



CENTRE REGIONAL AGRHYMET



DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTERE EN GESTION DURABLE DES TERRES

Promotion : 2012-2013

Présenté par : M. BEKOU Kossobakan Afiolorom Joël

**Effets du travail et de la couverture du sol sur la production
du maïs (*zea mays L.*) dans la commune d'Aplahoué au sud-
ouest du Bénin**

Soutenu le 25 octobre 2013 devant le jury composé de :

Président : Pr. Yadji GUERO, Université Abdou Moumouni

Membres : Dr. Agali ALHASSANE, Centre Régional AGRHYMET

Pr. Sanoussi ATTA, Centre Régional AGRHYMET

Encadreurs : Pr. Pascal HOUNGNADAN, Faculté des Sciences Agronomiques (UAC) Bénin

Mr. KOUELO ALLADASSI Félix, Faculté des Sciences Agronomiques, Bénin

Maître de Mémoire : Dr. Ablassé BILGO, Centre Régional AGRHYMET

Dédicace

Je dédie cette œuvre à :

Mes enfants Amour et Gloire
Que ce travail vous inspire

La vie est un art et la maîtrise de tout art demande beaucoup d'essai,
d'échecs et de recommencements avant de produire un chef d'œuvre !

Remerciements

La réalisation d'un mémoire est une grande exploration à la fois scientifique et humaine, remplie de découvertes, de bons moments, mais également semée d'embûches et d'épreuves complexes. Ce parcours du chercheur n'est pas une navigation en solitaire mais bien une œuvre partagée et portée par de nombreuses personnes qu'il m'est difficile de lister dans ces quelques lignes.

Je tiens ici à rendre grâce à Dieu de m'avoir permis de terminer cette formation dans de meilleures conditions et en bonne santé. Que son nom soit glorifié à jamais.

Toute ma gratitude et mes remerciements vont à l'endroit de l'administration du Centre Régional AGRHYMET, des partenaires financiers (Union Européenne et Agence Universitaire de la Francophonie).

J'adresse mes vifs remerciements et une grande reconnaissance à mes encadreurs :

Au Pr. HOUNGNANDAN Pascal pour avoir accepté mon stage au Laboratoire d'Ecologie Microbienne de la FSA (Faculté des Sciences Agronomiques) de l'Université d'Abomey - Calavi

A Mr KOUELO ALLADASSI Félix, de l'Université d'Abomey – Calavi, mon maître de stage, pour son assistance dans la recherche et son appui technique dans la partie analyse statistique de ce travail.

Dr. BILGO Ablassé, Expert en changement climatique du Centre Régional AGRHYMET, mon Directeur de mémoire, pour sa contribution et ses conseils dont j'ai bénéficié dans la réalisation de cette étude malgré ses nombreuses occupations.

Une attention particulière est accordée à l'équipe de formation pour l'organisation pratique de notre formation, malgré les nombreuses difficultés matérielles et financières auxquelles elle a été confrontée. Je remercie particulièrement:

- Pr. NACRO Bismarck Hassan, coordonnateur de Mastère Gestion Durable des Terres (GDT) d'avoir conduit cette formation jusqu'à son terme avec engagement et courage, malgré les nombreuses difficultés rencontrées durant cette formation ;
- Pr. ATTA Sanoussi, Responsable de la Formation de base pour sa diligence et ses conseils qui m'ont été très utiles.

Je voudrais exprimer ma gratitude à mes amis : OLA Akotchayé Félix, AHEKO Aimé, ma grande sœur BEKOU Rébecca, et ma femme BALARO Isabelle pour leurs soutiens moral, matériel et financier. Que Dieu le tout puissant leur accord bonheur et prospérité.

Liste des tableaux

Tableau I : Récapitulation des activités menées sur le terrain	23
Tableau II : Caractéristiques des sols du site d'étude	32
Tableau III : Effets du travail de sol sur la croissance des plants de maïs	33
Tableau IV: Effet du mulch sur la croissance des plantes de maïs	33
Tableau V : Effets du travail de sol et du mulch sur la croissance des plants du maïs	34
Tableau VI : Variation des surfaces foliaires entre les facteurs étudiés.....	35
Tableau VII : Effets de travail de sol et du mulch sur les caractéristiques des épis de maïs ...	37
Tableau VIII : Effets de travail de sol et du mulch sur les rendements de maïs	37

Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation géographique de la commune d'Aplahoué	14
Figure 2 : Courbe ombrothermique de 1982 à 2012	15
Figure 3 : Bilan hydrique de 1982 à 2012	16
Figure 4 : Carte pédologique de la commune d'Aplahoué.....	17
Figure 5 : Schéma du dispositif expérimental	22
Figure 6 : Causes de la dégradation des sols des producteurs.....	27
Figure 7 : Causes de l'érosion selon les producteurs de la commune d'Aplahoué.....	27
Figure 8 : Critère d'appréciation du niveau de fertilité par les producteurs de la commune ...	28
Figure 9 : Mode de préparation du sol par les paysans dans la commune d'Aplahoué	29
Figure 10 : Pratique de fertilisation des sols par les paysans	30
Figure 11 : Variation de la surface foliaire des plants par traitement	36

Liste des photos

Photo 1 : Présentation du site et de l'installation du mulch	24
Photo 2 : (a) Mesure Longueur feuille (b) Mesure Largeur feuille.....	38

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaires	53
Annexe 2 : tableau d'analyse de variance(ANOVA) pour la hauteur 15 JAS	57
Annexe 3 : tableau de d'analyse de variance (ANOVA) pour la hauteur 60 JAS	57
Annexe 4 : tableau de variance (ANOVA) pour la longueur des feuilles florales.....	57
Annexe 5 : tableau de variance (ANOVA) pour la largeur des feuilles florales.....	57
Annexe 6 : tableau de variance (ANOVA) pour le nombre de feuilles par plants.....	57
Annexe 7 : Tableau de comparaison de variance pour les modalités de travail de sol	58
Annexe 8 : Tableau Récapitulation de variance pour travail du sol et mulching.....	58
Annexe 9 : Tableau d'analyse de la variance pour la surface foliaire.....	58

Sigles et abréviations

ANOVA	Analysis of Variance
AGRHYMET	Centre Régional de Formation et d'Application en Agrométéorologie et Hydrologie Opérationnelle
BAC	Bloc Aléatoire Complet
FAO	Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et Agriculture
FSA	Faculté des Sciences Agronomiques
INSAE	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
JAS	Jours Après Semis
MAEP	Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
MOS	Matière Organique du Sol
RNA	Recensement National Agricole
SCV	Sous Couverture Végétale
SD	Semis Direct
SDP	Semis Direct Sous Paillage
TC	Travail Conventionnel
TCS	Techniques Culturelles Simplifiées

TABLE DES MATIERES

Dédicace.....	i
Remerciements	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iii
Liste des photos.....	iii
Liste des annexes	iii
Sigles et abréviations	iv
TABLE DES MATIERES	v
RESUME.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
<i>1.1.1. Ecologie de la plante de maïs</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2. Systèmes de semis direct sous couverture végétale (SCV).....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3. Différents types de SCV et leurs avantages et inconvénients.....</i>	<i>5</i>
1.2. Effets du semis direct sur les différents paramètres du sol.....	5
<i>1.2.1. Evolution de la matière organique du sol.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Eléments minéraux du sol en semis direct</i>	<i>6</i>
<i>1.2.3. Structure et propriétés hydriques d'un sol non travaillé</i>	<i>6</i>
<i>1.2.4. Effet du semis direct sur la levée des plants</i>	<i>7</i>
<i>1.2.5. Effet du semis direct sur le rendement</i>	<i>7</i>
<i>1.2.6. Effet du semis direct sur la densité apparente et la porosité du sol</i>	<i>8</i>
1.3. Effets des paillis de résidus sur le sol et les cultures	8
<i>1.3.1 Effets généraux.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2. Effets spécifiques.....</i>	<i>9</i>
1.4. Travail du sol	10
<i>1.4.1. Travail conventionnel du sol ou labour à plat.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.2. Grattage du sol ou travail réduit</i>	<i>10</i>
<i>1.4.3. Labour en billon.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.4. Effets du travail du sol sur la matière organique du sol (MOS).....</i>	<i>11</i>

1.4.5. Travail du sol et développement des cultures	11
Conclusion partielle.....	12
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	13
2.1. Situation géographique	13
2.2. Justification de la zone d'étude	13
2.3. Facteurs physiques du milieu	15
2.3.1. Facteurs climatique et hydrographique	15
2.3.2. Relief et Sols.....	16
2.3.3. Végétation	18
2.4. Contexte socio- économique	18
CHAPITRE III: METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	20
3.1. Méthodologie de caractérisation des systèmes de culture auprès des producteurs	20
3.1.1. Méthode d'échantillonnage	20
3.1.2. Outil de collecte des données.....	21
3.1.3. Données collectées	21
3.2. Matériels et méthodes pour la collecte des données agronomique.....	21
3.2.1. Matériel d'étude	21
3.2.2. Dispositif expérimental	22
3.2.3. Suivi des opérations culturales.....	23
3.2.4. Variables mesurées	23
3.3. Echantillonnage de sol.....	24
3.3.1. Granulométrie	24
3.3.2. Dosages des teneurs en carbone organique et en azote total.....	25
3.3.3. Mesures du pH	25
3.4. Analyse statistique et traitement des données.....	25
CHAPITRE IV : RESULTATS	26
4.1. Système de culture et dégradation des sols à Aplahoué	26
4.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés	26
4.1.2. Perception paysanne de la dégradation des sols	26
4.1.3. Perception paysanne de l'érosion des sols	27
4.1.4. Perception paysanne de la fertilité de sol.....	28
4.1.5. Pratiques paysannes de la gestion des sols	28
4.1.6. Gestion de la fertilité des sols	29

4.1.7. <i>Systèmes de culture et dégradation des sols</i>	30
4.1.8. <i>Gestion des ravageurs</i>	30
Conclusion partielle	31
4.2. Caractéristiques du sol du site expérimental	31
4.3. Introduction sur les effets du travail du sol et du mulch sur la production du maïs.....	32
4.3.1. <i>Effet du travail du sol sur la croissance des plants de maïs</i>	32
4.3.2. <i>Effet du mulch sur la croissance des plantes de maïs</i>	33
4.3.3. <i>Effets du travail du sol et du mulch sur la croissance des plantes du maïs</i>	34
4.3.4. <i>Effet du travail du sol et du mulch sur la croissance foliaire de la feuille florale du maïs</i>	35
4.3.5. <i>Effets de travail du sol et du mulch sur la production du maïs</i>	36
Conclusion partielle	38
CHAPITRE V : DISCUSSIONS	39
5.1. Relation entre pression foncière, démographique et dégradation des sols	39
5.2. Impact du travail du sol sur la croissance des plantes de maïs.....	39
5.3. Impact du mulch sur la croissance des plantes de maïs.....	40
5.4. Impacts du travail du sol et du mulching sur la croissance des plantes de maïs	41
5.5. Impacts du travail du sol et du mulch sur la surface foliaire du maïs	42
5.6. Impacts du travail du sol et du mulch sur la production du maïs	42
5.7. Limite de l'étude sur l'effet du travail du sol et du mulch sur la production du maïs...	43
CONCLUSION GENERALE	44
BIBLIOGRAPHIE	46
Annexes	53

RESUME

Sur les plateaux du Sud-Bénin, précisément dans la commune d'Aplahoué, région de terres de barre à climat soudano-guinéen caractérisé par une pluviométrie comprise entre 900 et 1100 mm, la forte pression démographique a entraîné la dégradation physique et chimique des sols. Pour accroître la productivité des sols, depuis quelques décennies, le labour, comme mode de travail du sol, tend à diminuer au profit de différents modes de préparation du sol, allant du travail du sol réduit sans retournement jusqu'au semis direct sous couvert des paillis de résidus. L'objectif de cette étude est de contribuer à la lutte contre la dégradation des terres afin de garantir la sécurité alimentaire d'une population de plus en plus croissante. Dans le but de caractériser les systèmes de culture de la commune d'Aplahoué, une enquête de terrain a permis de comprendre la perception des producteurs sur les pratiques dégradantes des sols et leurs modes de gestion. Ensuite, un essai agronomique a permis d'évaluer les effets du travail de sol et du mulch sur la production de maïs (*zea mays, L.*), à travers un dispositif expérimental en bloc de Fischer à deux facteurs (travail de sol et mulch) comportant huit traitements et quatre répétitions en milieu paysan. Les résultats obtenus montrent que les principales raisons de la dégradation des sols sont beaucoup liées à l'érosion hydrique (93,7 % des enquêtés) et les cultures continues sur la même parcelle pendant des années (89,5 %). Pour les pratiques de gestion des sols, 96,8 % des enquêtés pratiquent le minimum labour, la jachère est inexistante, 2,6 % font le billonnage et 85 % défrichent leur champ en brûlant les résidus. Concernant l'effet de fertilisant, 38 % des enquêtés utilisent les engrais minéraux et 11,5 % utilisent les déjections des animaux souvent collectées dans les concessions. Les effets de travail du sol et du mulch ont été évalués. On note une différence hautement significative pour le facteur mulch sur toutes les variables de croissance observées sur le maïs. Le travail du sol montre une différence significative seulement au niveau du traitement sans labour comparé au billonnage. Les meilleures performances agronomiques sont obtenues sur le billonnage avec mulch (hauteur 60 JAS= 114,92 ±11,96 cm) suivi du minimum labour avec mulch (hauteur 60 JAS =112,33 ±15.18 cm). Le billonnage (R/p= 5738,035 kg/ha et R/g= 1478,77 kg/ha) donne les performances agronomiques comparé au sans labour (R/p=1797,325 kg/ha et R/g= 752,47 kg/ha) qui présente un résultat faible. Dans l'avenir, il serait intéressant d'accompagner les producteurs à pratiquer les systèmes de culture avec l'utilisation des paillis de résidu pour réduire les stress hydriques et accroître leur production.

Mots clés : dégradation des sols ; mulch ; billonnage ; culture de maïs ; Aplahoué ; Bénin

ABSTRACT

On the trays of the South-Benin, precisely in the township of Aplahoué, region of rod earths to soudano-Guinean climate characterized by a pluviométrie understood between 900 and 1100 mm, the strong demographic pressure entailed the physical and chemical deterioration of soils. To increase the productivity of soils, since some decades, the ploughing, as fashion of soil work, has the tendency to decrease to the profit of different fashions of soil preparation, active the work of soil reduces without reversal until the direct seedling under covered of the mulches of residues. The objective of this survey is to contribute to struggle against the deterioration of the earths in order to guarantee the food security of a more and more increasing population. In the goal to characterize the systems of culture of the township of Aplahoué, an investigation of land permitted to understand the perception of the producers on the practices degrading of soils and their fashions of management. Then, an agronomic test permitted to value the effects of the work of soil and the mulch on the production of corn (*zea mays*, L.), through an experimental device in block of Fischer to two factors (work of soil and mulch) including eight treatments and four repetitions in peasant environment. The gotten results show that the main reasons of the deterioration of soils are bound a lot to the water erosion (93,7% of them investigated) and the continuous cultures on the same parcel during years (89,5%). For the practices of management of soils, 96,8% of them investigated practice the minimum ploughing, the fallow is inexistent, 2,6% make the billonnage and 85% reclaim their field while burning the residues. Concerning the effect of fertilizing, 38% of them investigated use the mineral manures and 11,5% use the evacuations of the animals often collected in the concessions. The effects of work of soil and the mulch have been valued. One notes a highly meaningful difference for the factor mulch on all variables of growth observed on the corn. The work of soil only shows a meaningful difference to the level of the treatment without ploughing compared to the billonnage. The best agronomic performances are gotten on the billonnage with mulch (height 60 JAS = $114,92 \pm 11,96$ cm) follow-up of the minimum ploughing with mulch (height 60 JAS = $112,33 \pm 15,18$ cm). The billonnage (R/p = 5738,035 kg/ha and R/gs = 1478,77 kg/ha) gives the agronomic performances compared to the without ploughing (R/p=1797,325 kg/ha and R/g = 752,47 kg/ha) that presents a weak result. In the future, it would be interesting to come with the producers to practice the systems of culture with the use of the mulches of residual to increase their production.

Key words: deterioration of soils; mulch; billonnage; maïze; Aplahoué; Benin

INTRODUCTION GENERALE

Le Sommet mondial pour le développement durable tenu à Johannesburg en 2002 a défini ses objectifs comme suit :

"il faut améliorer la qualité de vie de l'ensemble de la population mondiale sans accroître l'utilisation des ressources naturelles au-delà de ce que peut supporter la planète".

Dans ce cadre, il a été notamment recommandé d'accroître sensiblement la productivité agricole et la sécurité alimentaire, de façon à atteindre les objectifs de développement figurant dans la déclaration du millénaire pour le développement. Un des objectifs est de réduire de moitié d'ici à 2015 la proportion de la population souffrant de la faim. Cela comprend également toutes les initiatives prises pour développer le secteur agricole, l'agriculture apportant la principale contribution à la satisfaction des besoins nutritionnels d'une population mondiale croissante. Ceci impose à la fois un respect des sols et une connaissance de leur fonctionnement afin d'en assurer une gestion raisonnée (Lilia, 2004). Pour atteindre ces objectifs, il est intéressant de résoudre les grands problèmes qui freinent le développement de l'agriculture dans le monde dont la dégradation des sols qui est maintes fois citée par les chercheurs et les agriculteurs.

Au Bénin la pauvreté apparaît beaucoup plus comme un phénomène rural, dans un contexte économique principalement caractérisé par la prépondérance du secteur agricole. De ce fait, les pauvres sont aujourd'hui bien plus nombreux en zones rurales qu'en zones urbaines. Les plus pauvres n'ayant que le sol qu'ils surexploitent pour subvenir à leurs besoins (de chauffage, d'alimentation). Ainsi les ressources naturelles (eau, sol et végétation) sont fortement dégradées, hypothéquant le développement agricole et par conséquent la sécurité alimentaire (ECOWAP, 2005). La menace d'une crise alimentaire est donc persistante et les solutions préconisées par les décideurs tendent vers l'intensification de l'agriculture par l'utilisation des intrants en particulier les engrais, afin d'améliorer la fertilité des sols et par conséquent le rendement des cultures. Mais cette démarche de l'Etat a montré ces limites (Danwanon, 2011).

Cependant, ces dernières décennies, les contraintes majeures liées au caractère aléatoire de la pluviométrie, la fragilité des sols, à la très forte pression parasitaire (Mando, 2007), au manque de main d'œuvre et des moyens financiers, réduisent les chances de succès du secteur agricole. Ces problèmes, en liaison avec la pénurie foncière, contribuent dans une certaine mesure à la modification des systèmes de culture dans la plupart des exploitations. En effet, la

pression foncière et le raccourcissement de la période de jachère ou son absence ont aggravé le problème de la baisse de fertilité des sols, dans le sud-ouest du Bénin en général et dans la commune d'Aplahoué en particulier. Ces contraintes ont entraîné une spécialisation des exploitations dans la culture du maïs. Dans ces conditions, les alternatives les plus crédibles devront s'appuyer sur l'amélioration des savoirs faire traditionnels. Ainsi, des études antérieures se sont focalisées sur la restauration et le maintien de la fertilité du sol. Notamment, ces études ont révélé que l'intégration de l'agroforesterie dans les systèmes traditionnels de culture serait une solution parmi tant d'autres pour la gestion de la fertilité des sols ferrallitiques au Sud-Bénin (Saïdou *et al.*, 2003).

Les perturbations climatiques liées aux changements climatiques affectent négativement l'agriculture en général et la production des cultures vivrières en particulier. Il urge alors de trouver une alternative permettant d'optimiser sous contrainte climatique la production des cultures vivrières afin de faire face à l'insécurité alimentaire qui sévit un peu partout au monde et au Bénin en particulier. C'est ainsi que certains chercheurs (Hernández *et al.*, 2002 ; Saber & Mrabet, 2002 ; Sasal *et al.*, 2006) de part le monde sont entrain d'expérimenter différentes techniques de travail du sol et de mulch pour restaurer les sols dégradés et de lutter contre les stress hydriques des cultures.

Le travail du sol est une pratique ancestrale, dont un des buts premiers est de créer un environnement favorable à la germination des graines et au développement des racines (Köller, 2003). La pratique du labour reste encore la technique de travail du sol la plus répandue dans le monde. Cette pratique a permis d'augmenter la productivité des cultures grâce notamment à son action de contrôle sur le développement des adventices et de fragmentation de la structure du sol. Depuis, les résultats de nombreuses recherches dans différentes zones climatiques dans le monde ont révélé des problèmes communs aux sols labourés : tassement, baisse des teneurs en matières organique des sols (MOS), érosion, limitation de la circulation de l'eau (Köller, 2003; Lal *et al.*, 2007). On assiste donc, depuis quelques décennies et à travers le monde entier, à une transition graduelle qui s'effectue entre le labour conventionnel (retournement de la couche arable sur 20-30 cm de profondeur) et des formes variées de préparation sans retournement des couches de sol, allant jusqu'au semis direct (travail uniquement sur la ligne de semis). Ces techniques ont été regroupées sous le terme de travail du sol de conservation, ou agriculture de conservation, lorsqu'elles laissent plus de 30 % des résidus de la culture précédente en surface (Köller, 2003; Labreuche *et al.*, 2007). La présence d'un mulch en surface et la limitation des perturbations verticales du sol

protègent le sol de l'érosion éolienne et hydrique, limitent les pertes de MOS, favorisent l'activité biologique des sols et permettent d'augmenter la profondeur de travail des outils et de réduire ainsi la charge de travail des agriculteurs sans diminuer pour autant le rendement des cultures (Köller, 2003). Cependant, le développement de ces techniques s'est accompagné d'une utilisation croissante d'herbicides nécessaires au contrôle du développement des adventices qui n'est plus assuré, en partie, par le labour. L'agriculture de conservation essaie de rechercher une autonomie énergétique sur la rotation afin de protéger la qualité environnementale et de favoriser les interactions et les processus biologiques favorables au développement des cultures (Marinari *et al.*, 2006).

Notre travail est basé sur la relation sol-plante-atmosphère tout en essayant de comprendre la structure et le fonctionnement des systèmes de culture traditionnels et de déterminer leurs influences sur quelques propriétés physiques et hydrodynamiques du sol. La lutte contre la dégradation des sols nécessite une bonne connaissance de ses causes et effets, afin de choisir avec précision les technologies convenables de conservation des sols et les bonnes stratégies pour remédier aux problèmes. Notre thème s'inscrit dans cette problématique et est intitulé comme suit : « Effets du travail et de la couverture de sol sur la production du maïs (*zea mays*, *L.*) dans la commune d'Aplahoué au sud-ouest du Bénin ».

Pour résoudre les phénomènes de dégradation de sol dans la commune d'Aplahoué, il est important de se poser certaines questions scientifiques :

- quels sont les systèmes de cultures pratiqués par les producteurs et qui entraînent la dégradation de sol?
- est-ce que le travail du sol et le mulch ont des effets sur la production maïs ?

L'objectif global de cette étude est de contribuer à la lutte contre la dégradation des terres pour la réduction de la pauvreté au sud ouest du Bénin. De façon spécifique il s'agit de :

- caractériser les systèmes de culture de la commune d'Aplahoué ;
- évaluer les effets du travail du sol et du mulch sur la production du maïs

Les hypothèses de recherche liées à ces objectifs sont les suivantes :

- les systèmes de culture pratiqués à Aplahoué réduisent la dégradation de sol ;
- le travail du sol et le mulch améliorent le rendement de la culture de maïs.

Cinq chapitres composent ce mémoire: le premier est consacré à la synthèse bibliographique; le second chapitre situe le cadre de l'étude; le troisième aborde la méthodologie de l'étude, et les deux derniers les résultats et les discussions.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

La synthèse bibliographique fait le point des travaux antérieurs sur le sujet. En premier lieu, nous avons inventorié les travaux déjà réalisés sur le semis direct sous couverture végétale, ensuite les travaux sur le mulch (ou paillis de résidus) et enfin nous avons abordé les résultats de recherche détenus par plusieurs auteurs sur le travail du sol.

1.1.1. Ecologie de la plante de maïs

Le maïs (*Zea mays* L.) appartient à la famille des Poacées tout comme le mil, le sorgho et la canne à sucre. Il constitue la seule espèce cultivée du genre *Zea* (Lamboni, 2003). On connaît cependant plusieurs variétés de maïs qui se distinguent les unes des autres par certaines caractéristiques notamment la précocité, la couleur du grain, la texture du grain, etc... Du point de vue écologique, le maïs préfère un sol profond, bien meuble, bien drainé, sablo limoneux, riche en éléments fertilisants et ayant un pH variant entre 6-7 (Holland, 2004). Il est très sensible à la fertilité du sol et répond bien aux apports d'engrais. Le maïs affectionne les sols riches en matière organique, bien drainés et profonds. Le maïs est une plante héliophile et nécessite ainsi une bonne insolation. Il faut alors éviter de semer le maïs à l'ombre. De plus, c'est une culture tropicale dont la température optimum est comprise entre 25°C et 35°C (Bourarach E.H., Mrabet R., 2001). Le maïs est une plante exigeante en eau surtout à certaines périodes clés de sa croissance. Il absorbe des quantités considérables d'eau pour la constitution de ses tissus. Ces besoins sont surtout importants au moment de la floraison et pendant le remplissage des grains. Les périodes critiques au cours de la croissance et du développement de la plante sont la floraison et le remplissage des grains ou la période d'accumulation. Un déficit en eau ressenti par la culture durant la pollinisation et la formation des grains cause des pertes sévères de rendement, surtout lorsque le sol est peu profond (Ouattara, 1994).

1.1.2. Systèmes de semis direct sous couverture végétale (SCV)

D'après (Séguy *et al*, 2003) « Le semis direct (SD) est un système conservatoire de gestion des sols et de culture, dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Seul, un petit trou ou un sillon de profondeur et largeur suffisantes est ouvert, avec des outils spécialement conçus à cet effet pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence au sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée ».

1.1.3. Différents types de SCV et leurs avantages et inconvénients

Globalement on peut distinguer deux grands types de SCV selon la nature du couvert végétal et des espèces impliquées : systèmes à couverture morte de résidus de culture, et systèmes à couverture vivante soit permanente soit partielle (Reboul, 1999).

Systèmes à couverture morte: la couverture du sol est assurée par un paillis de résidus issus soit de la culture précédente, soit d'une culture d'intersaison détruite par un herbicide avant le semis de la culture principale, soit de l'importation d'autres parcelles ou espaces environnants.

Systèmes à couverture vivante permanente ou partielle « living mulch » : la culture principale est semée sur la couverture vivante, qui est présente en permanence sur la parcelle. Elle est traitée à l'herbicide avant le semis de la culture principale pour réduire la compétition qu'elle pourrait exercer sur cette dernière. Après récolte de la plante principale, la plante de couverture est maintenue et sa croissance reprend pendant la période d'intersaison.

Systèmes mixtes : ces systèmes sont construits sur des successions annuelles de deux cultures (apportant une récolte de grain et une production de biomasse végétale importante) associées à une culture fourragère qui est aussi exploitée et tient le rôle de couverture.

1.2. Effets du semis direct sur les différents paramètres du sol

En agriculture conventionnelle, la préparation du sol est mécanisée et les résidus de cultures sont enfouis ou exportés. Le sol est donc fragilisé et sans protection, pouvant entraîner ainsi des problèmes d'érosion, de perte de matière organique, de compaction, etc. En zones tropicales, cette pratique est peu accessible aux petits producteurs, qui n'ont pas un accès direct à des tracteurs et n'est généralement pas durable de par la forte dégradation de la fertilité du sol et la consommation d'intrants qu'elle entraîne. La suppression du travail du sol est donc une solution intéressante pour réduire l'érosion et la dépendance aux outils agricoles (Ouattara 1994).

1.2.1. Evolution de la matière organique du sol

En semis direct, la teneur en matière organique augmente en surface (cinq à dix premiers centimètres de sol) à cause du maintien d'une quantité élevée de résidus en surface qui permet cette stratification. Certains auteurs (Balesdent et *al.* 2000) rapportent que l'accumulation de matières organiques en surface s'accompagne d'une diminution en profondeur et mettent en évidence une importante réduction de la minéralisation du carbone organique en semis direct

par rapport à un sol travaillé. Comparé à un sol labouré, les teneurs en azote et carbone organiques augmentent en semis direct, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol (Pekrun *et al.* 2003). Ces auteurs (Six *et al.*, 2004 ; Baggs *et al.*, 2003 ; Liu *et al.*, 2006) précisent que malgré tout, la quantité élevée de matières organiques permet de conserver une minéralisation importante en semis direct.

1.2.2. Eléments minéraux du sol en semis direct

Les avis sont très contradictoires à ce sujet. Le non retournement du sol conduit à un enrichissement en éléments minéraux des premiers centimètres de sol par rapport à une situation labourée (Carof, 2006). Mais la quantité d'éléments minéraux est réduite en profondeur, notamment phosphore et potassium (Pekrun *et al.* 2003). Des études ont montré que le lessivage est réduit en situation de non travail du sol, d'autres disent qu'il est modifié (Six *et al.*, 2004 ; Baggs *et al.*, 2003 ; Liu *et al.*, 2006). La même variabilité s'observe pour le transfert des herbicides en profondeur : en semis direct, les pertes d'herbicides peuvent être réduites (Tebrügge & Düring, 1999) ou augmentées (Holland, 2004) par rapport à un sol travaillé. En fait l'absence de travail du sol joue sur des phénomènes qui réduisent le risque de pollution (augmentation de la quantité de matière organique en surface en semis direct qui accroît l'adsorption de la plupart des pesticides), mais qui peuvent aussi les augmenter par des écoulements préférentiels accentués. La balance entre les deux dépend des conditions de type de sol, de la topographie et des précipitations (Barriuso *et al.*, 1994).

1.2.3. Structure et propriétés hydriques d'un sol non travaillé

L'absence de travail du sol, comme elle n'intervient pas sur la structure affecte la qualité du sol en particulier la circulation de l'air, de l'eau, la pénétration des racines dans le sol et l'accessibilité aux nutriments (Sasal *et al.*, 2006). La stabilité des agrégats est corrélée à la quantité de carbone organique présent dans le sol (Basic *et al.*, 2004) et qui augmentant sensiblement en surface avec le semis direct, les agrégats sont plus stables dans cette situation (Carof, 2006). Certes, la stabilité structurale est accrue mais la porosité est modifiée en absence de travail du sol. La macroporosité diminue par rapport à un sol labouré, surtout juste après le travail du sol. Les pores sont moins nombreux, situés en surface et plus continus. La microporosité, par contre est plus élevée en absence de travail du sol (Ferrerias *et al.*, 2000). Après l'arrêt du labour, la quantité de pores (pores longs et cylindriques) créée par l'activité biologique diminue dans un premier temps puis ré-augmente ensuite au cours du temps. Le

réseau poral présente une continuité élevée, ces pores participent activement à la pénétration des racines et aux mouvements de l'eau dans le sol (Carof, 2006). (Tebrügge & Düring, 1999) ont montré que l'écart de densité apparente entre un sol labouré et un sol non travaillé est maximal après le passage de la charrue ; l'écart décroît au cours de la saison de culture.

De nombreuses études (Findeling *et al.* 2003; Bhattacharyya *et al.*, 2006) ont montré qu'un sol non travaillé retient plus d'eau du fait de la modification de l'espace poral mais aussi par la présence des résidus de surface qui réduisent l'évaporation. L'augmentation de la quantité de matières organiques dans les premiers centimètres d'un sol non travaillé faciliterait l'infiltration de l'eau.

1.2.4. Effet du semis direct sur la levée des plants

(Mekhlouf *et al.*, 2011) ont montré que pour différents systèmes de culture, la levée est plus marquée pour le semis direct. En effet, le semis direct enregistre une moyenne de 302 contre 286 et 217 plants levés par m², respectivement pour les techniques culturales simplifiées (TCS) et le travail conventionnel (TC). L'avantage du semis direct est lié à la régularité de la profondeur du semis, un meilleur emplacement des fertilisants et à la bonne adhérence de la graine avec le sol. Ces mêmes résultats sont confirmés par plusieurs auteurs (Abdellaoui, *al* 2006 ; Hannachi et Fellahi, 2010). Mais par contre d'autres auteurs comme (Chervet *et al*, 2005), révèlent que la levée est souvent moins bonne chez le semis direct à cause des dégâts dus aux limaces. (Kravtchenko et Thelon, 2007), affirme également que le semis direct n'a pas un grand effet sur le peuplement.

1.2.5. Effet du semis direct sur le rendement

Le niveau de production d'une culture est la résultante des différentes variables constitutives du rendement. (Mekhlouf *et al.*, 2011) ont constaté qu'il n'y a aucun résultat significatif entre les différents techniques de travail du sol (SD, TCS et TC) sur les rendements en grain et en paille sur la culture de blé. Ce résultat rejoint ceux obtenu par (Mrabet, 2001) qui indique une similarité des rendements entre système conventionnel et semis direct. Par contre d'autres auteurs révèlent des réductions en rendement en non labour comparativement au conventionnel (Lopez-Bellido *et al*, 2000 ; Payne *et al*, 2000 ; Abdellaoui *et al*, 2006).

1.2.6. Effet du semis direct sur la densité apparente et la porosité du sol

Le travail du sol provoque en général un ameublissement et un compactage du sol. La densité apparente (en g/cm³) indique l'état ou la condition du sol. Elle nous renseigne sur la porosité (% volume du sol vide) qui est une caractéristique majeure contrôlant les propriétés hydrodynamique du sol et le développement racinaire des plantes. (Mekhlouf et *al.*, 2011) ont montré qu'en semis direct la densité apparente est plus faible (1,52 g/cm³) valeur comparée au système conventionnel qui est de 1,57 g/cm³. Ces résultats confirment ceux obtenus par plusieurs auteurs qui révèlent les faibles densités en semis direct, qui semblent être dues à la forte présence de matière organique sur les couches superficielles (Mrabet, 2001 ; Abdellaoui et al., 2006 ; Kourougli et Aït Ouali, 2010). L'effet de la densité apparente est mesuré sur la porosité, ou on enregistre une grande évolution des valeurs. Le semis direct présente la porosité la plus élevée avec 44% (Mekhlouf et *al.*, 2011) sur les sols ferrugineux des régions méditerranéennes.

1.3. Effets des paillis de résidus sur le sol et les cultures

1.3.1 Effets généraux

Dans la littérature le semis direct avec paillis de résidus (SDP) est souvent évoqué comme un traitement qui possède de nombreux avantages et aussi certains inconvénients. Parmi les avantages on distingue le non travail du sol (Scopel, 1994), la gestion durable du sol et son enrichissement en matière organique et en minéraux (Bayer *et al.*, 2000). D'autres auteurs mettent en évidence la réduction du ruissellement et de l'érosion ; la protection des états de surface du sol (Mando et *al.*, 1997) et l'amélioration de l'infiltration et de la recharge en eau du sol (Mrabet, 2001). Enfin, la présence d'un paillis entraîne la limitation des amplitudes thermiques dans le sol et de l'évaporation. En conditions tropicales sèches, ces effets sont positifs et permettent un meilleur contrôle de la température et de l'humidité du sol qui facilite la germination et l'émergence des plantules et *in fine* l'augmentation des rendements. Certains auteurs signalent en revanche des problèmes de tassement du sol à long terme et préconise le labour pour redonner une structure aérée au sol (Kourougli et Aït Ouali, 2010), afin d'améliorer l'infiltrabilité et la colonisation racinaire. (Mekhlouf et *al.*, 2011) trouve une infiltrabilité plus forte sur parcelle récemment labourée que sur parcelle en semis direct. Toutefois, cet effet disparaît momentanément au bout de 3 mois. D'autres auteurs font remarquer qu'il existe un coût supplémentaire de la technique dû à la mobilisation d'une partie des résidus, au détriment du bétail, à l'adaptation de l'équipement (Scopel, 1994) et à la lutte

contre les adventices. Dans certaines conditions, le SDP peut engendrer un maintien prolongé indésirable du sol à basse température et éventuellement un retard à la germination et à l'émergence des cultures. Enfin, le paillis de résidus peut être un foyer de développement de micro-organismes nuisibles ou une source de produits de dégradation phytotoxiques (Saber & Mrabet, 2002), pour la culture en place. L'effet d'un paillis de résidus dépend donc fortement du contexte agro-pédo-climatique dans lequel il est utilisé (Hernández *et al.*, 2002). (Scopel, 1998) montrent que le SDP présente essentiellement d'intéressants avantages agronomiques, même pour de faibles quantités de paillis (1,5 t/ha) n'offrant qu'une couverture partielle (30 %). La complexité des actions du paillis de résidus sur le système sol-plante-atmosphère n'en demeure pas moins importante.

1.3.2. Effets spécifiques

Les paillis de résidus présentent un intérêt agronomique certain dans un contexte agro-pédo-climatique adapté. Ils ont à ce titre suscité de nombreux travaux de recherche initialement expérimentaux, puis progressivement plus théoriques, depuis une quarantaine d'années (Mrabet, 2010). En fait la majorité des effets d'un paillis sont à ce jour bien identifiés et décrits dans la littérature. La compréhension dans le détail des mécanismes physiques, chimiques et biologiques qui sous-tendent le fonctionnement d'un paillis de résidus n'est pas encore définitivement acquise, et leur modélisation mécaniste est récente (environ 20 ans). L'approfondissement de la recherche pour mieux appréhender le fonctionnement des paillis de résidus reste donc nécessaire (Scopel, 1994).

Dans la littérature il existe un noyau important de travaux sur les paillis qui mettent systématiquement en évidence certains effets spécifiques de ce dernier. Ces effets de portée générale se regroupent en quatre thèmes essentiels :

- effets d'un paillis sur l'évaporation et la température du sol,
- effets d'un paillis sur la structure de surface du sol et l'infiltration,
- effets d'un paillis sur le ruissellement,
- effets d'un paillis sur la fertilisation et l'activité biologique des sols (Findeling *et al.*, 2003).

Nous rappelons que ces effets sont fortement influencés par les caractéristiques du paillis (nature, taille des éléments, épaisseur, architecture, localisation, taux de couverture, propriétés physiques et biologiques (Sasal *et al.*, 2006).

1.4. Travail du sol

Le travail du sol peut se définir comme la manipulation, généralement mécanique, des propriétés physiques du sol, considérées comme nécessaires pour une meilleure production agricole dans un itinéraire technique donné (Lal *et al.*, 2007). Il a comme buts d'améliorer la structure du sol pour obtenir un meilleur enracinement et une meilleure absorption des éléments nutritifs par les plantes, de combattre les mauvaises herbes, de conserver les eaux du sol. Celles utilisées dans cette étude sont :

1.4.1. Travail conventionnel du sol ou labour à plat

Le travail conventionnel ou labour à plat est une technique très répandue chez les agriculteurs des pays développés qui labourent à une profondeur assez importante quand le type de sol le permet. Elle permet d'enfouir les résidus de cultures et les amendements organiques sur la profondeur de labour, de limiter le développement des ravageurs, pathogènes et adventices, et d'ameublir le sol. Ce type de labour s'effectue à l'aide d'une charrue réversible (Teasdale *et al.*, 2007). Il permet de retourner et de mélanger les horizons de sol sur une profondeur de 20 à 30 cm. Mais cette pratique est très peu répandue au Bénin car peu de producteurs ont accès aux tracteurs. Les outils archaïques dont disposent les producteurs du Bénin ne permettent pas d'ensemencer une grande superficie (Vian, 2009).

1.4.2. Grattage du sol ou travail réduit

Le travail minimum a pour objectif de limiter (par rapport au labour) les perturbations verticales du sol et de concentrer les résidus de culture dans les premiers cm du sol. Cette modalité peut être considérée comme une technique de travail du sol de conservation car la couche de sol travaillée n'est pas retournée et les résidus de cultures sont enfouis grossièrement et sont majoritairement concentrés à la surface du sol (Peigné *et al.*, 2006). Elle permet également de réduire la consommation d'énergie et de travailler une surface plus grande qu'en labour conventionnel (réduction du temps de travail). Cette technique assure les fonctions de déchaumage, faux semis et d'ameublissement de la couche de sol travaillée (Balesdent *et al.*, 2000).

1.4.3. Labour en billon

Le labour en billon est très développé en Afrique et particulièrement au Bénin. C'est une technique semblable au labour à plat mais ici le retournement du sol avec les résidus se fait en

lignes. Le semis se fait sur la ligne travaillée, meublée (Andrade *et al.*, 2003). Ce travail se fait à l'aide des outils rudimentaires et très pénibles. L'énergie utilisée est la force humaine. Le billonnage présente des avantages pour la gestion de l'infiltration et pour l'établissement de la culture à cause du faible compactage du sol dans le billon (Kladivko, 2001). La faible densité du billon peut toutefois entraîner un séchage plus rapide du sol autour de la semence et donc augmenter les risques d'échecs pour les cultures en conditions sèche (Vian, 2009).

1.4.4. Effets du travail du sol sur la matière organique du sol (MOS)

De nombreuses références techniques et scientifiques sur l'impact du mode de travail du sol sur la qualité du sol sont disponibles et montrent que la minéralisation de la MOS est affectée par le type de travail du sol. Le labour augmente le turn-over de la MOS en favorisant l'aération et le réchauffement du sol, en incorporant de la MO fraîche au sol et en libérant de la MOS qui était physiquement protégée au sein des agrégats (Balesdent *et al.*, 2000). En revanche, dans les systèmes de conservation, les pools labiles de la MOS augmentent progressivement en surface, conduisant sur le long terme (>10 ans) à des potentiels de minéralisation du carbone (C) et de l'azote (N) similaires entre les systèmes de travail du sol de conservation et les systèmes conventionnels (Andrade *et al.*, 2003). Il apparaît donc qu'à long-terme l'adoption des techniques de travail du sol de conservation n'affectent pas le potentiel agronomique des parcelles, car leurs effets négatifs (tassement, turn-over de la MOS) peuvent être contrebalancés par l'augmentation des activités des microorganismes et de la faune du sol (Kladivko, 2001). Cependant, sur le court terme leur adoption peut occasionner des problèmes de nutrition des cultures en raison d'une immobilisation de l'azote importante (Pekrun *et al.*, 2003) et d'une dégradation de la structure du sol (Guérif, 1994). Or, les systèmes agrobiologiques reposent, plus qu'en conventionnel, sur les processus chimiques et biologiques du sol pour la fourniture d'éléments assimilables pour la culture en place. Les microorganismes du sol sont des acteurs clés de la nutrition des cultures et une dégradation même transitoire de leur environnement physique et chimique, réduisant leur capacité à minéraliser la MOS et à libérer des éléments nutritifs pour la culture en place.

1.4.5. Travail du sol et développement des cultures

L'évaluation des essais de travail du sol, en particulier l'effet du travail du sol sur les rendements des cultures nécessite une prise en compte de la fertilité du sol. On constate à cet effet que l'amélioration des techniques de travail du sol (sans addition d'engrais ou de fumier) a comme résultat une augmentation des rendements des cultures; ce qui peut être attribué à leur enracinement plus intensif par suite d'une augmentation de la porosité du sol (Nicou et Le

Moigne., 1991) et une augmentation de la quantité d'eau disponible. (Hoogmoed ,1999) affirme que l'influence du travail du sol sur les processus de régulation de la croissance des plantes dépend de l'équilibre hydrique du sol. Pour caractériser les relations labour-économie de l'eau et augmentation de rendement on a constaté, à travers des expérimentations en station qu'avec le labour, on obtenait un gain de 40 % pour le rendement du maïs. Cela pourrait être dû à une meilleure utilisation de l'eau notamment une infiltration améliorée, et donc une diminution du ruissellement. On a souvent aussi supposé que l'enracinement est amélioré par le labour à plat de telle sorte que la croissance de la végétation qui en résulte pourrait priver la plante d'eau pendant les phases critiques ou sensibles, c'est-à-dire la floraison, ce qui va diminuer le niveau des rendements. Cet effet dépend du régime pluviométrique de la saison en cours et du type de sol. L'exemple est donné par (Vian, 2009) qui a montré que sur des sols sableux, la croissance et le développement de la biomasse du maïs après labour, étaient supérieurs à ceux d'un système conventionnel. En outre, le travail du sol assure le développement des cultures par une diminution effective de la compétition permanente entre les cultures et les adventices. Toutefois, un meilleur développement ou une augmentation de rendement signifie une plus grande absorption des matières nutritives du sol. L'existence de ces matières nutritives n'est possible que par l'apport de matières organiques ou d'engrais minéraux (résidus de récolte ou fumier ...) dans les champs. Le travail du sol répété exempté des apports organiques et de bonnes conditions d'application, ne fait qu'augmenter l'appauvrissement du sol, de sorte que les rendements baissent à long terme (Kladivko, 2001).

Conclusion partielle

Les travaux antérieurs ont mis en évidence les rôles de travail de sol et du mulch sur l'amélioration de la qualité des sols. Il ressort de ces travaux que des interactions existent entre les systèmes de culture, les paramètres physico chimique et biologique du sol et l'érosion hydrique du sol. Le travail du sol améliore sensiblement la structure du sol grâce à une activité biologique qu'il accroît par stimulation. Mais cet effet du travail du sol ne perdure guère et dépasse rarement une saison culturale sur les sols limono-sableux pauvres en argile gonflante tels les sols ferrallitiques tropicaux. Quoique beaucoup s'accordent sur les effets bénéfiques du travail du sol, ses conditions d'exécution à savoir la fréquence et le mode d'association avec les autres pratiques culturales restent à préciser afin de proposer un référentiel technique pour une agriculture durable.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Si on s'intéresse à la compréhension des problèmes de dégradation de sol et la recherche de solutions, il n'est pas inutile d'avoir un aperçu du contexte environnemental de la zone d'étude dans un objectif de comparaisons des résultats obtenus avec ceux des régions similaires.

2.1. Situation géographique

La Commune d'Aplahoué fait partie du département du Couffo, au sud-ouest du Bénin. Le chef-lieu de la Commune d'Aplahoué est situé à 148 km environ de Cotonou (la plus grande ville et la capitale économique du Bénin). D'une superficie de 915 km², elle est limitée au Nord et au Nord-Est par la commune de Djidja, au Sud par la commune de Djakotomey, à l'Est par la commune de Klouékanmè et la commune d'Abomey, à l'Ouest par la République du Togo. La commune d'Aplahoué compte sept (07) arrondissements : Aplahoué, Atomey, Azovè, Dékpo, Godohou, Kissamey et Lonkly. Ces arrondissements sont divisés en quatorze villages et quartiers de ville. La figure 1 (page 19) montre la situation géographique de la commune d'Aplahoué.

2.2. Justification de la zone d'étude

Le choix de la commune d'Aplahoué comme milieu d'étude pour ce travail repose sur quatre considérations principales :

- la population de commune d'Aplahoué fait 167 126 habitants en 2013 avec une densité de 182,65 hts/km² (PDC, 2010)
- elle est une zone de très forte pression foncière (Biaou, 1991 ; INSAE, 2003). Il concentre plus de 90% de sa population dans l'agriculture ;
- elle est marquée par un très faible taux d'adoption des techniques de conservation des sols telles que *Mucuna pruriens* , *Acacia auriculiformis* (Houngbo, 2005) et le mulch;
- l'agriculture minière se développe dans la commune et ne permet pas d'espérer la satisfaction durable des besoins alimentaires d'une population de plus en plus croissante. Le niveau de dégradation de l'environnement par l'agriculture y est plus élevée que partout ailleurs au Bénin (Houngbo, 2008) ;
- en 2000, le Département du Couffo, dont la commune d'Aplahoué constitue la partie essentielle, montre les indices de pauvreté les plus élevés au Bénin après le Département du Borgou (MAEP, 2001), avec une incidence de la pauvreté de 0,475 contre 0,312 au niveau national.

L'érosion hydrique est la principale forme de dégradation physique du sol la plus observée dans la zone suivie de la baisse tendancielle de la fertilité du sol.

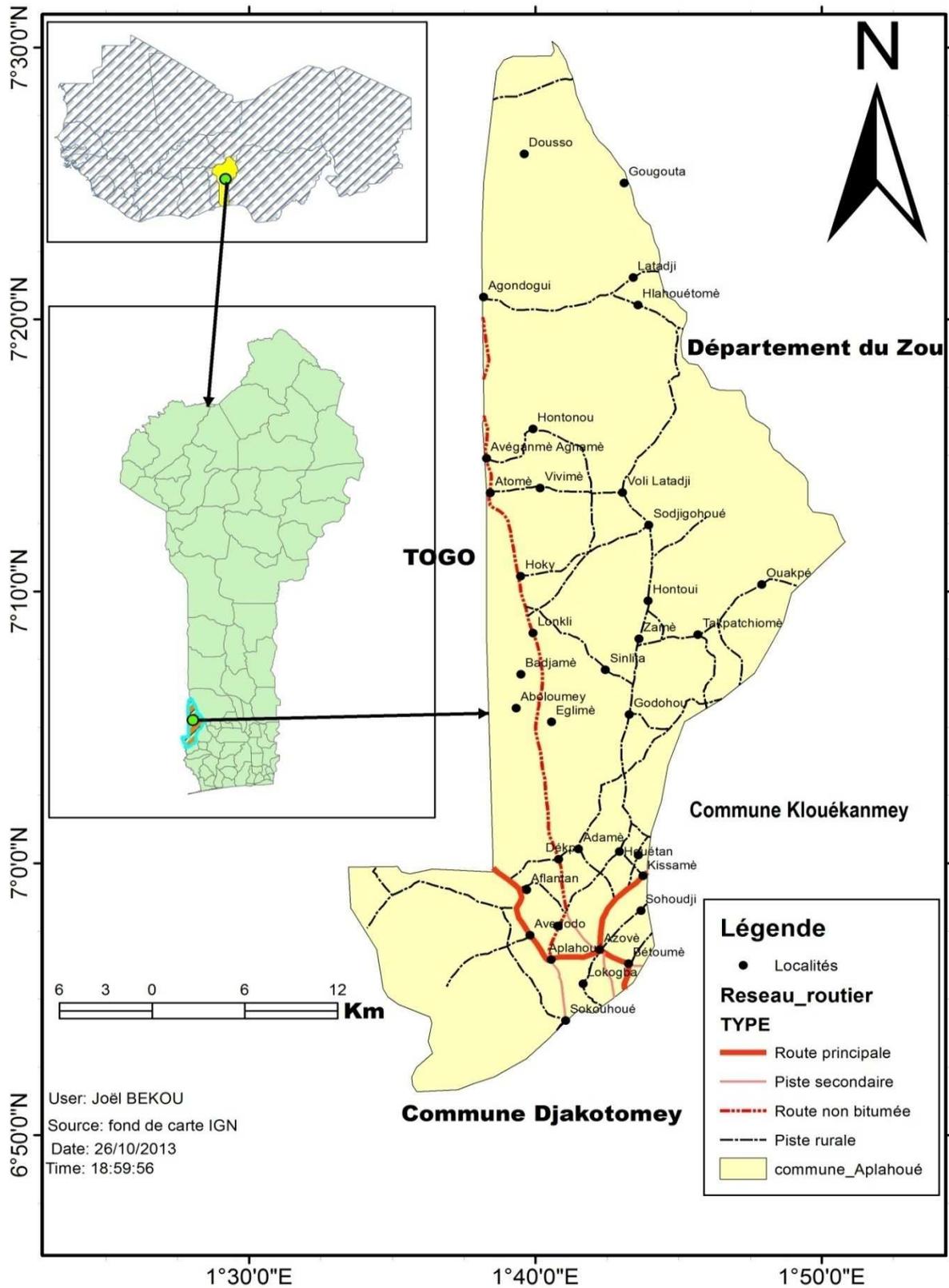


Figure 1 : Carte de situation géographique de la commune d'Aplahoué

2.3. Facteurs physiques du milieu

2.3.1. Facteurs climatique et hydrographique

La commune d'Aplahoué est caractérisée par un climat subéquatorial comprenant deux (02) saisons sèches (de juillet à septembre et de novembre à février voire mars) et deux (02) saisons pluvieuses, l'une courte (septembre à novembre) et l'autre plus longue (avril à juillet). Les précipitations annuelles varient de 900 à 1100 mm/an. Ces caractéristiques du climat subissent des modifications par moment à cause de certaines perturbations. Les données pluviométriques de la région calculées sur une normale (1982 à 2012) donnent une moyenne de 1153,7 mm de pluie par an.

L'amplitude thermique reste très variable au cours de l'année. Sa plus faible valeur est observée en Août (6,8°C) et la plus forte en Février (11,8°C). Les maxima varient entre 29,1°C et 36,4°C. Ils sont observés respectivement en août et en Février. Quant aux minima, leur petite valeur est enregistrée en Août (22,3°C) et la plus grande en Mars (25,1°C).

Que ce soit en considérant le principe de Gaussen (1949) (qui stipule qu'un mois est sec, si la hauteur des pluies enregistrées est inférieure au double de la moyenne thermique de ce mois) que le modèle de Cochème-Franquin (1969) (pour lequel les mois secs sont ceux où la courbe de la moitié de l'ETP est au-dessus de celle des précipitations), sont considérés comme mois secs, les mois de novembre, décembre, janvier, février et mars (voir figure).

Le bilan hydrique calculé sur la période de référence montre un déficit de 382,15 mm d'eau.

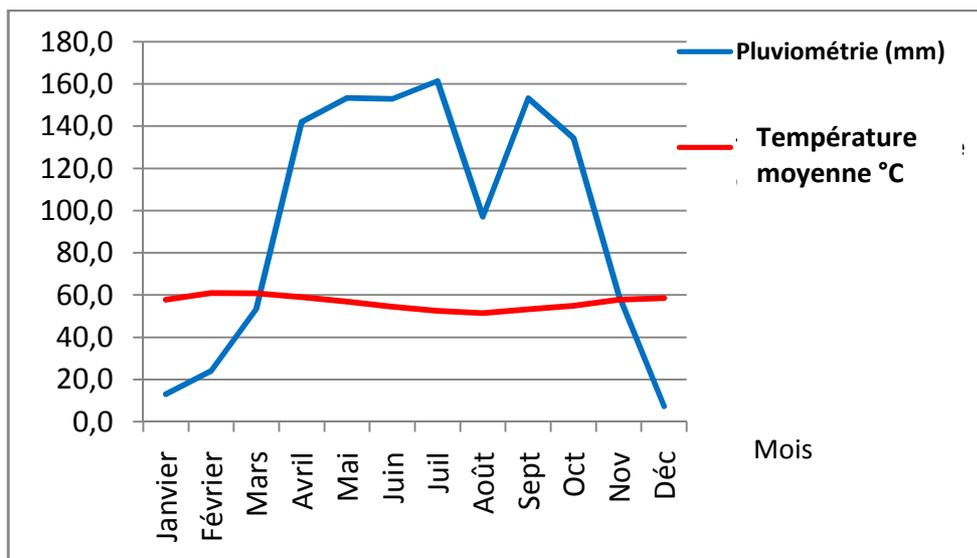


Figure 2 : Courbe ombrothermique de 1982 à 2012

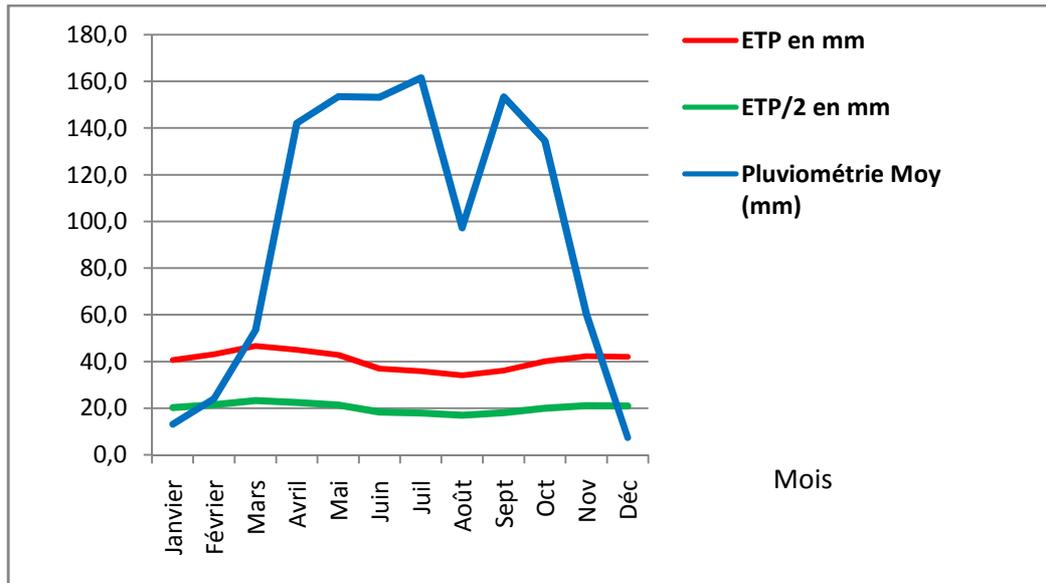


Figure 3 : Bilan hydrique de 1982 à 2012

Source : ASECNA (2013, station de Bohicon et Aplahoué)

La commune d'Aplahoué est plus ou moins bien arrosée. Les cours d'eau permanents rencontrés dans la commune sont : Doko, Tchitodou, Lomon, Kpako, fleuve Mono, Sinli, Gougan, Wontèmè, Kémadohoué et Fleuve Couffo. Les cours d'eau saisonnières rencontrés sont : Bolou, Laogan, Kpéto, Houdjournè, Dotèmè, Sètouè, Agban et Kpoko.

2.3.2. Relief et Sols

La Commune est située sur le plateau adja ou le plateau Aplahoué. Ce plateau est limité au Nord par le plateau de Lonkly et à l'ouest par le lac Ahémé. Il représente 35,47 % (pourcentage calculé d'après les données du MISAT – 1997) du relief départemental du Couffo. C'est un plateau sédimentaire du continental terminal qui fait suite au plateau cristallin. Il est d'altitude moyenne de 80 m et légèrement incliné vers le sud où il se raccorde de manière sensible à la dépression médiane des "Tchi".

La Commune d'Aplahoué dispose d'une variété de sols. Les sols dominants sont :

- les sols ferrallitiques faiblement lessivés (sur sédiment crétacé et sédiment du continental terminal) qui se rencontrent en grande partie dans tous les arrondissements. Ils sont originellement riches et propices aux céréales, légumineuses, maraichères et fruitières. On note aujourd'hui une pression agro-foncière sur ces sols qui sont devenus pour la plupart très pauvres. Cette pression due à la poussée démographique impose des contraintes majeures qui affectent l'équilibre écologique de la commune. Les teneurs en matières organiques sont très variables et dépendent de

leur passé cultural. Ce sont en général des sols peu fertiles du fait de leur épuisement par suite de leur surexploitation. La pression foncière est très forte.

- les sols ferrugineux tropicaux avec ou sans concrétions qui sont pour la plupart lessivés.
- les sols hydromorphes qui sont rencontrés au niveau des zones de dépression, très favorables à l'agriculture de contre saison mais ils sont très peu valorisés. La figure 4 présente la carte pédologique de la commune.

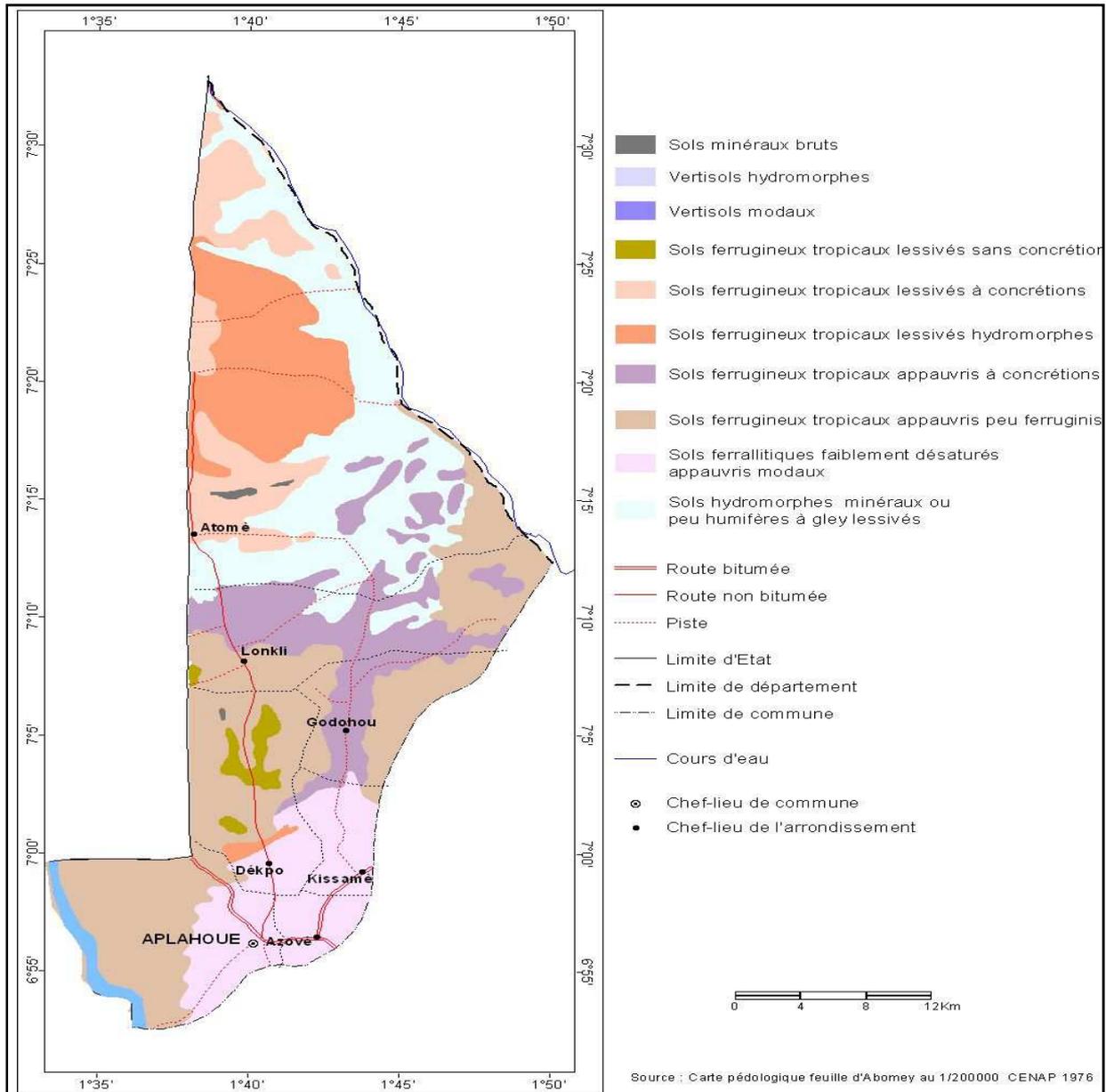


Figure 4 : Carte pédologique de la commune d'Aplahoué

2.3.3. Végétation

La commune d'Aplahoué ne dispose que de 27 ha environ de forêt à Badjamè dans l'arrondissement de Lonkly, et de quelques îlots forestiers sous forme de forêts fétiches ou sacrées et forêts saxicoles mais de très petites dimensions. La flore est composée de *Azalia africana* Sm., *Albizia zygia* (DC.) J. F. Macbr., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (Bombacaceae), *Ficus lyrata* Warb , *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob , *Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel , *Andropogon gayanus* Kunth., *Croton hirtus* L. Hér, *Digitaria horizontalis* Willd etc.

2.4. Contexte socio- économique

La commune d'Aplahoué est caractérisée par une agriculture paysanne, principalement vivrière. Les principales cultures sont le maïs, le manioc, l'arachide, le coton et le niébé. (Honlonkou, 1994) cité par (Houngbo, 2008) a identifié six systèmes de culture prépondérants dans la commune :

- 1-palmeraie, palmeraie-jachère, jachère ; 2- manioc/ maïs ; 3-maïs pur ; 4- arachide/ maïs arachide/maïs/manioc ; 5- Haricot/ maïs et haricot/manioc ; 6-Coton (pur et associe).

Vus sous l'aspect de la rotation des cultures sur une même parcelle, les systèmes dominants sont :

- maïs- maïs : le maïs pur est cultivé sur la même parcelle en grande et petite saisons ;
- maïs -arachide/ maïs et arachide/ maïs - maïs : maïs en grande saison suivi de l'association arachide/ maïs en petite saison, et arachide/maïs en grande saison suivi du maïs en petite saison ;
- manioc/ maïs -manioc : association manioc/ maïs en grande saison, a forte densité de manioc si bien qu'après la récolte du maïs, en petite saison, le manioc seul occupe la parcelle ;
- maïs /manioc- maïs: association maïs/manioc en grande saison, a faible densité de manioc. En petite saison, on cultive le maïs entre les pieds du manioc ;
- arachide/ maïs /manioc-arachide/ maïs : association arachide/ maïs / manioc en grande saison, a faible densité de manioc. En petite saison, on cultive de l'arachide et du maïs associés entre les pieds de manioc.

L'agriculture est le principal secteur pourvoyeur d'emploi loin devant toutes les autres activités. Les femmes y jouent un grand rôle aux côtés de leur mari. On peut remarquer qu'en général, les rendements sont faibles, ce qui ne valorise pas les efforts des producteurs. Quant

aux problèmes majeurs, ils se résument en la faible connaissance des itinéraires techniques de production et de manque d'intrants spécifiques. Par rapport à l'élevage, les espèces élevées sont les caprins, les porcins, la volaille, les bovins et les élevages non-conventionnels mais peu pratiqués tels que les agoutis, les lapins et les escargots. Tandis que dans le domaine de la pêche et de la pisciculture, c'est surtout la pisciculture qui tend à prendre l'essor avec l'installation des trous à poissons dans le voisinage des rivières Doko et Tchihounto dans l'arrondissement d'Aplahoué.

Au niveau de la production, les principales cultures vivrières qui sont développées en zone rurale au sud du Bénin ont été étudiées par (Houngbo, 2008). La principale production vivrière est le maïs, qui couvre 55 à 60% des terres arables dans cette région : il constitue l'aliment de base, consommé deux fois par jour frais ou en produit transformé (*akassa* et pâte). Le manioc accompagne souvent la culture du maïs (INSAE, 2004). Les cultures maraîchères (tomate, piment, légume en feuilles) se développent également dans le sud du pays, lorsque l'eau est disponible ou en saison des pluies. Enfin, le niébé et les arachides sont très appréciés par les agriculteurs comme culture de rotation car elles permettent de restaurer la fertilité des sols.

CHAPITRE III: METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

L'étude a été réalisée au niveau du terroir villageois de Lodji dans la commune d'Aplahoué au Sud –ouest du Bénin et comprend deux phases. (i) une enquête rapide avec les paysans pour définir les systèmes de production et les problèmes de dégradation de sol qui y sont liés et (ii) l'installation d'un essai pour évaluer les paramètres agronomiques de la culture du maïs suivant les résultats de l'enquête de terrain.

3.1. Méthodologie de caractérisation des systèmes de culture auprès des producteurs

Cette étude consiste à mener une enquête auprès des producteurs du bassin versant de Lodji pour mieux connaître les systèmes de culture pratiqués et qui dégradent le sol, afin de pouvoir proposer des pistes de solution pour leur permettre de produire de façon durable. Les données qui sont collectées concernent la perception des producteurs sur la dégradation des sols, les types de fertilisation de sol, les méthodes de lutte contre les ravageurs, les cultures pratiquées etc... Pour cela nous avons élaboré un questionnaire d'enquête et un guide d'entretien (annexe 1).

3.1.1. Méthode d'échantillonnage

Selon le recensement national agricole réalisé au Bénin en 2008, les ménages agricoles vivants dans le village de Lodji (commune d'Aplahoué) sont au nombre de 356 ménages (RNA, 2008). Le village de Lodji est situé sur un bassin versant à pente régulière et à forte pression humaine. Trois facteurs essentiels déterminent la taille de l'échantillon tirés de cette population: i) la proportion connue ou supposée de la population mère ii) le niveau de confiance visé et iii) la marge d'erreur acceptable. Pour des raisons économiques, il est nécessaire d'utiliser une taille d'échantillon la plus réduite possible tout en obtenant un taux de confiance suffisant.

Pour un modèle d'enquête fondé sur un échantillon aléatoire simple, on peut calculer la taille de l'échantillon requise en appliquant la formule suivante :

Formule

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{m^2} \text{ Avec } n \geq 50 \text{ et } p \geq 1/10 \text{ de la population selon (FAO, 1992)}$$

Explication:

n = taille d'échantillon requise ;

t = niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96)

p = proportion connue ou supposée dans la population mère

m = marge d'erreur à 5% (valeur type de 0,05).

Pour le calcul de la taille de l'échantillon, nous avons pris $p = 1/6$ des ménages agricoles soit 12,66 %. Ainsi le calcul fait nous donne comme **n= 87**.

Les personnes enquêtées sont des producteurs des deux sexes vivant dans le village de Lodji.

3.1.2. Outil de collecte des données

Pour la collecte des données, un questionnaire et un guide d'entretien ont été utilisés au niveau des populations ayant des exploitations sur le bassin versant. Nous avons procédé aussi à des observations, des prises de vue, et des entretiens individuels avec les producteurs.

3.1.3. Données collectées

Pour l'atteinte de l'objectif spécifique 1, les thèmes développés ont pris en compte les points suivant :

dégradation de sol : dans cette partie, l'enquête devra permettre de mieux comprendre comment les producteurs perçoivent la dégradation du sol, comment ils apprécient la fertilité du sol, les causes de la dégradation et de l'érosion du sol. Les techniques développées pour y lutter contre sur les bassins versants sont évaluées ;

gestion de la fertilité des sols : l'enquête nous devrait permettre de connaître les différents types d'engrais utilisés pour amender les cultures. Les techniques d'utilisation de ces engrais sont appréhendées. Les sources d'approvisionnement de ces fertilisants et leur prix nous ont permis de connaître les doses et les périodicités d'applications ;

système de culture : l'enquête devrait permettre d'évaluer les associations de culture, les rotations, les systèmes de jachères (évolution des jachères dans le temps) et les principales cultures pratiquées dans le village Lodji. Nous avons recherché aussi la contribution de ces cultures au revenu du ménage ;

gestion des ravageurs des cultures : les ravageurs constituent un grand problème à la baisse des rendements. L'enquête a permis d'appréhender les types de ravageurs rencontrés et les modes de lutte utilisés afin de proposer des pistes de solution pour une lutte plus efficace.

3.2. Matériels et méthodes pour la collecte des données agronomique

3.2.1. Matériel d'étude

Le maïs (*Zea mays L.*) spécifiquement la variété AK 97 a été utilisée comme plante test. Elle est la plus cultivée dans le village de Lodji. Cette variété est caractérisée par sa précocité de

deux mois et sa résistance aux attaques des ravageurs et une forte productivité. Les graines sont de couleur jaune. Le maïs est la principale culture des populations de la commune d'Aplahoué. Il est souvent semé en continu sur la même parcelle pendant les deux saisons pluvieuses de l'année. C'est pour cette raison que nous avons choisi le maïs pour notre expérimentation.

3.2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental mis en place pour la collecte des données agronomiques est un bloc de Fischer ou BAC (Bloc Aléatoire Complet) à deux facteurs. Le premier facteur est le travail du sol à quatre niveaux (sans labour, labour à plat, minimum labour, et billonnage perpendiculaire à la pente) croisé avec un second facteur qui est le mulch à deux modalités (sans mulch, mulch à 30 % soit 1,5 t/ha). Le dispositif est composé de quatre répétitions avec huit traitements chacun. Les parcelles élémentaires ont une dimension de 5 m de long sur 2 m de largeur. La figure 5 montre la disposition des parcelles dans le dispositif.

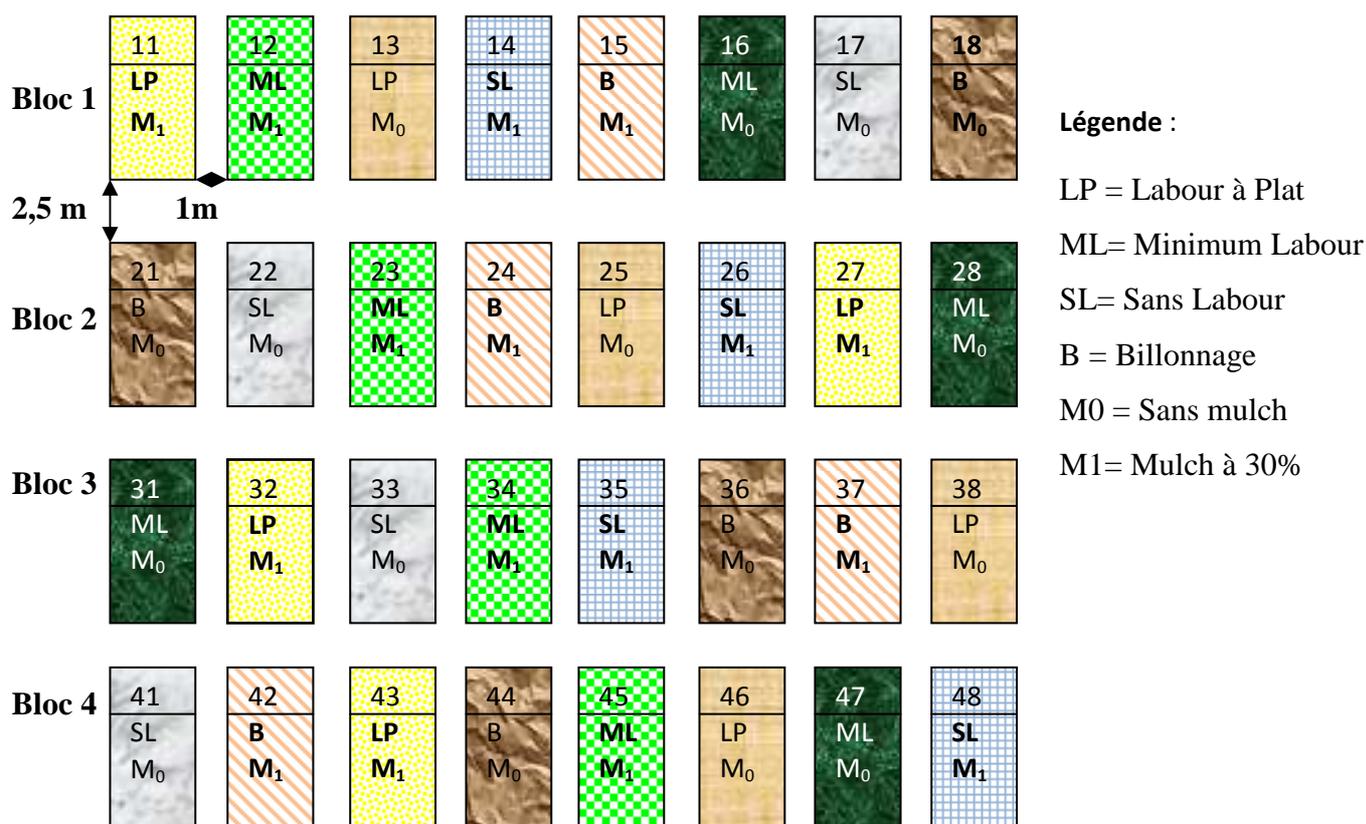


Figure 5 : Schéma du dispositif expérimental

3.2.3. Suivi des opérations culturales

Le semis a été effectué le trois (03) juillet 2013 à raison de deux à trois grains par poquets des suivant un écartement de 40 cm entre les poquets et 80 cm entre les lignes et une profondeur de semis de 3 cm environ. Le semis direct est fait à l'aide d'un piquet. Pour le paillage, nous avons pesé les pailles soit 1,5 tonnes de paille sèche à l'hectare et distribué dans les sillons de chaque parcelle. Les différents types de labour sont faits à l'aide de la houe. Après le nettoyage du site expérimental, nous avons procédé au labour des parcelles en billonnage et en labour à plat. Le labour à plat s'est fait en piochant le sol en le retournant à une profondeur de 25 à 30 cm puis l'on aplanit les mottes de terre. Le labour minimum consiste à piocher uniquement le lit de semis en le remuant. Le labour en billon est fait à l'aide d'une houe. Les billons sont faits perpendiculairement à la pente. Le traitement sans labour consiste à semer directement sans travail préalable du sol à l'aide d'un outil spécifique, mais ici nous avons utilisé un piquet pour la trouaison. Le sarclage est fait suivant le besoin de la plante. Mais étant donné que le semis est tardif, nous avons observé l'attaque des ravageurs que nous avons combattus à l'aide des insecticides K-lamdat. Le tableau 1 fait le récapitulatif des opérations culturales effectuées.

Tableau I : Récapitulation des activités menées sur le terrain

Activités réalisées pour les données agronomiques	Périodes
Prélèvement des échantillons du sol	Vendredi 14 juin au samedi 15 juin (2jours)
Choix des parcelles expérimentales	Jeudi 20 Juin au samedi 22 juin (3jours)
Préparation du sol	25 et 26 juin 2013
Semis	3 juillet 2013
Entretien des plants	16 et 30 juillet 2013
Collecte des données agronomiques	Lundi 15 juillet au samedi 24 Août (10 jours)
Récoltes	Lundi 26 au jeudi 29 Août (4jours)
Activités poste récoltes	Lundi 30 au jeudi 05 septembre (7jours)
Analyse au labo (sol et biomasse)	Vendredi 06 sept au 14 sept (9 jours)

3.2.4. Variables mesurées

Le choix des principales variables mesurées est basés sur les critères d'évaluation des performances de la culture du maïs telles que mentionnées par les producteurs.

La hauteur des plants de maïs : les mesures ont été effectuées aux 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème} et 60^{ème} jours après le semis (JAS). Au niveau de chaque parcelle élémentaire, six (6) plants sont sélectionnés de façon aléatoire et marqués à l'aide d'une étiquette en plastique attachée au pied de la plante pour les mesures des variables :

- ✓ la longueur et largeur des feuilles florales à la floraison mâle;
- ✓ le nombre de feuille par plant identifié ;
- ✓ le nombre d'épis récolté par surface utile ;
- ✓ la hauteur des plants 15, 30, 45 et 60 JAS
- ✓ le poids des épis total récolté sur la surface utile qui est 0,96 m² ;

La surface foliaire est calculée par la méthode développée par (Bonhomme, 1992) et qui consiste à multiplier la longueur de la feuille florale ligulée par la largeur de la feuille florale affectée d'un coefficient de stabilité de forme qui est de 0,725.

Le poids de la paille (tiges, feuille, et spathes) est estimé en matière sèche. Il consiste à délimiter une surface utile de 0,96 m² et à couper à ras. Le poids connu, l'échantillon est séché au laboratoire à 65°C pendant 72 h puis le poids sec est mesuré pour le calcul de la matière sèche ;

Le rendement en grains est estimé après le séchage des échantillons d'épis à l'étuve à 65°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant pendant 72 heures. Les épis sont ensuite égrenés, le poids des grains et des rafles sont relevés.



Photo 1 : Présentation du site et de l'installation du mulch

3.3. Echantillonnage de sol

3.3.1. Granulométrie

La texture du sol a été déterminée par un fractionnement granulométrique sous eau après destruction de la matière organique selon (Balesdent *et al.*, 1991).

3.3.2. Dosages des teneurs en carbone organique et en azote total

La détermination de la teneur en carbone (C) est faite par la méthode de Walkley-Black. Cette méthode consiste en une attaque d'une prise d'essai de terre par du bichromate de potassium IN en excès, en présence d'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate est ensuite titré par une solution de sel de Mohr 0,5 N en présence de diphénylanine. L'oxydation se fait à froid (elle est donc incomplète: 7 % de la matière organique est oxydée).

Le pourcentage de matière organique (MO) est donné par l'expression suivante:

$$\text{MO (\%)} = \text{C (\%)} \times 1,724$$

L'azote total a été dosé par la méthode de Kjeldahl (Kjeltec Auto Analyser 1030, Tecator) par oxydation à l'acide sulfurique, libération d'ammoniac par distillation en présence de sodium hydroxyde (NaOH), titration avec l'acide sulfurique (H₂S₀₄) en présence de rouge de méthyle (Bonneau et Souchier, 1979).

3.3.3. Mesures du pH

Les mesures du pH ont été faites par la méthode électrométrique utilisant un pH-mètre à électrode en verre et à lecture directe. Le rapport 1/ 2,5 a été utilisé selon la norme de AFNOR (1981) de préparation de la solution de lecture, pour le pH (eau) et le pH (KCl).

3.4. Analyse statistique et traitement des données

L'analyse statistique des différents paramètres a été faite en utilisant le logiciel du Système d'Analyse Statistique (SAS). L'analyse de variance (ANOVA) des résultats a été faite, suivie de la comparaison des moyennes en utilisant le test de Student- Newman -Keuls, au seuil de 5 %.

CHAPITRE IV : RESULTATS

La présentation des résultats s'est faite en deux étapes. En premier, les résultats d'enquêtes auprès des producteurs de la zone d'étude ont permis de mieux comprendre les processus de dégradation des sols, d'identifier les systèmes de culture, la gestion de la fertilité des sols. Ensuite une étude expérimentale sur le travail du sol et le mulch a permis d'évaluer la production de maïs.

4.1. Système de culture et dégradation des sols à Aplahoué

La dégradation des sols dans la commune d'Aplahoué se pose avec acuité. Les producteurs ne savent pas comment y remédier de façon durable. Cette partie de l'enquête de terrain rend compte de la perception des producteurs sur la dégradation des sols et les solutions selon eux pour restaurer les terres et les eaux.

4.1.1. *Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés*

Les enquêtés de la zone d'étude sont des agriculteurs (85,2 %) âgés de vingt à cinquante ans. Ils sont des mariés et chefs de ménage (78,1 %), analphabètes pour la plupart. L'enquête montre que 40,2 % ont franchi les portes du primaire et du secondaire. En terme d'encadrement technique, à peine 34,4 % des enquêtés reçoivent d'encadrement agricole. Le principal mode d'accès à la terre reste l'héritage (72,4 %). Signalons que du fait de la pression foncière, 74,3% des personnes enquêtées ont moins d'un hectare. Ce qui fait que les jeunes, faute de terre s'adonnent à d'autres activités comme la pêche, le commerce et le taxi moto. Il est important de noter que les champs sont situés sur des pentes douces et moyenne (83,9 % des enquêtés). La dégradation par l'érosion hydrique est le grand problème qu'évoquent les producteurs.

4.1.2. *Perception paysanne de la dégradation des sols*

La figure 6 montre la perception des producteurs de la dégradation des sols dans la commune d'Aplahoué au Bénin. Les producteurs interrogés pensent que la dégradation des sols est liée à l'érosion hydrique et les cultures continues. L'érosion hydrique est citée comme première cause (93,6 % des enquêtés), suivi des cultures continues (89,5 % des enquêtés). D'autres enquêtés croient que la déforestation (23 %) et les cultures itinérantes sur brûlis (47 % des enquêtés) sont d'autres causes de dégradation du sol.

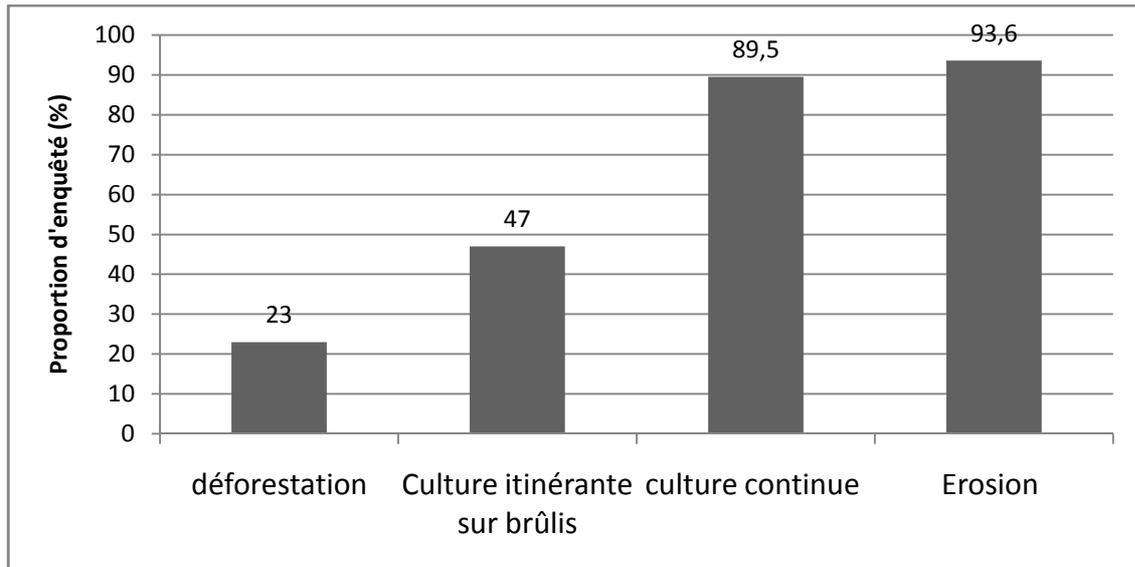


Figure 6 : Causes de la dégradation des sols des producteurs

4.1.3. Perception paysanne de l'érosion des sols

La figure 7 présente les causes de l'érosion des sols selon les producteurs de la commune. Les causes de l'érosion selon les producteurs sont les suivantes : la pente ; les eaux de pluie ; le type de sol ; le ruissellement et le couvert végétal. Selon l'appréciation des producteurs, le ruissellement et la pente sont responsables de l'érosion (respectivement 78,6 % et 98,2 % des enquêtés). Suivent dans l'ordre d'importance, les eaux de pluie (27,7 % des enquêtés) et le type de sol (19,5 % des enquêtés).

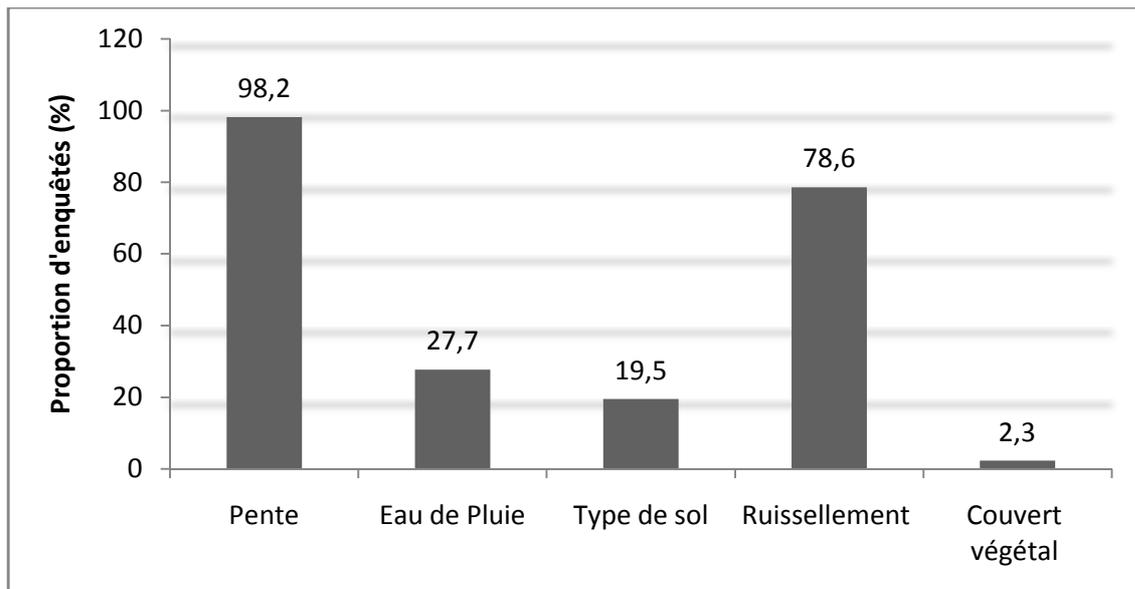


Figure 7 : Causes de l'érosion selon les producteurs de la commune d'Aplahoué

4.1.4. Perception paysanne de la fertilité de sol

La fertilité des sols est appréciée par les producteurs de la commune à travers nos enquêtes (la figure 8). Plusieurs critères permettent d'apprécier la fertilité du sol : croissance des plants (66 %), les rendements obtenus (89,7 %), la coloration des feuilles (38 %), les plantes indicatrices (6,9 %) la présence des insectes (13,6 %) et précédents culturaux (15,3 %).

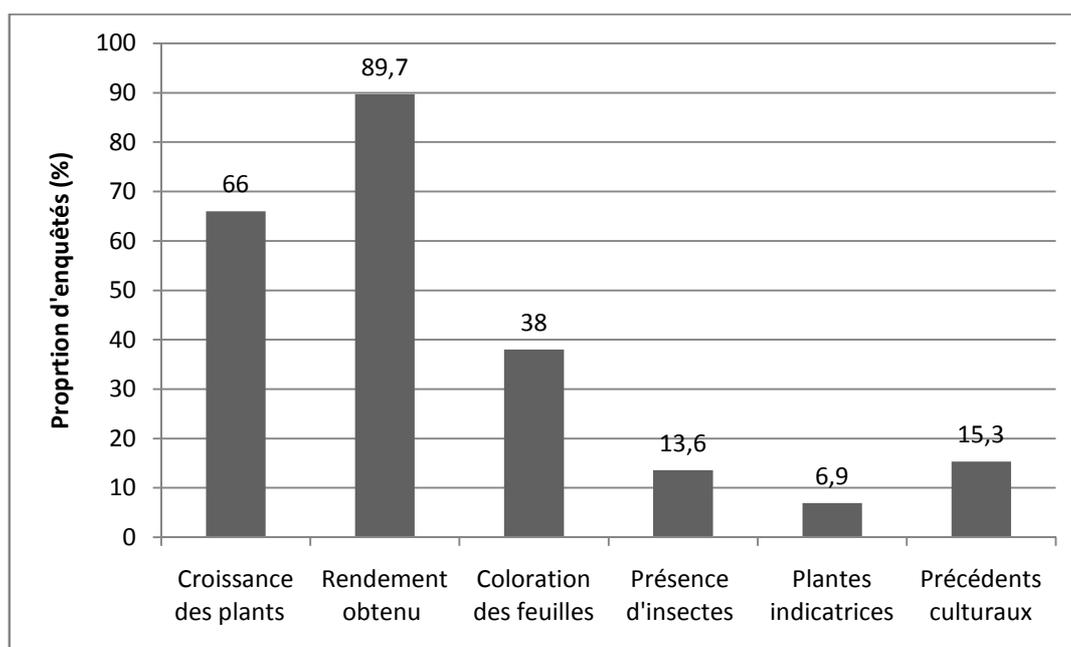


Figure 8 : Critère d'appréciation du niveau de fertilité par les producteurs de la commune

4.1.5. Pratiques paysannes de la gestion des sols

Les producteurs ont des pratiques séculaires de l'utilisation des sols. La figure 9 montre que le défrichage avec brûlis des résidus de récoltes (85 % des enquêtés) constitue le premier mode de préparation des sols. Seulement 15 % des enquêtés après avoir défriché, ne brûlent pas les résidus de récolte. Certains producteurs pratiquent le labour minimum qui consiste à retourner le lit du semis (96,8 %). Le billonnage est faiblement pratiqué dans la zone d'étude. La jachère est quasi inexistante. Les parcelles cultivées varient de 0,1 ha à 1 ha au maximum.

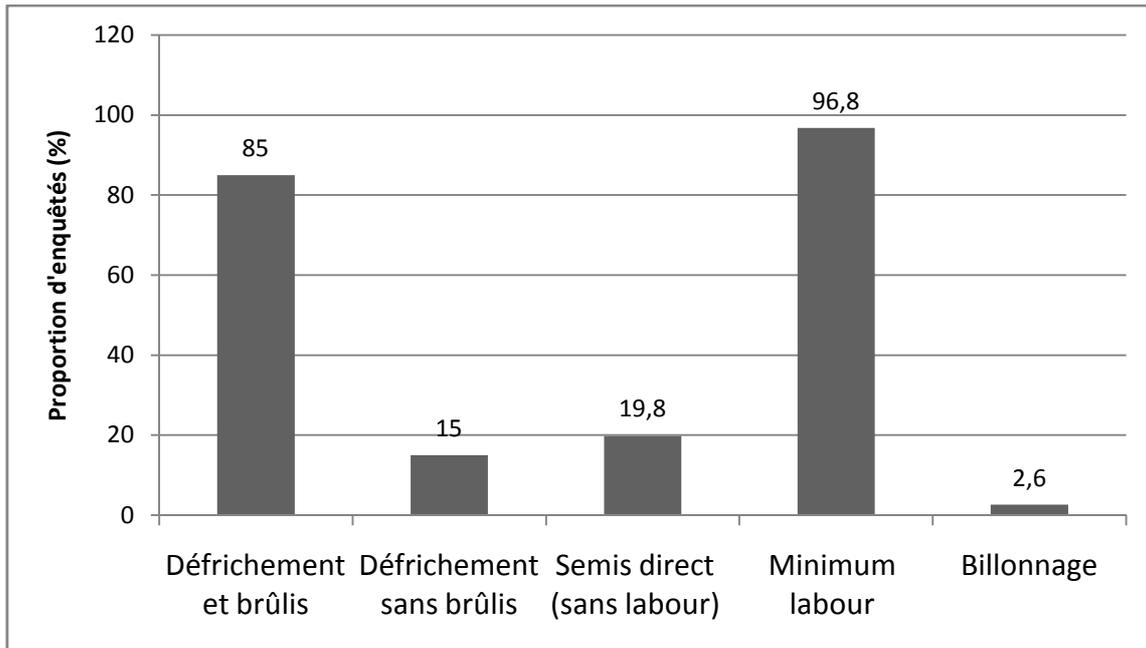


Figure 9 : Mode de préparation du sol par les paysans dans la commune d'Aplahoué

4.1.6. Gestion de la fertilité des sols

Les sols sont pauvres en général en éléments nutritifs car les pratiques agricoles ne permettent pas une restitution des résidus culturaux au sol. Pour augmenter sensiblement les rendements, les producteurs ont recours souvent aux engrais minéraux et/ou à la matière organique. L'analyse de la figure 10 montre que 38 % des producteurs utilisent des engrais minéraux pour fertiliser leurs sols et 11,5 % se servent uniquement de la matière organique. La plupart des producteurs utilisent l'urée et l'engrais composé NPK comme fertilisant. Ils utilisent très peu les engrais spécifiques. La technique d'épandage reste le dépôt direct sur le sol proche des plantes. La période d'application des engrais minéraux varie de deux à trois semaines après le semis.

Il est à noter que les engrais minéraux coûtent chers. Ce qui limite l'application de la dose recommandée nécessaires au développement des plants. Ceux qui utilisent la matière organique sont des femmes (11,5 % des enquêtés) qui en balayant les concessions familiales le matin ramassent les excréments des animaux et les appliquent dans les champs en l'épandant. Aucune dose n'est respectée dans ces conditions. Aucun système formel de vente d'engrais minéraux n'existe dans la commune.

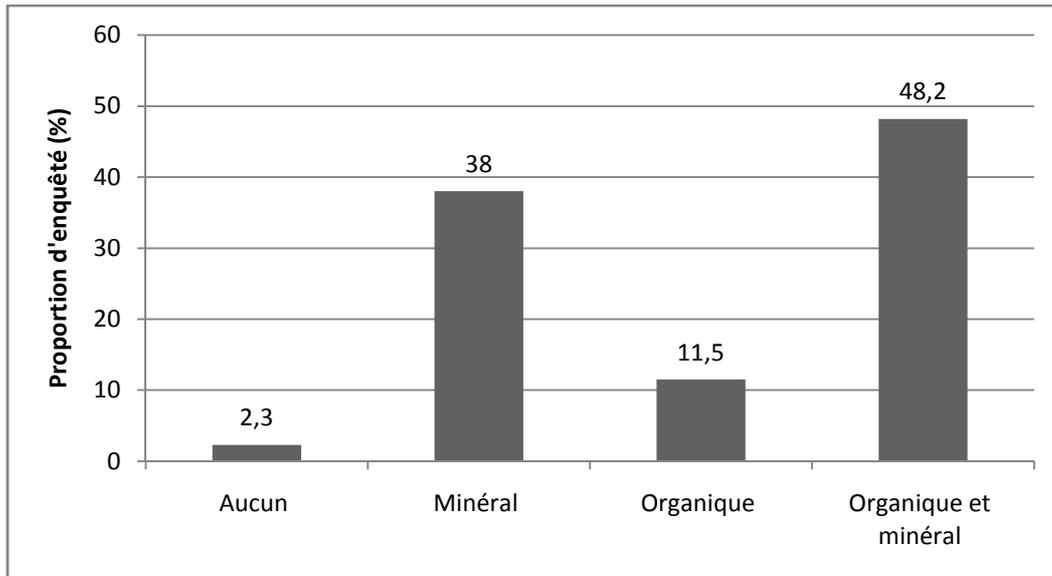


Figure 10 : Pratique de fertilisation des sols par les paysans

4.1.7. Systèmes de culture

Le maïs est la principale culture de la zone d'étude pendant la grande saison pluvieuse. Le plus souvent le manioc est associé au maïs et est cultivé en couloir avec des écartements de trois mètres (87 % des enquêtés). Dans la seconde saison pluvieuse, le niébé et l'arachide viennent en tête des cultures. D'autres ressemment le maïs sur la même parcelle. Après la première saison, les fanes du maïs sont ramassées puis brûlées pour mettre en place les cultures de la petite saison comme le soja, le niébé, la tomate, le pois d'angole, l'arachide. L'agriculture pratiquée est minière car ne restitue pas à la terre ce qu'on lui a prélevé.

En matière de revenu et de rentabilité, les producteurs affirment que le maïs vient en première position devant le niébé et le manioc. Les femmes cultivent plus l'arachide et le soja pendant la petite saison. Elles s'occupent de la transformation de leur récolte en préparant des beignets, du gari et autres aliments qui leur permettent d'obtenir une source de revenu supplémentaire dès le début de la saison sèche. Le système de culture dans la zone d'étude favorise la dégradation physique et chimique et cela conduit à la pauvreté des sols.

4.1.8. Gestion des ravageurs

Les ravageurs constituent entre autres les principaux ennemis au développement des plants et causent la baisse des rendements agricoles dans le sud ouest du Bénin. Les principaux ravageurs rencontrés et cités par les producteurs sont les chenilles roses, les moucheron, les

termites, les oiseaux et les plantes adventices. Les producteurs (75 %) soulignent que la présence des ravageurs sur les plants s'explique par les trous, le jaunissement et les tâches sur les feuilles, la chute des plants etc. La présence des mouches blanches et des moucheron sur tous les organes des plantes est signalée par les producteurs. Tout juste avant la récolte, les termites attaquent les pieds de maïs. Pour faire face à ce problème, les producteurs utilisent des insecticides qu'ils achètent sur le marché. Ces insecticides sont souvent mal adaptés pour lutter contre les ravageurs. Le nombre de traitement varie d'une culture à l'autre. Le mode de traitement reste pour la plupart la pulvérisation. Les producteurs (68,7 %) disent que trois à quatre applications sont nécessaires pour le niébé, deux à trois semaines après le semis. La dose se fait en fonction du taux d'infestation. L'usage d'herbicide n'est pas encore rentré dans les habitudes des producteurs. Toutefois, les moutons et les oiseaux constituent d'autres menaces aux cultures de maïs, de niébé et de manioc.

Conclusion partielle

Les populations de la commune d'Aplahoué sont en générale des agriculteurs. La dégradation des sols se pose avec acuité. Le système de culture pratiqué dans la région est responsable en partie de cette dégradation des terres. L'agressivité des pluies et la topographie font que l'érosion hydrique est citée comme deuxième cause de la dégradation des terres. Les producteurs sont conscients de la dégradation de leur milieu. Toutefois elles n'ont pas les moyens d'y remédier. Les pratiques agricoles de la zone ne permettent pas une gestion durable des ressources de la terre. La faible utilisation des engrais minéraux ne favorise pas l'accroissement des rendements. Les systèmes de culture dégradent fortement l'environnement c'est pourquoi les populations de la région ont besoin d'être informées et être formées sur les techniques de gestion durable des terres. La dégradation physique du sol étant liée aux facteurs climatiques et humains, il est nécessaire d'évaluer l'importance des dégâts et de proposer des approches de solution pour une gestion durable des sols.

4.2. Caractéristiques du sol du site expérimental

Le sol de la zone d'étude est ferrallitique communément appelé « terre de barre ». Juste avant le semis, des échantillons de sol ont été prélevés sur le site expérimental et analysés. L'analyse granulométrique des échantillons indique que le sol du site est à dominance sable-limoneux suivant le triangle textural de l'USDA. Ils ont un pH acide. Ceci pourrait être lié au fait que la culture continue sans restitution des résidus de culture associée ou non contribue à l'acidification du sol. Ce qui s'explique par l'exportation des cations échangeables par les

cultures. La teneur en matière organique (MO < 3 %) montre que les sols sont pauvres ceci résulte des pratiques dégradantes de la gestion des sols par les producteurs. Le rapport C/N= 21,75 est plus élevé. Cela dénote d'un faible niveau de matière organique et une pauvreté de ce sol en azote minéral. Notons que plus le rapport C/N est bas, plus la décomposition de la matière organique est rapide. La capacité d'échange cationique est élevée dans ces sols. Le risque de lessivage est donc fort. Le phosphore est faible (< 100ppm).

Tableau II : Caractéristiques des sols du site d'étude

Paramètres	Valeurs	Paramètres	Valeurs
Sables (%)	72,9	Rapport C/N	21,75
Limon (%)	14	Ca ²⁺ (meq/100g)	5,14
Argile (%)	12	Mg ²⁺ (meq/100g)	2,61
Texture	Sable -limoneux	K ⁺ (meq/100g)	1,08
pH eau	5,82	Somme des bases (meq/100g)	8,83
pH kcl	5,25	CEC (meq/100g)	17,25
Azote total (%)	0,04	Taux de saturation en base (%)	51,19
Carbone organique (%)	0,87	Phosphore assimilable (ppm)	34,76

4.3. Introduction sur les effets du travail du sol et du mulch sur la production du maïs

L'expérience sur les effets du travail de sol et du mulch vise prioritairement à comprendre le comportement des plants de maïs sur différents traitements et de tirer les conclusions sur les pratiques à vulgariser aux producteurs. Il s'agit de comprendre la technique de travail de sol qui optimise la production de maïs.

4.3.1. Effet du travail du sol sur la croissance des plants de maïs

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que le facteur travail du sol a un effet positif sur la hauteur des plants de maïs au 15 ème jours après le semis et sur le nombre de feuilles par plant contrairement aux autres variables (P= 0,001). Lorsque nous considérons le facteur travail du sol, l'analyse du tableau III montre que les résultats confirment les résultats des analyses statistiques. En fonction de l'ordre de croissance des plantes, le billonnage réalisé perpendiculairement à la pente a un meilleur impact suivi du labour à plat comparativement au témoin sans labour. Le minimum labour a un résultat proche du labour à plat. Le traitement sans labour présente le plus faible effet. Le meilleur développement des plants sur le sol où le billonnage est réalisé s'explique par l'amélioration de la porosité du sol et la rétention des éléments fins en brisant la vitesse de l'eau. La présence d'une quantité importante de matières

organiques emmagasinées et une bonne aération permettent une bonne croissance dans le système de billonnage et le labour à plat. Les racines dans ce système de labour se développent bien grâce à la structure meuble du sol.

Tableau III : Effets du travail de sol sur la croissance des plants de maïs

Travail de sol	Hauteur 15 JAS	Hauteur 60 JAS	Longueur feuille florale (cm)	Largeur feuille florale (cm)	Nombre Feuilles par plant
Billonnage	26,98 ±3,38 a	103,90 ±15,01a	19,17 ±4,26 a	2,51 ±0,52 a	13,44 ±0,76 a
Labour à plat	23,38 ±2,84ab	93,79 ±14,56 a	18,33 ±3,15 a	2,45 ±0,30 a	13,06 ±0,83 a
Labour minimum	21,56 ±2,67 b	94,83 ±24,57 a	19,00 ±5,04 a	2,45 ±0,46 a	12,40 ±0,90 ab
Sans Labour	19,83 ±3,30 b	77,83 ±24,86 a	15,96 ±4,38 a	2,24 ±0,41 a	11,40 ±1,88 b
Pr> F	0,00114**	0,05644ns	0,252615ns	0,52575ns	0,0283*

NB : les chiffres qui ont même lettre dans la même colonne indique qu'ils se ressemblent selon le test de student-Newman -Keuls au seuil de 5 %

4.3.2. Effet du mulch sur la croissance des plantes de maïs

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que le mulch a un impact hautement significative sur les variables longueur, largeur des feuilles florales et à 60 JAS. L'analyse du tableau IV indique clairement que le mulch a un effet sur la croissance de la culture. En comparant les résultats, le mulch a engendré une croissance de ±18,71 % par rapport au témoin (sans mulch) à 60 JAS.

Tableau IV: Effet du mulch sur la croissance des plantes de maïs

Mulching	Hauteur 15 JAS (cm)	Hauteur 60 JAS (cm)	Longueur feuille florale (cm)	Largeur feuille florale (cm)	Nombre Feuille par plant
Sans Mulch M0	22,48 ±3,65a	83,01 ±18,04 b	15,69 ±3,00 b	2,22 ±0,37 ab	12,39 ±1,49 a
Mulch M1	23,40 ±4,33a	102,17 ±21,00 a	20,54 ±3,98 a	2,60 ±0,39 a	12,76 ±1,27 a
Pr> F	0,42357ns	0,00613**	0,000603***	0,00892**	0,4136ns

NB : les chiffres qui ont les mêmes lettres ne sont pas différents au seuil de 5% test de student- Newman -Keuls

4.3.3. Effets du travail du sol et du mulch sur la croissance des plantes du maïs

Le tableau V indique les résultats de l'impact du travail de sol et du mulch sur la croissance des plants de maïs. L'analyse de la variance ANOVA (Annexe 7) montre que les deux facteurs combinés n'ont aucune différence significative au seuil de 5 % pour toutes les variables observées. L'analyse des moyennes du tableau V montre que les plants du traitement billonnage avec ou sans mulch présentent des valeurs les plus élevées par rapport aux autres traitements. Le traitement sans labour avec ou sans mulch a des effets les plus faibles pour toutes les variables observées. Toutefois le billonnage avec mulch et le labour à plat avec mulch donnent les valeurs de croissance les plus performantes.

Tableau V : Effets du travail de sol et du mulch sur la croissance des plants du maïs

Traitements	Hauteur 15 JAS (cm)	Hauteur 60 JAS (cm)	Longueur feuille florale (cm)	Largeur feuille florale (cm)	Nombre Feuille par plant
BM1	28,38 ±4,59 a	114,92 ±11,96 a	22,25 ±3,08 a	2,81 ±0,28 a	13,58 ±1,08 a
BMo	25,58 ±0,67 ab	92,88 ±7,68 a	16,08 ±2,74 b	2,21 ±0,55 b	13,29 ±0,34 a
LPM1	23,38 ±0,82 ab	98,25 ±4,26 a	19,58 ±2,30 a	2,50 ±0,15 a	12,96 ±0,63 a
LPMo	23,38 ±4,25 ab	89,33 ±20,58 a	17,08 ±3,71 a	2,40 ±0,42 b	13,17 ±1,08 a
MLM1	22,21 ±3,02 ab	112,33 ±15,18 a	22,63 ±4,35 a	2,77 ±0,45 a	12,96 ±0,52 ab
MLMo	20,92 ±2,53 b	77,33 ±19,00 a	15,38 ±2,29 b	2,13 ±0,16 b	11,83 ±0,88 b
SLM1	19,63 ±2,98 b	83,17 ±30,92 a	17,71 ±4,90 b	2,33 ±0,49 ab	11,54 ±1,81 b
SLMo	20,04±4,06 b	72,50 ±20,24 a	14,21 ±3,55 b	2,15 ±0,36 b	11,25 ±2,22 b
Pr> F	0.74556ns	0.45826ns	0.496889ns	0.38319ns	0.6944ns

NB : les chiffres qui ont même lettre dans la même colonne indique qu'ils se ressemblent selon le test de student-Newman -Keuls au seuil de 5 %

BM1= Billonnage avec mulch ; BM0= Billonnage sans mulch ; LPM1= labour à plat avec mulch ; LPM0= labour à plat sans mulch ; MLM1= Minimum labour avec mulch ; MLM0= Minimum labour sans mulch ; SLM1= sans labour avec mulch ; SLM0= sans labour sans mulch

4.3.4. Effet du travail du sol et du mulch sur la croissance foliaire de la feuille florale du maïs

La surface foliaire est un indicateur très important sur la croissance et le rendement des cultures. L'analyse de variance indique une différence hautement significative de facteur mulch sur la surface foliaire des plants. Le travail du sol n'a pas d'effet sur la surface foliaire. L'analyse des moyennes (tableau VI) montre que le mulch a accru d'effet sur la croissance foliaire des plants de 14,12 cm² par rapport au traitement sans mulch. Seul le labour à plat présente une variation faible pour la croissance foliaire. La combinaison des facteurs n'impacte pas la croissance de la surface foliaire au seuil de 5 % (ANOVA annexe 8).

Tableau VI : Variation des surfaces foliaires entre les facteurs étudiés

Modalités	Moyenne	CV	Pr> F
Mulch			
Sans mulch M0	26,76 ± 2,31a	34,59	0,0014
Mulch M1	40,88 ± 3,25 b	31,81	
Travail de sol			
Billonnage	37,208±5,09 a	38,69	
Labour à plat	36,168± 3,04 a	25,23	
Minimum labour	34,082±5,73 a	44,88	0,3516
Sans labour	27,842±4,59 a	46,72	

NB : les chiffres qui ont même lettre indique qu'ils se ressemblent selon le test de student Newman -Keuls au seuil de 5 %

Le boxplot de la figure 11 présente l'évolution des surfaces foliaires des plants de maïs sur différents traitements. La plus grande valeur de surface foliaire est observée au niveau de MLM1 = (47,66 ±7,68 cm²) et BM1= (47,13 ±5,25cm²). Le MLM0 et SLM0 ont présenté les plus faibles valeurs de surface foliaire respectivement 24,68 ± 2,59 cm² et 23,53 ± 4,99 cm². Mais le SLM1 montre un coefficient de variation très élevé (48,75 %) comparativement aux autres traitements. Le labour à plat avec mulch donne une variation la plus faible de la série. En terme agronomique le labour à plat avec mulch donne un bon rendement par rapport aux autres traitements bien que la surface foliaire ne soit pas plus élevée que le billonnage et le minimum labour. La variation très élevée du sans labour avec mulch montre que certains plants se développent bien par contre d'autres connaissent une croissance lente.

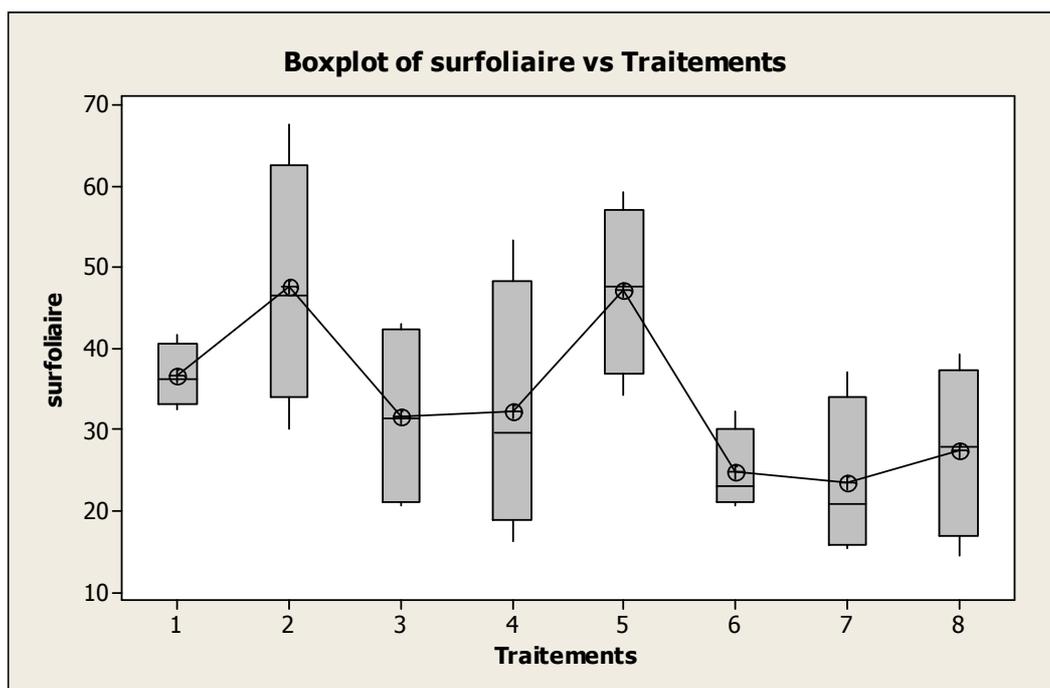


Figure 11 : Variation de la surface foliaire des plants par traitement

NB: 1= LPM1 2= MLM1 3= LPM0 4= SLM1 5= BM1 6= MLM0 7= SLM0 8= BMO

4.3.5. Effets de travail du sol et du mulch sur la production du maïs

L'analyse de variance (Annexe 9) indique que le travail de sol a eu d'effet hautement significatif sur la longueur des épis à maturité par contre le mulch a significativement ($P < 0,05$) influencé le diamètre des épis. La combinaison des facteurs n'impacte pas la longueur et le diamètre des épis de maïs

Il ressort de l'analyse de variance (Annexe 10) que le travail de sol et du mulch n'ont pas un effet significatif ($P > 0,05$) sur les paramètres de rendement de maïs. Mais le mulch a des impacts hautement significatifs sur le rendement en paille de maïs et non significatif sur les autres paramètres. Le travail de sol est significatif sur le rendement grain et non significatif sur les autres paramètres.

Il ressort que les résultats suivent les mêmes tendances que la croissance des plants observés plus haut (tableau VII et VIII). Les épis du billonnage avec mulch sont plus gros que ceux des autres parcelles de même que pour le diamètre des épis. Le traitement sans labour avec ou sans mulch donne les rendements les plus faibles. Il n'a pas de grande différence pour les rendements en paille des parcelles traitement en billonnage avec ou sans mulch. Pour le rendement en grain, le billonnage avec mulch donne la plus grande valeur. Toutefois bien que

les rendements de billonnage avec ou sans mulch soient supérieurs autres traitements, ils présentent de grandes variations comparativement au labour à plat qui dans l'ensemble des paramètres donne une faible variation de l'ordre de 10 %. Le labour à plat donne une performance agronomique pour les rendements en grain et de paille.

Tableau VII : Effets de travail de sol et du mulch sur les caractéristiques des épis de maïs

Traitements	Longueur des épis à maturité (cm)	Diamètre des épis (cm)
BM1	20,65 ± 5,92 a	4,52 ± 0,12 a
BM0	14,28 ± 0,71 ab	4,36 ± 0,19 a
LPM1	13,97 ± 0,70 b	4,30 ± 0,15 a
LPM0	12,73 ± 0,16 b	4,16 ± 0,08 b
MLM1	11,32 ± 0,64 b	3,96 ± 0,04 b
MLM0	11,05 ± 0,47 b	3,84 ± 0,14 b
SLM1	10,79 ± 0,28 b	4,05 ± 0,14 b
SLM0	10,59 ± 0,11 b	4,03 ± 0,08 b
Pr > F	0,54 ns	1,14 ns

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et pour le même caractère de l'épi ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) d'après le test de student Newman -Keuls.

BM1= Billonnage avec mulch ; BM0= Billonnage sans mulch ; LPM1= labour à plat avec mulch ; LPM0= labour à plat sans mulch ; MLM1= Minimum labour avec mulch ; MLM0= Minimum labour sans mulch ; SLM1= sans labour avec mulch ; SLM0= sans labour sans mulch

Tableau VIII : Effets de travail de sol et du mulch sur les rendements de maïs

Traitements	Rendement en paille 60 JAS (kg/ha)	Rendement grain (kg/ha)	Poids de 1000 grains (kg)
BM1	5833,02 ± 460,83 a	1574,39 ± 212,63 a	0,31 ± 0,01 a
BM0	5643,05 ± 378,90 a	1423,15 ± 137,09 a	0,26 ± 0,01 a
LPM1	4574,95 ± 576,15 a	1356,09 ± 89,45 a	0,25 ± 0,01 a
LPM0	3984,70 ± 168,09 ab	1243,68 ± 56,70 a	0,24 ± 0,01 a
MLM1	3675,12 ± 456,08 b	917,34 ± 45,80 ab	0,23 ± 0,01 b
MLM0	2169,89 ± 345,23 b	897,78 ± 40,70 b	0,23 ± 0,01 a b
SLM1	1897,65 ± 567,45 b	769,34 ± 25,17 b	0,21 ± 0,01 b
SLM0	1697 ± 410,81 b	735,60 ± 39,57 b	0,18 ± 0,01 b
Pr > F	1,44 ns	2,48 ns	3,38 ns

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et pour le même caractère ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) d'après le test de student- Newman -Keuls

BM1= Billonnage avec mulch ; BM0= Billonnage sans mulch ; LPM1= labour à plat avec mulch ; LPM0= labour à plat sans mulch ; MLM1= Minimum labour avec mulch ; MLM0= Minimum labour sans mulch ; SLM1= sans labour avec mulch ; SLM0= sans labour sans mulch

Conclusion partielle

Le travail du sol à quatre niveaux (labour à plat, labour minimum, sans labour, et le billonnage) et le mulching à deux modalités (sans mulch et avec mulch à 30 % de couverture) ont permis de mieux comprendre l'évolution de la culture de maïs sur différents traitements. De toutes les analyses faites, il ressort que le Billonnage avec mulch (BM1) a des impacts plus important sur la croissance sur toutes les variables observées sur les plants de maïs suivi du labour à plat avec mulch (LPM1) qui présente des valeurs proches du (BM1). D'une manière générale tous les traitements avec mulch ont des valeurs pour les variables étudiées qui sont supérieures à celles des traitements sans mulch. En termes de rendement après le billonnage vient le labour à plat pour les valeurs les plus élevées. Lorsque nous considérons le travail du sol sans mulch, le labour à plat sans mulch (LPM0) et le billonnage sans mulch (BM0) sont des traitements qui présentent les valeurs de croissance les plus élevées. Nous pouvons dire que le mulch a un effet positif sur la croissance des plantes (cas du BM1 comparé au BM0). Il serait conseillé aux producteurs de pratiquer le billonnage avec mulch et le labour à plat avec mulch. Mais sur le plan économique avec la rareté de la main d'œuvre il serait préférable de choisir le minimum labour avec mulch. Toutefois il serait bon d'utiliser la matière organique couplé d'engrais minéraux pour plus accroître les rendements.



Photo 2 (a) Mesure des hauteurs (b) Mesure Largeur feuille

CHAPITRE V : DISCUSSIONS

Cette partie du mémoire fait le débat général sur les résultats d'enquête et sur les effets du travail du sol et du mulch sur la production de maïs obtenus et leur confrontation avec la littérature.

5.1. Relation entre pression foncière, démographique et dégradation des sols

Les systèmes de production agricoles à Aplahoué n'ont pas évolué dans le sens d'une intensification suffisante susceptible d'améliorer la productivité de la terre et de limiter la dégradation physique et de la matière organique du sol. Les principaux problèmes environnementaux actuels du sud-ouest du Bénin sont liés à l'accroissement démographique rapide, avec une pauvreté généralisée, à l'inadéquation entre la consommation des ressources et leur rythme de renouvellement (Jouve, 2004). Les manifestations les plus visibles de la dégradation environnementale sont le recul du couvert forestier, l'extension de l'érosion sous toutes ses formes et à plusieurs endroits. La baisse généralisée de la qualité des eaux et un développement urbain déséquilibré. Les paysans d'Aplahoué sont bien conscients du phénomène de dégradation de leurs terres qui se manifeste du reste par des baisses sensibles des niveaux de rendement. De nombreux auteurs qui ont travaillé dans la région (Floquet et Mongbo, 1998, Houngbo, 2008) ont souligné que les populations mettent peu en œuvre les pratiques agricoles de conservation telles que les plantations, la jachère naturelle et l'utilisation des plantes améliorantes. Ce qui est un danger tant pour l'économie nationale que pour l'environnement, vu que le couvert végétal régresse et que les pratiques dégradantes en cours contribuent certainement à la dégradation de la matière organique et donc à l'émission du gaz carbonique (CO₂), gaz à effet de serre.

5.2. Impact du travail du sol sur la croissance des plantes de maïs

Les résultats obtenus avec le travail du sol sur les différentes variables de croissance des plants de maïs ont montré que la croissance des plantes a été hautement significative les quinze premiers jours suivant les différentes techniques de travail du sol. Cela s'explique par le fait que les conditions d'une bonne germination étaient réunies. La croissance est plus rapide avec le billonnage que les autres modalités de travail de sol. Ainsi le billonnage crée plus les conditions d'aération et plus de disponibilité de nutriments pour la croissance. Cependant il est à noter que la croissance est meilleure avec le minimum labour qu'avec le labour à plat qui présente un résultat intermédiaire. L'emploi de la houe manuelle pour préparer la terre en billons, en tas ou en monticules est une méthode très répandue, liée au

labour primaire. Dans ce cas, une partie de plus en plus grande de la surface totale du sol est labourée, du sol de surface est donc collecté, ce qui provoque une augmentation de volume du sol pour les semis et le lit racinaire. Le sol du lit de semis est enrichi par la matière organique provenant des mauvaises herbes ou des résidus et en même temps que l'aération et le drainage sont favorisés. S'il faut tenir compte l'énergie exploitée et la productivité du travail du sol, le minimum labour avec mulch sera plus conseillé aux producteurs de la commune d'Aplahoué. Les résultats ont montré que les plants se développent lentement sur le traitement sans labour. Cela peut s'expliquer par le fait que sur le traitement sans labour, le sol est compact et ne permet pas une bonne infiltration de l'eau et le développement des racines est affecté.

Ce constat respecte approximativement la corrélation entre la croissance de l'appareil végétatif et le rendement du sorgho établie par (Zangré ,2000) et qui indique que les faibles rendements de grains du sorgho sont dus à une faible croissance de l'appareil végétatif durant la période semis-floraison.

De nombreux auteurs ont trouvé des résultats similaires de croissance des plants sur différents systèmes de labour. Ceux de Mrabet (2001) qui montrent une similarité des hauteurs à maturité entre système conventionnel et semis direct. Il constate que le traitement sans labour sur des sols argilo –sableux ne permet pas un bon accroissement des plants de maïs. Ce qui confirme nos résultats. De même (Abdellaoui et *al*, 2006) révèlent des réductions de hauteur en non labour comparativement au conventionnel. Les opinions des agronomes sur le travail du sol restent divergentes. Certains pensent que le travail du sol profond et, spécialement le labour, a des effets bénéfiques sur le sol et les cultures et devrait être généralisé. D'autres considèrent que ses effets ne sont pas assez importants et réguliers pour garantir les charges que cette technique entraîne chez les paysans. Ils notent aussi que le travail profond du sol peut avoir des effets néfastes sur une longue période, comme le développement de l'érosion et l'accélération de la combustion de la matière organique. Ils recommandent le non travail ou le travail minimum du sol. Toutefois, les chercheurs s'accordent du rôle du mulch sur l'amélioration des propriétés physico- chimique et biologique du sol qui permet l'accroissement des plantes.

5.3. Impact du mulch sur la croissance des plantes de maïs

Les résultats de l'essai montrent que le mulch n'a pas d'effet significatif sur la croissance des plants les 15 premiers jours après le semis. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le mulch qui consiste à couvrir la surface du sol par la paille permet la conservation de l'humidité et la

minéralisation rapide de la matière organique par les micro-organismes gage d'un bon développement des plants. Mais notons qu'il n'y a pas de différence significative de l'effet de mulch sur le nombre de feuilles par plants à 15 JAS. Son effet a par contre été hautement significatif à la maturité sur les variables observées. Le mulch en jouant le rôle de fertilisation par la minéralisation, garde l'humidité en permanence dans le sol et permet la croissance des plantes cultivées. Il joue également le rôle de lutte contre les adventices, favorise le développement de l'activité biologique. Le mulch en améliorant les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol conditionne la croissance des plantes. Dans le cas de notre étude le mulch n'est efficace qu'à partir de 45 jours après le semis jusqu'à la maturité de la plantes. Les résultats sont très hautement significatifs sur les variables observées. Les traitements avec mulch ont connu un développement végétatif important comparativement au traitement sans mulch. Nos résultats confirment ceux obtenus par les auteurs (Findeling et *al.*, 2003 ; Diallo D., et *al.*, 2006)) qui concluent que la préparation du sol en milieu forestier (labour ou lit de semence) augmentait l'établissement et la croissance du ginseng américain à la première saison de croissance et ce, grâce à un meilleur développement racinaire favorisant la prise d'eau et d'éléments minéraux dans le milieu.

5.4. Impacts du travail du sol et du mulch sur la croissance des plantes de maïs

L'analyse statistique a montré que les deux facteurs pris simultanément n'ont aucun effet sur la croissance des plants de maïs. Les moyennes pour les variables observées démontrent clairement que le billonnage avec mulch présente une croissance nettement supérieure aux autres traitements. D'une manière générale tous les traitements avec mulch donnent une croissance plus élevée que les traitements sans mulch. Il est important de comprendre que le mulch crée les conditions d'humidité, développe des micro-organismes, favorise l'infiltration de l'eau, réduit l'évaporation de l'eau et limite le ruissellement.

Dès les premières années de différenciation des traitements, la quantité, l'activité mais aussi la structure des communautés microbiennes sont influencées par la profondeur et le mode d'enfouissement des résidus puis, dans les horizons où la quantité de substrat disponible n'est pas limitant, par le tassement du sol généré par chaque technique (Vian, 2009). La prise en compte de l'hétérogénéité spatiale de la structure du sol permet de préciser l'effet de chaque technique du travail de sol étudiée sur le potentiel de minéralisation du carbone et d'azote des microorganismes. Ainsi, dans les conditions expérimentales de ce travail, il apparaît que l'adoption de techniques de travail du sol réduit ou superficiel ne limite pas le potentiel d'azote

minéralisable total (sur l'ensemble de la couche de sol) par rapport au labour au cours des premières années de leur application.

5.5. Impacts du travail du sol et du mulch sur la surface foliaire du maïs

La surface foliaire d'une plante est la somme des surfaces de chacune de ses feuilles. Elle est donc une variable importante pour la détermination de la production d'une culture. Les feuilles ont fini leur croissance lorsque leur ligule est apparue : celles qui sont ligulées ont donc une surface fixe, tandis que celles qui sont en croissance ont une surface qui évolue au fur et à mesure de leur étalement. Elles forment le «cornet de feuilles» (Bonhomme, 1989). Les résultats de l'étude permettent de conclure que la surface foliaire des plants du traitement avec billonnage est plus grande que celles des autres traitements. Le labour minimum donne une moyenne intermédiaire mais avec une forte variation.

5.6. Impacts du travail du sol et du mulch sur la production du maïs

Les résultats de l'essai ont montré effectivement que la croissance des rendements est corrélée avec la croissance des organes végétatifs des plants (Zangré, 2000). Le billonnage avec ou sans mulch permet une bonne performance agronomique et de meilleurs rendements en paille ou en grain comparativement aux autres traitements. Le labour à plat avec ou sans mulch donne de bons résultats de production comparativement au minimum labour. Le traitement sans labour avec ou sans mulch donne un mauvais résultat. Sur un sol argilo-sableux qui se tasse très vite suite à une pluie, les conditions d'une bonne germination et d'un bon développement des plants ne sont pas réunies. Contrairement à certains auteurs (Vian, 2009 ; Scopel et *al.*, 2004) qui démontrent que le manque du labour permet une bonne croissance et un bon rendement, à court et moyen terme cela n'est pas possible. (Kouelo et *al.*, 2012) ont montré que le mode de travail du sol et la fertilisation minérale améliorent significativement les performances agronomiques de la lentille de terre. L'apport de 100 kg/ha de NPK a généré le rendement en grains le plus élevé (967 kg/ha) à Adanhondjigon lorsqu'il est combiné avec le labour à plat et (918 kg/ha) à Miniffi lorsqu'il est combiné avec le billonnage. Dans une expérience sur le labour à traction animal dans le Borgou au nord du Bénin, ce type de labour a favorisé l'augmentation de rendement moyen de 2,6 à 3,6 t/ha pour le maïs et 1 à 1,4 t/ha pour le coton en réduisant le ruissellement de 95 % et la résistance au pénétromètre de 1,5 à 1,2 kg/cm² (Azontondé, 1994).

5.7. Limite de l'étude sur l'effet du travail du sol et du mulch sur la production du maïs

Au départ nous étions partis pour étudier l'effet du travail de sol et du mulch sur l'érosion et le ruissellement. Mais nous sommes confrontés à une péjoration climatique qui nous a empêchée d'observer le phénomène de ruissellement et l'érosion sur les parcelles installées à cet effet car les populations d'Aplahoué produisent sur les parcelles en pente. L'étude sur l'effet du travail du sol et du mulch sur la productivité de maïs s'est déroulée dans une condition de péjoration climatique extrême. La sécheresse a perturbée la croissance des plants et de réellement voir exprimer chaque facteur étudié sur les plants de maïs. Le sol étant ferrallitique riche en argile, la compaction se fait plus vite sous l'action des pluies. Cela fait que l'expression de l'effet de travail du sol s'est fait sentir plus les quinze premiers jours après le semis. Il serait intéressant de mesurer la minéralisation du mulch à la récolte. De façon pratique, tous les travaux ont été installés manuellement. En effet nous n'avons pas pesé les résidus du mulch avant l'installation du dispositif, de même nous ne connaissons pas bien à quelle profondeur le labour a été réalisé. Il serait aussi intéressant d'utiliser les outils comme un pénétromètre et un anneau de muntz pour connaître les paramètres de perméabilité et d'infiltrabilité du sol.

D'une manière générale, il faut plusieurs années d'expériences de travail du sol et du mulch pour pouvoir conclure du rôle de chaque facteur ou la combinaison des facteurs sur la production du maïs.

CONCLUSION GENERALE

Le développement de l'agriculture de conservation s'impose aujourd'hui dans ce monde à croissance humaine rapide. Les ressources de la terre s'amenuisent accentuées par les phénomènes des changements climatiques. Il faut revoir le mode gestion des sols pour permettre à la terre de continuer à nourrir les populations de plus en plus croissante.

L'étude sur les caractéristiques des systèmes de culture de la commune d'Aplahoué a permis de mieux comprendre la perception des producteurs sur les pratiques agricoles qui dégradent les sols. Parmi ces pratiques, la culture continue sur la même parcelle, l'inexistante des jachères liée à la forte pression foncière, l'érosion hydrique, la pente de terre, l'eau de pluies, la culture itinérante sur brûlis sont les plus cités. Pour accroître la productivité des terres, les producteurs utilisent les engrais minéraux et la matière organique. Cependant la cherté des engrais minéraux et leur inaccessibilité font que les producteurs ne mettent pas les doses optimales pour la croissance des plantes. En conséquence les rendements sont souvent faibles. L'usage de la matière organique est faible dans la commune d'Aplahoué car il n'existe pas un mécanisme de production de la matière organique. Souvent les femmes sont les seules à ramasser les déjections des animaux qu'elles épandent sur leur champ sans une dose donnée.

L'essai sur les effets de travail de sol et du mulch sur la croissance de plants de maïs a permis de comprendre les techniques de travail du sol qui permettent réellement une croissance optimale des plants de maïs. En classement, le billonnage avec ou sans mulch vient en première position suivi du minimum labour avec ou sans mulch. Le labour à plat vient en troisième position et le sans labour avec ou sans mulch vient en dernière position pour l'impact sur la croissance des plants de maïs. Toutefois s'il faut considérer le travail du sol qui déploie moins d'énergie et économique en main d'œuvre, le minimum labour viendrait en première position suivi de sans labour. L'étude a montré que le mulch a un effet significatif sur le développement des plantes. En effet le mulch favorise la conservation l'humidité du sol, accroît les micro-organismes, lutte contre le ruissellement et l'érosion, et stabilise les agrégats du sol. En ces périodes des changements climatiques, les paysans seront contraints d'abandonner leurs anciens systèmes de culture très dégradants des sols.

Afin de pouvoir introduire les techniques de mulch dans les petites et moyennes exploitations, il est nécessaire d'appréhender globalement les changements du système de production. Les expériences déjà recueillies sur la culture du sol, pourraient être riches d'enseignement. La complexité d'un tel système ne doit pas être sous-estimée. Certaines mesures de préparation

préalables au système sous mulch organique permettront de déterminer le calendrier cultural, les possibilités d'abandon des travaux du sol.

Même si le labour et le semis direct offrent chacun des avantages en ce qui concerne la fertilité du sol, ils peuvent avoir quelques impacts négatifs à long terme. Un travail intensif conduit graduellement à la diminution de la matière organique et à la détérioration de la structure. D'autre part, le semis direct améliore la structure du sol en surface, mais il compacte une grande partie de la couche arable. Il faut trouver un équilibre entre les différents types de travail du sol afin de déterminer ce qui convient le mieux à la situation d'une entreprise agricole donnée. Et surtout ne pas oublier que le succès de l'une ou l'autre pratique passe par son intégration dans une bonne rotation des cultures.

La productivité des sols est déterminée à la fois par leur granulométrie (pourcentage de sable, de limon et d'argile), leur drainage et leur structure, par leur teneur en matière organique et en éléments nutritifs et par le nombre, les espèces et les activités des organismes qui y vivent. Leur fertilité n'est donc pas liée uniquement aux éléments nutritifs qu'ils contiennent; elle dépend aussi de l'état de leurs propriétés physiques et biologiques. De bonnes régies agricoles comme les rotations et l'utilisation de fumier et d'engrais verts qui apportent de la matière organique fraîche améliorent la structure et l'agrégation des sols, favorisant ainsi les conditions (aération, eau et température) propices au bon développement d'une microflore active et diversifiée.

Le choix et le succès de l'une ou l'autre des techniques de travail de sol dépendent du type de sol, de sa texture, de son pH, de l'état de sa structure, de son degré de compaction et du drainage. La rotation des cultures est aussi un élément très déterminant. Tous ces facteurs influencent la croissance des plantes et l'activité biologique qui se déroule à l'intérieur du sol. En recommandation, nous conseillons aux producteurs de pratiquer le billonnage avec mulch et le minimum labour avec mulch. Mais il est intéressant de compléter ce système avec la fertilisation des engrais minéraux et de la matière organique.

BIBLIOGRAPHIE

Abdellaoui, Z., Fettih, S. et Zaghouane, O. (2006) : Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur en conditions pluviales. Dans : 3èmes Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct, Saragosse (Espagne), 23-25 mars 2006.

Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A. et Giller, K.E. (2003) : Etude des communautés microbiennes dans un système de labour minimum, p. 51-81, In A. El Titi, ed. Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press LLC, Boca Raton.

Azontondé H.A., (1994). Dégradation et Restauration des terres de Barre au sud Bénin. Centre National d'AgroPédologie (CENAP), Cotonou-Bénin. Bull. Réseau Erosion 14 : 38-60

Baggs, E. M., Stevenson, M., Pihlatie, M., Regar, A., Cook, H. & Cadisch, G. (2003). Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant and Soil*, **254**, 361-370.

Balesdent J., Pétraud J.-P. et Feller C., (1991). Effets des ultrasons sur la distribution granulométrique des matières organiques des sols. *Science du sol*, **29** (2): 95-106.

Balesdent, J., Chenu, C. & Balabane, M. (2000) : Rapport sur la dynamique de la matière organique à protéger physiquement le sol dans un système de labour. *Sol & Recherche du Labourage*, 53, pp 215-230.

Barriuso, E., Calvet, R. & Cure, B. (1994). Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires : conséquences sur les risques de pollution. In Monnier, G., Thevenet, G., Lesaffre, B. (eds.), *Simplification du travail du sol*, Vol. 65, INRA éditions, Paris (France), pp. 105-124.

Basic, F., Kisic, I., Mesic, M., Nestroy, O. & Butorac, A. (2004). Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil & Tillage Research*, **78**, 197-206.

Bayer, C., Martin-neto, L., Mielniczuk, J. & Ceretta, C. (2000): Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, **53** :95-104p.

Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S. & Gupta, H. S. (2006). Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil & Tillage Research*, **86**, 129-140.

Biaou, G. (1991): Régime foncier et gestion des exploitations agricoles sur le plateau Adja, Bénin. Thèse de Doctorat de 3e cycle en Economie Rurale. Cote d'Ivoire : CIRES (Centre Ivoirien de Recherches Economiques et Sociales), 207 p.

Bonhomme R, Ruget F, Derieux M, Vincourt P (1982) : Relations entre production de matière sèche et énergie interceptée chez différents génotypes de maïs. C R Acad Sc Paris, sér III 294, pp 393-398

Bonneau M. et Souchier B., (1979). Pédologie, 2: Propriétés et constituants du sol. Masson, Paris.

Bourarach E.H., Mrabet R., (2001) : Le semis direct, une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. IAV Hassan II, Dép. Machinisme agricole. INRA, Centre Arido culture, Settat. Bull. mensuel d'information et de liaison. Transfert de technologie en agriculture PNTTA, n° 76 : pp 1-4

Carof M. (2006) : Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) à différentes plantes de couverture en climat tempéré. Thèse de doctorat soutenu à l'institut national agronomique Paris-Grignon, 132 p.

Chervet A., Ramseier L., Sturny W. G. & Tschannen S., (2005): Comparaison du semis direct et du labour pendant 10 ans. Revue suisse Agric. **37** (6), pp 249-256.

Danwanon K. H. F. (2011) : Date de semis et formule d'engrais pour une meilleure productivité du maïs (*Zea mays*) sur sol ferrallitique de la commune d'Allada au Sud du Bénin, thèse d'ingénieur, option science et technique de production végétale, FSA/ UAC. 115 p

Diallo D., Boli Z., Roose E., (2006) : Labour ou semis-direct dans les écosystèmes soudano-sahéliens (cas du Cameroun et Mali). Actes des journées scientifiques du réseau de chercheurs Erosion et GCES de l'AUEF. Dir. Ratsivalaka S., Serpantié G., De Noni G., Roose E.. Actualité scientifique AUEF, Paris : pp 181-188, INRA (Les Colloques N° 65) ed, Paris, 16 mai 1991.

ECOWAP (2005) : La politique agricole Régionale de l'Afrique de l'Ouest: 12 p

FAO (1992): Conduite de petites enquêtes nutritionnelles – Manuel de terrain, Rome : 25 p.

Ferreras, L. A., Costa, J. L., Garcia, F. O. & Pecorari, C. (2000). Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil & Tillage Research*, **54**, 31-39.

Findeling A., Ruy S., et Scopel E., (2003): Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach. *Journal of Hydrology* 275, pp. 49-66. *Geo- science Révision* 10, n°4, 347-354.

Floquet, A. et Mongbo, R. (1998) : Des paysans en mal d'alternatives : Dégradation des terres, restauration de l'espace agricole et urbanisation au Bas Bénin. Université de Hohenheim, Weikersheim : Margraf Verlag, 190 p.

Guérif, J. (1994). Influence de la simplification du travail du sol sur l'état structural des horizons de surface. Conséquences sur leurs propriétés physiques et leurs comportements mécaniques, p. 13-33, *In* G. Monnier, et al., eds. Simplification du travail du sol, INRA (Les Colloques N° 65) ed, Paris, 16 mai 1991.

Hannachi et Fellahi, (2010) : Effets des résidus et du travail du sol sur le comportement du blé dur (*Triticum durum*, Desf) en zone semi-aride. Mémoire d'ing. UFAS; 58P.

Hernández, J. L., Lopez, R., Navarrete, L. & Sánchez-Gíron, V. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil & Tillage Research*, **66**, 129-141.

Holland, J. M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **103**, 1-25.

Honlonkou, N. A. (1994): Pression foncière, intensification et crédit agricoles au Bénin. Etude comparative des cas du Plateau Adja et de la Savane de Lonkly. Thèse d'Ingénieur agronome, Abomey-Calavi, Benin: FSA/UNB, 197 p.

Hoogmoed, W.B. et Vlaar, J.C.J. (1999). Travail du sol, dans Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel. J.C.J. Vlaar (ed.). CIEH, Burkina Faso et Université Agronomique, Wageningen, Pays Bas. pp. 27-43.

Houngbo, N. E. (2005): Pauvreté et adoption des technologies de conservation des espaces cultivés: Cas du Mucuna et de l'Acacia dans le village Godohou (Plateau Adja). Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement, Abomey-Calavi : EDP/FLASH/UAC, 78 p.

Houngbo, N. E. (2008) : Dynamique de pauvreté et pratiques agricoles de conservation de l'environnement en milieu rural africain le cas du plateau adja au sud-bénin. Thèse de doctorat soutenu à l'Ecole Doctoral pluridisciplinaire de UAC/ FLASH. 326 p.

INSAE (2003) : 3^{ème} Recensement General de la Population et de l'Habitation (RGPH3) : Synthèse des analyses, Cotonou : Direction des Etudes Démographiques, 42 p.

INSAE (2004). Cahier des villages et quartiers de ville. Département du Couffo. Cotonou : INSAE, 26 p.

Jouve, P. (2004) : Croissance démographique, transitions agraires et intensification agricole en Afrique sub-saharienne'', *Actes du Colloque international « Développement durable : leçons et perspectives »*, Université de Ouagadougou, pp 53-59.

Kladivko, E.J. (2001): Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research* 61: 61- 76.

Köller, K. (2003): Techniques of Soil Tillage, p. 1-25, dans A. El Titi, *Labour du Sol de l'éd. Dans Agro écosystèmes*. CRC Press LLC, Boca Raton. 34 p

Kouelo Alladassi Félix, Badou Antoine, Houngnandan Pascal, Francisco Merinosy Michée Fustelle, Gnimassoun Cocou Jean-Brice, Sochime Dieudonné Jacob, (2012) : Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 51: 3625–3632 ISSN 1997–5902 9 p

Kourougli S., et Aït Ouali A., (2010): Etude de l'effet des trois systèmes de culture et du précédent cultural sur le comportement du sol et de la culture de blé tendre (*Triticum aestivum*, L). Mémoire d'ingénieur d'état. UFAS Sétif, Département des Sciences Agronomiques. 79 p.

Kravchenko A.G., et Thelon K.D., (2007) : Effets des résidus de récolte du blé hivernal sur le développement maïs. *Agron., J.* 99: 549-555.

Labreuche, J., Viloingt, T., Caboulet, D., Daouze, J.P., Duval, R., Ganteil, A., Jouy, Lahlou S., Ouadia M., Malam Issa O., Le Bissonais Y. et Mrabet R., (2007) : Modification de la porosité du sol sous les techniques culturales de conservation en zone semi-aride marocaine. Dans : *Etude et gestion des sols*, 12, pp. 69-76.

Lal, R., Reicosky, D.C., et J.D. Hanson. (2007): Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research* 93: pp.1-12.

Lamboni, L. (2003) : Approche participative et utilisation du modèle QUEFTS pour la gestion de la fertilité des sols du village de Seve-Kpota au Sud du Togo, Mémoire d'ingénieur agronome, UL-ESA, Lomé, 117 p.

Lilia R. (2004) : Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des sols ferrallitiques des hautes terres de Madagascar, Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles ; 213 p.

Liu, X. J., Mosier, A. R., Halvorson, A. D. & Zhang, F. S. (2006). The impact of nitrogen placement and tillage on NO, N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes from a clay loam soil. *Plant and Soil*, **280**, 177-188.

Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R.J., Gasstillo J.E., & Lopez-Bellido F.J. (2000) effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat under rainfed mediterranean conditions. *Agron. J.* :92 : 1054-1063

MAEP (2001) : Etude sur les Conditions de Vie des Ménages Ruraux (ECVR2). Edition 1999-2000. Profil de pauvreté rurale et caractéristiques socio- économiques des ménages ruraux, Synthèse des départements, Cotonou : MAEP, 84 p.

Mando, A. (2007) : Introduction à la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS) : Principes des aspects technologiques, Notes présentées à la formation Internationale sur la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS), Fada, 29 mai au 1er juin 2007, IFDC Lomé, 35 p.

Mando, A., Stroosnijder, L., Brussaard, L. (1997): Effets de termites sur l'infiltration sur les sols encroûtés, *Geoderma*, 74, pp 107-113.

Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., et S. Grego. (2006): Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators* 6:701-711.

Mekhlouf A. , Makhlouf M. , Achiri A. , Ait ouali A. et Kourougli S., (2011) : Etude comparative de l'effet des systèmes de travail du sol et des précédents culturaux sur le sol et le comportement du blé tendre (*triticum aestivum* L.) en conditions semi-arides ; 14 p.

Mrabet, R., (2001) : Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. MADREF – DERD. N° 76, 4 p. <http://agriculture.ovh.org>.

Mrabet, R., (2010). Climate change and carbon sequestration in the mediterranean bassin : contribution of no tillage sustems. Les actes des 4e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Sétif Algérie 3,4,5 mai 2010. N° spécial revue *Recherche agronomique*. Pp : 106-126.

Nicou R. & Le Moigne M., (1991) : Efficacité agronomique de la mécanisation des opérations culturales. *In*: « Savanes d'Afrique, terres fertiles? Actes des rencontres internationales », Montpellier 10-14 décembre 1990. Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD, France, pp. 475-506.

Ouattara B., (1994) : Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture: pratiques culturales et états structuraux du sol. Thèse de docteur-ingénieur, mention sciences agronomiques, Université nationale de Côte d'Ivoire, 153 p.

Payne W. A., Samussen P.E., Ramig R.E. (2000) tillage and rainfall effect upon a winter wheat- dry pea rotation *Agron. J.*, 92 : 933-977.

PDC, (2010) : Plan de développement de la commune d'Aplahoué , Quinquennat 2011-2015, 235 p

Peigné, J., Gautronneau, Y., Aveline, A., et M. Cannavacciuolo. (2006). Soil tillage systems under organic farming in France. European Organic Congress in Denmark, may 2006.

Pekrun C., Kaul H.-P. & Claupein W. (2003): Soil tillage for sustainable nutrient management. In El Titi, A. (ed.), *Soil tillage in agroecosystems*, CRC Press, New-York (USA), pp. 83-113.

Reboul J.L., (1999). Systèmes de cultures sans labour par semis direct sur couvertures permanentes des sols, adaptation et diffusion à Madagascar. CIRAD, Madagascar. *Bull. Réseau Erosion* 19 : 441-455.

RNA, (2008) : Recensement National Agricole, INSAE Cotonou, 27 p

Saber, N. & Mrabet, R. (2002). Impact of no tillage and crop sequence on selected soil quality attributes of a vertic calcixeroll soil in Morocco. *Agronomie*, **22**, 451-459.

Saber, N. & Mrabet, R. (2002). Impact of no tillage and crop sequence on selected soil quality attributes of a vertic calcixeroll soil in Morocco. *Agronomie*, **22**, 451-459.

Saïdou A., Janssen B. H., Temminghoff M. J. (2003): Effects of soil properties, mulch and NPK fertilizer on maize yields and nutrients budgets on ferralitic soils in southern Benin. *Agriculture ecosystems & Environment*. 265 – 273.

Sasal, M. C., Andriulo, A. E. & Taboada, M. A. (2006). Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil & Tillage Research*, **87**, 9-18.

Scopel, E. (1994) : Le semis direct avec paillis de résidus dans la région de V. Carranza au Mexique : Intérêt de cette technique pour améliorer l'alimentation hydrique du maïs pluvial en zones à pluviométrie irrégulière. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Montpellier 334 p

Scopel, E. (1998) : Le semis direct avec paillis de résidus, vers de nouveaux itinéraires techniques pour la production de maïs pluvial dans l'ouest mexicain. Dans : Atelier international : gestion agrobiologique des sols et systèmes de culture, p. 355–366, Antsirabe (Madagascar).

Scopel, E., Silva F. A. M. D., Corbeels M., Affholder F., et Maraux F., (2004): Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions. *Agronomy Journal for Sustainable Development* 24, pp. 383-395.

Seguy L., Bouzinac S., Maronezzi A. C., Scopel E., Belot J.-L., et Martin J. (2003): The success of no tillage with cover crops for savannah regions “from destructive agriculture with soil tillage to sustainable agriculture with direct seeding mulch based systems : 20 years of research of Cirad and its brazilian partners in cerrados in Brazil”. In “II Congresso Mundial sobre Agricultura conservacionista”, Ponta Grossa, Brazil.

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. & Denef, K. (2004). A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research*, **79**, 7-31.

Teasdale, J.R., Coffman, C.B., et R.W. Mangum. (2007): Potential Long-Term Benefits of No-Tillage and Organic Cropping Systems for Grain Production and Soil Improvement. *Agronomy Journal* 99:1297-1305.

Tebrügge, F. & Düring, R. A. (1999). Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research*, **53**, 15-28.

Vian J. F. (2009) : Comparaison de différentes techniques de travail du sol en agriculture biologique : effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote ; Thèse de doctorat soutenu à l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement ; 204 p

Zangré, B.V.C.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 IDR, 83p.

Annexes**Annexe 1 : Questionnaires**

Enquêteur : _____/Date d'enquête : _____/ Numéro de fiche : _____/

Commune : _____/ Arrondissement : _____/ Village : _____/

A- Caractéristiques du village d'enquête

Variables	Codes	Réponses
1- Accessibilité du village	1= route bitumée ; 2= route carrossable ; 3= sentier ; 4= piste non carrossable	
2- Etat de la voie d'accès au village	1=bon état toute l'année, 2=mauvais état pendant la saison pluvieuse ; 3=mauvais état toute l'année ; 4- autre (à préciser)	
3- Distance du village au marché périodique le plus proche	1= ≤5 km ; 2= 5-10 km ; 3= 10-15 km ; 4=15-20 km ; 5= ≥20 km	
4- Topographie des champs	0= Terrain plat ; 1= Pente douce; 2= Pente moyenne, 3= Pente élevée	

B- Identification et caractéristiques socio-démographiques de l'enquêté

1- Nom du producteur		
2- Sexe du producteur	0= Féminin ; 1= Masculin	
3- Religion	0= animiste; 1= chrétien; 2= musulman; 4= autre (à préciser)	
4- Age		
5- Situation matrimoniale	1= célibataire ; 2= marié ; 3= divorcé ; 4= veuf (ve) ; 5=autre (à préciser)	
6- Niveau d'instruction	0= aucun ; 1= primaire ; 2= secondaire ; 3= Formation professionnelle ; 4= autre (à préciser)	
7- Position sociale dans le ménage	1=Chef ménage ; 2=Fils dans le ménage ; 3= Autres (à préciser)	
8- Activités du chef de ménage	1=Agriculture ; 2= Elevage ; 3= Commerce ; 4= Chasse ; 5= Autres (à préciser)	
9- Etes-vous membre d'une organisation paysanne	1= Oui (préciser le nom et la date d'adhésion) ; 2= non	
10- Bénéficiez-vous d'encadrement	0= non ; 1= Etat (CeCPA, INRAB) ; 2=Projet d'Etat ; 3=Institution (à préciser) ; 4=ONG	
11 -Quel est le mode d'accès à la terre ?	1=héritage ;2=don ;3=achat 4=gage ;5=métayage;6=location ;7=Autres (à préciser)	

C- Dégradation du sol

Questions	Codes	Réponse
1- Comment expliquez-vous la dégradation du sol ?	1=baisse de la fertilité du sol ; 2=perte de terre ; 3= Autres (à préciser)	
2- Comment appréciez-vous le niveau de la fertilité du sol ? S'il y a plusieurs critères d'appréciation, classez par importance.	1= vitesse de croissance des plants ; 2= rendement obtenu ; 3= couleur de la végétation ; 4= Insectes indicateurs ; 5= plantes indicatrices ; 6= précédents culturaux ; 7= autres (à préciser).	
3- Quelles sont les causes de la dégradation ? S'il y a plusieurs causes, classez par importance.	1= déforestation ; 2=culture itinérante sur brûlis ; 3=culture continue ; 4= érosion ; 5= destruction du couvert végétal ; 6= labour ; 7= feux de brousse ; 8= piétinement animal ; 9= engrais chimique ; 10= pesticides ; 11= autres (à préciser)	
4- Quelles sont les causes de l'érosion ? S'il y a plusieurs causes, classez par importance.	1=pente ; 2=intensité de la pluie ; 3= durée de la pluie; 4= type de sol ; 5= perméabilité du sol ; 6= ruissellement ; 7= labour ; 8= piétinement ; 9= destruction du couvert végétal ; 10= autres (à préciser)	
5- Comment préparez-vous le sol de vos champs ?	1=défrichage et brûlis ; 2=défrichage sans brûlis (ramassage des friches) ; 3=défrichage et incorporation des friches par le labour ; 4= Autres (à préciser)	
6- Quel type de labour faites-vous ?	0 = semis direct (sans labour) ; 1= minimum labour (remuer le point de semis) ; 2= billonnage ; 3 = labour à plat ; 4 = autres (à préciser)	
7- Si vous faites le billonnage, comment orientez-vous les billons ?	0 = sans orientation précise (varie suivant la saison et la main d'œuvre ; 1= parallèle à la pente ; 2=perpendiculaire à la pente ; 3=autres (à préciser)	
8- Connaissez-vous le mulching ?	1 = oui ; 2 = non	
9- Comment le savez-vous ?		
10- Le pratiquez-vous ?	1 = oui ; 2 = non	
11- Si oui, depuis quand ?	1 = ≤ 2ans ; 2 = 2-5 ans ; 3 = 5-10 ans ; 4 =>10 ans	
12- Comment appliquez-vous le mulch ?		
13- Quels avantages avez-vous tiré du mulching ?		
14- Quelles sont vos contraintes dans cette pratique ?		
15- Accepterez-vous continuer cette pratique ?	1 = oui ; 2 = non	

D- Gestion de la fertilité

Questions		Codes	Réponse
1- Quels sont les types d'engrais que vous utilisez ?		0=aucun ; 1=minéral ; 2=organique ; 3=organique et minéral	
Engrais minéraux			
2- Citer les engrais minéraux que vous utilisez		1= NPK ; 2= Urée ; 3=KCl ; 4=SSP ; 5=TSP ; 6=Autre (à préciser)	
3- Quelles sont les techniques d'application ?		1=Poquet ouvert ; 2=Dépôt direct sur le sol ; 3= poquet fermé ; 4= Raie	
4- A quelle distance se situent les engrais par rapport aux plants ?		1= ≤ 5 cm ; 2= 5-10 cm ; 3= ≥ 10 cm	
5-Quels sont les engrais appliqués avant ou au début du semis ?		1= NPK ; 2= Urée ; 3=KCl ; 4=SSP ; 5=TSP ; 6=Autre (à préciser)	
6- Quelle est la période d'application des engrais ?		1= 2 semaines après sarclage (SAS) ; 2= 3SAS ; 3=4SAS ; 4= autre (à préciser)	
7- Quelles sont les sources d'approvisionnement ?			
8- Fractionnez-vous l'apport d'engrais ?	NPK	1 = 2 apports ; 2 = 3 apports ; 3 = plus de trois fractions	
	Urée	1 = 2 apports ; 2 = 3 apports ; 3 = plus de trois fractions	
	KCl	1 = 2 apports ; 2 = 3 apports ; 3 = plus de trois fractions	
	autre (à préciser)	1 = 2 apports ; 2 = 3 apports ; 3 = plus de trois fractions	
9- Quelles sont les doses des différents engrais minéraux ?	NPK		
	Urée		
	KCl		
	autre (à préciser)		
Engrais organiques			
10- Citer les engrais organiques que vous utilisez		1=compost; 2=déjections animales; 3=ordures ménagères; 4=résidus de récolte ; 5=autre (à préciser)	
11- Quelles sont les techniques d'application ?		1=Enfouissement ; 2=Couverture du sol; 3= poquet; 4= autre (à préciser)	
12- Quelle est la période d'application des engrais ?		1= Avant préparation du sol ; 2= Après la récolte ; 3= Après le labour ; 4= Autre (à préciser)	
13- Quelles sont les sources d'approvisionnement ?			
14- Quelles sont les doses des différents engrais organiques ?	Compost		
	Déjections animales		
	Ordures ménagères		
	Autre (à préciser)		

E- Gestion maladies et ravageurs

Questions	Codes	Réponse
1- Etes-vous confronté aux dégâts des ravageurs ?	1=ooui ; 2=non	
2- Quels sont ces ravageurs ?	1= chenilles roses ; 2= chenilles blanches ; 2=mouches ; 3= moucheron ; 4=termites ; 5= oiseaux ; 6=Plantes adventices ; 7 = Autre (à préciser)	
3- Quels sont les symptômes qui vous indiquent la présence des ravageurs ou maladies ?		
4- Quelles sont les mesures préventives que vous utilisez contre les ravageurs ?	0 = aucune ; 1 = Propreté du champ ; 2= Propreté des alentours du champ ; 3= Bandes de plantes pièges ; 4= Autre (à préciser)	
5- Quels sont les types de pesticides que vous utilisez ?	0=aucun ; 1=insecticide ; 2=herbicide ; 3=fongicides ; 4=autre (à préciser)	
Insecticides		
6- Citer les différents insecticides que vous utilisez		
7- Quelles sont les techniques d'application ?	1= pulvérisation ; 2= arrosage ; 3=poudrage ; 4=autre (à préciser)	
8- Quelles sont les sources d'approvisionnement ?	1=CeCPA ; 2= INRAB ; 3= Projet ; 4= ONG ; 5 = autre (à préciser)	
9- Quelle est le nombre d'application ?		
10- Donner la période de chacune des applications et la dose	Application Dose	
	1 ^{ère}	
	2 ^{ème}	
	3 ^{ème}	
	4 ^{ème}	
Herbicides		
11- Citer les différents herbicides que vous utilisez		
12- Quelles sont les techniques d'application ?	1= pulvérisation ; 2= arrosage ; 3=poudrage ; 4=autre (à préciser)	
13- Quelles sont les sources d'approvisionnement ?	1=CeCPA ; 2= INRAB ; 3= Projet ; 4= ONG ; 5 = autre (à préciser)	
14- Quelle est la période d'application ?	1=avant semis ; 2=floraison des adventices ; 3=avant floraison des adventices ; 4=stade de 2-3 feuilles des adventices ; 5= autre (à préciser)	
15- Quelle est la dose d'application ?		

Annexe 2 : tableau d'analyse de variance(ANOVA) pour la hauteur 15 JAS

Source de variation	ddl	SCE	CM	F calculé	Probabilité
Travail du sol	3	224.42	74.81	7.376	0.00114**
Mulch	1	6.72	6.72	0.663	0.42357ns
Travail * mulch	3	12.55	4.18	0.412	0.74556ns
Résiduels	24	243.40	10.14		

Annexe 3 : tableau de d'analyse de variance (ANOVA) pour la hauteur 60 JAS

Source de variation	ddl	SCE	CM	F calculé	Probabilité
Travail du sol	3	2816	938.8	2.888	0.05644ns
Mulch	1	2936	2935.7	9.029	0.00613**
Travail * mulch	3	873	290.8	0.895	0.45826ns
Résiduels	24	7803	325.1		

Annexe 4 : tableau de variance (ANOVA) pour la longueur des feuilles florales

Source de variation	ddl	SCE	CM	F calculé	Probabilité
Travail du sol	3	52.70	17.57	1.452	0.252615
Mulch	1	188.50	188.50	15.578	0.000603***
Travail * mulch	3	29.68	9.89	0.818	0.496889
Résiduels	24	290.42	12.10		

Annexe 5 : tableau de variance (ANOVA) pour la largeur des feuilles florales

Source de variation	ddl	SCE	CM	F calculé	Probabilité
Travail du sol	3	0.336	0.1120	0.763	0.52575
Mulch	1	1.188	1.1884	8.101	0.00892**
Travail * mulch	3	0.468	0.1560	1.063	0.38319
Résiduels	24	3.521	0.1467		

Annexe 6 : tableau de variance (ANOVA) pour le nombre de feuilles par plants

Source de variation	ddl	SCE	CM	F calculé	Probabilité
Travail du sol	3	17.50	5.833	3.590	0.0283*
Mulch	1	1.12	1.125	0.692	0.4136
Travail * mulch	3	2.37	0.792	0.487	0.6944
Résiduels	24	39.00	1.625		

Annexe 7 : Tableau de comparaison de variance pour les modalités de travail de sol

Modalités	Hauteurs 15 JAS	Hauteurs 60 JAS	Longueur feuilles	Largeur feuilles	Nombre de feuilles par plants
	Probabilité	Probabilité	Probabilité	Probabilité	Probabilité
LP-B	0.1351142	0.6805927	0.9629834	0.9876914	0.8607465
ML-B	0.0117379	0.7479025	0.9996755	0.9876914	0.4144001
SL-B	0.0008258	0.0375747	0.2779921	0.5030457	0.0216338
ML-LP	0.6700806	0.9994321	0.9803914	1.0000000	0.8607465
SL-LP	0.1453172	0.3116818	0.5321514	0.7001183	0.1139469
SL-ML	0.7012430	0.2605368	0.3217564	0.7001183	0.4144001
M0-M1	0.0006025	0.0061341	0.0006025	0.0089171	0.4135834

Annexe 8 : Tableau Récapitulation de variance pour travail du sol et mulching

Source de variation	Hauteurs 15 JAS	Hauteurs 60 JAS	Long Feuilles	Largeur Feuilles	Nbre feuille
Travail du sol	0.00114**	0.05644ns	0.252615ns	0.52575ns	0.0283*
Mulch	0.42357ns	0.00613**	0.000603***	0.00892**	0.4136ns
Travail * mulch	0.74556ns	0.45826ns	0.496889ns	0.38319ns	0.6944ns

NB : ** et *** sont des valeurs qui sont significatives au seuil de 5 % et ns= non significatif

Annexe 9 : Tableau d'analyse de la variance pour la surface foliaire

Source de variation	ddl	SCE	CM	F	Pr> F
Travail de sol	3	422.32	140.77	1.14	0.3516
Mulch	1	1596.47	1596.47	12.97	0.0014
Travail de sol*mulch	3	447.44	149.14	1.21	0.3269