignations	daba	pioche	charrue	Application de technique de CES/DRS	Autres
nombre					
État					

- Nous utiliserons l'annotation suivante pour spécifier les systèmes de culture :

A = Arachide; **M** = Maïs; **Ma** = Manioc ; **Mi** = Mil; **S** = Sorgho; **Se** = Sésame ; **N** = Niébé; **P** = Pois de terre ; **R** = Riz ; **J** = Jachère ; **+** = association de deux cultures ; **//** = rotation annuelle, **D** = Daba ; **C** = Charrue ; **T** = Tracteur

III Élevage

- Quels sont les systèmes d'élevage qu'on rencontre dans votre village ?

Système traditionnel extensif Semi-intensif Intensif Autre
 - Décrivez-nous chaque système

Désignation	Nombre de têtes	Valorisation des fèces	Bénéficiaires	
			Champs de cases	champs lointains
Boeufs de traits				
Anes				
Chèvres				
moutons				
Autres				

- Que préconisez-vous pour une meilleure valorisation de votre élevage ?

IV Foresterie

- Pouvez-vous nous citer quelques essences d'importance socioéconomique culturelle et agronomique ?

Essences (noms locaux ou scientifiques)	Importance			
	Social	Culturelle	Économique	Agronomique
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

- Comment vivez-vous le phénomène de la désertification ?

- Que faites-vous pour lutter contre ce phénomène ?

Reboisement Des cotas à payer
 Mise en place de réserves Autres à préciser

- Quel rôle joue chaque essence dans le milieu de vie ?

Annexe 14 : FICHE D'ENQUETE POUR LA CARACTERISATION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION

B. Enquête individuel

Identification de l'enquêté

Date de renseignement :

Nom de l'enquêté.....

Age.....

Situation matrimoniale.....Nombre d'épouses.....

Nombre d'actifs.....Nombre de bouches à nourrir :

Organisation d'appartenance :

Ethnie :

Statut social : autochtone migrant résident migrant en transit

Activité socioprofessionnelle : Agriculteur Agropasteur Eleveur

Religion : Animiste Islam chrétien

I. Culture de saison humide

1.1 Importance des céréales

- Comment classez-vous les céréales par ordre d'importance selon :

La superficie.....

Le revenu.....

La consommation.....

Et dites-nous pourquoi ?.....

1.2 Niveau de technicité culturelle

- Pouvez-vous nous décrire l'itinéraire technique que vous appliquez aux céréales ?

- Parlez-nous de vos techniques d'associations culturales et donnez-nous l'importance de chaque culture dans l'association !

1.3 Entretien

Parlez-nous de l'entretien de vos céréales.

1.4 Fertilisation

- Parlez-nous de la valorisation des résidus de récolte !
- Quels sont selon vous les éléments du milieu qui vous signalent la perte de la fertilité de vos sols ?
- Que faites-vous pour remédier à cela ?

II. Culture de saison sèche

- Pratiquez-vous la maraîcher-culture ?

Si oui citez-nous vos préférences de production

Spéculation	Superficies

Si non dites-nous pourquoi !

- Pouvez-vous nous donner des détails concernant :

- L'itinéraire technique
 - L'apport des fertilisants
 - Les difficultés rencontrées
- Que préconisez-vous pour une meilleure démarche de votre production maraîchère ?

III. Élevage

- Quelle place occupe l'élevage dans votre famille ?
- Quels types d'élevage pratiquez-vous et avec les effectifs si possible?

Bœufs Moutons Chèvres Volaille Ane

- Comment valorisez-vous les fèces des animaux ?
- Parlez-nous de la destinée de chaque animal dans votre élevage

Pratiques d'élevage

| Élevage Intensif Élevage Semi-intensif Élevage extensif

Culture de fourrage Oui Non

Utilisation résidus du champ pour l'alimentation des animaux Oui Non

Utilisation de la bouse des animaux pour la production de la fumure organique Oui Non

IV. Foresterie

- Quelle importance accordez-vous à l'arbre ?
- Etes-vous conscient de la désertification ?
- Quelles sont vos initiatives pour la protection de l'environnement ?