

BURKINA FASO
UNITE – PROGRES – JUSTICE

.....
MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SUPERIEURS DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET L'INNOVATION (MESRSI)

.....
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

.....
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : Agronomie

Thème :

**Recommandations spécifiques d'engrais pour la
fertilisation de l'arachide**

Présenté par YAO Sanlé Albert

Maitre de stage : **Dr Idriss SERME**

Directeur de Mémoire : **Dr Fernand SANKARA**

N°:.....-2015 /AGRO

TABLE DES MATIERES

DEDICACE -----	i
REMERCIEMENTS -----	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS -----	iv
LISTE DES TABLEAUX -----	v
LISTE DES FIGURES -----	vi
LISTE DES ANNEXES -----	vi
RESUME -----	vii
ABSTRACT -----	viii
INTRODUCTION -----	1
<u>Chapitre 1</u> : Généralités sur la culture de l’arachide et la fertilisation -----	3
1.1 Généralités sur la culture de l’arachide -----	4
1.1.1 Situation de la culture-----	4
1.1.2. Origine et systématique-----	5
1.1.3 Morphologie de l’arachide -----	6
1.1.3.1 Port et tige-----	6
1.1.3.2 Racines et feuilles de l’arachide -----	6
1.1.3.3 Inflorescences et fleurs -----	6
1.1.3.4 Fruit -----	7
1.1.4 Croissance et développement de l’arachide -----	7
1.1.4.1 Germination-----	7
1.1.4.2 Croissance -----	7
1.1.4.3 Floraison et fructification -----	7
1.1.4.4 Cycle végétatif et maturité-----	8
1.1.5 Ecologie de l’arachide -----	8
1.1.5.1 Températures, éclaircissement et pH -----	9
1.1.5.2 Besoin en eau -----	9
1.1.6 Nutrition -----	9
1.1.7 Ennemis de la culture et lutte -----	9
1.1.7.1 Maladies fongiques -----	9
1.1.7.2 Maladies virales -----	10
1.1.7.3 Maladies bactériennes -----	11
1.1.7.4 Ravageurs et invertébrés divers -----	11
1.2 Généralités sur la fertilisation -----	11

1.2.1 Types de fertilisation-----	11
1.2.1.1 Fertilisation organique-----	11
1.2.1.2 Fertilisation minérale -----	12
1.2.1.3 Fertilisation organo-minérale-----	15
1.2.2 Recommandation d’engrais pour la culture de l’arachide au Burkina Faso -----	15
Chapitre 2 : Matériel et méthodes -----	16
2.1 Présentation du site d’étude -----	17
2.1.1 Situation géographique -----	17
2.1.2 Le climat-----	17
2.1.3 La végétation-----	18
2.1.4 Les sols -----	18
2.2 Matériel d’étude -----	19
2.2.1 Matériels végétaux -----	19
2.2.2 Matériels fertilisants -----	19
2.3 Méthodologie -----	20
2.3.1 Dispositif expérimental-----	20
2.3.1.1 Conception du dispositif expérimental-----	20
2.3.1.2 Les traitements-----	20
2.3.2 Conduite des essais-----	21
2.3.3 Collecte des données-----	22
2.3.4 Les analyses -----	23
Chapitre 3 : Résultats et Discussion -----	24
3.1 Résultats -----	25
3.1.1 Caractéristiques initiales des sols -----	25
3.1.2 Effets des doses de fumure sur les paramètres chimiques du sol-----	25
3.1.2.1 Effet des doses de fumure sur le pH en fonction des type sols -----	25
3.1.2.2 Effet des doses de fumure sur le phosphore assimilable du sol -----	26
3.1.2.3 Effet des doses de fumure sur le potassium disponible du sol. -----	27
3.1.2.4 Effet des doses de fumure sur l’azote total en fonction des sols -----	28
3.1.3 Effet du type de sol sur les rendements de l’arachide-----	29
3.1.4 Effet de la fumure organique sur les rendements en fonction des types de sol-----	29
3.1.5 Effet de la variété sur les rendements de l’arachide en fonction des types de sol -----	30
3.1.6 Effet des doses de fumure sur les rendements de l’arachide en fonction des types de sol -----	31
3.1.7 Le rapport de la valeur sur le coût -----	33

3.2 Discussion générale	36
CONCLUSION	40
ANNEXES	a

DEDICACE

A DIEU Tout Puissant pour sa grâce.

*A mes parents YAO Nakin Alphonse et YAO Amélie. Merci d'avoir fait du
petit garçon l'homme qu'il est aujourd'hui.*

*A mes frères et sœurs : Paul, Paulin, Frédéric, Nadège et Collette. Pour le soutien
fraternel durant les périodes cruciales de mon existence.*

Je vous dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Ce présent mémoire est le fruit de la collaboration et du soutien multiforme de plusieurs personnes et institutions. Nous saisissons l'occasion à travers ce document pour leur exprimer toute notre reconnaissance. Nos remerciements vont à :

- ✓ **Dr. Korodjouma OUATTARA**, Directeur de l'INERA/ Kamboinse et coordonnateur du projet OFRA, pour nous avoir accepté comme stagiaire au sein du projet et pour sa constante disponibilité à chacune des phases de notre étude ;
- ✓ **Dr. Idriss SERME**, chercheur à l'INERA au CNRST, notre maître de stage pour sa constante disponibilité tout au long de nos travaux de terrains, ses critiques et suggestions apportées à l'amélioration de la qualité scientifique de notre document et ce malgré son calendrier très chargé. Nous lui sommes gré pour son dévouement à la formation des jeunes;
- ✓ **Dr. Fernand SANKARA**, enseignant-chercheur à IDR/UPB, notre directeur de mémoire qui a pris sur lui la lourde responsabilité de nous encadrer. Nous lui sommes reconnaissant pour le temps qu'il a accordé à la lecture de notre document ainsi que pour ses critiques et suggestions;
- ✓ **Tous les enseignants de l'IDR**, pour les efforts consentis à notre formation ;
- ✓ **Tous les chercheurs au sein du programme GRN/SP** et plus particulièrement à **Dr Alima BANDAOGO** pour son soutien tout au long de notre étude ;
- ✓ **Mr. Djakalia SANOU** et **Mr. TRAORE Souleymane**, techniciens du projet OFRA pour la bonne ambiance qui a régné tout au long de notre étude et pour les conseils pratiques et les multiples apports dans la conduite des essais et dans la collecte des données;
- ✓ **Mrs. Amoro OUATTARA, Patrick Roméo TRAORE et Mamourou OUATTARA**, techniciens au laboratoire d'analyse eau-sol-plante de Farako-BA pour leur soutien inestimable au cours de nos différents travaux d'analyse ;
- ✓ **Mme Mariame DIAKITE** secrétaire au programme GRN/SP pour ses encouragements ;
- ✓ **Mr Paré Mamadou** enseignant au Lycée Ouézzin Coulibaly pour ces corrections apportées au document ;
- ✓ **Mon oncle YAO Blaise Benoit** et ma cousine **SORY Aline** pour leurs soutiens multiformes ;

- ✓ Mes amis, **SIRIMA Abdoulaye, SAWADOGO F. Apollinaire, SOMBIE Ibrahima et TRAORE Adama** pour cette amitié que vous m'accordez. Puisse Dieu vous donnez des amis loyaux comme vous l'êtes avec moi ;
- ✓ Tous les camarades stagiaires, **GNOUMOU Eric, KAM K. Evariste, HEMA M. Léa, SANOU Wilfried et BEYE André** pour l'ambiance qui a prévalu tout au long de notre stage ;
- ✓ **Toute la promotion de l'IDR 2012-2013** et plus particulièrement à **OUATTARA Issa, BARRO Kader, DOUMBIA Yacouba et BAMOUNI Ismaël** pour cette franche collaboration pendant les périodes difficiles de notre cursus ;
- ✓ A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à notre formation et dont les noms ne figurent pas dans ce document, qu'ils sachent qu'ils occupent une place importante dans ce mémoire et dans notre mémoire.

SIGLES ET ABREVIATIONS

CNRST :	Centre National de Recherches Scientifiques et Technologiques
DGESS:	Direction Générale des Etudes et des Statistiques Sectorielles
FAO:	Food Agriculture Organisation
FAOSTAT:	Statistiques de la FAO
FCFA :	Franc de la Communauté Financière Africaine
GRN/SP:	Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production
ICRAF:	Centre International pour la Recherche en AgroForesterie
IDR:	Institut du Développement Rural
IFDC:	International Fertilizer Development Center.
INERA:	Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole
INSD:	Institut National des Statistiques et de la Démographie
ISRA:	Institut Sénégalais de Recherche Agricole
JAS :	Jour Après Semis
MARHASA:	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et la Sécurité Alimentaire.
OFRA:	Optimising Fertilizer Recommendation for Africa
SAPAA:	Suivi des Politiques Agricoles et Alimentaires en Afrique
UEMOA:	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine
UNIFA:	Union des Industries de la Fertilisation
UPB:	Université Polytechnique de Bobo Dioulasso

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Cycle des différentes variétés d'arachide -----	8
Tableau 2: Caractéristiques des variétés étudiées -----	19
Tableau 3: Caractéristiques des doses de fumures -----	21
Tableau 4: Caractéristiques initiales des deux types de sol -----	25
Tableau 5: Effet des doses de fumure sur l'azote total en fonction des types de sol -----	28
Tableau 6: Effet du type de sol sur les rendements de l'arachide -----	29
Tableau 7: Effet des doses de fumure sur le rendement de l'arachide sur le sol ferrallitique --	32
Tableau 8: Effet des doses de fumure sur le rendement de l'arachide sur le sol ferrugineux -	32
Tableau 9: Rentabilité économique des doses de fumure en fonction de la variété sur le sol ferrallitique -----	34
Tableau 10: Rentabilité économique des doses de fumure en fonction de la variété sur le sol ferrugineux -----	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Evolution de la production, superficie et des rendements de l'arachide de 2010 à 2015-----	4
Figure 2: Evolution de la pluviométrie et du nombre de jour de pluie au sein de la station agricole de Farako-Ba-----	17
Figure 3: Précipitation pendant la campagne agricole 2015 au sein de la station agricole de Farako-Ba-----	18
Figure 4: Le dispositif expérimental -----	20
Figure 5: Effet des doses de fumure sur le pH en fonction des types de sol -----	26
Figure 6: Effet des doses de fumure sur la teneur en phosphore assimilable en fonction des types de sol -----	27
Figure 7: Effet des doses de fumure sur la teneur en potassium disponible en fonction des types de sol -----	28
Figure 8: Effet de la fumure organique sur les rendements en fonction des types de sol) ----	30
Figure 9: Effet de la variété sur le rendement de l'arachide en fonction des types de sol ----	31

Liste des annexes

Annexe 1: Effet des formules d'engrais sur le pH en fonction des types de sol-----	a
Annexe 2: Effet des formules d'engrais sur la teneur en phosphore assimilable en fonction des types de sol -----	a
Annexe 3: Effet des formules d'engrais sur la teneur en potassium disponible en fonction des types de sol -----	b
Annexe 4: Effet des doses de fumure organique sur les rendements en fonction des types de sol -----	b
Annexe 5: Effet de la variété sur les rendements en fonction des types de sol-----	b
Annexe 6: Opérations culturales -----	c

RESUME

La fertilisation, en particulier l'utilisation des engrais minéraux joue un rôle important dans les stratégies de gestion intégrée de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne.

Cependant, les mêmes recommandations sont souvent préconisées sur différentes cultures quel que soit le type de sol ou la zone climatique, alors que la fertilité originelle des sols diffère beaucoup à l'intérieur d'une région. De plus, la plupart de ces formules sont devenues désuètes rendant souvent inefficace l'utilisation des engrais, et incapables de s'adapter aux variations climatiques. C'est dans le but de mettre à jour ces recommandations qu'une étude de terrain a été menée au sein de la station agricole de Farako-Ba. Le dispositif utilisé était un split-plot avec trois (3) répétitions sur deux types de sol (sol ferralitique et ferrugineux) et deux (2) niveaux de fertilisation ; la fumure organique était en parcelle principale et la fumure minérale en traitement secondaire. Les formules de fumures utilisées étaient composées comme suit : 0N-0P-0K, 0N-7,5P-0K, 0N-15P-0K, 0N-22,5P-0K, 0N-0P-20K, 0N-7,5P-20K, 0N-15P-20K, 0N-22,5P-20K, 0N-15P-10K, 0N-15P-30K, 0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B. Les variétés d'arachide étaient SH470P et RMP91. Le rendement en fane, en gousse, en graine et la rentabilité économique des formules ont été calculés. En plus de cela des échantillons de sol ont été prélevés avant semis et après la récolte et avaient permis de déterminer le pH, le P assimilable, le K disponible et le N total après analyse au laboratoire. Les résultats ont montré que les formules d'engrais avaient impactées significativement ces éléments chimiques et qui différaient entre les types de sol. Le calcul de la rentabilité économique des différentes formules a montré que la culture du RMP91 était économiquement rentable sur le sol ferralitique.

Mots clés : fertilisation, recommandation, variation climatique, arachide, sol ferralitique, sol ferrugineux

ABSTRACT

Fertilization, particularly the use of mineral fertilizers play an important role in integrated management strategies soil fertility in sub-Saharan Africa.

However, the same recommendations are often advocated on different cultures regardless of the type of soil or the climate zone, while the original soil fertility differs greatly within a region. In addition, most of these formulas have become obsolete often making inefficient use of fertilizers, and unable to adapt to climate variations. This is in order to update these recommendations a field study was conducted in the agricultural station Farako-Ba. The device used was a split-plot with three (3) repetitions on two soil types (ferralitique and ferruginous soil) and two (2) levels of fertilization; organic manure was in main land and mineral fertilizer in secondary treatment. The fertilizer formulas used were composed as follows: 0N-0P-0K, 0N-7,5P-0K, 0N-15P-0K, 0N-22,5P-0K, 0N-0P-20K, 0N-7,5P-20K, 0N-15P-20K, 0N-22,5P-20K, 0N-15P-10K, 0N-15P-30K, 0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B . Peanut varieties were SH470P and RMP91. The yield fades in pod to seed, harvest index and the profitability of formulas were calculated. On top of that soil samples were collected before planting and after harvest were determined pH, available P, available K, and total N after laboratory analysis. The results showed that fertilizer formulas were significantly impacted these chemical elements that differed between soil types. For cons, the results had shown that fertilizer formulas have no impact on yields. The economic cost-benefit analysis of the various formulas showed that the culture of the RMP91 was economically profitable on the ferralitique soil.

Keywords: fertilization, recommendation forms, climate change, peanut

Introduction

L'agriculture est la principale activité économique des pays d'Afrique subsaharienne. Paradoxalement, cette agriculture se caractérise par sa faible productivité (Bado *et al.*, 1991). Outre les variations climatiques, la pression démographique, cette faible productivité, pourrait s'expliquer par le fait que la plupart des sols de l'Afrique subsaharienne sont intrinsèquement pauvres en éléments nutritifs (Pieri, 1989 et FAO, 2003). Hormis cela, les sols de ces pays souffrent d'une insuffisance d'apports en éléments nutritifs organiques ou minéraux (Ouédraogo *et al.*, 2012). En effet, selon la FAO (2003), l'Afrique subsaharienne en l'occurrence le Burkina Faso a la plus basse consommation d'engrais, environ 8 kg d'éléments nutritifs (N, P₂O₅, K₂O) par hectare et par an, par rapport à une moyenne de 90 kg au niveau mondial. Au Burkina Faso, le déficit en éléments nutritifs était évalué à 14 kg N, 2 kg P₂O₅ et 10 kg K₂O par hectare (Bado, 2002). Cette faible consommation d'engrais est sans doute liée à leur coût élevé (Kabrah *et al.*, 1996; Ndiaye *et al.*, 1999). Le prix de ces engrais n'a cessé d'augmenter (Sedogo, 1981) depuis la suppression de la subvention sur les intrants en 1988 et la dévaluation du franc CFA en 1994 (Gbikpi, 1996). Ce qui pose des problèmes techniques surtout aux petits producteurs à faibles revenus qui se doivent de gérer efficacement de petites doses d'engrais pour en tirer de meilleurs profits (Sedego *et al.*, 1997) ; par conséquent, les engrais ne sont utilisés que pour les cultures exigeantes comme le coton, le maïs ou le sorgho. En outre, la plupart des formules d'engrais, jadis proposées par les services de vulgarisation en 1980 pour l'arachide ne tiennent plus compte du niveau actuel de dégradation des sols, des exportations des cultures et de la capacité financière des producteurs (Hien *et al.*, 1992). Les formules d'engrais sont appliquées au niveau de toutes les zones agro-écologiques du Burkina Faso ne tiennent pas également compte de la variabilité climatique, laquelle peut considérablement affecter le niveau de lessivage des nutriments et des pertes occasionnées par l'érosion.

La production d'arachide souffre ainsi d'apports insuffisants de fertilisants (engrais minéraux et organiques). Une étude réalisée par le MASA (2013) à travers le SP/CPSA révéla que la production de l'arachide est réalisée en majorité (60%) sur des parcelles de petites superficies (inférieures à 0,5ha) qui sont généralement labourées mais ne reçoivent ni fumure organique (87% environ) ni engrais minéraux (96%). Pourtant l'arachide par sa capacité à fixer l'azote atmosphérique, grâce au processus de fixation symbiotique, permet d'améliorer le bilan de l'azote dans les systèmes de culture (Wani *et al.*, 1995 ; Chalk, 1993 ; Chalk, 1998) , cités par Bado (2002). Cependant, plusieurs recherches (Bationo et Ntare, 2000 ; Bado, 2002) ont démontré que la disponibilité des éléments nutritifs a une influence sur la fixation

symbiotique. Un minimum d'engrais est nécessaire dans les sols pauvres comme ceux du Burkina Faso pour améliorer la fixation symbiotique et par conséquent accroître les rendements de l'arachide.

Ainsi, s'avère-t-il nécessaire de proposer et de recommander des doses d'engrais appropriées pour cette culture. Ces recommandations, devront être accessibles économiquement aux producteurs leur permettant d'augmenter leur production par unité de surface tout en maintenant la fertilité des sols à long terme et d'améliorer leur niveau de vie.

C'est dans ce contexte que cette étude intitulée « *recommandation spécifique d'engrais pour la fertilisation de l'arachide* » a été initiée dans l'objectif de développer de meilleures recommandations pour une utilisation efficiente et profitable des engrais par les producteurs.

Spécifiquement il s'agissait :

- d'évaluer l'effet des doses de fumure sur les paramètres chimiques du sol,
- d'évaluer l'effet des doses de fumure sur les rendements de l'arachide;
- d'évaluer la rentabilité économique de ces formules de fumure.

Le présent mémoire est structuré comme suis : tout d'abord une introduction ensuite un premier chapitre qui fera l'état de lieu des connaissances sur la culture de l'arachide et la fertilisation puis un deuxième qui présentera le site d'étude, le matériel et la méthodologie adoptée et le troisième présente les résultats de l'étude suivis de la discussion, de la conclusion et des références bibliographiques.

Chapitre 1 : Généralités sur la culture de l'arachide et la fertilisation

1.1 Généralités sur la culture de l'arachide

1.1.1 Situation de la culture

L'arachide constitue la sixième culture parmi les oléagineuses les plus importantes dans le monde (FAO, 2003). Elle est cultivée dans plus de 100 pays sur plus de 26,4 millions d'hectares avec une productivité moyenne de 1,4 tonne à l'hectare (FAO, 2003 ; Barraud *et al.*, 2004; Ntare *et al.*, 2008). Les pays en voie de développement détiennent 97 % de la superficie et 94 % de la production globale de cette culture (Ntare *et al.*, 2008). Les premiers producteurs sont la Chine et l'Inde qui fournissent plus de 60 % de la production mondiale (Noba *et al.*, 2013). L'Afrique fournit environ 25 % de la production avec notamment le Nigéria, le Sénégal et le Soudan (Kouadio, 2007). En Afrique de l'Ouest la culture de l'arachide est presque exclusivement réalisée au niveau des exploitations de type familial et sur des petites superficies.

Au Burkina Faso, elle est la deuxième culture de rente après le coton. Le pays produit en moyenne 291 527 tonnes d'arachides en coques chaque année (soit environ 34 pour cent de la production totale des cultures de rente) sur une superficie moyenne de 385 875 ha (FAO/SAPAA, 2015). Sur la période 2010-2015, les superficies consacrées à la production de l'arachide sont passées de 409 922 hectares à 375 040 hectares (DGESS, 2015). En ce qui concerne la production, elle est passée de 340166 tonnes à 335223 tonnes entre 2010 et 2015 (DGESS, 2015). Le rendement moyen sur la période était de 730 kg/ha, en deçà de la moyenne dans la zone UEMOA qui est de 884 kg/ha (FAO, 2015).

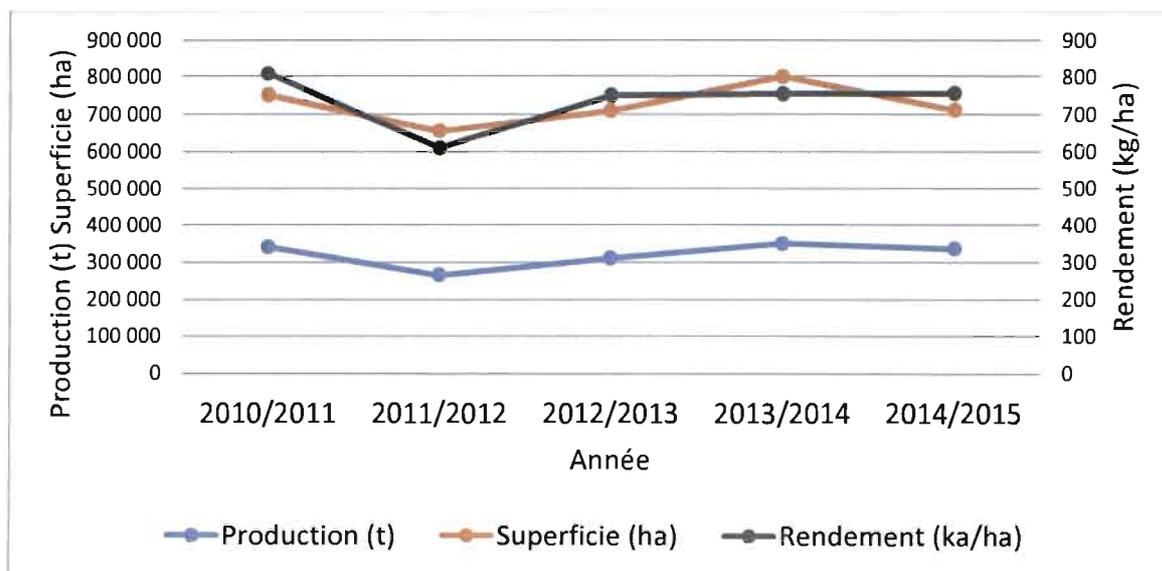


Figure 1: Evolution de la production, superficie et des rendements de l'arachide de 2010 à 2015

Source : MARHASA/DGESS, 2015

La production et les superficies emblavées évoluent en dents de scie. La répartition spatiale de cette production présente d'importantes disparités régionales. Les régions du centre-Est (avec les provinces du Boulgou et Kouritenga) et du centre-Ouest (avec les provinces du Boulkiémdé et de la Sissili) sont les plus grandes régions productrices d'arachide avec respectivement 13 pour cent et 12 pour cent de la production. La plus faible région productrice est celle du Sahel avec seulement 1 pourcent de la production totale.

L'arachide est cultivée pour ses graines qui servent de matière première pour l'extraction d'huile utilisée en cuisine et en savonnerie. Il existe également de nombreux modes de consommation de l'arachide : soit en graine crue ou grillée, soit sous des formes plus ou moins élaborées issues du marché de l'arachide de bouche et de confiserie comme le beurre, la pâte, la farine, etc.

Les sous-produits de l'arachide donnent lieu à des utilisations diverses :

- Pâte d'arachide, farine d'arachide crue ;
- tourteaux (pour l'alimentation humaine et animale) ;
- farines de tourteaux (pour l'alimentation humaine) ;
- coques qui servent de combustible après broyage, compost, panneaux d'aggloméré ;
- fourrage pour les fanes.

La consommation de l'arachide et de la pâte d'arachide représenterait plus de 2,5 pour cent de la dépense moyenne annuelle du ménage au niveau national (INSD, 2005).

1.1.2. Origine et systématique

L'arachide (*arachis hypogaea L.*) est une espèce dont l'origine est incertaine, d'après Chevalier (cité par Ibra Fall 1998) il y a une forte probabilité pour que cette plante soit originaire de l'Amérique du Sud car aucune espèce spontanée n'est signalée en Afrique, alors qu'il en existe au Brésil (Ibra Fall, 1998).

La classification systématique de *l'Arachis hypogaea* est la suivante :

-Règne :	Plantae
-Sous-règne :	Tracheobionta
-Division :	Magnoliophyta
-Classe :	Magnoliopsida
-Sous-classe :	Rosidae
-Ordre :	Fabales

-Ordre :	Fabales
-Famille :	Fabaceae
-Sous-famille :	Faboidaea
-Genre :	Arachis
Nom binomial : <i>Arachis hypogaea</i>	

1.1.3 Morphologie de l'arachide

1.1.3.1 Port et tige

L'arachide cultivée présente pour certaines variétés un port érigé (Spanish et Valencia) ou un port rampant (Virginia). La tige principale et les ramifications primaires peuvent avoir de 0,20 à 0,70m de long, selon les variétés et les conditions du milieu. Les ramifications sont toujours herbacées de couleur vert clair, vert sombre ou plus ou moins pourpre (Gillier 1969).

1.1.3.2 Racines et feuilles de l'arachide

Le système racinaire est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer à plus de 1,30m dans le sol et de racines latérales qui prennent naissance au niveau du pivot. Les ramifications aériennes, au contact du sol, donnent naissance à des racines adventives. Les nodules apparaissent 15 jours après la levée permettant ainsi la fixation d'azote.

Les feuilles de l'arachide sont pincées avec deux paires de folioles portées par un pétiole de 14 à 9 cm de long environ. Les folioles sont sessiles ou opposées de forme plus ou moins elliptique, de couleur verte plus ou moins foncée plus ou moins jaune selon les variétés. Les pétioles sont enserrés à leur base par deux stipules larges, longues et lancéolées, les variations de l'organisation foliaire donnent occasionnellement des feuilles à cinq, trois, deux ou une foliole (Gillier 1969).

1.1.3.3 Inflorescences et fleurs

L'inflorescence de l'arachide se présente sous forme d'épis de trois à cinq fleurs. Les fleurs aériennes de l'arachide sont jaunes, papilionacées et sessiles. La fleur comprend :

Le calice: constitué de 5 sépales vert clair dont 4 sont soudés et un libre. Les sépales prolongent à leur base en un pédoncule floral,

La corolle : qui est composée d'un étendard jaune citron et deux ailes en coquilles jaune citron,

L'androcée : constitué de 8 étamines dont 4 ont une anthère sphérique et 4 une anthère allongée à déhiscence longitudinale,

Le gynécée : comprend un ovaire à un seul carpelle, un stylet fin et très long et des stigmates plumeux (Ibra 1998).

1.1.3.4 Fruit

Après fécondation, la fleur se fane et la base de l'ovaire s'allonge pour former un long pédoncule appelé gynophore qui s'enfonce dans le sol où se forme un fruit appelé coque composé d'une gousse qui contient une à cinq graines. La coque ou péricarpe comprend un exocarpe, un mésocarpe sclérenchymateux et un endocarpe parenchymateux. Les graines sont de dimensions, de formes et de couleurs variées selon les variétés ; leurs poids peuvent varier entre 0.2 et 2 g. La forme peut être sphérique, elliptique ou plus ou moins allongée avec une partie souvent aplatie dans la zone de contact avec la graine voisine, la couleur de tégument séminal est blanche, rose, rouge ou violacée.

1.1.4 Croissance et développement de l'arachide

1.1.4.1 Germination

La germination de l'arachide intervient lorsque la graine se trouve en contact avec l'humidité du sol, elle gonfle 24 à 48 heures après sa mise dans le sol, la radicule apparaît 5 à 6 jours après le semis, la graine arrive au niveau de la surface du sol et les cotylédons s'ouvrent. La germination est hypogée.

1.1.4.2 Croissance

La croissance est continue chez l'arachide. La rapidité de la croissance étant fonction de la température, on exprimera les diverses étapes de développement, non pas en temps absolu, mais en phase correspondant aux diverses stades de la vie de la plante. Les courbes de croissance présentent deux points intéressants où elles changent de pente. Un premier point correspondant à l'apparition des premières fleurs et un second se situe au moment où les plantes portent de nombreux gynophores (Gillier 1969).

1.1.4.3 Floraison et fructification

La durée de la période de levée –floraison est une caractéristique variétale dans une situation écologique donnée. Elle est plus courte d'environ 4 à 5 jours dans les climats tropicaux pour les variétés hâtives du groupe Valencia-Spanish que pour les variétés tardives du groupe Virginia. Cependant elle peut être influencée par la température. Elle est de 15 à 25 jours dans les zones tropicales chaudes et peut atteindre 40 et même 50 jours dans les zones tempérées

(Gillier 1969). La quantité de fleurs donnant naissance à des gynophores et à des fruits est variable dans le temps ; ce sont en général les fleurs formées durant les deux ou trois premières semaines de floraison qui sont les plus utilisées pour former les gynophores.

L'arachide est une plante strictement autogame ; ce comportement est dû à la fécondation nocturne et le non -ouverture des fleurs avant fécondation (cléistogamie) ; mais l'allogamie n'est pas nulle (0.24 à 6.6% selon les variétés). Une forte humidité permet la pénétration du gynophores dans le sol et stimule la fructification (Gillier 1969).

1.1.4.4 Cycle végétatif et maturité

Le cycle végétatif de l'arachide est fortement influencé par la température. Dans les conditions écologiques à températures voisines de 30°C, le cycle se décompose en 4 phases de développement de la plante qui sont : du semis à la levée, de la levée à l'apparition de la première fleur, la floraison utile et la maturation. Le tableau ci-dessous donne les durées en jours de ces différentes phases selon le type de variété hâtive ou tardive.

Tableau 1: Cycle des différentes variétés d'arachide

Phases du cycle	Variétés hâtives	Variétés tardives
Semis-levée	4 à 5 jours	4 à 5 jours
Levée- 1ère fleur	15 à 20 jours	18 à 25 jours
Floraison utile	20 à 25 jours	30 à 40 jours
Durée de la maturation	40 à 45 jours	54 à 55 jours

(Source Gillier 1969)

Le cycle végétatif de l'arachide varie de 3 à 4 mois selon le groupe de variétés : 90 à 110 jours pour le groupe Spanish et Valencia (variétés hâtives) et de 120 à 150 jours pour le groupe Virginia (variétés tardives). Il existe cependant des variétés sélectionnées qui ont un cycle de moins de 3 mois, telles que les variétés GC 8-35, 55- 21, 55-33.

1.1.5 Ecologie de l'arachide

Les facteurs physiques des sols interviennent dans l'adaptation à un environnement de l'arachide, surtout par leur rôle dans l'alimentation hydrique et minérale et leur effet sur la pénétration et le développement des racines. L'arachide est une plante adaptée au climat tropical.

1.1.5.1 Températures, éclairage et pH

Les températures favorables au développement de l'arachide sont comprises entre 25 et 35°C. Les limites minimales et maximales se situent respectivement à 15 et 45°C. L'arachide est une plante peu sensible au photopériodisme et très tolérante au pH ; elle est en effet cultivée sur des sols à pH allant de 4 à 5 (Gillier 1969).

1.1.5.2 Besoin en eau

Il faut à l'arachide pour boucler son cycle végétatif une hauteur d'eau comprise entre 400 et 1.200 mm afin de favoriser la maturation et la récolte, il est préférable que la dernière partie du cycle soit plus sèche.

1.1.6 Nutrition

L'arachide a besoin d'un sol léger poreux permettant une bonne aération. C'est une légumineuse fixatrice d'azote mais des nombreux travaux montrent que l'application d'azote a un effet important surtout avant la formation des nodosités (entre 0 et 20 jours).

Le phosphore est le principal élément nécessaire à l'arachide ; il est actif au développement et à la maturité. Les carences sont décelables par un port rabougri, les folioles petites et une défoliation prématurée (ISRA2003).

La potasse est absorbée en grande quantité surtout en début de la croissance. Ses carences se manifestent par une chlorose périphérique et parfois inter-veineuse de folioles qui prend une forme incurvée caractéristique.

Le calcium est indispensable à la croissance des coques et des graines.

Le soufre contribue à la résistance aux maladies cryptogamiques (Shilling 1996).

Le molybdène agit sur le développement de la plante, la coloration des feuilles et augmente le nombre et le poids des nodosités (Gillier 1969).

1.1.7 Ennemis de la culture et lutte

1.1.7.1 Maladies fongiques

Les pathogènes fongiques les plus couramment rencontrés appartiennent aux genres suivant : *Aspergillus*, *Rhizopus*, *penicillium*, *Fusarium*, *Pythium*, *Sclerotium*, *Macrophomina*, *Trichothecium*, *Botrydiplodia*, *Diplodia*, etc.

Parmi ces agents pathogènes, les plus importants sont :

- *Aspergillus niger* est responsable de la pourriture du collet. Les symptômes se manifestent d'abord par une tache brune jaunâtre au niveau de l'hypocotyle, qui noircit et pourrit. Par la suite le plant entier flétrit et meurt. La lutte contre *Aspergillus niger* est préventive et se fait par un traitement des semences avec un fongicide tel que le thirame.
- *Macrophomina phaseolina* est responsable de la pourriture sèche de l'arachide. La désinfection des semences et l'apport de potasse permettent de réduire les pertes liées à ce pathogène.
- *Sclerotium rolfsii*, responsable aussi de la pourriture du collet, provoque aussi des nécroses au niveau des tiges et du flétrissement des feuilles. La lutte contre *Sclerotium rolfsii* par réduction au minimum les matières organiques non décomposées dans l'horizon superficiel du sol.
- *Cercospora arachidicola* et *Cercospora personata* responsables de pourritures hâtive et tardive respectivement des feuilles. La première donne des taches foliaires de forme irrégulières, grandes de 2 à 12 mm de diamètre, d'abord jaunâtres puis elles deviennent rougeâtres à brun noir à la face supérieure et brun clair à la face inférieure, Elles sont entourées d'un halo jaunâtre dès le début, à la face supérieure. Le second donne des taches circulaires sur les feuilles plus petites de 1 à 7 mm de diamètre, brun foncé à la face supérieur, plus claire à la face inférieure. Elles sont entourées d'un halo jaunâtre à maturité au niveau de la face supérieure. La lutte nécessite une rotation des cultures.
- *Puccinia arachidis*, responsable de la rouille de l'arachide, elle provoque l'apparition à la face inférieure des feuilles de pustules orangées, entourées de taches auréolées, pâles ou jaunâtres.
- *Aspergillus flavus* est responsable de la sécrétion de l'aflatoxine. Il provoque la pourriture des graines avant ou en cours de la levée. Le tri et le traitement des semences avant le semis sont les moyens les plus efficaces et rentables pour contrôler la maladie.

1.1.7.2 Maladies virales

Le virus de la Rosette de l'arachide a pour agent vecteur un puceron, *Aphis leguminosae*. Elle est reconnaissable par un raccourcissement des entre-noeuds et des pétioles et l'apparition sur les jeunes feuilles des taches blanches avec veines vertes.

Le virus clump de l'arachide se manifestant par un rabougrissement caractéristique avec des feuilles gaufrées de couleur vert foncé (Mayeux, 2001).

1.1.7.3 Maladies bactériennes

La bactériose de l'arachide est due au *Pseudomonas solanacearum* qui provoque un flétrissement plus ou moins accentué. La lutte nécessite l'utilisation des variétés résistantes et la désinfection des semences (Gillier, 1969).

1.1.7.4 Ravageurs et invertébrés divers

Ils sont nombreux et repartie dans différents groupes. Les rongeurs déterrent les gousses. Les iules (milles-pattes) s'attaquent aux jeunes plantules et aux gousses en formation. Les nématodes pénètrent dans les gousses et les racines et sucent la sève. Les termites (isoptères) attaquent les pieds en condition de stress hydrique et creusent une galerie dans les racines et les tiges. Les bruches attaquent les semences en stockage. Les pucerons (*Aphis craccivora koch*) agents vecteur de virus de la rosette, ils sont traités avec du diméthoate à la dose de 300 g m. a. /ha. Les thrips (Thysanoptères) détruisent les parenchymes de la plante, sont traités avec du Décis à la dose de 15 g m. a /ha. Les chenilles sont défoliatrices, sont traitées avec de l'endosulfan (250 g m. a /ha); du monocrotophos (300 g m. a /ha); ou du fenvalerate (100 g m. a /ha),etc. (Mayeux, 2001).

1.2 Généralités sur la fertilisation

Définie par (Falisse et Lambert 1994), la fertilisation est un ensemble de pratiques coordonnées ayant pour objectif d'assurer aux plantes cultivées une alimentation correcte dans l'ensemble des éléments nutritifs par apport de matières fertilisantes. Elle a pour objectif:

- de créer, améliorer ou maintenir les caractéristiques biologiques et physico-chimiques du sol aptes à optimiser l'absorption par les plantes des éléments nécessaires à leur croissance et aux rendements.
- d'assurer la complémentarité des fournitures en provenance du sol.

1.2.1 Types de fertilisation

1.2.1.1 Fertilisation organique

Il s'agit de l'apport de matières organiques dans le sol. Ces apports sont essentiellement assurés par les résidus de récoltes, les pailles, le compost, le fumier et les engrais verts.

1.2.1.2 Fertilisation minérale

La fertilisation minérale est la fourniture en éléments minéraux à la plante. Elle est généralement réalisée à travers les engrais minéraux azotés (NPK, urée, le sulfate d'ammonium), phosphatés (le TSP, les phosphates naturels), potassiques (chlorures de potassium, sulfate de potassium), et aussi les chaux magnésiennes.

Ces éléments sont classés en trois (3) catégories :

-Les éléments majeurs ou macroéléments dont les principaux sont : le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K).

-Les éléments mineurs ou secondaires (Mg, Ca, S)

-Les oligoéléments (Si, Fe, Zn, Al, Cu, Mn, Mo, Co, etc)

➤ Rôle des éléments majeurs ou macroéléments

- L'azote (N)

L'azote est l'un des éléments nutritifs majeurs utilisés par les plantes (Bado, 2002). Selon (Epstein, 1972), cité par (Bado, 2002) c'est le quatrième constituant des plantes qui est utilisé dans l'élaboration de molécules importantes comme les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle

L'azote favorise l'utilisation des hydrates de carbone, stimule le développement et l'activité racinaire, favorisant ainsi l'absorption des autres éléments minéraux et la croissance des plantes (Stenvenson, 1986). Il est essentiel pour la synthèse des enzymes de la photosynthèse (Lamaze *et al.*, 1990). Les plantes absorbent l'azote sous forme de nitrates (NO₃⁻) et d'ammonium (NH₄⁺). L'importance relative de chacune de ces formes dépend de l'espèce végétale et des conditions du milieu (Layzell, 1990 ; Hageman 1984).

- Le phosphore (P)

Le phosphore est un nutriment primaire obligatoire pour la production agricole. Il assure la croissance et le développement de la plante, une maturation rapide des cultures et une amélioration de la qualité et de la quantité de la production.

Les composés phosphatés sont indispensables pour l'accumulation et la libération de l'énergie nécessaire au métabolisme cellulaire, à la formation de la graine, au développement du système racinaire et à la maturité de la culture (Soltner, 1994).

Une bonne nutrition phosphatée réduit le risque d'attaque des ravageurs et augmente la résistance de la plante aux maladies (WORLD BANK, IFDC, ICRAF ; 1994). La production agricole dépend donc du phosphore sans lequel les effets des autres éléments nutritifs sont limités sur la croissance et le développement de la plante. Ainsi, face à une carence prononcée en phosphore, les légumineuses sont incapables de fixer l'azote atmosphérique car cette fixation par les bactéries nécessite du phosphore.

Le phosphore a aussi un rôle très important dans le maintien de la fertilité des sols à travers les effets suivants :

-amélioration des propriétés physiques du sol par la formation d'agrégats et augmentation de la capacité de rétention ;

-accroissement de la biomasse racinaire: l'application de phosphore favorise le développement des racines et des poils absorbants des cultures contribuant ainsi à améliorer la structure du sol et à accroître la source de matière organique;

-accroissement de biomasse microbienne qui est un facteur primordial pour la fixation de l'azote chez les légumineuses.

- Le potassium (K)

Selon UNIFA (2005), le potassium joue un rôle multiple :

- il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges intracellulaires.
- il réduit la transpiration des plantes, augmentant la résistance à la sécheresse.
- il active la photosynthèse et favorise la formation des glucides dans la feuille.
- il participe à la formation des protéines, et favorise leur migration vers les organes de réserve (tubercules et fruits).
- il contribue à renforcer les parois cellulaires, offrant aux plantes une meilleure résistance à la verse et à l'agression des maladies ou parasites.

➤ Rôle des éléments mineurs ou secondaires

Les éléments mineurs ou secondaires sont essentiels à la plante en faibles proportions. Le calcium stimule la croissance et le développement normal des racines alors que le magnésium est un constituant de la chlorophylle. Le calcium et le magnésium se présente toutefois comme antagonistes et le rapport Ca/Mg doit être compris entre 1 et 1,3 pour permettre une

végétation normale. Quant à l'élément soufre, il joue un rôle important dans la respiration de la plante et intervient aussi dans la constitution de certaines protéines et enzymes.

➤ **Rôle des oligo-éléments**

Les oligo-éléments sont nécessaires à la vie de la plante quel que soit les quantités très minimes. Selon Gillier (1969), le molybdène agit sur le développement de la plante, la coloration des feuilles et augmente le nombre et le poids des nodosités et permet la fixation de l'azote atmosphérique de celles-ci.

Le cobalt joue un rôle essentiel dans la fixation symbiotique de l'azote (rhizobium) chez les légumineuses. Pour les autres cultures, le cobalt tire plutôt son importance de sa nécessité en alimentation animale (constituant de la vitamine B12)

➤ **Rôle de la matière organique**

Selon Ouattara (1994), cité par Sermé(2007) il existe une corrélation positive entre les qualités physiques du sol et la teneur en matière organique. La baisse de matière organique dans le sol entraîne une mauvaise structuration du sol, limitant la profondeur d'enracinement (Siband, 1974 Sedogo et *al.*, 1994) et rend ainsi le sol impropre aux cultures. Il en résulte une augmentation du ruissellement et de l'érosion sous toutes ses formes (Valentin, 1994). La présence de la matière organique dans le sol permet l'augmentation de la porosité d'où une meilleure circulation de l'eau, de l'air et un meilleur développement des racines. En outre elle contribue à l'amélioration de la structure et de la stabilité structurale, à l'augmentation de la rétention en eau: 100g de paille absorbent 250kg d'eau (Vilain, 1989).

La matière organique permet une augmentation de la capacité d'échange du sol, la libération des éléments nutritifs contenus dans la matière végétale et la libération d'acides divers lors de la minéralisation. Ces acides contribuent à la solubilisation des phosphates insolubles notamment les phosphates tricalciques.

La matière organique en apportant le carbone et l'azote au sol stimule la croissance et l'activité des micro-organismes. La présence de la matière organique favorise l'action des engrais minéraux, cela s'explique par le fait que la matière organique libère des substances qui stimulent la formation et la croissance des racines (Soltner, 1994).

Selon Concaret (1967), Monnier (1965), Godefroy et Jacquin (1975), la matière organique de par son caractère hydromorphe, constitue un frein à la pénétration rapide de l'eau dans l'agrégat ce qui diminue les processus d'éclatement.

1.2.1.3 Fertilisation organo-minérale

C'est la combinaison de la fertilisation minérale et organique. En effet, l'engrais minéral améliore les rendements, mais pour une courte période. L'engrais minéral seul n'est pas suffisant et n'est pas recommandé pour une production à long terme car il conduit à l'acidification des sols (Bado, 1994). Un complément de fumure organique est donc nécessaire pour éviter une forte baisse du carbone du sol et sa capacité d'échange cationique (CEC).

1.2.2 Recommandation d'engrais pour la culture de l'arachide au Burkina Faso

L'une des principales contraintes de l'agriculture en Afrique au sud du Sahara est la baisse constante du niveau de la fertilité des sols d'une part et d'autre part la faible utilisation des engrais avec pour conséquence la baisse des niveaux de productivité des cultures. Au Burkina Faso l'utilisation des engrais n'arrivent souvent pas à répondre aux attentes à cause des différentes recommandations. En effet ces recommandations sont souvent générales et ne tiennent pas compte de plusieurs facteurs tel que : les variations climatiques, le type de sol, le niveau de dégradation des sols, la capacité financière des producteurs (Hien et *al.*, 1992) de plus ces recommandations sont souvent méconnues des producteurs. Pour le cas de l'arachide, des formules d'engrais ont été développées dans les années 1970 par les services de vulgarisation. Ces formules étaient composées de l'engrais coton 14-23-14-6S-1B (100kg/ha) plus la dose de 200kg/ha de Burkina-phosphate et 2,5t/ha de fumure organique.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1 Présentation du site d'étude

2.1.1 Situation géographique

L'étude a été réalisée à la station de Farako-Bâ situé à 10 km au sud-ouest de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Banfora et couvre une superficie de 475 ha dont 375 ha aménagés en parcelles expérimentales. Les coordonnées géographiques de la station sont de 04°20' de longitude ouest, de 11°60' de latitude nord avec une altitude de 405m.

2.1.2 Le climat

Selon GUINKO (1984), la station de Farako-Bâ est située dans la zone climatique de type sud-soudanien entre les isohyètes 1000 et 1200 mm. L'année est divisée en deux saisons dont l'une humide et l'autre sèche. La saison sèche est longue (novembre à mai) et est caractérisée par un régime d'harmattan et des températures élevées. Quant à la saison pluvieuse, elle dure généralement de Juin à Octobre et est caractérisée par une température comprise entre 10°C et 32°C avec un régime de mousson.

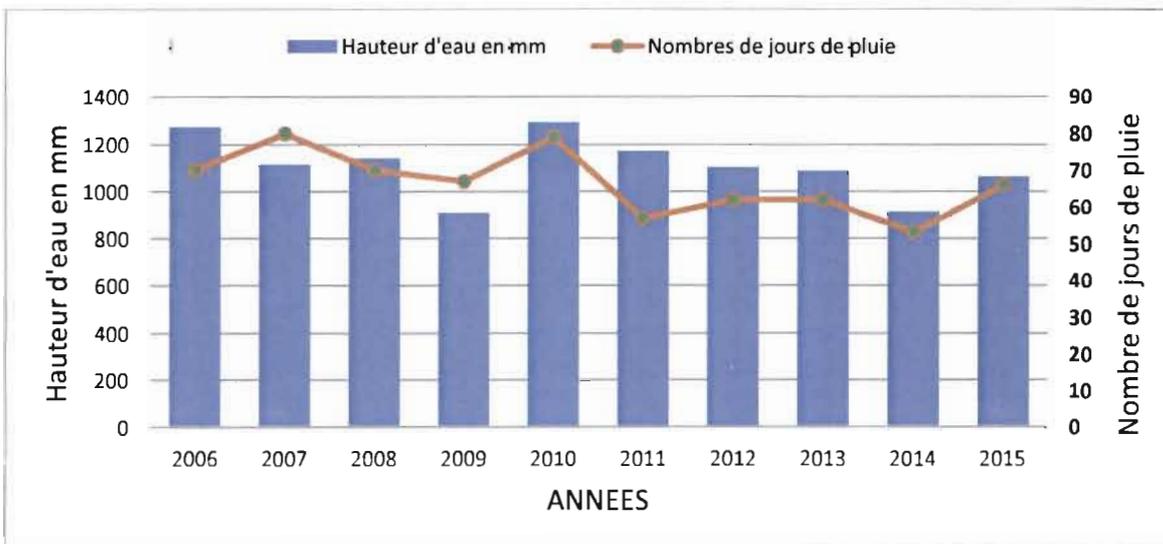


Figure 2: Evolution de la pluviométrie et du nombre de jour de pluie au sein de la station agricole de Farako-Ba

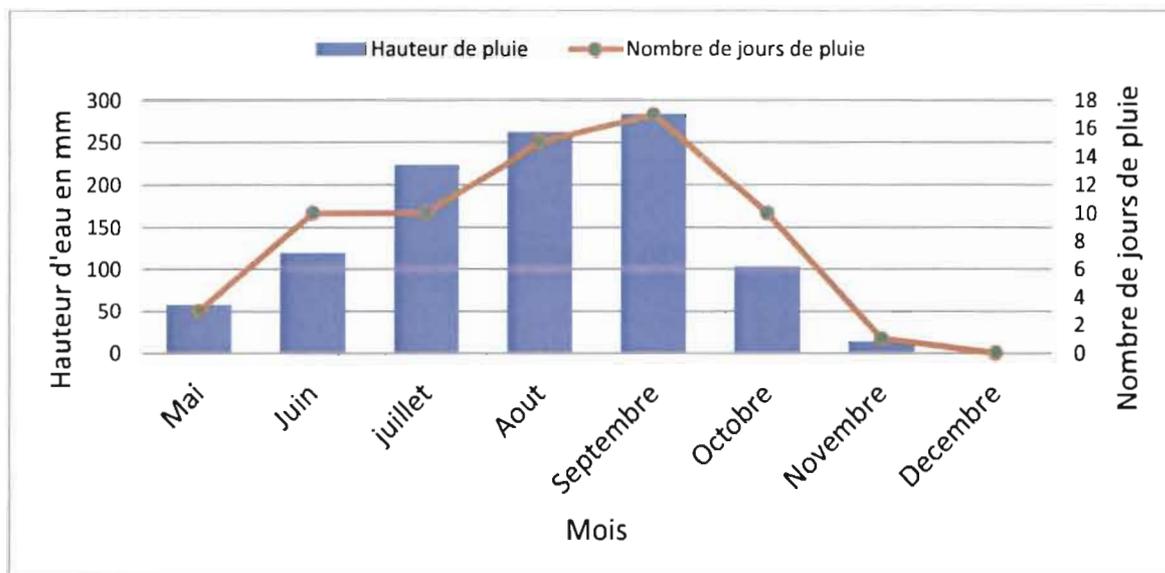


Figure 3: Précipitation pendant la campagne agricole 2015 au sein de la station agricole de Farako-Ba

2.1.3 La végétation

La station de Farako-Bâ a une végétation naturelle de type arbustive et arborée. On rencontre des forêts ri-picoles aux bords des bas-fonds et le long des cours d'eau. Les espèces comme *Parkia biglobosa*, *Vittelaria paradoxa* et *Tamarindus indica* constituent essentiellement la strate ligneuse tandis que la strate herbacée se compose fondamentalement d'*Andropogon* sp, *Loudetia togoensis* et *Eragrostis trémula* (Dabire, 2007).

2.1.4 Les sols

Les sols de Farako-Bâ sont principalement de types ferrugineux tropicaux lessivés au nord et ferralitiques au sud. Ils sont pauvres en argiles et en matière organique, ce qui justifie la faible capacité d'échange cationique. Ce sont des sols sableux à texture sablo-limoneuse, légèrement acides (Bado, 2002). Ils sont d'une façon générale pauvre en azote et en phosphore indispensable au bon développement.

2.2 Matériel d'étude

2.2.1 Matériels végétaux

Les matériels végétaux étaient constitués de graines de deux variétés d'arachide. Il s'agit de la variété SH470P et de la variété RMP91. Le choix de ces deux variétés se justifie par le fait qu'elles appartiennent aux deux grands groupes des variétés d'arachides à savoir le groupe des tardives et le groupe des hâtives. Les caractéristiques de ces variétés sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2: Caractéristiques des variétés étudiées

Variétés	Port	Pluviométrie	Cycle semis-maturité (JAS)	Rendement potentiel (t/ha)
SH470P	Erigé	600 à 1000 mm	90	gousses 1,5 fanés 2 à 3
RMP 91	Semi-érigé	> 1000 mm	135 à 150	gousses 3 à 4 fanés 4 à 5

Source : fiche technique des variétés INRERA

2.2.2 Matériels fertilisants

Les fertilisants utilisés étaient composés de fumure minérale et de fumure organique.

➤ Fumure minérale

Elle était composée d'engrais simples et de micronutriment.

-les engrais simples: le TSP (46% de P_2O_5) et le KCL (60% de K_2O)

-les micronutriments : le borax pentahydraté (14,5% B), le $MgSO_4$ (Kiesérite) avec 15% de Mg, le Sulfate de zinc monohydraté = 34% de Zn.

➤ Fumure organique

La fumure organique utilisée était du fumier de bovin.

2.3 Méthodologie

2.3.1 Dispositif expérimental

Les essais du projet OFRA ont servi de support pour notre étude. Ces essais étaient à leur deuxième année d'expérimentation sur nos sites de travail. Ils ont été réalisés avec les différentes variétés sur les deux(2) types de sols que sont les sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques.

2.3.1.1 Conception du dispositif expérimental

Le dispositif était un split plot avec deux niveaux de fertilisation ; la fumure organique en parcelle principale et la fertilisation minérale en traitement secondaire. Nous avons au total six (3) répétitions et chacune d'elle avait onze (11) traitements mesurant chacune 6 m x 3 m = 18m². (figure3).

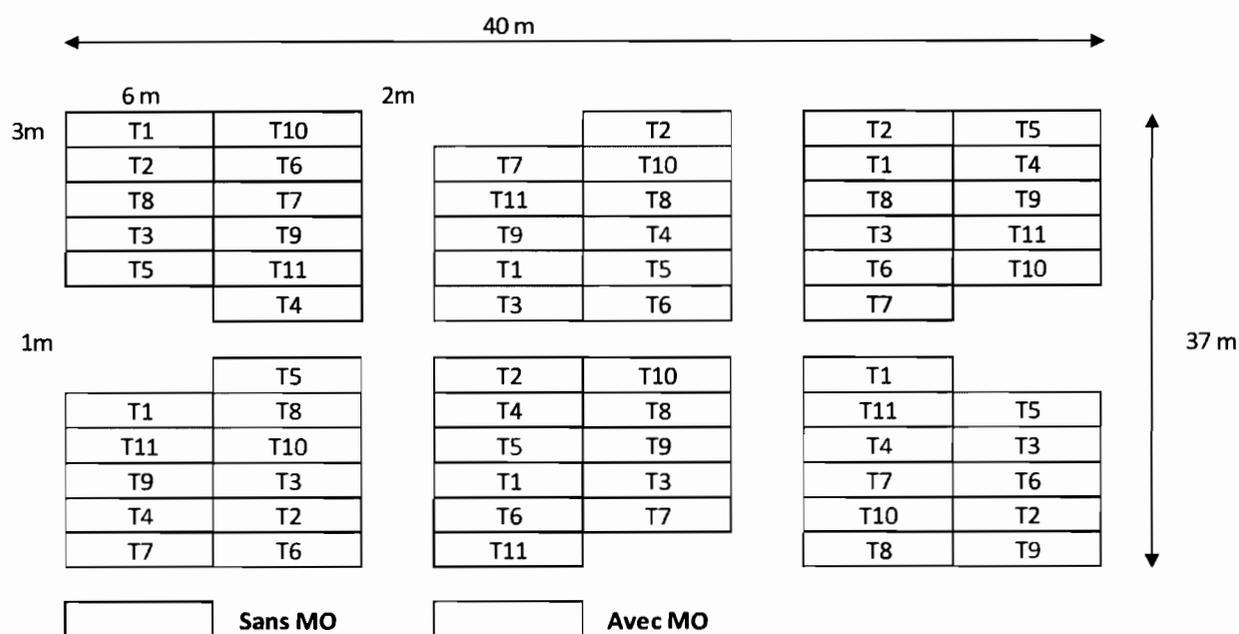


Figure 4: Le dispositif expérimental

Source : Protocole OFRA, 2015

2.3.1.2 Les traitements

Chaque essai était composé de onze (11) traitements. Ces traitements se présentent comme suit :

- un (01) traitement témoin ;
- trois (03) traitements à base de l'élément P ;
- un (01) traitement à base de l'élément K ;

- cinq (05) traitements à base des éléments P et K ;
- un(01) traitement (diagnostic) à base des éléments P, K et des micronutriments tels que le Bore, le Zinc, le Soufre et le Magnésium. Le but était d'évaluer l'effet des micronutriments sur les rendements. Le tableau suivant présente les caractéristiques des différents traitements.

Tableau 3: Caractéristiques des doses de fumures

Traitements	Doses de fumures	Traitements	Doses de fumures
T1	0-0-0	T6	7,5 kg/ha P ₂ O ₅ + 20 kg/ha K ₂ O
T2	7,5 kg/ha P ₂ O ₅	T7	15 kg/ha P ₂ O ₅ + 20 kg/ha K ₂ O
T3	15 kg/ha P ₂ O ₅	T8	22,5 kg/ha P ₂ O ₅ + 20 kg K ₂ O
T4	22,5 kg/ha P ₂ O ₅	T9	15 Kg/ha P ₂ O ₅ + 10 kg/ha K ₂ O
T5	20 kg/ha K ₂ O	T10	15 Kg/ha P ₂ O ₅ + 30 kg/ha K ₂ O
T11	15 kg/ha P ₂ O ₅ +20 kg/ha K ₂ O+15 kg/ha S+2,5 kg/ha ZnSO ₄ + 10 Kg/ha MgSO ₄ +2,5Kg/ha B		

Source : Protocole OFRA, 2015

2.3.2 Conduite des essais

Les essais ont été installés au sein de la station agricole de Farako-Ba. Sur le premier site (sol ferrallitique), les essais ont été mis en place dans la première décade du mois de juillet et pour le deuxième site (sol ferrugineux) dans la troisième décade du mois de juillet.

Les labours ont été effectués à la charrue suivis d'un planage puis d'un piquetage.

Les semis ont été réalisés en observant des écartements de 40 cm entre les lignes et 40 cm sur les lignes ; ce qui correspond (7 lignes et 15 poquets par ligne) par parcelle élémentaire. Les variétés ont été semées une graine par poquet. Les lignes de bordure ont été semées avec les mêmes variétés.

Pour l'application des engrais, des sillons d'application ont été réalisés avec une houe de 15cm de large puis l'engrais minéral a été placé sur un côté du sillon puis recouvert avec un peu de terre (conformément au protocole OFRA) au 15^{ème} JAS au moment du sarclage. La fumure organique a été enfuie lors de la mise en place de chaque essai.

A la récolte, seules les trois (3) lignes de l'intérieur de chaque parcelle élémentaire ont été retenues tout en laissant deux (2) poquets au niveau de chacune des trois lignes. Cela avait pour but de minimiser les effets de bordure.

2.3.3 Collecte des données

➤ les données sur les caractéristiques du sol

Des échantillons de sols ont été prélevés en début de campagne avant les semis et en fin de campagne après la récolte pour la détermination de la composition chimique (azote total, phosphore assimilable, potassium disponible, pH, carbone total et la matière organique). Ces échantillons ont été prélevés à la profondeur 0-20cm avec une tarière.

➤ les données sur les composantes de rendement

Les données collectées ont porté sur le poids des gousses et le poids des fanes récoltées dans chaque parcelle utile et le poids des graines. Les gousses et les fanes de chaque parcelle utile ont été séchées et pesées à l'aide d'une balance électronique, les gousses séchées ont été décortiquées et le poids des graines a été évalué. Les résultats obtenus à partir des parcelles élémentaires ont alors été extrapolés sur un hectare.

La formule appliquée pour le calcul du rendement est la suivante :

$$\text{Rendement (kg/ha)} = \frac{\text{Poids (kg)} * 10000 \text{m}^2}{\text{Surface utile (m}^2\text{)}}$$

➤ Indice de récolte (IR)

L'indice de récolte a été pris comme le rapport entre le poids du grain sur le poids des fanes plus le poids des gousses.

$$\text{IR (\%)} = \frac{\text{Rendement graine (kg/ha)}}{\text{Rendement fane} + \text{Rendement gousse}}$$

➤ Rapport de la valeur sur le coût (RVC)

Le RVC est le rapport entre la valeur du rendement des cultures supplémentaires obtenues à partir de l'utilisation d'engrais et le coût des engrais utilisés.

$$\text{RVC} = \frac{\text{x-y}}{\text{z}}$$

Où :

X = valeur de la récolte produite à partir des parcelles fertilisées

Y = valeur de la récolte produite à partir des parcelles non fertilisées

Z = coût de l'engrais

2.3.4 Les analyses

➤ Au laboratoire

Les échantillons des sols ont été analysés au laboratoire eau-sol-plante de Farako-Bâ (INERA de Bobo). Les échantillons ont été séchés à l'air, broyés et tamisés à 2 et 0,5 mm ; ensuite différentes quantités ont été prélevées en fonction des analyses chimiques. Les éléments analysés et les méthodes de détermination ont été les suivantes :

❖ pH eau

Le pH eau du sol a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique. Pour la procédure, la mesure a été faite dans un mélange sol/eau distillée dans les 1/2,5 g/ml.

❖ Phosphore assimilable (P assimilable)

La méthode BRAY I. a été utilisée pour la détermination du phosphore assimilable. Le phosphore a été extrait avec une solution mixte de fluorure d'ammonium (NH_4F) à 0,03 M et d'acide chlorhydrique (HCL) à 0,025 M. Cette méthode permet l'extraction du phosphore acido-soluble et une grande partie du phosphore lié au calcium.

❖ L'azote total (N total)

Ce paramètre a été dosé après une minéralisation de 2g de sol (0,5 mm) avec l'acide H_2SO_4 et l'acide salicylique (CH_6O_3) en présence de H_2O_2 . L'azote est déterminé par distillation.

❖ Potassium disponible (K disponible)

: L'échantillon de sol est d'abord agité avec une solution mixte de HCL à 0.1N et de l'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. L'échantillon est aussitôt filtré. Le K contenu dans le substrat est mesuré à partir du photomètre à flamme.

➤ Analyses statistiques

Les données collectées au champ et au laboratoire ont été saisies dans EXCEL et analysées à l'aide du logiciel GENSTAT version 2004. Les moyennes ont été séparées par le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%.

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

3.1 Résultats

3.1.1 Caractéristiques initiales des sols

Les propriétés chimiques du sol des sites avant l'installation des essais (Tableau 5) avaient montré d'une façon générale que les sols étaient légèrement acides. Cette acidité était accompagnée par teneurs très basses en P assimilable (<5), des teneurs moyennes en K disponible (50 – 100) et des taux élevés d'azote total (> 0,14) pour les couches arables (0-20cm profondeur). BUNASOLs (1990) (Tableau 5).

Tableau 4: Caractéristiques initiales des deux types de sol

	Ferralitique	Ferrugineux
Paramètre de sol		
pH eau	5,59	5,25
Azote total (%)	0,28	0,35
Phosphore assimilable (mg/kg)	1,57	1,82
Potassium disponible (mg/kg)	95,84	88,97

3.1.2 Effets des doses de fumure sur les paramètres chimiques du sol

3.1.2.1 Effet des doses de fumure sur le pH en fonction des type sols

Les résultats sont représentés sur la figure 5. (Annexe 1)

L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative ($p < 0,05$) entre les moyennes des doses de fumures sur le pH pour un même type de sol. Cependant, la comparaison des moyennes des doses des deux sols, a montré une différence significative (au seuil de 5%). Le sol ferrugineux a le pH moyen le plus élevé 5,73 par rapport au sol ferralitique 5,41.

Sur le sol ferralitique, le pH le plus élevé a été obtenu avec les formules 0N-7,5P-20K et 0N-15P-20K (5,41) et la valeur la plus basse (5,26) a été enregistré avec la formule 0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg-0,5B mais ces moyennes n'ont pas été statistiquement différentes de celles du témoin 0N-0P-0K 5,39 et des autres formules.

Sur le sol ferrugineux, la formule 0N-15P-30K a enregistré le pH le plus élevé 5,73 et la plus faible 5,25 a été obtenu avec la formule 0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B.

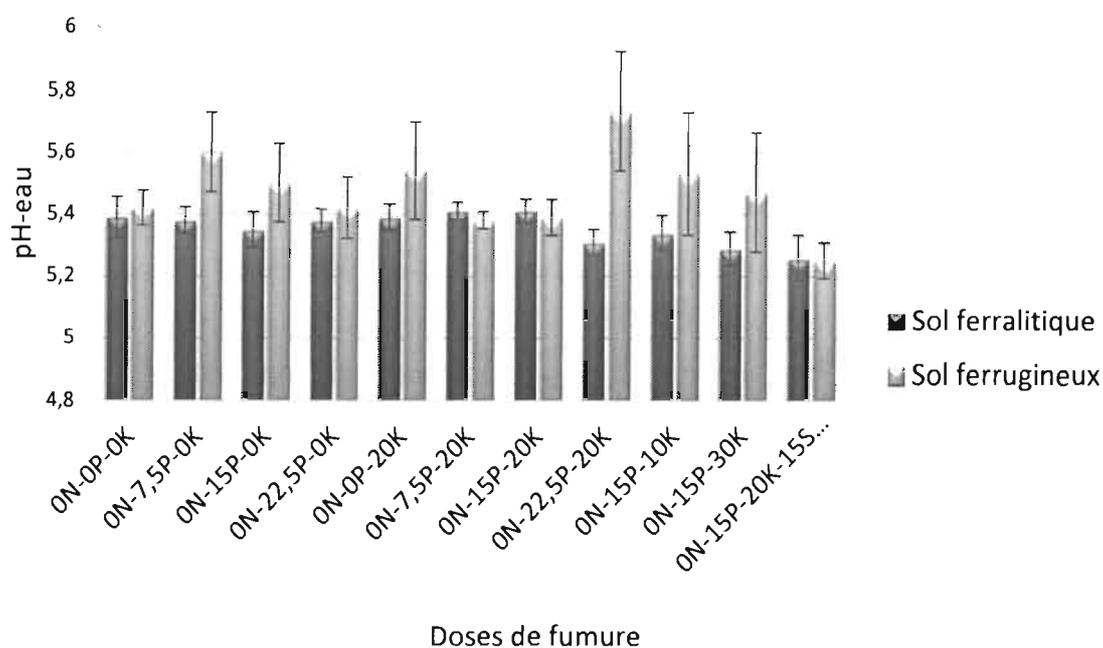


Figure 5: Effet des doses de fumure sur le pH en fonction des types de sol

3.1.2.2 Effet des doses de fumure sur le phosphore assimilable du sol

La plus forte quantité de phosphore assimilable a été observée sur le sol ferrugineux 10,29 mg/kg comparativement à celle du sol ferrallitique 7,15mg/kg. La plus faible quantité a été obtenue sur le sol ferrallitique 2,41 mg/kg contre 4,40mg/kg pour le sol ferrugineux. (Figure6)

La comparaison des moyennes montre que les doses d'engrais ont eu un effet significatif (au seuil de 5 % Annexe 2) sur le phosphore assimilable au niveau du sol ferrugineux ; par contre elle n'a pas relevé de différence entre les moyennes des doses sur le sol ferrallitique. Le sol ferrugineux avait la plus forte quantité de phosphore assimilable 10,29 mg/kg (Figure 6).

L'analyse a relevé une différence significative entre les moyennes des deux types de sol.

Sur le sol ferrallitique, la plus forte quantité de phosphore assimilable a été enregistrée avec la formule 0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B (7,15mg/kg) cette valeur n'était pas différente de celle du témoin qui avait la plus petite quantité (2,41mg/kg) et des autres formules.

Au niveau du sol ferrugineux, c'était la formule 0N-22,5P-0K qui avait donné la plus forte quantité de phosphore assimilable 10,29 mg/kg qui était différente de celle du témoin 0N-0P-0K 4,40mg/kg et des autres formules.

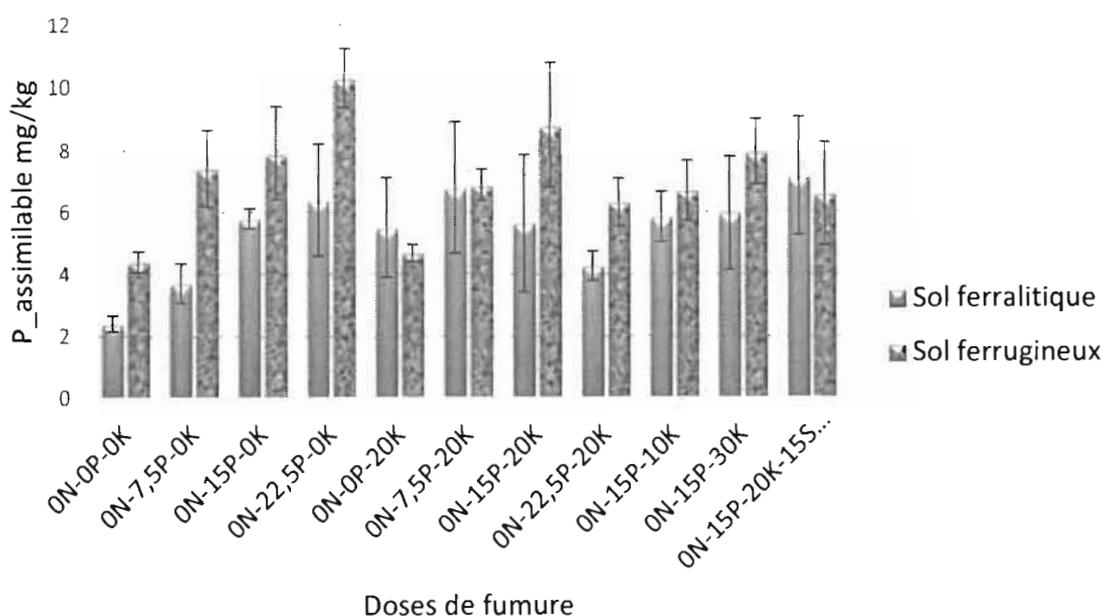


Figure 6: Effet des doses de fumure sur la teneur en phosphore assimilable en fonction des types de sol

3.1.2.3 Effet des doses de fumure sur le potassium disponible du sol.

La figure 7 illustre l'effet des formules d'engrais sur le potassium disponible du sol. L'analyse de variance (au seuil de 5%), a montré une différence significative entre les moyennes des formules au niveau du sol ferrugineux et une différence entre les moyennes des deux types de sol. (Annexe 3) Mais n'a pas indiqué de différence entre les moyennes sur le sol ferrallitique. Le sol ferrugineux a enregistré la plus forte quantité en potassium disponible par rapport au sol ferrallitique.

Sur le sol ferrallitique, la plus grande quantité en potassium disponible (74,30mg/kg) a été obtenue avec la formule 0N-7,5P-20K tandis que la valeur sous le témoin a été de 58,80mg/kg mais ces valeurs n'ont pas été statistiquement différentes.

Par contre, au niveau du sol ferrugineux, c'est avec la formule 0N-22,5P-20K que la quantité de potassium disponible la plus élevée 112,00 mg/kg a été enregistrée. Cette valeur était statistiquement différente de celle obtenue avec le témoin (78,10mg/kg).

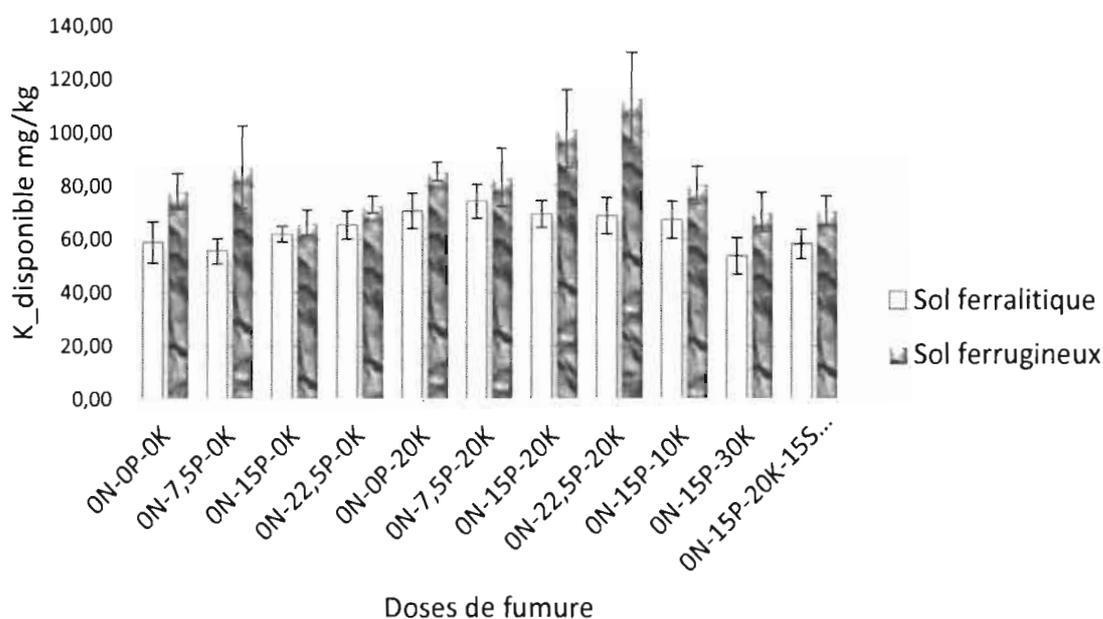


Figure 7: Effet des doses de fumure sur la teneur en potassium disponible en fonction des types de sol

3.1.2.4 Effet des doses de fumure sur l'azote total en fonction des sols

Les résultats présentés dans le tableau 6 indiquent que les formules ont eu un effet significatif (au seuil de 5%) sur les propriétés du sol. Les plus fortes teneurs ont été enregistrées avec la formule 0N-0P-0K (témoin). Le sol ferrugineux a donné les valeurs élevées avec 0,0579 % d'azote total contre 0,0452 % pour le sol ferralitique.

Tableau 5: Effet des doses de fumure sur l'azote total en fonction des types de sol

Traitements	Sol ferralitique	Sol ferrugineux
	N total (%)	
0N-0P-0K	0,0452	0,0579
0N-7,5P-0K	0,0409	0,0433
0N-15P-0K	0,0414	0,0520
0N-22,5P-0K	0,0364	0,0464
0N-0P-20K	0,0357	0,0512
0N-7,5P-20K	0,0429	0,0419
0N-15P-20K	0,0370	0,0503
0N-22,5P-20K	0,0356	0,0450
0N-15P-10K	0,0326	0,0429
0N-15P-30K	0,0304	0,0445
0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B	0,0286	0,0426
Fpr	0,042	0,036
Signification	S	S

S : Significatif NS : Non Significatif Fpr : probabilité de F (p<5%)

3.1.3 Effet du type de sol sur les rendements de l'arachide

Les résultats présentés dans le tableau 7 indiquent que les types de sol ont eu un effet significatif (au seuil de 5%) sur les rendements. Les rendements graines et gousses obtenues sur le sol ferralitique (609 kg/ha et 894 kg/ha) sont supérieurs à ceux obtenus sur le sol ferrugineux (434 kg/ha et 690 kg/ha). Par contre le sol ferrugineux a donné le meilleur rendement en fanes d'arachide ; 2072 kg/ha contre 1173 kg/ha sur le sol ferralitique.

Tableau 6: Effet du type de sol sur les rendements de l'arachide

	Rdt graine kg/ha	Rdt gousse kg/ha	Rdt fane kg/ha
Sites			
Ferralitique	609	894	1173
Ferrugineux	434	690	2072
Fpr	<0,001	<0,001	<0,001
Signification	HS	HS	HS

HS: Hautement significatif, Fpr : Probabilité de F ($p < 0,05$), Rdt : rendement

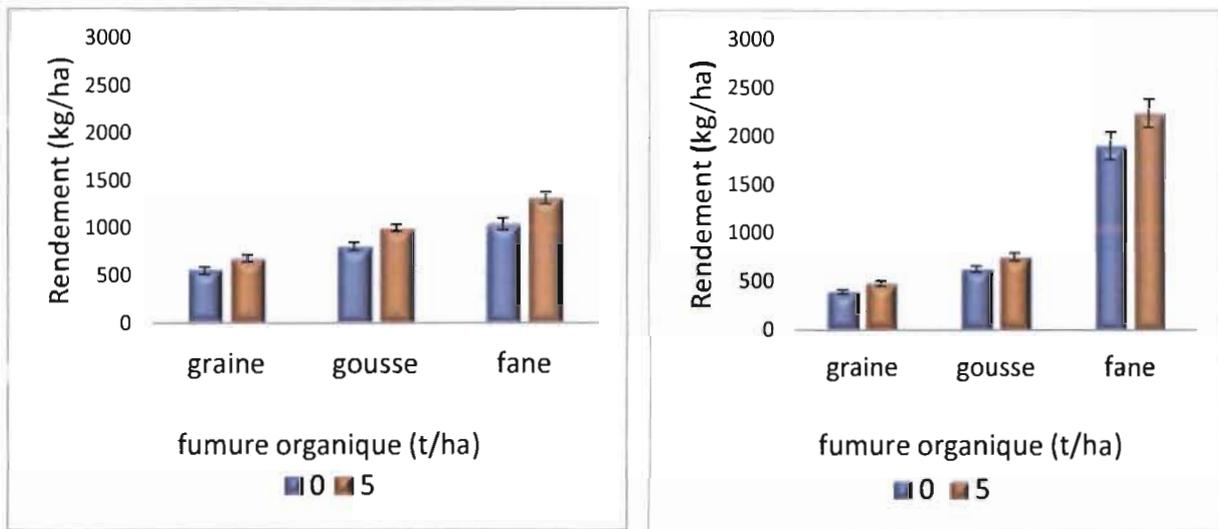
3.1.4 Effet de la fumure organique sur les rendements en fonction des types de sol

L'analyse de variance au seuil (5%), indique une différence significative entre les doses de fumure organique sur les rendements moyens de l'arachide et une différence en fonction des types de sol. (Figure 8 Annexe 4)

La dose de 5 t/ha de fumier donne les meilleurs rendements par rapport à la dose de 0 t/ha. Ces rendements élevés ont été observés sur le sol ferralitique.

Les rendements graines et gousses (545 kg/ha et 796 kg/ha) obtenus avec la dose de 0 t/ha sur le sol ferralitique sont supérieurs à ceux obtenus avec la même dose sur le sol ferrugineux (393 kg/ha et 628 kg/ha). Par contre le rendement fane le plus élevé (1904kg/ha) a été observé au niveau du sol ferrugineux.

De même, la dose de 5 t/ha a donné les meilleurs rendements graine 673 kg/ha et gousse 993 kg/ha sur le sol ferralitique contre 476 kg/ha et 751 kg/ha au niveau du sol ferrugineux. En ce qui concerne le rendement fane, le sol ferrugineux donne le meilleur rendement 2204 kg/ha contre 1312 kg/ha pour le sol ferralitique. La réponse à la matière organique a été plus prononcée sur le sol ferralitique que sur le sol ferrugineux.



Sol ferrallitique

sol ferrugineux

(Figure 8: Effet de la fumure organique sur les rendements en fonction des types de sol)

3.1.5 Effet de la variété sur les rendements de l'arachide en fonction des types de sol

L'analyse de variance montre que la variété a eu un effet significatif (au seuil de 5%) sur les rendements. Ces rendements ont aussi varié en fonction du type de sol. (Figure 9 Annexe 5). Le sol ferrallitique avait enregistré les meilleurs rendements (excepté le rendement fane) avec la variété RMP91.

Sur le sol ferrallitique, la variété RMP91 a donné le meilleur rendement en graine (836 Kg/ha), gousse (1051kg/ha) et fane (1506 Kg/ha). En ce qui concerne la variété SH470P elle a donné des rendements plus bas que celle du RMP91 : 383 kg/ha, 738kg/ha et 840kg/ha respectivement comme les rendements en graine, en gousse et en fane

Sur le sol ferrugineux, La variété RMP91 a donné 537 kg/ha comme rendement graine 818 kg/ha pour les gousses et 3092 kg/ha pour les fanes contre 332kg/ha, 561 kg/ha et 1052 kg/ha comme rendement en graine, en gousse et en fane pour la variété SH470P.

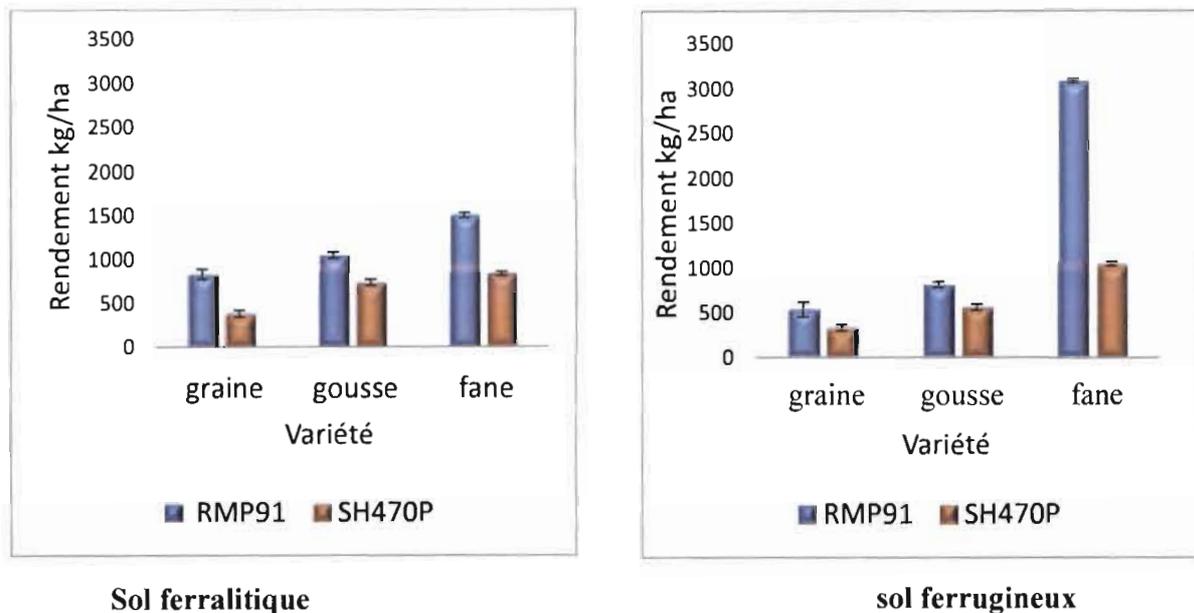


Figure 9: Effet de la variété sur le rendement de l'arachide en fonction des types de sol

3.1.6 Effet des doses de fumure sur les rendements de l'arachide en fonction des types de sol

L'analyse de variance (au seuil de 5%) indique que les doses de fumure n'ont pas eu d'effet significatif sur les rendements de l'arachide quel que soit le type de sol. Cependant certains traitements ont donné des rendements arithmétiquement plus élevés que celui du témoin (0N-0P-0K).

Sur le sol ferralitique, la formule 0N-15P-0K a donné le rendement graine le plus élevé avec 712 kg/ha et le meilleur rendement gousse 1017 kg/ha. La formule 0N-15P-20K a donné le rendement fane le plus élevé 1366 kg/ha (Tableau 8).

Sur le sol ferrugineux, la formule 0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B a donné le meilleur rendement graine (492 kg/ha). En ce qui concerne les rendements gosses et fane les meilleurs rendements ont été obtenus avec la formule 0N-15P-20K (Tableau 9).

Tableau 7: Effet des doses de fumure sur le rendement de l'arachide sur le sol ferrallitique

Traitements	Rdt graine kg/ha	Rdt gousse kg/ha	Rdt fane kg/ha
0N-0P-0K	535	752	1102
0N-7,5P-0K	611	866	1095
0N-15P-0K	712	1017	1315
0N-22,5P-0K	581	925	1213
0N-0P-20K	605	901	1208
0N-7,5P-20K	612	949	1154
0N-15P-20K	651	950	1366
0N-22,5P-20K	654	883	986
0N-15P-10K	633	901	1189
0N-15P-30K	570	877	1078
0N-15P-20K- 15S-2,5Zn-10Mg-0,5B	539	815	1193
Fpr	0,974	0,866	0,878
Signification	NS	NS	NS

NS : Non Significatif ; Rdt : Rendement ; Fpr : probabilité de F ($p < 0,05$)

Tableau 8: Effet des doses de fumure sur le rendement de l'arachide sur le sol ferrugineux

Traitements	Rdt graine kg/ha	Rdt gousse kg/ha	Rdt fane kg/ha
0N-0P-0K	381	671	1853
0N-7,5P-0K	433	689	1954
0N-15P-0K	441	703	1970
0N-22,5P-0K	421	661	1940
0N-0P-20K	386	643	2110
0N-7,5P-20K	455	728	2211
0N-15P-20K	478	731	2284
0N-22,5P-20K	447	732	2071
0N-15P-10K	406	630	2246
0N-15P-30K	439	684	2043
0N-15P-20K- 15S-2,5Zn-10Mg-0,5B	492	712	2114
Fpr	0,966	0,998	0,998
Signification	NS	NS	NS

NS : Non Significatif ; Rdt : Rendement ; Fpr : probabilité de F ($p < 0,05$)

3.1.7 Le rapport de la valeur sur le coût

La rentabilité économique de l'engrais dépend principalement de son coût sur le marché et du prix de la production. Sur le marché, pour la campagne 2015, le super triple phosphate coûtait 450FCFA/kg, le KCL granule 415 FCFA/kg, le zinc monohydraté 760FCFA/kg, le bore 610FCFA/kg. Quant au kilogramme d'arachide graine pour la variété SH470P il coûtait 365FCFA et 535 FCFA pour la variété RMP91. Le kilogramme de l'arachide gousse coûtait 160Fcf. Le RVC est obtenu par l'équation faite à la partie (2.3.3). Les résultats sont présentés dans les tableaux 11 et 12.

D'après ces deux tableaux tous les RVC sont pratiquement inférieurs à 2. Cependant, on constate qu'avec les formules 0N-7,5P-0K et 0N-15P-0K on a des RCV (gousse) supérieurs à 2 respectivement 2,03 et 2,37 pour la variété RMP91 sur le sol ferralitique.

Tableau 9: Rentabilité économique des doses de fumure en fonction de la variété sur le sol ferrallitique

Variété	Traitement	Coût du fertilisant FCFA/ha	RVC	
			graine	gousse
SH470P	0N-7,5P-0K	17000	1,63	0,77
	0N-15P-0K	34000	1,90	0,90
	0N-22,5P-0K	51000	0,33	0,39
	0N-0P-20K	16600	1,54	1,03
	0N-7,5P-20K	33600	0,84	0,67
	0N-15P-20K	50600	0,84	0,45
	0N-22,5P-20K	67350	0,64	0,22
	0N-15P-10K	42300	0,85	0,41
	0N-15P-30K	58900	0,22	0,24
	0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg-0,5B	69598	0,02	0,10
RMP91	0N-7,5P-0K	17000	2,03	1,07
	0N-15P-0K	34000	2,37	1,25
	0N-22,5P-0K	51000	0,41	0,54
	0N-0P-20K	18000	1,92	1,44
	0N-7,5P-20K	33600	1,04	0,94
	0N-15P-20K	50600	1,04	0,63
	0N-22,5P-20K	67350	0,80	0,31
	0N-15P-10K	42300	1,05	0,56
	0N-15P-30K	58900	0,27	0,34
	0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg-0,5B	69598	0,03	0,14

Tableau 10: Rentabilité économique des doses de fumure en fonction de la variété sur le sol ferrugineux

Variété	Traitement	Coût du fertilisant FCFA/ha	RVC	
			graine	gousse
SH470P	0N-7,5P-0K	17000	1,12	0,12
	0N-15P-0K	34000	0,64	0,11
	0N-22,5P-0K	51000	0,29	-0,02
	0N-0P-20K	16600	0,11	-0,19
	0N-7,5P-20K	33600	0,80	0,20
	0N-15P-20K	50600	0,70	0,14
	0N-22,5P-20K	67350	0,36	0,10
	0N-15P-10K	42300	0,22	-0,11
	0N-15P-30K	58900	0,36	0,03
	0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg-0,5B	69598	0,58	0,07
RMP91	0N-7,5P-0K	17000	1,39	0,17
	0N-15P-0K	34000	0,80	0,15
	0N-22,5P-0K	51000	0,36	-0,03
	0N-0P-20K	18000	0,14	-0,27
	0N-7,5P-20K	33600	1,00	0,27
	0N-15P-20K	50600	0,87	0,19
	0N-22,5P-20K	67350	0,45	0,14
	0N-15P-10K	42300	0,27	-0,16
	0N-15P-30K	58900	0,45	0,04
	0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg-0,5B	69598	0,73	0,09

3.2 Discussion générale

Le pH est une donnée très importante qu'il faut prendre en compte car comme l'explique Bacye (1993), les quantités d'éléments nutritifs disponibles dans le sol au cours du cycle cultural, déterminent la qualité de la nutrition minérale des plantes et en grande partie, les rendements des cultures.

L'analyse chimique des deux types de sol a montré que ces sols sont légèrement acides. Sur le sol ferrallitique, le pH a diminué ; de 5,59 il est passé à 5,41. Cela est conforme aux travaux de Wangs et *al.*, (2010) qui ont signalé que le pH du sol tend à diminuer dans une moindre mesure avec l'apport de fumure minérale. Le même constat a été fait par Uyo et *al.*, (2000) qui ont révélé l'effet acidifiant des engrais chimiques sur les sols au Nigeria. Ces résultats contredisent ceux de Olusegun (2014) et Traoré (2015) qui avait trouvé un pH plus élevé sur des parcelles témoins que sur des parcelles ayant reçue de la fumure minérale.

Par contre sur le sol ferrugineux, le pH a augmenté de 5,25. Il est passé à 5,73. Ces résultats confirment ceux de Traoré (2015) qui a montré que l'engrais minéral pourrait réduire l'acidification du sol. Mais sont contradiction avec ceux de Bado (1997) et Bacye (1993) qui affirment que l'utilisation d'engrais minéral à long terme conduit à une acidification du sol. Cette acidité peut jouer sur l'absorption de certains éléments surtout le phosphore et le potassium.

L'analyse des deux sols a relevé une augmentation de la teneur en P assimilable sur l'ensemble des deux sols, la quantité est plus élevée sur le sol ferrugineux que sur sol le ferrallitique. Sur le sol ferrallitique, la plus forte quantité de P assimilable a été observée avec les doses d'engrais qui avaient les niveaux de P élevé. C'est la formule 0N-15P-20K-15S-2,5Zn-10Mg-0,5B qui a donné la plus forte quantité. Des résultats similaires ont été rapportés par Traoré (2015) lorsqu'elle apportait des doses semblables d'engrais sur les mêmes types de sol. Sur le sol ferrugineux, c'est la formule 0N-22,5P-0K qui a donné la forte teneur en P. Ces résultats sont semblables à ceux de Traoré (2015) lorsqu'elle appliquait les mêmes niveaux de P (90N-22,5P-0K) sur les mêmes types de sol. Lompo (2009) explique ces teneurs élevées par le fait qu'à un pH compris entre 5,5 et 7, on retrouve le P fixé sur les oxydes de fer et d'aluminium et sur les argiles donc inutilisable par les plantes. Donc les faibles rendements observés sur le sol ferrugineux sont peut-être liés à la non disponibilité de cet élément pour les plantes.

En ce qui concerne le K disponible, l'analyse des résultats montre que cet élément augmente avec les niveaux de K apporté. Sur le sol ferrallitique, la plus forte teneur en K disponible a été associée à la formule 0N-7,5P-20K. Traoré (2015) et Mallarino et *al.*, (1999) ont trouvé les mêmes résultats avec le même niveau de K (90N-15P-20K-15S-10Mg-0.5B) sur le même sol. En ce qui concerne le sol ferrugineux, la plus forte quantité de K a été observée avec le même niveau de K associé à la formule 0N-22,5P-20K. Les teneurs élevées sur le sol ferrugineux, pourraient être dus au phénomène de rétrogradation plus important des ions K⁺ en profondeur rendant ainsi cet élément moins assimilable par les plantes (Guiré, 1991).

Pour ce qui est du cas de l'azote total, les analyses ont relevées une différence significative entre les taux moyens d'azote total sur les deux sols. En effet l'azote initial présent dans le sol a connu une diminution ; ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'il n'y a pas eu d'apport d'azote au cours de notre étude d'une part et d'autre part par une utilisation de cet élément par les plantes. Ces résultats corroborent ceux de l'UNIFA (2015) qui stipulait qu'en l'absence d'azote la plante d'arachide bien que capable de fixer l'azote utilise d'abord l'azote contenu dans le sol pour sa croissance surtout au début de son cycle. Cette absorption d'azote peut avoir un impact sur les rendements.

Les rendements élevés obtenus sur le sol ferrallitique s'expliquent par le fait que les récoltes ont été faites tardivement sur le sol ferrugineux. Selon Séné (1995), les pertes de rendement en gousses sont d'autant plus importantes que la récolte est tardive. Avec la fin de la saison des pluies, l'augmentation de la prise en masse des horizons superficiels limite le volume de sol concerné par le soulèvement et donc la quantité de gousses récoltée. Ces propos sont appuyés par ceux de Nicou et *al.*, (1990) qui affirment que les sols ferrugineux sont dotés d'une très grande susceptibilité au compactage et la prise en masse au cours du dessèchement. Aussi lors du séchage les gousses ont subi l'attaque des rongeurs.

A l'inverse des engrais minéraux, la fumure organique avait eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur les rendements. Ces résultats étaient en accord avec ceux de Ouattara (1991) qui affirme que la MO fournit à la plante en plus des éléments majeurs, des oligoéléments qu'elle contient. Pour Lompo (2005), la matière organique accroît la capacité d'échange cationique et donc la quantité et la disponibilité des éléments minéraux dans le sol. De plus, elle améliore la structure du sol et la rétention de l'eau permettant de réduire l'impact des périodes sèches en cours de culture. Selon Doikh (1986), la fumure organique agit sur le développement racinaire qui se traduit par une augmentation de l'activité de nutrition hydrique et minérale qui favorise la croissance et le développement végétatif. L'efficacité des fumures organiques serait due à

leur capacité à limiter la baisse du taux de matière organique du sol, à entretenir la CEC et à limiter le taux d'aluminium échangeable par le processus de complexation (Bado, 1994).

Les amendements organiques ont des effets positifs aussi bien sur la structure du sol que sur les composantes de rendement des cultures en général. Ceci pourrait donc expliquer cette augmentation des rendements avec la dose de 5t/ha de fumier.

L'analyse de la variance a montré que l'effet variétal était significatif sur les rendements. Cela peut s'expliquer d'une part aux différences qui existent dans la constitution génétique des variétés. En effet Forestier (1973), rapportait que les rendements de plusieurs variétés d'arachide dans un milieu donné dépendent des possibilités individuelles de chaque plante. En plus nos résultats confirmaient ceux de la fiche technique qui estimait les rendements en gousse, en graine et fane de la variété RMP91 supérieurs à ceux de la variété SH470P. Une étude comparative menée par Bangata *et al.*, (2013) sur la nodulation et le rendement chez 12 variétés d'arachide dans les conditions éco-climatiques de Kinshasa/Ndjili Brasserie, révélait que ces nodulations variaient en fonction des variétés ; donc de leur potentiel génétique.

Comme toute culture, ces variétés d'arachide ont des besoins en éléments nutritifs qui selon leur disponibilité influencent les rendements. Les résultats obtenus grâce à l'analyse de variance, montraient qu'une fertilisation de l'arachide basée uniquement sur le phosphore et le potassium n'augmente pas de façon significative les rendements. Cela est en contradiction avec les résultats de Buerkert *et al.*, (2001) qui avaient démontré qu'une fertilisation en phosphore et en potassium augmentait les rendements en graine et en fane chez l'arachide. Cependant nos résultats corroboraient avec ceux de Bado (2002) qui avait montré grâce à une étude que les rendements en fane et en graine de l'arachide ont été faibles quand on n'utilisait pas de l'engrais azoté mais ils augmentaient avec la présence de l'azote. Il est suivi dans le même ordre d'idée par d'autres recherches (Abdel-Ghaffar, 1981; Bationo et Ntare, 2000; Fening *et al.*, 2001) qui reconnaissaient que sur nos sols pauvres une faible dose d'azote doit être apportée aux légumineuses pour leur permettre de fixer l'azote au de leur cycle. (Dommergues *et al.*, 1999) justifie cela par le fait que la nodulation est un processus lent, elle ne peut commencer que lorsque la plante a développé un enracinement permettant d'accueillir les rhizobia. Pendant cette période, la légumineuse a un besoin en azote qui, s'il n'est pas comblé par le sol ou les engrais, peut limiter son développement et diminuer les rendements. Ceci pourrait donc expliquer les faibles rendements obtenus uniquement à base de phosphore et de potassium.

L'analyse économique basée sur le RVC a montré que les RVC de toutes les doses d'engrais en général étaient inférieurs à 2 Wolff (1995). Selon Yiriwa (2001) l'utilisation de formules d'engrais peu performantes, entraîne des baisses de rendement donc des manques à gagner chez le producteur. Dans le cas de notre étude l'utilisation unique d'engrais phosphaté et potassique pour la production de l'arachide n'est rentable que sur le sol ferrallitique avec la variété RMP91.

Conclusion

La production agricole occupe une place importante au Burkina Faso. Cependant, la faible fertilité des sols constitue une contrainte majeure à son développement. Les formules d'engrais, autrefois vulgarisées ne permettent plus d'atteindre des rendements élevés dans un contexte de changement climatique. Ainsi il s'avère nécessaire de développer de nouvelles options de fertilisation. Notre étude avait pour but de proposer des formules d'engrais pour une fertilisation efficiente de l'arachide au Burkina Faso.

Les résultats de cette étude nous ont montré que les formules d'engrais ont entraîné une modification des paramètres chimiques des deux types de sol. Sur le sol ferralitique, les formules d'engrais ont entraîné une diminution du pH rendant ce sol un peu acide par rapport au sol ferrugineux où le pH a augmenté. Quant au phosphore assimilable et au potassium disponible, l'étude a révélé que la concentration de ces éléments dans les différents types de sol variait en fonction des niveaux de chaque élément présent dans les formules. Les plus fortes concentrations ont été enregistrées sur le sol ferrugineux avec les formules 0N-22,5P-0K pour le P assimilable et 0N-22,5P-20K pour le K disponible. En ce qui concerne l'azote total car les formules d'engrais ont entraîné une diminution de l'élément sur les deux types de sol car les taux les plus élevés ont été obtenus avec le témoin (0N-0P-0K). Quant à la fumure organique (5t/ha), elle a eu un effet significatif sur les rendements et ceux de la variété RMP91 dépassent ceux de la variété SH470P.

Les rendements enregistrés sur le sol ferralitique avec la variété RMP91 étaient supérieurs à ceux obtenus sur le sol ferrugineux et les formules qui ont donné ces rendements sont : 0N-15P-0K ; 712kg/ha et 1017kg/ha respectivement pour le rendement graine et gousse et pour le rendement fane c'est la formule 0N-15P-20K avec 2284 kg/ha qui a donné le rendement le plus élevé. Mais du point de vue statistique ces rendements ne différaient pas.

Sur la base des valeurs du RVC, les formules 0N-15P-0K et 0N-7,5P-0K sont économiquement rentables sur le sol ferralitique avec la variété RMP91.

Les données d'une seule année d'expérimentation présentées dans ce document ne s'auraient être extrapolées en l'état à toute la zone d'étude. Aussi avec la variabilité interannuelle des conditions climatiques, l'étude devrait se poursuivre sur plusieurs années et dans d'autres zones agro écologiques pour confirmer les résultats et élargir son champ d'application; diversifier les doses de fumure organiques et fumure minérale appliquées pour obtenir les combinaisons les plus rentables sur les plans agronomiques et économiques; poursuivre avec des analyses de plantes afin de déterminer les exigences de chaque variété.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdel-Ghaffar A. S., El-Attar H. A., Halfawi M. H. et Abdel Salam A. A., 1981.** Effects of inoculation, nitrogen fertilizer, salinity and water stress on symbiotic fixation by *Vicia faba* and *Phaseolus vulgaris*. In. Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. Peter H. Graham (ed.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 153 – 159.
- Bacyé B., 1993.** Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes en zone soudano-sahélienne. (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de doctorat en Sciences. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III. 243 pages.
- Bado B. V., 1994.** Modification chimique d'un sol ferrallitique sous l'effet de fertilisants minéraux et organique: conséquences sur les rendements d'une culture continue de maïs, 57 p.
- Bado B. V., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat: Université Laval Québec, 197 p.
- Bado B.V., Sedego M.P., Cescas M.P., Lompo F. et Bationo A., 1997.** Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. Cahiers Agricultures. Vol. 6 (6) : 571 – 575.
- Bado B.V., Sedogo P.M., Hien V. et Lompo F., 1991.** Utilisation efficace des engrais azotés pour une augmentation de la production vivrière: l'expérience du Burkina. Ln, A.U.MOKUWNYE (Ed.) Alleviating Soil Fertility Constraints to Increased Crop Production in West Africa, 115-123. Kluwer Academie Publishers. Netherlands. Dordrecht, 115-123.
- Bangata B. M., Ngboulua K. N., Mawa M., Minengu M. et Mobanbo K.N., 2013.** Etude comparative de la nodulation et du rendement de quelques variétés d'arachide (*Arachis hypogaea* L., Fabaceae) cultivées en conditions éco-climatiques de Kinshasa, République Démocratique du Congo. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7(3): 1034-1040. 7p.
- Bationo A et Ntare B. R., 2000 a.** Rotation and nitrogen fertilizer effects on pearl millet, cowpea and groundnut yield and soil chemical properties in a sandy soil in the semi-arid tropics, West Africa. Journal of agricultural Science 134: 277-284.

- Buerkert A., Bationo A. et Piepho H. P., 2001.** Efficient phosphorus application strategies for increase crop production in Sub-Saharan West Africa. *Field Crop Research* 72 (1): 1-15.
- Chalck P. M., 1998.** Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. *Aust. J. Res.*, 49: 303-316.
- Concaret J., 1967.** Etude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre au contact de solutions aqueuses. *Ann. Agron.* 18 (1). pp. 65-90.
- Dabiré, 2007.** Effet des rotations et des fumures sur la croissance du maïs. Rapport de fin de cycle, Techniciens Supérieurs de pédologie, CAP/M ,38p.
- Doikh N. L., 2001.** Evaluation agronomique de variétés d'arachide de bouche à Nioro du Rip (centre sud du bassin arachidier). Mémoire de fin d'étude, Diplôme d'ingénieur des travaux agricoles. Sénégal, Dakar 32p.
- Dommergues Y., Duhaux E. et Hoang G. D., 1999.** Les arbres fixateurs d'azote : Caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes Méditerranéens et tropicaux. Y. Dommergues (ed.). Édition espaces 34. Paris. 475p.
- Epstein E., 1972.** Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. John Wiley, New York
- Falisse A. et Lambert L., 1994.** Fertilisation minérale et organique. *In* : TAYEB AMEZIANI: E.H.: PERSOONS E. Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. Hatier-AUPELF-UREP, pp 377-398.
- Fall I., 1988.** L'arachide, grand prix du président de la république pour les sciences et les technologies, 300 pages
- FAO, 2003.** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome 55p.
- FAO, 2015.** Analyse des incitations par les prix pour l'arachide au Burkina Faso. Rome, 51p.
- Fening J. O., Dogbe W. et Danso S. K. A., 2001.** Assessment of the potential to improve N fixation by cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ghanaian soils. *American Journal of Alternative Agriculture*; 2001; 16; 2; p.57-65.
- Forestier J., 1973** Caractères végétatifs, croissances et rendement de l'arachide, hâtive. Yaoundé, 20p.
- Gbikpi P., 1996.** "L'agriculture burkinabè" Projet d'appui au PASA, MARNCF; octobre 1996. Ouagadougou. Burkina Faso, 32p.
- Gillier P., 1969** :L'arachide, Maisonneuve et Larose Paris. France, 37p.

- Godefroy J. et Jacquin F., 1975.** Relation entre stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparaison avec les sols forestiers. *Fruits*, 30 (10), pp. 595-613.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat. Sciences naturelles. Université de Bordeaux III, 318p.
- Guiré A., 1991.** Etude des sols ferrugineux tropicaux lessives indures et leur aptitude à la culture du mil, du sorgho, de l'arachide et du niébé. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur développement rural. Université Ouagadougou, 123p.
- Hageman R. H., 1984.** Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In. Nitrogen in crop production. ASA-CSSA-SSSA, Madison, USA, 67-85.
- Hien, V., Youl, S., Sanou, K., Traoré, O., and Kabore, D. (1992).** Rapport de synthèse des activités du volet expérimentation du Projet Engrais Vivrier, 1986-1991. Résultats agronomiques et évaluations économiques des formules d'engrais à moindre coût pour les céréales. Ouagadougou, Burkina Faso: INERA.
- INSD, 2006.** Résultats de l'enquête burkinabè sur les conditions de vie des ménages, Rapport d'enquête.
- ISRA Sénégal., 2003:** Techniques productions de production des semences (ICRISAT)
- Kouadio A.L., 2007.** Des Interuniversitaires en gestion des risques naturels : Préviation de la production nationale d'arachide au Sénégal à partir du modèle agrométéorologique AMS et du NDVI. ULG-Gembloux 54 p.
- Lamaze T., Khamis S., Foyer C., Farineau J., Valadier M. H. et Morot-Gaudty J. F., 1990.** Effet d'une limitation en N sur la photosynthèse chez le maïs. In : Physiologie et production du maïs. INRA, Paris, 113-121.
- Layzell D. B., 1990.** N₂ fixation, NO₃⁻ reduction and NH₄ assimilation. In: Plant physiology, biochemistry and molecular biology. D. T. Denis and D. H. Turpin (Eds), Longman Scientific & Technical, Singapore, 389-413
- Lompo D. J-P., 2005 :** Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture de l'Ouest du Burkina Faso: Évaluation des effets agronomiques et de la rentabilité économique de trois formules de fumure. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Agronomie. IDR/UPB. Burkina Faso. 50p.

- Lompo F., 2009.** Effets induits des modes de gestion de la fertilité des sols sur les états du phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina Faso, université de Cocody/UFR, 254p. Thèse de doctorat.
- Mallarino A. P., Bordoli J. M. et Borges R., 1999.** Phosphorus and potassium placement effects on early growth and nutrient uptake of no-till corn and relationships with grain yield. *Agronomy Journal*, vol. 91: 37-45.
- MARHASA/ DGESS, 2015.** Rapport définitive des campagnes agricoles 2014-2015 et perspectives de la situation alimentaire et nutritionnelle. Ouagadougou, Burkina Faso 73p.
- MASA, 2013.** Situation de référence des principales filières agricoles au Burkina Faso. Ouagadougou, 207 p.
- Mayeux A. H., 2001** Atelier de formation échange- Dossier, techniques sur les normes de productions ; de stockage et distribution des semences d'arachide en milieu paysan, 124 pages
- Monnier G., 1965.** Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. *Ann. Agron.*, 16. pp. 471-534.
- Nicou R., Ouattara B. et Somé L. 1990 :** Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au Burkina Faso. *Agronomie Tropicale*, 45 (1) : 43-57.
- N'diaye M. et Sidibé M., 1999.** Recherche de formules d'engrais N-P-K économiquement rentable pour la culture du maïs pluvial dans le centre sud du Sénégal. Communication présentée à l'atelier régional sur le maïs pour l'Afrique occidentale et centrale, 3-7 mai, IITA Cotonou, Bénin.
- Noba K., Ngom A., Guèye M., Bassène C., Kane M., Diop I., Ndoye F., Mbaye S.M., Kane A. et Ba A. T., 2014.** L'arachide au Sénégal : état des lieux, contraintes et perspectives pour la relance de la filière Université Cheikh Anta DIOP, Dakar-Fann, Sénégal 5p.
- Ntare B.R., Diallo A.T., Ndjeunga J. et Waliyar F., 2008.** Groundnut Seed production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh. India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) 20 p.
- Olusegun O. S., 2014.** Influence of NPK 15-15-15 fertilizer and pig manure on nutrient dynamics and production of cowpea, *vigna unguiculata L.* Walp. *American journal of Agriculture and Forestry*. vol. 2, No. 6, 2014, pp. 267-273. doi: 10.11648/j.ajaf.20140206.16

- 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, Université nationale de côte d'Ivoire, 153p.
- Ouédraogo V. M., Ouédraogo O. et Simphal F., 2012.** Stratégie d'approvisionnement en intrants agricoles : les commandes groupées de la FEPAB. Ouagadougou. Burkina Faso. 8p.
- Pieri C., 1989.** Fertilité des terres de savanes. Bilan de trentes années de recherche et de développement agricole au sud du sahara. Ministère de la coopération-IRAT/CIRAD. 444 pp.
- Schilling R., 1996.** L'arachide en Afrique tropicale. Collection : le technicien d'agriculture tropicale. Éditions : Maisonneuve et Larose 171 p.
- Sedego P. M., 1981.** "Contribution à la réalisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride": matière organique du sol et nutrition azotée des cultures. Thèse de docteur-ingénieur, université de Nancy 1 (INPL); 195 pp.
- Sedego P.M., Bado B.Y., Cescas M.P., Lompo F. et Bationo A., 1997.** Effet à long terme des fumures sur les sols et les rendements du maïs au Burkina Faso. Cahier d'Agriculture; 6: 571-575.
- Sedogo P.M., Lompo F. et Ouattara B., 1994.** Le carbone et l'azote dans les différentes fractions granulométriques d'un sol ferrugineux: effets de quatre types d'amendements organiques. Sciences et techniques. Sel. Sciences naturelles. Vol XXI, n° 1, pp 114-124
- Séné M., 1995.** Influence de l'état hydrique et du comportement mécanique du sol sur l'implantation et la fructification de l'arachide. Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.127p.
- Sermé I., 2007.** Agriculture de conservation dans les systèmes de culture à base de Sorgho dans zones centre et sud-ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle d'Ingénieur du Développement Rural de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 46p.
- Siband P., 1974.** Evolution des caractéristiques de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. Agron. Trop., Sér. Agron. Générale, 24(12) ; 1228-1248.
- Singh B. B., Ajeigbe, H. A., Tarawali S. A., Fernandez-Rivera S. et Abubakar M., 2003.** Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. Field. Crop. Res. 84: 169-177.

- Soltner D.**, 1994. Les bases de la production végétale. Collection Sciences et Techniques agricoles. 20e édition, Tome I, 467p.
- Stevenson J. F.**, 1986. Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley & Sons, New York. 380p.
- Traoré O. I.**, 2015. Mineral fertilizer application and grain yield of two maize varieties in the sub sudanian zone of Burkina Faso. Master of philosophy in soil science, Kwame Nkrumah University of science and technology Kumasi, Ghana School of graduate studies department of crop and soil sciences. Ghana 99p.
- UNIFA**, 2005. Principaux éléments fertilisants. France 6p.
- UNIFA**, 20015. Les matières organiques du sol, Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon - Tome 1. France 12p.
- Uyo Y. E. O. et Elemo K.A.**, 2000. Effect of inorganic fertilizer and foliage of *Azadirachta* and *Parkia* species on the productivity of early maize, Nigerian Journal of Soil Research, 17-22p.
- Valentin**, 1994. Sealing, crusting and hardsetting soils in sahelian agriculture.H.B. SO et al. (Eds), seating, crusting, hard setting soils: productivity and conservation, Australian Society of science sail Inc. (Queeland Branch), Brisbane, Australia pp.53-76.
- Vilain M.**, 1989. La production végétale volume2 : la maîtrise technique de la production, Technique et Documentation - Lavoisier, 361p.
- Wang B. R., Cai Z. J. et Li D. C.**, 2010. Effect of different long-term fertilization on the fertility of red upland soil. Journal of soil and water conservation 24: 85-88.
- Wani S. P., Rupela O. P. et Lee K.K.**, 1995. Sustainable agriculture in the semi-arid tropics through biological nitrogen fixation in grain legumes. Plant ant Soil 174: 29-49.
- Wolff H. P.**, 1995. Economie agricole 1: théorie de décision, analyse des exploitations agricoles, méthodes de planification 1. Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG), université de Ouagadougou, 97 p.
- WORLD BANK, IFDC et ICRAF**, 1994. Feasibility of phosphate rock use as a capital investment in sub - Saharian Africa, issues and opportunities.79p.
- Yiriwa Conseil**, 2001. Analyse de l'état des Filières des produits oléagineux. Bamako, 64p.

ANNEXES

Annexe 1: Effet des formules d'engrais sur le pH en fonction des types de sol

Traitement	Sol ferralitique	Sol ferrugineux
0N-0P-0K	5,39	5,42
0N-7,5P-0K	5,38	5,60
0N-15P-0K	5,35	5,50
0N-22,5P-0K	5,38	5,42
0N-0P-20K	5,39	5,54
0N-7,5P-20K	5,41	5,38
0N-15P-20K	5,41	5,39
0N-22,5P-20K	5,31	5,73
0N-15P-10K	5,34	5,53
0N-15P-30K	5,29	5,47
0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg- 0,5B	5,26	5,25
Fpr	0,367	0,52
Signification	NS	NS

NS: Non significatif HS: Fpr : Probabilité de F ($p < 0,05$)

Annexe 2: Effet des formules d'engrais sur la teneur en phosphore assimilable en fonction des types de sol

Traitements	Sol ferralitique	Sol ferrugineux
0N-0P-0K	2,41	4,40
0N-7,5P-0K	3,71	7,41
0N-15P-0K	5,80	7,90
0N-22,5P-0K	6,40	10,29
0N-0P-20K	5,51	4,68
0N-7,5P-20K	6,78	6,87
0N-15P-20K	5,63	8,78
0N-22,5P-20K	4,25	6,31
0N-15P-10K	5,84	6,69
0N-15P-30K	5,96	7,94
0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg- 0,5B	7,15	6,58
Fpr	0,474	0,035
Signification	NS	S

S : significatif NS: Non significatif Fpr : Probabilité de F ($p < 0,05$)

Annexe 3: Effet des formules d'engrais sur la teneur en potassium disponible en fonction des types de sol

Traitements	Sol ferralitique	Sol ferrugineux
0N-0P-0K	58,80	78,10
0N-7,5P-0K	55,60	87,10
0N-15P-0K	61,90	66,20
0N-22,5P-0K	65,30	73,00
0N-0P-20K	70,70	85,50
0N-7,5P-20K	74,30	83,40
0N-15P-20K	69,40	101,20
0N-22,5P-20K	68,80	112,00
0N-15P-10K	67,20	80,40
0N-15P-30K	53,70	70,10
0N-15P-20K-15S -2,5Zn-10Mg- 0,5B	58,20	70,70
Fpr	0,143	0,067
Signification	NS	NS

NS: Non significatif Fpr : Probabilité de F ($p < 0,05$)

Annexe 4: Effet des doses de fumure organique sur les rendements en fonction des types de sol

Qtée(t/ha)	Sol ferralitique			Sol ferrugineux		
	Rdt graine	Rdt gousse	Rdt fane	Rdt graine	Rdt gousse	Rdt fane
0	545	796	1034	393	628	1904
5	673	993	1312	476	751	2240
Fpr	0,018	<0,001	0,002	0,015	0,014	0,092
Signification	S	HS	S	S	S	NS

S : significatif NS: Non significatif HS: Hautement significatif Fpr : Probabilité de F ($p < 0,05$)

Annexe 5: Effet de la variété sur les rendements en fonction des types de sol

Sol ferralitique	Sol ferrugineux
------------------	-----------------

Variété	Rdt graine	Rdt gousse	Rdt fane	Rdt graine	Rdt gousse	Rdt fane
SH470P	383	738	840	332	561	1052
RMP91	836	1051	1506	537	818	3092
Fpr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Signification	HS	HS	HS	HS	HS	HS

HS: Hautement significatif Fpr : Probabilité de F (p<0,05)

Annexe 6: Opérations culturales

➤ Sol ferralitique

Préparation du terrain : 09/07/15

Piquetage: 10/07/15

Epannage fumure organique : 11/07/15

Semis : 12/07/15

Epannage fumure minérale : 27/07/15

Sarclage : 17/08/15

Récolte : SH470P : 29/10/15 RMP91 : 09/11/15

➤ Sol ferrugineux

Préparation du terrain : 24/07/15

Piquetage : 25/07/15

Epannage fumure organique : 26/07/15

Semis : 29/07/15

Epannage fumure minérale : 13/08/15

Sarclage : 25/08/15

Récolte : SH470P : 09/11/15 RMP91 : 05/12/15