

**BURKINA FASO**  
**Unité - Progrès - Justice**  
**MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR**  
**(MESS)**

.....  
**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**

**THEME:**

**INFLUENCE DU POTASSIUM SUR LES RENDEMENTS ET LES  
CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DE LA FIBRE DE COTONNIER  
CONVENTIONNEL DANS LES ZONES COTONNIERES EST ET OUEST DU  
BURKINA FASO**

Par

**SOUNTOURA Fidèle**

**Maître de stage : M. KOULIBALY Bazoumana**

**Directeurs de mémoire : Dr. BACYE Bernard**

**M. DAO Bégué**

**N°**

**2011/AGRO**

**Juin 2011**

## DEDICACE

Je dédie ce mémoire à:

*Celui qui a toujours guidé mes pas et qui a constamment veillé sur moi. Dieu Tout-puissant, que ton nom soit glorifié pour tous tes bienfaits.*

*Mon père **HEMA Sountoura Modi Serge**, rappelé auprès de Dieu le 6 mai 2010 et qui a toujours tout mis en œuvre pour que j'excelle dans mes entreprises.*

*Que son âme repose à la droite du Seigneur Jésus.*

*Ma mère **DAKOUO Christine** et mes deux frères **Emile** et **Alain***

*Que Dieu vous remplisse de son Esprit Saint afin que vous soyez toujours débordants de sagesse, d'amour et de foi.*

Là où est ton cœur, là aussi sera ton trésor. *Matthieu 6.21.*

## TABLE DE MATIERES

	Pages
DEDICACE.....	i
TABLE DE MATIERES.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iv
SIGLES ET ABBREVIATIONS.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
RESUME.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCTION.....	i
I. GENERALITES SUR LE COTONNIER.....	4
1.1. Classification des cotonniers.....	4
1.2. Description morphologique des cotonniers cultivés.....	4
II. GENERALITES SUR LE POTASSIUM DANS LE SOL ET DANS LA PLANTE.....	6
2.1. Statut du potassium dans le sol.....	8
2.1.1. Origine du potassium dans le sol.....	8
2.1.2. Teneur des sols en potassium total et réserves potassiques du sol.....	8
2.1.2.1. Teneur des sols en potassium total.....	8
2.1.2.2. Réserves potassiques du sol.....	9
2.1.3. Compartiments du potassium dans le sol et dynamique du potassium.....	9
2.1.3.1. Compartiments du potassium dans le sol.....	9
2.1.3.2. Dynamique du potassium dans le sol.....	11
2.2. Facteurs influençant la biodisponibilité du potassium dans le sol.....	12
2.2.1. Concepts de pouvoir tampon, d'intensité et de capacité potassiques des sols.....	12
2.2.2. Facteurs influant la biodisponibilité du potassium.....	12
2.2.2.1. Facteurs directement liés au potassium échangeable.....	12
2.2.2.2. Facteurs jouant sur les phénomènes de rétrogradation et de libération du potassium.....	13
2.2.2.3. Altération des minéraux du sol.....	14
2.2.2.4. Pouvoir de régénération du sol pour le potassium échangeable.....	14
III. LA FERTILISATION POTASSIQUE DU COTONNIER.....	15
3.1. Rôle du potassium dans les plantes supérieures.....	15
3.1.1. Absorption du potassium par les plantes.....	15
3.1.2. Fonctions liées à la mobilité du potassium.....	15
3.2. Problématique de la nutrition potassique du cotonnier.....	16
3.2.1. Importance du potassium pour le cotonnier.....	16

3.2.2. Problèmes de carences potassiques sur les sols dans les zones cotonnières .....	18
3.2.3. Incidence des déficits nutritionnels en K sur la croissance, le développement et le fonctionnement du cotonnier.....	19
IV. MATERIEL ET METHODES .....	22
4.1. Matériel d'étude .....	22
4.1.1. Sites d'étude .....	22
4.1.2. Matériel végétal.....	25
4.1.3. Fumure minérale .....	25
4.2. Méthodologie .....	25
4.2.1. Dispositif expérimental .....	25
4.2.2. Traitements comparés .....	26
4.2.3. Conduite de l'étude .....	27
4.2.4. Protection phytosanitaire du cotonnier.....	27
4.2.5. Prélèvements de sol.....	27
V.RESULTATS ET DISCUSSION .....	30
5.1. Résultats .....	30
5.1.1. Evaluation de l'effet des apports de potassium sur les rendements du cotonnier ..	30
5.1.1.1. Effets des fumures sur les rendements en coton graine .....	30
5.1.1.2. Effets des fumures potassiques sur le rendement fibre et le seed index .....	31
5.1.1.3. Effet du potassium sur la répartition de la production en coton graine par cotonnier.....	32
5.1.2. Effets des fumures sur la production de capsules et le poids moyen capsulaire....	35
5.1.3. Influence du potassium sur les caractéristiques technologiques de la fibre .....	36
5.1.4. Evolution de la densité des cotonniers à la récolte.....	38
5.1.5. Effets des fumures sur la production de matière sèche des cotonniers. ....	38
5.2.6. Effets des fumures sur la croissance des cotonniers. ....	39
5.2. Discussion .....	40
CONCLUSION GENERALE .....	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	44

## REMERCIEMENTS

La concrétisation de ce mémoire ne saurait être effective sans le concours de personnes ressources et d'amis à travers une conjugaison parfaite de leurs efforts. Au delà de notre volonté manifeste de louer leur profonde gratitude, il nous incombe de leur exprimer, à travers ces brefs mots, toute notre reconnaissance pour leurs apports et soutiens sans prix. Je les invite à avoir foi en ce qui suit:

**«Gardez espoir dans le silence, que votre cœur ne se trouble point et l'Éternel combattra pour vous (Exode 14.14)».**

- ✓ Que tout le corps académique, scientifique et professoral de l'IDR se trouve remercier pour ses efforts et soucis d'apporter le nécessaire à notre formation.

Nos remerciements vont particulièrement aux personnes suivantes:

- ✓ Nous pensons au Dr Karim TRAORE qui a remplacé Dr Ouola TRAORE, chef du Programme Coton pour nous avoir admis au sein de sa structure.
- ✓ Mr Bazoumana KOULIBALY, notre maître de stage qui au-delà de ses occupations et responsabilités de la section agronomie, s'est montré disponible pour l'élaboration de ce mémoire. Aussi, la possibilité nous est-il donné de reconnaître avec estime, ses grandes qualifications et son souci permanent d'exceller, toutes valeurs qui resteront en nous et qui font de lui un modèle à suivre.
- ✓ Au Dr Bernard BACYE et Mr Bégué DAO nos directeurs de mémoire pour leur compréhension, leurs conseils et l'encadrement optimal qu'ils ont su nous apporter tout au long du stage.
- ✓ Nous pensons à SERI Moussa dit «Vieux Moussa», BERE Michel, BEGUE Sessouma, SQUARE Bakary, TRAORE Adama, DINDANE Lazarre et DAO Yacouba qui nous ont aidés durant tout le stage.
- ✓ Il nous serait injuste de ne pas être reconnaissant à Monsieur TIAHOUN Casimir pour sa convivialité et sa gentillesse remarquable.
- ✓ Aussi, sommes-nous redevable à mon oncle HEMA Omer pour son encouragement incessant, sa disponibilité et sa courtoisie nous ayant permis d'obtenir ce stage.
- ✓ Il nous est agréable de citer le Dr DAKOUO Déhou, directeur des intrants et du crédit agricole de la SOFITEX, pour nous avoir conduits au Programme Coton.
- ✓ Nous remercions du fond du cœur Madame SANOU Alidiata, secrétaire au Programme Coton ainsi que ses collègues.

- ✓ C'est pour moi le lieu de remercier avec sincérité, mon ami et camarade de stage OUATTARA Adama, pour sa considération, son respect et son aide à mon endroit. Qu'il trouve en ces mots, mon affection indéfectible pour sa personne.
- ✓ Toute ma reconnaissance à Brice BICABA, Rachel BOURKANORE ainsi que tous mes frères et sœurs en Jésus-Christ pour le soutien spirituel.
- ✓ A mes amis et promotionnaires Dieudonné ZERBO, Ali BENE, Razaack SOMA, Mahamat Hissen MAHAMAT, Bintou COULIBALY, Diata BANGALI, Ginette DAO, Vanessa OUEDRAOGO, Mme BOUDO et Elizabeth M. ELOLA, j'exprime ma profonde gratitude pour leur sens de fraternité et encouragements.
- ✓ A toute la grande famille HEMA, mes oncles et tantes, nous disons Merci.
- ✓ A tout le personnel du Programme Coton, à ceux qui n'ont pas été mentionnés malgré leur contribution à la réalisation de ce travail;
- ✓ A tous mes amis, camarades de classe, je leur souhaite d'exceller dans ce qu'ils entreprennent.

S'il est vrai que rien ne peut s'obtenir sans effort, il reste aussi vrai que la réussite n'est pas que le fruit des efforts personnels car elle dépend non seulement de la collaboration et des encouragements mais aussi des conseils et de la sympathie que nous accordent les autres. Que tous ceux et celles dont les noms ne sont pas mentionnés sur ces pages, se sentent cordialement remerciés et rassurés de notre affection!

- ✓ A tous et à toutes: **Où que vous soyez, quel que soit ce que vous envisagez, faites et exprimez; soyez en paix avec tous les hommes tant que cela dépend de vous! Que les bontés et les fidélités de notre Dieu se renouvellent constamment dans vos vies au nom de Jésus.**

## **SIGLES ET ABBREVIATIONS**

CEC: Capacité d'Echange Cationique

CIRAD: Centre International de Recherches Agricoles et Développement

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

HATS: High Affinity Transport System (Le système à haute affinité)

IN.E.R.A: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

LATS: Low Affinity Transport System (Le système à faible affinité)

N, P, K, S, B: Azote, Phosphore, Potassium, Soufre, Bore

SBE: Somme des Bases Echangeables

SOFITEX: Société Burkinabé des Fibres Textiles

## LISTE DES FIGURES

	Pages
<b>Figure 1.</b> Structure schématique d'un plant de cotonnier montrant les nœuds de la tige principale, une branche végétative, les branches fructifères, les capsules et une fleur.....	7
<b>Figure 2.</b> Structure d'une fleur de cotonnier .....	7
<b>Figure 3.</b> Les compartiments du potassium dans le sol.....	10
<b>Figure 4.</b> Pluviométrie de la station de Farako-Bâ (2009,2010). .....	22
<b>Figure 5.</b> Pluviométrie de la station de Kouaré (2009,2010). .....	23

## LISTE DES TABLEAUX

	Pages
<b>Tableau 1.</b> Teneur en KO et degré d'altération des argiles.....	8
<b>Tableau 2.</b> Résultats des analyses de sols à Farako-Bâ en 2009 et 2010.....	24
<b>Tableau 4.</b> Rendements coton graine en 2009 .....	30
<b>Tableau 5.</b> Rendements coton graine en 2010 .....	31
<b>Tableau 6.</b> Rendement fibre et Seed index en 2009.....	31
<b>Tableau 7.</b> Rendement fibre et Seed index en 2010.....	32
<b>Tableau 8.</b> Répartition de la production de coton graine (en g) par cotonnier à Farako-bâ en 2010.....	33
<b>Tableau 9.</b> Répartition de la production de coton graine (en g) par cotonnier à Kouaré. ....	34
<b>Tableau 10.</b> Nombre de capsules récoltées/ha et poids moyen capsulaire en 2009.....	35
<b>Tableau 11.</b> Nombre de capsules récoltées/ha et poids moyen capsulaire en 2010.....	36
<b>Tableau 12.</b> Caractéristiques technologiques de la fibre en 2010.....	37
<b>Tableau 13.</b> Densité des cotonniers à la récolte. ....	38
<b>Tableau 14.</b> Production de matière sèche des cotonniers à la récolte .....	39
<b>Tableau 15.</b> Hauteurs des cotonniers à la récolte (cm) .....	39

## RESUME

Dans les zones cotonnières du Burkina Faso, la généralisation des symptômes visuels de déficiences minérales surtout en potassium, limitent la production du cotonnier. Afin d'évaluer l'influence du potassium sur les rendements et la qualité de la fibre, une expérimentation a été conduite pendant deux années (2009 et 2010) sur des sols ferrugineux tropicaux des stations de recherches agricoles de Farako-Bâ et de Kouaré. Les traitements étudiés sont constitués de 6 doses de potassium. Les rendements en coton graine ont été déterminés et les caractéristiques technologiques de la fibre analysées au laboratoire pour évaluer l'efficacité des doses de potassium.

Les résultats obtenus montrent que les sols sont chimiquement pauvres et se caractérisent par de faibles teneurs en potassium dont le déficit est plus marqué à Farako-bâ qu'à Kouaré. Les apports de potassium associés à la fumure minérale vulgarisée ont amélioré les rendements en coton graine en moyenne de 9 à 25% à Farako-bâ et de 5 à 10% à Kouaré. Sur ces sols, la meilleure efficacité est obtenue avec un complément de 50 à 75 kg/ha de chlorure de potassium (KCl) alors que les doses de 100 et 125 kg/ha de KCl ne sont pas justifiables à cause de leur faible efficacité sur le rendement en coton graine. L'efficacité des apports de potassium a été plus importante à Farako-bâ ce qui suggère que la réponse à la fumure potassique est d'autant meilleure que le sol est plus pauvre en cet élément. L'apport de potassium n'a pas influencé le seed index variant de 7,1 à 8,2 g et le rendement égrenage tandis qu'il a amélioré les caractéristiques de la fibre telles que la ténacité, l'allongement, le micronaire et l'indice de jaune.

L'étude recommande d'associer à la fumure vulgarisée sur cotonnier, un complément de potassium de 50 kg/ha de KCl en vue d'améliorer quantitativement et qualitativement la production cotonnière.

**Mots clés:** sol ferrugineux, déficience, potassium, rendement, qualité de la fibre, Burkina Faso.

## ABSTRACT

In the cotton growing areas of Burkina Faso, visual symptoms of mineral deficiencies on cotton plant noticed for potassium, are limiting factors of production. In order to assess the influence of potassium on yield and fiber quality, a trial was conducted for two years (2009 and 2010) on tropical ferruginous soils of research stations of Farako-ba and Kouaré. Six doses of potassium treatments were studied. The seed cotton yields were determined and the technological characteristics of the fiber analyzed to assess the inefficacy of treatments compared.

Results showed that the fertility of these soils is low with potassium contents deficit which is more important at Farako-bâ than Kouaré. The contribution of potassium associated with the mineral recommended fertilizer improve cotton seed yield on the average of 9 to 25% at Farako-ba and 5 to 10% at Kouaré. On these soils, the best efficiency is obtained with additional doses of 50 to 75 kg/ha of KCl while the doses of 100 and 125 kg/ha of KCl do not seem to be justified by their inefficacy on the cotton seed yield. The low efficacy of potassium intake was greater in Farako-ba suggesting that the response to potassium is related to the poverty of soil in this element. The addition of potassium did not influence the seed index ranking between 7.13 and 8.19 g and the shelling yield by the roller but nevertheless has improved the fiber characteristics such as tenacity, elongation and the micronaire and yellow index.

The study recommends to combine the recommended fertilizer on cotton with supplement of potassium of 50 kg/ha in order to improve in quantity and quality cotton production.

**Keys - words:** ferruginous soil, deficiency, potassium, cotton yield, fiber quality, Burkina Faso.

## INTRODUCTION

Le coton généralement appelé « or blanc du Burkina Faso » est un moteur de développement important du pays de par son rôle économique. De nos jours ce rôle semble plus accentué à cause d'un marché mondial favorable et compétitif. Pour être présent et toujours répondre à la demande du marché mondial du coton, les pays producteurs doivent être plus compétitifs par la qualité des productions. Pour les pays producteurs de coton de l'Afrique, l'objectif est d'assurer une production durable et adaptée aux conditions socio-économiques des producteurs. Cette compétition impose une forte réduction des coûts de production et une amélioration des rendements au champ.

La mise en culture continue des sols, la réduction des temps de jachère et l'extension des terres cultivées aux zones marginales dues à la pression démographique, ont fragilisé la durabilité des systèmes de culture en zone cotonnière Ouest africaine (Sheldrick *et al.*, 2002). Selon Poulisse (2007) près de 83% des terres cultivables en zone de savanes africaines souffrent de contraintes agronomiques en majorité liée à la baisse de la fertilité des sols.

L'un des facteurs de l'intensification repose sur l'utilisation des intrants notamment de la fumure minérale qui améliore les rendements. Dans la zone cotonnière du Burkina Faso, l'effet des engrais se traduisait par un accroissement des rendements de 50 à 80% sur le cotonnier (Dakouo, 1994). Dans les systèmes de culture à base de cotonnier, la durabilité semble reposer principalement à la fois sur la fertilisation et sur les techniques de gestion rationnelle de la fertilité (Pieri, 1989). L'accroissement des productions de façon durable n'est donc possible que si l'on résout le problème de maintien de fertilité. L'une des composantes de cette fertilité dont le rôle est mis en évidence par l'intensification et la fixation de l'agriculture est la fertilisation potassique (Obigbesan, 1973).

Le potassium influence considérablement les rendements et la qualité de la fibre du coton (Cassman *et al.*, 1990; Mullins *et al.*, 1997; Bauer *et al.*, 1998; Girma *et al.*, 2007). Les travaux de Snyder *et al.* (2005) indiquent l'importance du potassium et celle de l'azote qui sont déterminants dans la culture cotonnière.

Dans les zones cotonnières, la dégradation de la fertilité des sols se traduit par une généralisation des symptômes visuels de déficience pour la plupart des éléments minéraux.

Les symptômes de déficiences potassiques sont les plus importants et se manifestent par un dessèchement précoce des feuilles de cotonniers, affectant les rendements et la qualité du coton (Dakouo, 1994). Les bilans minéraux déficitaires dans les systèmes de culture coton céréales sont souvent évoqués pour expliquer ce problème. Les mauvaises pratiques de

fertilisation des cultures notamment le sous-dosage des engrais et l'absence ou les faibles restitutions organiques entraînent des bilans pluriannuels très négatifs (Poss *et al.*, 1997; Fao, 2006). L'exportation ou le brûlis des résidus de récolte riches en potassium aggravent les carences potassiques sur les cotonniers tout en affectent leurs rendements (Bednarz *et al.*, 1998). L'intensification de la production sur les exploitations accélère l'apparition des déficiences en potassium à cause des besoins croissants des cultures en cet élément (Poulain *et al.*, 1976; Triboulot et Pritchard, 1997). Les carences potassiques sont observées sur sols ferrallitiques seulement après quatre années de culture alors qu'elles n'apparaissent qu'au bout de 6 à 7 ans sur sols ferrugineux (Sédogo *et al.*, 1991; Dakouo, 1994).

Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de mettre un accent particulier sur la fertilisation potassique. La présente étude dont le thème est **«Influence du potassium sur les rendements et les caractéristiques technologiques de la fibre du cotonnier conventionnel dans les zones cotonnières Est et Ouest du Burkina Faso»** vise à améliorer les rendements et la qualité de la fibre de coton.

La première partie de ce mémoire, traite des généralités sur le cotonnier et sur le potassium dans l'interface sol-plante, tout en évoquant les effets de la nutrition potassique dans la plante. La deuxième partie, aborde la méthodologie de l'expérimentation, et présente les résultats avant la conclusion générale et les perspectives de ce travail.

PREMIERE PARTIE:

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. GENERALITES SUR LE COTONNIER

Le cotonnier est une plante vivace mais qui ne peut être exploitée économiquement qu'en culture annuelle du fait d'une part des contingences climatiques et d'autre part de la pullulation des parasites qu'entraînerait sa pérennité (Kohel et Lewis, 1984). Principalement cultivé pour ses fibres, le cotonnier produit des graines qui sont aussi importantes pour leur valeur alimentaire (Lee, 1984).

### 1.1. Classification des cotonniers

Selon Parry (1982), le cotonnier est une dicotylédone dialypétale appartenant à l'ordre des Malvales, la famille des Malvacées, la sous-famille des Hibiscées et au genre *Gossypium* L.

Le groupe des cotonniers cultivés, se caractérisant par la présence sur les graines de poils cellulosiques utilisés par l'industrie textile, se constitue de quatre espèces appartenant toutes au genre *Gossypium* L. (Lec, 1984) qui sont:

- Les espèces diploïdes ( $2n = 26$  chromosomes) comprenant *G. herbaceum* L. et *G. arboreum* L. qui donnent le coton peu productif à fibres épaisses et courtes.
- Les espèces tétraploïdes ( $2n = 52$  chromosomes) constituées par *G. barbadense* L. ou coton égyptien à fibres longues et fines et *G. hirsutum* L. à fibres intermédiaires fournissant plus de 95% de la production mondiale actuelle. L'espèce cultivée au Burkina Faso est le *Gossypium hirsutum* L.

### 1.2. Description morphologique des cotonniers cultivés

Parmi les plantes cultivées, le cotonnier est celle qui a la morphologie la plus complexe due au caractère indéterminé de sa croissance (figure 1) (Mauney, 1984). Cette complexité, d'après Elliot *et al.* (1966) et Parry (1982), se caractérise par un polymorphisme marqué non seulement entre les différentes espèces, mais aussi à l'intérieur d'une même espèce sous l'influence des facteurs climatiques. Charrier *et al.* (1997) expliquent que la croissance indéterminée du cotonnier se justifie par le fait que la phase de fructification n'est pas séparée de celle de croissance végétative.

L'architecture des cotonniers repose nécessairement sur des principes de corrélations morphologiques comme le précise Mauney (1984).

La partie souterraine du cotonnier se caractérise par un système racinaire de type pivotant formé d'une racine principale ou pivot d'où partent des ramifications latérales se terminant par une zone pilifère (Mauney, 1984; Parry, 1982). L'alimentation hydrique et

minérale, pour l'essentiel, est assurée par les racines (Callot *et al.*, 1982; Benedict, 1984; Martin-Prével *et al.*, 1984).

La partie aérienne supporte la récolte et se compose d'une tige principale et des rameaux naissant aux nœuds de ce dernier. Parry (1982), établit une différenciation entre les ports des cotonniers qui, suivant les espèces, les variétés et les types de cultures, peuvent être du type pyramidal, élancé, sphérique, cluster ou en gobelet.

Les racines se développent avec une grande rapidité lorsque les conditions de température et d'humidité sont favorables. La croissance racinaire, après la levée, s'effectue autour du pivot dont la profondeur peut atteindre trois mètres (Hearn et Constable, 1984). Cette croissance est liée à la nature du sol (Parry, 1982; Caillot *et al.*, 1982). Carmi et Shalhevet (1982) rapportent que la productivité du cotonnier est en relation directe avec la colonisation du sol par les racines. Ainsi la restriction de la croissance des racines conduit au développement de plantes caractérisées par de courts entre-nœuds et par un nombre réduit de feuilles. Benedict (1984) explique cela par le fait que si la racine pivotante est incapacitée par un obstacle, les racines latérales se développent mais restent superficielles rendant ainsi le cotonnier sensible aux variations d'humidité.

Le développement aérien du cotonnier se fait suivant un schéma régulier et ordonné. Les nœuds portés par la tige principale sont le point de départ de deux types de rameaux:

- Les branches végétatives qui se développent sur les nœuds de la base au dessus du nœud cotylédonaire. Elles ont une croissance monopodiale et une structure semblable à la tige principale mais dont les bourgeons axillaires ne donnent que des branches fructifères (Pier. et Berkowitz, 1987).
- Les branches fructifères qui sont formées de segments successifs en zigzag et se développent à partir du 5<sup>e</sup> au 8<sup>e</sup> nœud de la tige principale en suivant une croissance sympodiale (Mauney, 1984) (figure 1). Le méristème apical des branches fructifères se termine par une fleur, après avoir produit une feuille tandis que la production des feuilles est continue chez les branches végétatives jusqu' à la fin de la croissance du végétal.

Les feuilles sur une même plante présentent un polymorphisme assez grand et se composent d'un pétiole se ramifiant en nervures qui soutiennent le limbe. Le limbe est du type palmé avec des lobes plus ou moins échancrés. Les feuilles dont les fonctions se résument à l'assimilation, respiration, transpiration ainsi que la réserve peuvent être palmatilobées, palmatipartites ou palmatiséquées. Elles sont en outre le reflet assez fidèle d'un bon équilibre hydrique du cotonnier et constituent un élément d'appréciation de l'état des échanges avec le sol par le contrôle de la nutrition (Parry, 1982).

Le cotonnier produit à la fois des glandes externes et internes (Lee, 1984). Les glandes externes ou nectaires sécrètent un suc attirant certains insectes et sont présentes sur la nervure principale des feuilles et dans les fleurs alors que les glandes internes sont observées sur tout le plant. Ce sont des sacs ovoïdes qui libèrent dans leur enceinte des composés chimiques dont le gossypol qui est un pigment affectant l'utilisation des graines pour l'alimentation humaine (Parry, 1982).

Le cotonnier est autogame (figure 2) mais peut, dans certaines conditions de culture, atteindre 30% d'allogamie à cause de la densité des insectes pollinisateurs (Charrier *et al.*, 1997). La floraison progresse du bas vers le haut et de l'intérieur vers l'extérieur de la plante suivant une loi très rigoureuse. Parry (1982) et Benedict (1984) soulignent que l'écart de progression de la floraison d'un nœud au suivant sur la même branche fructifère encore dénommé Intervalle de Floraison Horizontale (IFH) est de l'ordre de six jours alors que celui de progression verticale de la floraison d'une position sur la branche à la position identique sur la branche immédiatement supérieure (Intervalle de Floraison Verticale) se situe autour de deux jours. Le développement des organes floraux est fortement influencé par la température. Les boutons floraux initiés sont importants mais seulement une partie forme des fleurs dont la moitié à peu près se transforme en capsules. Cette abondante initiation florale confère à la plante une forte capacité de compensation en cas de stress hydrique.

Le fruit du cotonnier est une capsule constituée de 3 à 5 loges contenant chacune 6 à 8 graines recouvertes de fibres. La forme et la grosseur des capsules sont caractéristiques d'une espèce et d'un cultivar. Les capsules mesurent 4 à 8 cm de long sur 4 cm de diamètre en leur renflement maximum et sont sphériques, ovoïdes ou piriformes (Parry, 1982).

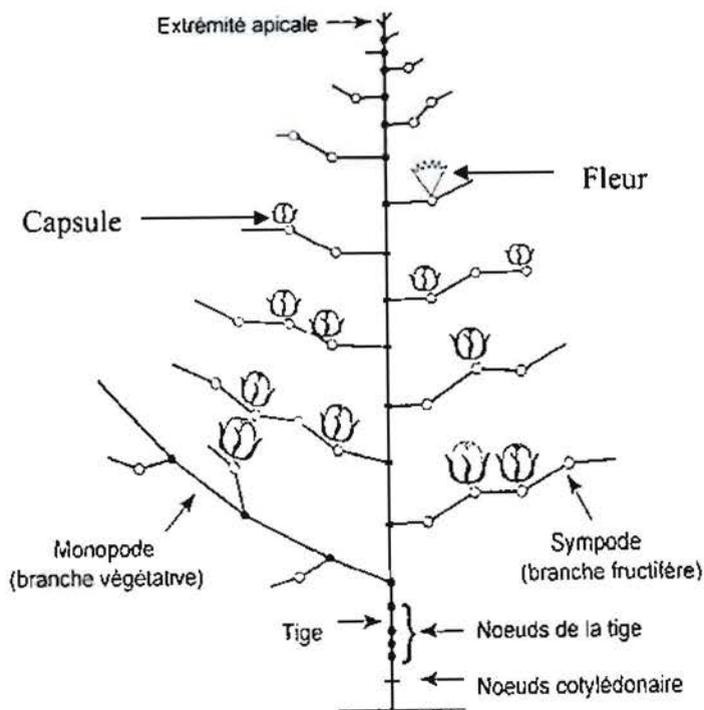


Figure 1. Structure schématique d'un plant de cotonnier montrant les nœuds de la tige principale, une branche végétative, les branches fructifères, les capsules et une fleur.

Source: Oosterhuis *et al.* (1992)

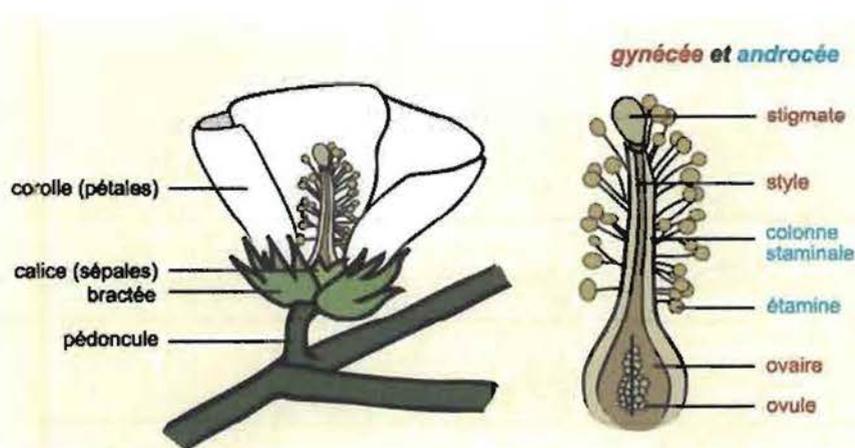


Figure 2. Structure d'une fleur de cotonnier indiquant la présence simultanée d'organes reproducteurs mâle (étamines) et femelle (pistil)

Source: [www.afd-lv.org/plant-ch/coton/lignecl/cotonfleur2.htm](http://www.afd-lv.org/plant-ch/coton/lignecl/cotonfleur2.htm) consulté le 05/11/2010.

## II. GENERALITES SUR LE POTASSIUM DANS LE SOL ET DANS LA PLANTE

Le potassium est un élément chimique majeur indispensable à la nutrition des plantes. Les restitutions organiques aux sols permettent de satisfaire les besoins des cultures en K et d'assurer l'entretien de la fertilité des sols.

La connaissance du statut potassique des sols constitue la base de toute investigation sur le raisonnement d'une fertilisation potassique.

### 2.1. Statut du potassium dans le sol

#### 2.1.1. Origine du potassium dans le sol

L'écorce terrestre présente une teneur moyenne en  $K_2O$  estimée à 3,2% (Mhiri, 2002). Le potassium se rencontre à l'état naturel dans de nombreux constituants minéraux dont principalement les minéraux silicatés (feldspaths potassiques, micas, argiles). Mhiri (2002) souligne que les minéraux argileux constituent à la fois, le principal réservoir et le piège à potassium dans les sols si bien que la teneur en potassium est utilisée comme critère de distinction des minéraux d'altération. Le tableau 1 indique le degré d'altération des argiles en fonction de la teneur en  $K_2O$ .

Une autre source non négligeable de potassium est l'humus du sol dont la teneur et le type déterminent le potentiel en potassium (Mhiri, 2002).

**Tableau 1.** Teneur en KO et degré d'altération des argiles.

Type d'argile	Muscovite (micoblanc)	Hydro-muscovite	Biotite	Illite	Vermiculite	Smectite
$K_2O$ (%)	9	8	6-10	6-8	0-2	0,5

Source: Mhiri (2002)

#### 2.1.2. Teneur des sols en potassium total et réserves potassiques du sol

##### 2.1.2.1. Teneur des sols en potassium total

Pour ce qui est de la teneur des sols en potassium total, il apparaît que les sols à texture fine (texture argileuse, argilo-limoneuse, ...) sont potentiellement plus riches en K total que ceux à texture grossière, à l'exception de certains sols franchement sableux, riches en feldspaths potassiques. Cependant la teneur en K total d'un sol n'indique pas le niveau de disponibilité de cet élément pour la plante cultivée.

### **2.1.2.2. Réserves potassiques du sol**

Le potassium échangeable ne constitue qu'une partie du potassium contenu dans le sol sauf dans les sols purement organiques où il est à mesure de représenter la totalité du potassium (Wicklander, 1954). Barbier (1962) précise qu'en pays tempéré, le potassium échangeable ne fait que 1 à 2% du potassium total dans beaucoup de sols non humifères bien que cette proportion puisse varier considérablement suivant les types de sols. En région tropicale, la majorité des sols contiennent des réserves potassiques beaucoup plus importantes que le potassium échangeable analysé (Boyer, 1973).

Les réserves potassiques du sol sont diverses et présentent une grande variabilité suivant les horizons et les types de sol. En pays tempéré, le sol possède un certain pouvoir tampon pour le potassium échangeable et après un prélèvement le sol tend à recouvrer une valeur d'équilibre avec les autres bases échangeables. Beckett (1970) rapporte que cette valeur d'équilibre a été rarement déterminée en milieu tropical. Toutefois de nombreux auteurs soulignent que le potassium non échangeable peut intervenir dans la nutrition des plantes (Middelburg, 1955; Aubert, 1958; Weir, 1966; Salmon, 1971; Coulter, 1972; Forster, 1972;). La question qui se pose est alors de savoir comment la plante arrive à extraire le potassium des réserves du sol. Barbier (1962) explique que les racines au contact d'un minéral sont capables de dissoudre certains éléments minéraux qui leur sont utiles. Néanmoins, cette hypothèse n'explique que partiellement les prélèvements faits aux dépens des formes non échangeables; Boyer (1973) pense plutôt à une transformation dans le sol qui engendrerait du potassium échangeable à partir des réserves, comme dans les pays tempérés.

Dans le souci de mieux comprendre ce processus de transformation, il est important d'avoir un aperçu sur la nature de la répartition du potassium dans les sols.

### **2.1.3. Compartiments du potassium dans le sol et dynamique du potassium**

#### **2.1.3.1. Compartiments du potassium dans le sol**

La distinction entre les différentes formes de potassium dans le sol repose sur le degré de leur disponibilité pour les plantes (Mhiri, 2002). Les formes de K dans les compartiments peuvent se représenter selon le schéma suivant:

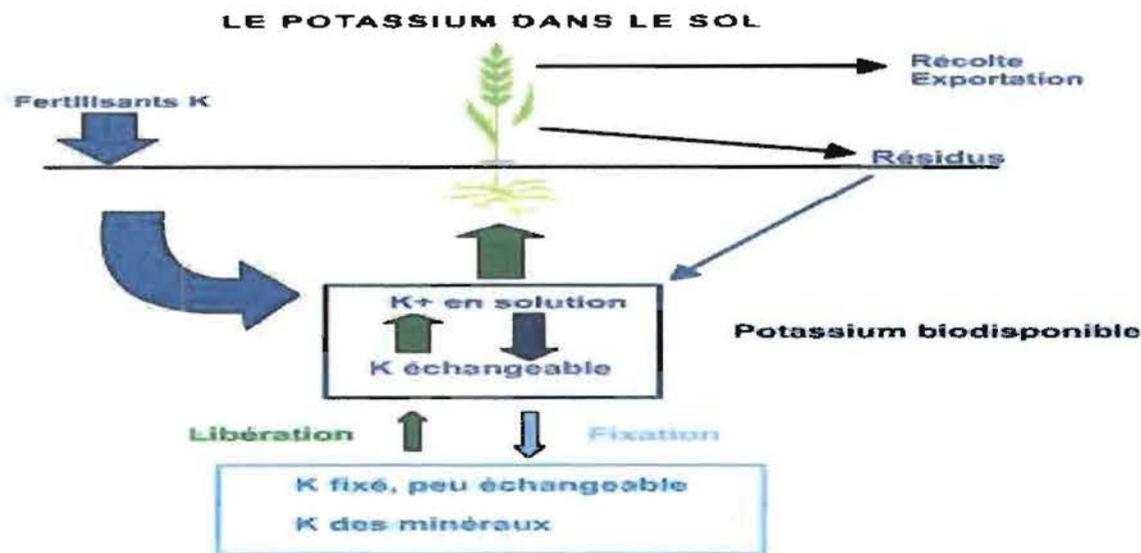
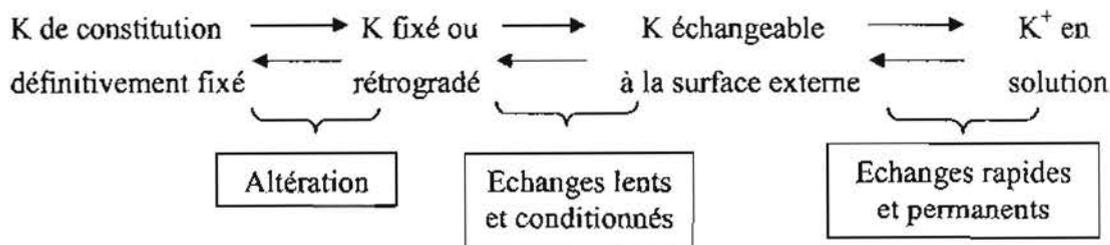


Figure 3. Les compartiments du potassium dans le sol.

Il apparaît que le compartiment potassique disponible pour les plantes est le **potassium échangeable** qui comprend deux formes dont le potassium de la solution du sol et celui absorbé sur les surfaces externes des minéraux argileux en particulier, parmi lesquelles s'opèrent des échanges ioniques rapides et incessants (Mhiri, 2002 ; Aïssa *et al.*, 2002).

Un autre compartiment observé à l'opposé du précédent et représentant plus de 95% du potassium total des sols argileux est le potassium de constitution à l'intérieur de l'édifice cristallin des argiles.

Une troisième forme intermédiaire est le potassium fixé (ou rétrogradé). Des échanges lents, entre les différentes formes, sont possibles dans certaines conditions avec le potassium échangeable (Aubert, 1958; Barbier, 1962; Acquaye *et al.*, 1967; Coulter, 1972, Unifa, 2006)

#### *Le potassium échangeable ou assimilable*

Il représente la forme de potassium facilement accessible aux plantes (Boyer, 1973). Mhiri (2002) le définit comme la somme du potassium libre de la solution du sol et de celui retenu sur les charges négatives des surfaces externes des minéraux argileux. Le potassium échangeable est présent sur le complexe absorbant et occupe un certain nombre de sites

préférentiels, en plus des sites d'échange où il est en compétition avec les autres cations du sol (Beckett, 1964). Mohinder Sing (1970) indique que le potassium est retenu très fortement sur les sites d'échanges des sols ferrallitiques et alluviaux acides, des régions tropicales, contre tout déplacement par les autres cations de la solution du sol. Par ailleurs 30 à 50% des sites d'échanges de ces sols peuvent être occupés indifféremment par l'aluminium, le magnésium et le potassium; et les sites d'échanges restant, soit environ 50%, sont occupés préférentiellement par l'aluminium et ne sont en aucune façon disponible pour le potassium.

Boyer (1972), propose les limites inférieures suivantes pour les teneurs du sol en potassium compatibles avec les plantes:

- Le potassium doit représenter 2 à 2,5% de la capacité d'échange totale, ou de la somme des bases échangeables pour un sol convenablement saturé ;
- Les teneurs du sol en K inférieures à  $0,10 \text{ cmol}^+/\text{kg}$  de sol, engendrent dans la plupart des cas des déficits importants de récolte et souvent des carences. Cette valeur est affectée des coefficients 0,7 et 2, respectivement pour les sols très sableux renfermant moins de 10% d'argile et les sols très argileux contenant plus de 70% d'argile.

Les plantes cultivées répondent aux engrais potassiques avec un seuil qui s'échelonne habituellement entre  $0,15$  et  $0,35 \text{ cmol}^+/\text{kg}$  de potassium échangeable dans la plupart des sols tropicaux.

#### *Le potassium rétrogradé*

C'est la forme intermédiaire entre le potassium de constitution et le potassium échangeable. Les phénomènes de fixation (rétrogradation) du potassium échangeable et de libération du potassium non échangeable sont les deux principaux processus qui concourent à sa formation dans le sol.

La rétrogradation du potassium est sa fixation à l'intérieur des feuillets argileux grâce à la similitude des rayons ioniques du potassium déshydraté et des cavités hexagonales des minéraux de type 2/1. Selon Barbier (1962) cette entrée du potassium se fait suivre d'une concentration du réseau argileux dont l'épaisseur peut se réduire de  $15,6$  à  $10,8 \text{ \AA}$ .

*La libération du potassium:* elle est inverse au phénomène de rétrogradation et se produit, selon Wicklander (1954), lorsque le milieu extérieur s'appauvrit en potasse. Toutefois elle s'effectue beaucoup plus lentement que le phénomène contraire.

#### **2.1.3.2. Dynamique du potassium dans le sol**

La dynamique du potassium est régie par l'ensemble des processus qui commandent son passage d'un compartiment à un autre (dissolution, échange, fixation, libération), par son

transfert d'un horizon à un autre et par l'absorption racinaire. C'est le bilan de tous ces processus qui détermine, à un instant donné, le statut du potassium dans un sol.

## **2.2. Facteurs influençant la biodisponibilité du potassium dans le sol**

La biodisponibilité du potassium est la quantité de potassium disponible dans le sol pour la plante. La connaissance de cette notion requiert la définition de quelques concepts.

### **2.2.1. Concepts de pouvoir tampon, d'intensité et de capacité potassiques des sols**

Le pouvoir tampon potassique du sol est son aptitude à maintenir constante, de façon plus ou moins rapide, la richesse de la solution du sol en potassium. Il est fonction de la teneur du sol en substances colloïdales et est donc beaucoup plus élevé dans les sols argileux que dans les sols sableux.

L'intensité potassique du sol est la concentration des ions  $K^+$  dans la solution du sol.

La capacité potassique du sol est la rapidité avec laquelle les réserves du sol en potassium non assimilable passent dans le compartiment du potassium échangeable lors d'un apport ou d'un prélèvement de potassium. Cette capacité dépend de la texture du sol, le volume du sol exploité par les racines d'une culture, la nature des argiles, la Capacité d'Echange Cationique (C.E.C), le pouvoir tampon du sol et le taux de saturation du complexe par le potassium.

### **2.2.2. Facteurs influant la biodisponibilité du potassium**

Un nombre important de facteurs interviennent dans la libération du potassium pour la plante.

#### **2.2.2.1. Facteurs directement liés au potassium échangeable**

En plus des lois régissant les teneurs en potassium favorables au bon développement des plantes, définies par Boyer (1972) il est nécessaire de prendre en compte:

- La vitesse de passage du potassium du complexe absorbant vers la solution du sol lorsque celle-ci est appauvrie par les prélèvements des racines
- La teneur du sol en éléments fins qui est un facteur influant non seulement la vitesse de transfert du potassium, mais aussi sur la détermination du nombre de sites d'échange de cet élément dans le sol. Elle peut être à l'origine d'une carence aiguë en potassium quand elle est en dessous des teneurs limites (Forestier, 1964).
- La nature des cations présents dans le sol dont certains sont susceptibles d'inhiber les mouvements du potassium échangeable sur le complexe absorbant. C'est le cas de l'ammonium rapporté par Felipe-Morales *et al.*(1971) et Welch *et al.*(1961) qui ont constaté

une diminution du potassium échangeable après une fumure au sulfate d'ammoniac d'une bananeraie de Guinée. Aussi Barbier (1962) précise que les hydroxydes de fer et d'aluminium sont à mesure d'occuper les sites d'échange du potassium.

- La présence de l'aluminium surtout dans les sols acides ( $\text{pH} < 5,2$ ) sous forme échangeable occupe les sites potentiels du potassium en plus de diminuer sa mobilité. Cette action s'avère importante dans les sols tropicaux souvent affectés d'une réaction fort acide si bien que Stephens (1969) et Forster (1972) s'accordent qu'en présence d'aluminium échangeable, certains sols de  $\text{pH} < 5,2$  sont considérés comme «potentiellement» déficients en potassium pour une teneur en  $\text{K}^+$  inférieure à  $0,46 \text{ cmol}^+/\text{kg}$  de sol. Le calcium peut jouer un rôle analogue à celui de l'aluminium, lorsque le sol est alcalin même si ce cas est assez rare pour les sols tropicaux.

- Les équilibres fondamentaux entre le potassium et les autres bases échangeables sont importants pour assurer une bonne disponibilité du potassium échangeable pour la plante, il est important de veiller au respect de ces équilibres en particulier pour ce qui concerne les rapports  $\frac{\text{Mg}}{\text{K}}$  et  $\frac{\text{Ca}+\text{Mg}}{\text{K}}$  qui varient selon les plantes et les types de sol. Cependant, sur un sol pauvre en bases échangeables, ces équilibres n'ont pas une grande signification et tout apport extérieur (cendres végétales, engrais,...) modifie la proportion des éléments présents dans le sol.

La physiologie de la plante cultivée notamment la forme du système racinaire influe sur l'absorption du K. Pour certaines plantes s'approvisionnant en potassium de préférence à partir des horizons profonds (vers 50 cm) d'après Farina et Graven (1972), il est évident que la détermination du potassium échangeable sur la partie supérieure n'ait plus aucune signification dans ce cas.

#### **2.2.2.2. Facteurs jouant sur les phénomènes de rétrogradation et de libération du potassium**

Ces deux phénomènes occupent une place importante dans la disponibilité du potassium échangeable pour la plante.

La nature des minéraux argileux influe la rétrogradation du K qui est nulle pour les micas et les kaolinites, relativement faible pour les montmorillonites, variable pour les illites et très forte pour les vermiculites. A l'exception des vertisols et sols bruns eutrophes, à dominance de montmorillonite, la grande partie des sols tropicaux possèdent une fraction colloïdale surtout composée de kaolinite avec peu d'illite. C'est pour cela que plusieurs auteurs rapportent que dans la plupart de ces sols, la rétrogradation et la libération du

potassium sont presque nulles (Humbert, 1958; Bolton, 1968; Godefroy *et al.*, 1970; Van Wambeke, 1970; Farina *et al.*, 1972; Velly, 1972).

La nature des cations à l'instar de l'aluminium et de l'ammonium peut provoquer la fermeture des réseaux argileux et empêcher ultérieurement la pénétration du potassium. Par contre le calcium favorise cette pénétration car il déplace l'aluminium du complexe absorbant et le précipite (Duthion, 1968). Par ailleurs, il est établi que les sols tropicaux, dans les régions humides en particulier, sont souvent très acides avec un complexe absorbant riche en aluminium et pauvre en calcium; ce qui justifie une faiblesse du taux de rétrogradation.

Les alternances de dessiccation et d'humectation ont pour effet la modification de la répartition du potassium entre les espaces interfoliaires et les surfaces externes à l'équilibre, mais aussi accélèrent l'établissement de cet équilibre. Les dessiccations, alternant ou non avec les réhumectations peuvent aussi bien favoriser la fixation dans les sols récemment enrichis en K que la libération dans les sols pauvres ou appauvris.

### **2.2.2.3. Altération des minéraux du sol**

L'un des réservoirs du potassium est constitué par les minéraux en voie d'altération présents dans le sol. En France, un granite concassé riche en quartz(42,6%) mis dans des cases lysimétriques, a cédé à l'eau de drainage, chaque année l'équivalent de 32 kg de  $K_2O/ha$ , soit environ 1 pour 10.000 de son potassium total sur 30 ans (Barbier, 1968). Dans la mesure où le climat est particulièrement agressif dans les régions tropicales, il est possible qu'un tel phénomène se manifeste avec intensité pour fournir du potassium directement utilisable par les cultures.

### **2.2.2.4. Pouvoir de régénération du sol pour le potassium échangeable**

Le sol possède la propriété de reconstituer au moins partiellement son stock de potassium échangeable à partir des réserves. Cette récupération à partir des réserves du sol se produit après épuisement du sol en potasse. Toutefois, cette faculté du sol peut être entravée et on assiste, dans les sols, à une baisse lente du taux de potassium échangeable. Les déficiences peuvent apparaître au bout de quelques années de culture où la lixiviation et l'érosion accentuent les prélèvements par les cultures (Van Wambeke, 1970; Bouchy, 1971; Wild, 1971). Les facteurs en cause sont essentiellement le système de culture, le type de sol et la nature de la culture.

### III. LA FERTILISATION POTASSIQUE DU COTONNIER

#### 3.1. Rôle du potassium dans les plantes supérieures

Le potassium est le cation le plus important, en quantité mais aussi au regard de ses nombreuses fonctions biochimiques et physiologiques. Il est nécessaire à la turgescence cellulaire et au maintien du pH pour de nombreuses synthèses dans le cytoplasme.

##### 3.1.1. Absorption du potassium par les plantes

La quantité de potassium absorbée dépend de l'espèce cultivée, du potassium disponible dans le sol et des conditions environnementales durant la saison de culture (Pettigrew, 2008). Dans les plantes, il est sous la forme d'un cation monovalent. Il est, avec l'azote, l'élément minéral le plus abondant dans les plantes. Dans la plante la teneur en K varie de 1 à 10% et se situe en moyenne à 3% dans la matière sèche (Epstein et Bloom, 2005). Marschner (1995) indique qu'une teneur en K au-delà de 1,2 % de matière sèche est indispensable au fonctionnement des végétaux supérieurs.

L'absorption du potassium se fait selon deux mécanismes transmembranaires (Epstein et Bloom, 2005). Le système à haute affinité (HATS) qui est opérant à des concentrations extérieures faibles (1mM) et qui catalyse un flux interne contre un gradient électrochimique (Ve'ry et Sentenac, 2003), et le système à faible affinité (LATS) qui domine lorsque la concentration extérieure est élevée et repose sur l'utilisation des canaux à potassium. Ces deux mécanismes permettent aux plantes de s'adapter aux conditions variées et fluctuantes des teneurs en K du sol (Ashley *et al.* 2006). Le transport actif est partiellement inhibé lorsque le niveau de potassium dans la plante devient très élevé (Mengel et Kirkby, 2001). Le défaut d'inhibition observé dans certaines conditions pourrait expliquer les consommations de luxes observées lorsque le milieu est particulièrement riche en potassium.

Une fois dans la plante, le potassium est impliqué dans de nombreux processus. Il est caractérisé par une grande mobilité dans la plante à tous les niveaux dans les cellules, les tissus et dans les vaisseaux de sèves brute ou élaborée.

##### 3.1.2. Fonctions liées à la mobilité du potassium

Le potassium est un élément qui joue un rôle important de régulation des échanges transmembranaires pour lequel il n'est pas remplaçable par d'autres cations.

Le maintien du pH dans la plante par le potassium permet l'acidification des parois cellulaires et une extensibilité pariétale indispensable à la croissance. Mais d'autres ions sont

actifs dans le maintien du gradient de pH transmembranaire, en particulier le calcium (Shabala et Newman, 1999).

Le potassium intervient dans le transport des sucres depuis leur production dans le parenchyme chlorophyllien jusque dans les tubes criblés suivant un mélange des voies symplastique et apoplastique. La voie symplastique se fait principalement à travers les plasmodesmes, sans franchir de membranes poussées par les potentiels osmotiques et la diffusion moléculaire. La voie apoplastique fait appel aux espaces intercellulaires par flux de sucroses jusqu'à la membrane des cellules de chargement du phloème qu'elle doit alors traverser (Ashley et Goodson, 1972; Cakmak *et al.*, 1994).

Le transport des nitrates (Ben-Zioni *et al.*, 1971) et des acides aminés (Mengel *et al.*, 1981) est favorisé, voire conditionné, par la présence du potassium dans la plante.

Une autre fonction du potassium se résume à la synthèse d'ATP mitochondriale (Liu *et al.*, 1998).

Les mouvements d'orientation des feuilles et des stipules en fonction de la lumière sont également provoqués par des flux de potassium (Satter *et al.*, 1988; Moran, 2007). Les fonctions remplies par la circulation du potassium semblent donc évidentes et elles se déroulent à des échelles variées tout en touchant à des fonctions essentielles de la plante.

## **3.2. Problématique de la nutrition potassique du cotonnier**

### **3.2.1. Importance du potassium pour le cotonnier**

Le potassium est nécessaire au développement et la croissance du cotonnier ainsi que pour l'obtention d'un bon rendement et d'une fibre de coton de qualité (Kerby et Adams, 1985; Cassman *et al.*, 1989).

Le cotonnier est une plante particulièrement sensible aux fluctuations des conditions trophiques (Gormus et Yucel, 2002). En cas de pénurie de lumière, d'eau ou d'éléments nutritifs, cette plante développe des stratégies adaptatives en ralentissant sa croissance et en provoquant des abscissions d'organes fructifères. Lorsque les conditions s'améliorent, les fortes reprises végétatives et fructifères permettent à la plante de maintenir sa production dans un environnement fluctuant. Le potassium joue alors un rôle important dans la mobilité des ressources ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ) à travers la plante et dans la vitesse de croissance des organes

De plus, le potassium intervient dans le contrôle des flux d'eau dans la plante à travers son rôle de régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates permettant ainsi l'économie en eau par la plante. Le cotonnier étant cultivé dans des climats secs, pour lesquels

la ressource hydrique est un facteur déterminant pour la culture, une bonne alimentation potassique s'avère indispensable (Coker et Oosterhuis, 2000).

Par ailleurs, de par sa forte mobilité dans la plante, le potassium joue un rôle primordial dans le développement racinaire, l'absorption des cations ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ), l'accumulation des hydrates des protéines, l'activation des enzymes de la photosynthèse, le maintien de la turgescence de la cellule et la maturation des organes (FAO, 2005).

Le potassium est aussi perçu comme un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilats vers les organes de réserve et il participe activement à améliorer la qualité de la fibre ainsi que la taille des graines (Projet Intrants/FAO, 2005).

Le potassium provient de la décomposition de la matière organique et des minéraux du sol, ou des engrais. Pour certains minéraux, la quantité présente dans le sol doit être supérieure à celle nécessaire; en effet les éléments minéraux peuvent être présents dans le sol, sans pour autant être disponibles pour la plante. Le potassium, essentiellement retenu par l'humus ou l'argile est souvent apporté en une seule fois, en quantité, car il est stocké dans le sol et libéré progressivement. Toutefois, il doit être disponible dès le début de la culture car il favorise le développement racinaire et par conséquent une meilleure exploitation du sol par la plante.

En somme, il ressort que le potassium est très important pour le cotonnier et ses principales fonctions se résument à:

- la stimulation de la floraison et l'accélération de la maturité des organes;
- l'amélioration de la croissance et du développement de la plante ainsi que la qualité de la fibre;
- le renforcement des parois cellulaires, assurant une meilleure résistance à la verse, au gel, aux maladies et parasites;
- la régulation de l'ouverture et fermeture des stomates permettant une réduction de la transpiration tout en augmentant la résistance à la sécheresse;
- la mobilisation, l'accumulation et la formation des protéines ainsi que leur migration vers les organes de réserve;
- l'activation de la photosynthèse et la formation des glucides dans la feuille;
- le développement du système racinaire et l'amélioration de l'absorption des cations.

### 3.2.2. Problèmes de carences potassiques sur les sols dans les zones cotonnières

La baisse de la fertilité des sols provoquée par les pratiques culturales extensives et la diminution des durées de jachère est une tendance générale observée depuis longtemps dans les zones cotonnières au sud du Sahara (Braud et Dubernard, 1971).

Depuis une vingtaine d'années, les introductions de nouvelles variétés de cotonniers plus performantes exigent un ajustement de la fertilisation en particulier des apports de potassium. Le bilan en potassium est le plus souvent déficitaire (Sheldrick *et al.*, 2002; FAO, 2006). Dans les rotations coton-céréales, les résidus de récolte qui sont riches en potassium sont généralement exportés ou pâturés. Dans la mesure où les faibles et rares apports par la fertilisation organique et minérale des cultures n'arrivent pas à compenser les exportations par les récoltes et par les résidus de culture; ce bilan reste déficitaire pour certains des principaux éléments minéraux dont le potassium (Cirad, 2006).

Les lixiviations par les pluies, l'érosion et les dégradations de la roche mère sont trois facteurs particulièrement importants dans les conditions tropicales humides. Les sols ferralitiques ou ferrugineux tropicaux ayant des réserves utiles en eau réduites variant de 30 à 80 mm sur une profondeur d'un mètre, il apparaît que de nombreuses pluies ou des successions proches de pluies dépassent ces valeurs et provoquent des lixiviations.

Par ailleurs, la pratique du brûlis parfois exécutée trop précocement en saison sèche, réduit la biomasse sèche végétale contenant le potassium à l'état de cendre sensible à l'érosion. Cette pratique est d'autant plus dommageable pour le K car, parmi les trois éléments majeurs (N, P, K), il est celui qui repose le plus sur la gestion des résidus de culture. Tous ces changements ont provoqué une augmentation des situations de carence potassique des cotonniers (Bednarz *et al.*, 1998). Ainsi, les déficiences potassiques de la culture cotonnière, autrefois rares et localisées, se sont généralisées à l'ensemble des zones cotonnières africaines (Crétenet *et al.*, 1994).

Au Burkina Faso, les symptômes de carence en potassium sur cotonnier deviennent de plus en plus fréquents et graves sur les exploitations agricoles de la zone cotonnière Ouest et particulièrement dans les systèmes de cultures coton- céréales (Dakouo, 1994). Ce facteur contribue pour une large part à la stagnation et parfois la baisse des rendements du cotonnier (Marquette, 1986).

La fertilisation potassique et la restitution des résidus de récolte sont deux facteurs constituant la plus importante source de potassium pour les cultures (Pieri et Olivier, 1986). Toutefois, les prix des engrais sont en hausse continue et les restitutions de résidus de culture

se heurtent souvent à des contraintes phytosanitaires qui recommandent le brûlis des résidus pour détruire les pathogènes et semences d'adventices.

### **3.2.3. Incidence des déficits nutritionnels en K sur la croissance, le développement et le fonctionnement du cotonnier**

De nombreuses études ont montré des variations génotypiques pour le cotonnier (Camberato et Jones, 2005 ; Clément-Bailey et Gwathmey, 2007). Cuin (2003). attribue la variabilité des réponses intra et interspécifiques à la capacité des plantes à substituer K par d'autres cations, à la capacité des plantes à mobiliser du potassium au niveau cellulaire et aux seins des différents organes, et enfin à la nature du système racinaire et au fonctionnement propre de chaque espèce. Les premiers signes de carence en potassium se marquent par l'apparition d'un jaunissement entre les nervures de la feuille de coton. Dans les premiers stades de la carence en potassium, les feuilles du cotonnier commencent à prendre une teinte plus foncée de vert puis elles deviennent tachetées de vert clair à marbrures d'or entre les nervures. Du fait que la carence en potassium continue à se développer, les feuilles au sommet continuent à virer à un vert jaunâtre observé sur les bords des limbes. Ensuite, elles commencent à brunir, pendant que la base des feuilles garde sa teinte normale. Au bout de 7-8 semaines du début de la carence, les feuilles ont un aspect rouge-brun et sont échaudées et frisées. La plupart des feuilles du bas ont encore une apparence normale (<http://southeastfarmpress.com/potassium-deficiency-problem-virginia-cotton> du 08/10/2010).

Un autre signe couramment observé sur les parties aériennes est une réduction de la biomasse sèche (Cassman *et al.*, 1989; Mullins *et al.*, 1994; Pettigrew et Meredith, 1997; Mallarino *et al.*, 1999 ). Cette réduction s'accompagne le plus souvent d'une réduction de la surface foliaire (Pettigrew et Meredith, 1997; Jordan-Meille et Pellerin, 2004, Reddy et Zao, 2005).

La carence en K ralentit la morphogénèse et diminue le nombre de feuilles produites, probablement à cause du rôle du K sur le transport des sucres, la turgescence, l'élasticité pariétale ou une combinaison de ces trois facteurs (Mengel et Arneke, 1982). La réduction de la surface foliaire peut aussi être liée à une réduction de la taille des cotonniers.

Il ressort de plusieurs études que les cotonniers carencés en potassium ont une photosynthèse par unité de surface réduite (Pier et Berkowitz, 1987; Bednarz *et al.*, 1998). Selon Longstreth et Nobel (1980) la première cause de cette réduction est attribuée au dysfonctionnement stomatique des plants carencés en K.

A la réduction simultanée de la surface foliaire et de la photosynthèse par unité de surface observées dans des conditions de carence en K s'ajoute une réduction des transports des assimilats à travers le phloème vers les organes hétérotrophes (Ashley et Goodson, 1972; Mengel et Viro, 1974; Cakmak *et al.*, 1994b). Tout ceci réduit ou ralentit considérablement la croissance des cotonniers.

Une carence en potassium provoque une réduction de la biomasse racinaire du cotonnier. Drew (1975) explique que ce déficit potassique induit une inhibition de la croissance des racines latérales en nombre et en taille sans affecter la croissance du pivot. Ce phénomène serait dû à une réduction du taux de croissance causée par une diminution de l'élongation et de la division cellulaire (Triboulot et Pritchard, 1997). La réduction du système racinaire entraîne une diminution de l'absorption des éléments et favorise donc l'apparition des troubles de croissance.

En somme les symptômes de déficiences en K observés sur les cotonniers se résument à l'apparition de nécroses sur les feuilles les plus âgées et de chloroses (jaunissement) sur le bord extérieur des feuilles suivies de brûlures et de brunissement, un ralentissement de la croissance et un rabougrissement (plantes chétives), une fragilisation des tiges et la formation de capsules et graines atrophiées ou ratatinées.

La carence en K est donc non seulement un facteur de perte de rendement mais aussi un facteur qui affecte la qualité de la fibre.

**DEUXIEME PARTIE:**

**ETUDE DE THEME**

## IV. MATERIEL ET METHODES

### 4.1. Matériel d'étude

#### 4.1.1. Sites d'étude

Cette étude a été conduite pendant deux années en 2009 et 2010 sur les stations de Farako-bâ et de Kouaré situées respectivement à l'Ouest et à l'Est du Burkina Faso.

La Station de recherches agricoles de Farako-bâ se situe à une altitude de 405 m avec 04° 20 Ouest de longitude et 11° 06 Nord de latitude. Le climat est de type Sud-soudanien (Guinko, 1984) avec une pluviométrie variant entre 950 et 1100 mm. Les précipitations sont concentrées sur la période de Juin à Septembre. On distingue deux saisons bien distinctes qui sont une saison pluvieuse de 5 à 6 mois allant de Mai à Octobre et une saison sèche qui va de Novembre à Avril. La figure 5 présente la pluviométrie enregistrée à Farako-bâ en 2009 et 2010. La quantité totale de pluies a été de 899,4 mm en 2009 contre 1280,5 mm en 2010 (Figure 4).

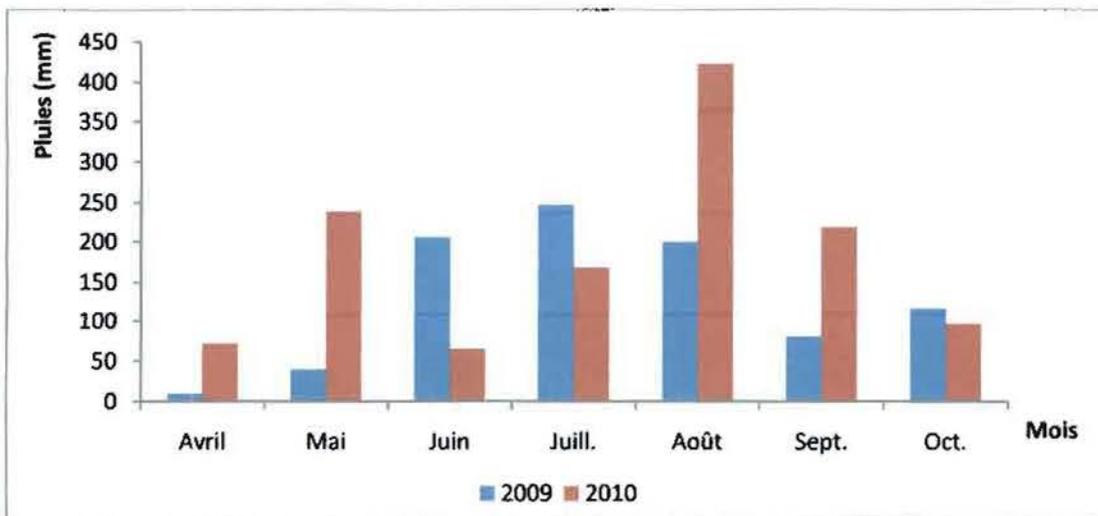
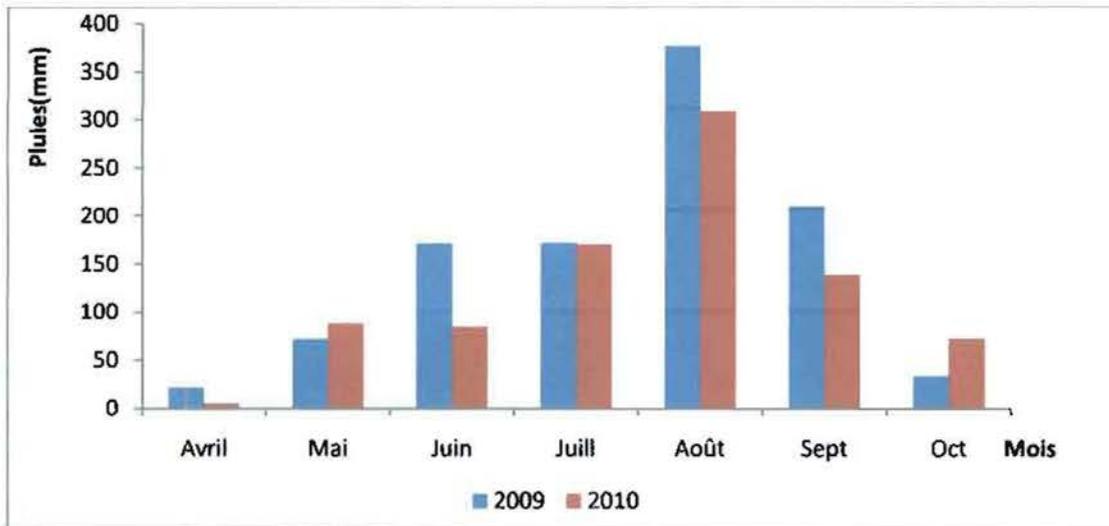


Figure 4. Pluviométrie de la station de Farako-bâ (2009 et 2010).

Le sol de Farako-bâ, de type ferrugineux tropical se caractérise par une pauvreté en argile et en matière organique (inférieure à 2%) et présente une texture à prédominance sablo-limoneuse avec une faible capacité d'échange cationique (CEC). Les réserves minérales sont très faibles. Le pH est acide. Les faibles teneurs en argile et matière organique présument un pouvoir absorbant limité. La teneur du potassium très faible sur le complexe absorbant suppose une carence en potassium dans ce sol. D'une façon globale, il apparait que le sol de Farako-bâ présente une déficience en potassium et un complexe argilo-humique ne pouvant pas assurer convenablement la rétention des minéraux (Tableau 2).

La station de recherches agricoles de Kouaré est à une latitude de 11° 59' Nord et une longitude de 0° 19' Est avec une altitude de 850m. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 800 mm. La saison des pluies commence généralement en mi-juin et se termine en septembre. A l'instar de la station Farako-bâ, la saison des pluies se caractérise par une irrégularité et une baisse des pluies couvrant trois mois dans l'année. La pluviométrie enregistrée en 2009 était de 1057,1 mm et de 867,9 mm en 2010 (Figure 5).



**Figure 5.** Pluviométrie de la station de Kouaré (2009 et 2010).

Le site de Kouaré présente des caractéristiques pédologiques similaires à celles de Farako-bâ avec toutefois quelques variantes. Le sol acide présente une texture sablo-limoneuse. Il est pauvre en matière organique et en argile. Le complexe absorbant est pauvre en éléments minéraux. La teneur en potassium est faible mais plus élevée qu'à Farako-bâ. La CEC et la SBE sont également faibles. Il apparaît que le sol de Kouaré est ferrugineux tropical et présente une déficience en potassium.

**Tableau 2.** Résultats des analyses de sols à Farako-Bâ en 2009 et 2010.

Caractéristiques	Horizons			
	P 430 S (2009)		P 440N (2010)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
<b>Granulométrie</b>				
Argiles (%)	6,50	14,00	23,75	31,50
Limons fins (%)	10,00	12,50	4,50	6,25
Limons grossiers (%)	32,60	25,35	27,74	9,08
Sables fins (%)	48,70	45,70	41,70	49,39
Sables grossiers	2,20	2,45	2,23	3,78
<b>Matière organique</b>				
C total (g/kg)	0,64	0,54	0,60	0,62
N total (g/kg)	0,052	0,049	0,059	0,065
C/N	12	11	10,00	10
<b>Phosphore</b>				
P. ass. (mg/kg P)	7,37	2,24	7,55	2,17
P. total (mg/kg P)	178	116	116	101
<b>Complexe absorbant</b>				
Ca <sup>++</sup> (cmol <sup>+</sup> /kg)	1,86	2,20	2,18	2,64
Mg <sup>++</sup> (cmol <sup>+</sup> /kg)	0,40	0,49	0,44	0,54
K <sup>+</sup> (cmol <sup>+</sup> /kg)	0,21	0,32	0,26	0,26
Na <sup>+</sup> (cmol <sup>+</sup> /kg)	0,06	0,09	0,07	0,07
SBE (cmol <sup>+</sup> /kg)	2,53	3,10	2,95	3,51
CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	3,11	4,34	3,99	4,88
V (%)	81	71	74	72
pH eau	5,04	4,78	5,16	5,26
<b>Acidité</b>				
(Al <sup>+++</sup> ) cmol <sup>+</sup> /kg	0,02	0,06	0,02	0,02
(H <sup>+</sup> ) cmol <sup>+</sup> /kg	0,06	0,04	0,06	0,04

#### **4.1.2. Matériel végétal**

Les variétés de cotonnier FK 37 et STAM 59A ont été utilisées respectivement à Farako-bâ et Kouaré. Ces deux variétés ont un port élané avec un nombre réduit de branches végétatives, des capsules ovoïdes avec une pilosité moyenne.

La variété FK 37 a un rendement potentiel de 3500 kg/ha de coton graine, un rendement égrenage (20 scies) de 43,4% et un poids moyen capsulaire de 5,5 g. La variété STAM 59 A se caractérise par un rendement potentiel de 3000 kg/ha, un rendement égrenage (20 scies) de 43,63% et un poids moyen capsulaire de 4,7 g.

#### **4.1.3. Fumure minérale**

La fertilisation minérale du cotonnier a été assurée par l'engrais coton NPKSB de formule 14-18-18-6S-1B, l'urée ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) à 46% d'azote et le chlorure de potassium (KCl) contenant 60% de  $\text{K}_2\text{O}$ .

#### **4.1.4. Les produits phytosanitaires**

La protection des cotonniers contre les ravageurs est assurée par l'utilisation des insecticides vulgarisés en culture cotonnière suivant un programme de traitements à trois fenêtres. Les produits utilisés sont l'AVAUNT 150 EC (Indoxacarb 150 g/l) pour la première fenêtre; le FURY P 212 EC (Zêta-Cyperméthrine 12 g/l + Profenofos 200 g/l) pour la deuxième fenêtre et enfin le CONQUEST 176 EC (Acetmipride 32 g/l + Cyperméthrine 144 g/l).

### **4.2. Méthodologie**

#### **4.2.1. Dispositif expérimental**

L'étude a été conduite suivant un dispositif statistique en blocs de Fischer avec 5 traitements en 2009 contre 6 traitements en 2010. Les traitements étudiés qui sont des doses de fumure potassique, ont été répétés 6 fois. La parcelle élémentaire est de 38,4 m<sup>2</sup> composés de 4 lignes de 12 m de long écartées de 0,80 m. La superficie totale de l'essai est 1152 m<sup>2</sup> en 2009 contre 1924 m<sup>2</sup> en 2010.

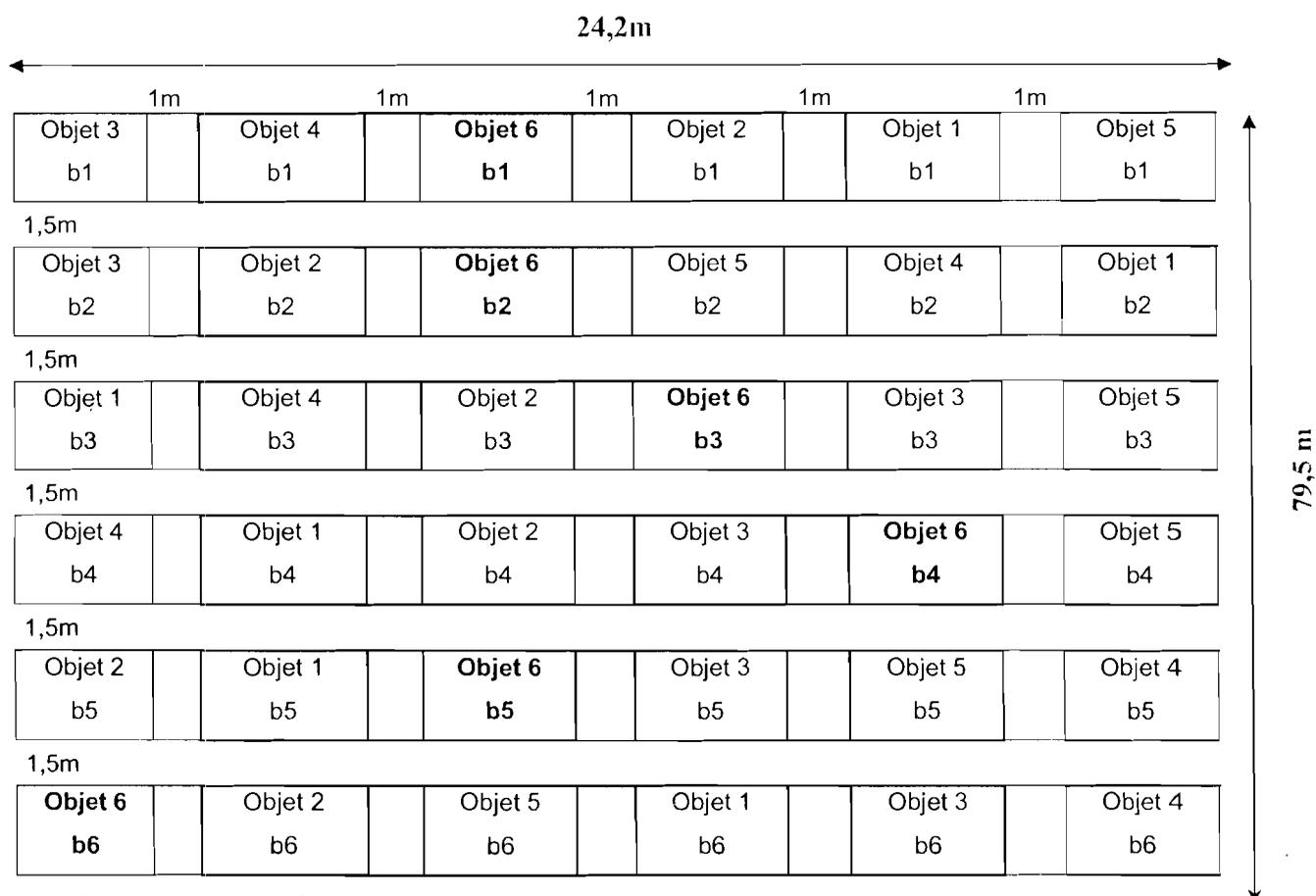


Schéma du dispositif expérimental

#### 4.2.2. Traitements comparés

L'essai mis en place en 2009 comportait 5 traitements représentant des doses de potassium notées de T1 à T5. Dans l'essai conduit en 2010, 6 traitements ont été comparés avec l'introduction d'une dose supplémentaire de potassium. Les traitements étudiés sont définis ainsi qu'il suit dans le tableau 4.

**Tableau 3.** Traitements étudiés

Traitements	Fumures appliquées	Potassium (K <sub>2</sub> O/ha)	
Traitements 2010**	Traitements 2009	T1- 150 kg/ha 14-18-18-6S-1B à 20 jal + 50 kg/ha urée à 40 jal (FV)*	27
		T2 – FV + 25 kg/ha de KCl à 40 jal	42
		T3 – FV + 50 kg/ha de KCl à 40 jal	57
		T4 – FV + 75 kg/ha de KCl à 40 jal	72
		T5 – FV + 100 kg/ha de KCl à 40 jal	87
		T6 – FV + 125 kg/ha de KCl à 40 jal	102

\*FV : fumure minérale vulgarisée au Burkina Faso ; jal : jours après levée.

\*\* Traitements 2010 = Traitements 2009 + T6

#### **4.2.3. Conduite de l'étude**

La préparation du sol a consisté à un labour à plat au tracteur suivi d'un hersage de la parcelle. Le semis du cotonnier est effectué à raison de 5 graines par poquet et les poquets sont écartés de 0,40 m. Les cotonniers sont démarrés à la levée à 2 plants par poquet, soit une densité théorique de 62500 plants/ha.

L'engrais coton 14-18-18-6S-1B a été appliqué selon les traitements définis plus haut à 20 jours après la levée (jal). L'urée et le KCl ont été apportés à 40 jal. Ces engrais sont placés dans une raie tracée le long de la ligne de semis avant d'être enfouis. L'entretien des essais contre les mauvaises herbes à nécessité une application d'herbicide et des sarclages manuels à la demande. La protection des cotonniers contre les ravageurs est assurée par l'utilisation des insecticides vulgarisés en culture cotonnière suivant un programme de traitements à trois fenêtres.

#### **4.2.4. Protection phytosanitaire du cotonnier**

La protection phytosanitaire a été assurée par l'utilisation des insecticides vulgarisés en culture cotonnière selon un programme de traitement à trois fenêtres. Le premier traitement est réalisé à partir de 30 jours après la levée et les intervalles entre les traitements sont d'environ 14 jours.

#### **4.2.5. Prélèvements de sol**

Les échantillons de sols sont prélevés sur les deux diagonales de l'essai avant la mise en place. Sur chaque diagonale, 8 points de prélèvements sont réalisés aux profondeurs de 0-20 cm et de 20-40 cm qui constituent après mélange un échantillon composite par profondeur. Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont analysées au laboratoire du BUNASOLS.

#### **Paramètres évalués**

##### **✓ Evaluation de la hauteur des cotonniers**

L'évolution de croissance végétative a été évaluée par la mensuration de 10 plants choisis au hasard sur deux lignes à 30, 60, 90 et 150 jours après la levée des cotonniers.

##### **✓ Evaluation de la densité des cotonniers**

La densité du peuplement est déterminée à 30, 50, 100 et 150 jas par le comptage du nombre de plants sur chaque parcelle utile.

### ✓ **Caractérisation de l'architecture du cotonnier**

Une caractérisation des cotonniers a été réalisée les 50, 80, 100 et 120 jours après semis par le plant mapping. Cette observation permet d'évaluer le potentiel de production des cotonniers à partir des organes fructifères à la récolte.

A la récolte, un plant mapping est réalisé avec une récolte de la production par position dans laquelle les branches suivantes sont définies:

- Le nombre de capsules sur les branches végétatives (*Cap B Vég*).
- nombre de capsules sur les branches fructifères en 1<sup>ère</sup> position du 1<sup>er</sup> nœud au dessus de la dernière branche végétative vers le haut, au 5<sup>e</sup> nœud (*B-F 1-5*).
- nombre de capsules sur les branches fructifères en 1<sup>ère</sup> position du 6<sup>e</sup> nœud au dessus de la dernière branche végétative vers le haut, au 10<sup>e</sup> nœud (*B-F 6-10*).
- nombre de capsules sur les branches fructifères en 1<sup>ère</sup> position du 11<sup>e</sup> nœud au dessus de la dernière branche végétative vers le haut, au 15<sup>e</sup> nœud (*B-F 11-15*).
- nombre de capsules en position 2 sur les branches fructifères du cotonnier (*Cap en P2*).
- nombre de capsules en position 3 sur les branches fructifères du cotonnier (*Cap en P3*).

Cette opération est effectuée à 150 jas sur 10 plants par parcelle élémentaire soit 360 plants sur l'essai.

### ✓ **Le mapping récolte**

Cette opération donne une cartographie plus détaillée du cotonnier. Elle donne le nombre de nœud, les dimensions entre les nœuds, la dimension des 5 derniers entre-nœuds, la hauteur du plant, le nombre de capsules vertes, ouvertes, tombées et attaquées, le nombre de branches végétatives. Elle est réalisée à 120 et 150 jas sur 5 plants par parcelle élémentaire soit 180 plants sur l'essai.

### ✓ **Evaluation des rendements**

La récolte a été faite sur la parcelle utile de 2 lignes de 10 m. Le coton graine a été conservé puis regroupé par objet à la fin des récoltes pour égrenage. Les rendements à l'hectare ont été calculés et comparé statistiquement au niveau de chaque essai. Les composantes du rendement tels que le nombre et le poids de capsules, le poids moyen capsulaire, le poids sec des tiges ont été déterminées. Les caractéristiques technologiques de la fibre telles que le micronaire, la ténacité, l'élongation et l'indice de jaune ont été déterminées après égrenage au rouleau à la Chaîne HVI de la SOFITEX.

#### **4.2.6. Analyses statistiques des données**

Les analyses statistiques des données collectées ont été réalisées au moyen du logiciel XLSTAT 2007. Le test de Fisher a été utilisé pour la séparation des moyennes lorsque l'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 5%.

## V.RESULTATS ET DISCUSSION

### 5.1. Résultats

#### 5.1.1. Evaluation de l'effet des apports de potassium sur les rendements du cotonnier

##### 5.1.1.1. Effets des fumures sur les rendements en coton graine

Sur les sites de Farako-bâ et de Kouaré, les fumures appliquées ont diversement influencé les rendements en coton graine en 2009 (Tableau4). Il ressort que les apports de doses croissantes de potassium associées à la fumure minérale vulgarisée (T1) améliorent les rendements en coton graine.

**Tableau 4.** Rendements coton graine en 2009

Traitements	Farako-bâ		Kouaré	
	Rdt (kg/ha)	Indice(%)	Rdt (kg/ha)	Indice(%)
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	1118 b	100	1211	100
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	1220 ab	109	1270	105
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	1307 ab	117	1303	108
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	1374 a	123	1281	106
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	1401 a	125	1332 a	110
F de Fisher	2,2		0,36	
Probabilité (5%)	0,02		0,833	
Signification	s		ns	

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif.

Comparativement à Kouaré, la réponse du sol aux apports de potassium en 2009 a été meilleure à Farako-bâ. Les doses de 75 et 100 Kg/ha de KCl associées à la fumure minérale (T4 et T5) augmentent significativement le rendement en coton par rapport à la fumure minérale vulgarisée seule (T1). Les rendements augmentent de 9, 17, 23 et 25% respectivement avec 25, 50, 75 et 100 kg/ha de KCl associés à la fumure minérale vulgarisée. Cela se traduit par des suppléments de production de 102 à 283 kg/ha de coton graine. En revanche, à Kouaré, on observe une faible réponse aux apports de potassium qui améliorent néanmoins les rendements de 5 à 10%. Dans ce cas, l'accroissement des rendements n'est que de 59 à 121 kg/ha de coton graine par rapport à la fumure minérale (T1).

En 2010, on note également à une faible réponse du sol aux apports de potassium à Kouaré avec cependant des augmentations de rendement assez importantes. A Farako-bâ, les

rendements sont améliorés de 10 à 24%. La dose de 50 kg/ha de KCl (T3) permet d'obtenir le meilleur rendement (Tableau5). Les suppléments obtenus varient de 109 à 248 kg/ha par rapport à la fumure minérale vulgarisée (T1). A Kouaré, avec des accroissements de 71 à 150 kg/ha, les doses de 75 et 100 kg/ha de KCl (T4 et T5) présentent les meilleures efficacités sur les rendements en coton graine.

**Tableau 5.** Rendements coton graine en 2010

Traitements	Farako-bâ		Kouaré	
	Rdt (kg/ha)	Indice (%)	Rdt (kg/ha)	Indice (%)
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	1055	100	1835	100
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	1164	110	1934	105
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	1303	124	1965	107
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	1221	116	1983	108
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	1251	119	1985	109
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	1276	121	1906	104
F de Fisher	0,663		0,414	
Probabilité (5%)	0,656		0,832	
Signification	ns		ns	

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s: significatif ; ns: non significatif.

### 5.1.1.2. Effets des fumures potassiques sur le rendement fibre et le seed index

Suite aux apports de potassium, le tableau indique une amélioration du rendement égrenage et du seed index par rapport à la fumure vulgarisée en 2009.

**Tableau 6.** Rendement fibre et Seed index en 2009

Traitements	Rendement Fibre (%)		Seed Index (g)	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	44,01 ab	42,34	7,64 ab	7,66 b
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	43,56 b	42,17	7,68 ab	7,67 b
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	44,40 ab	42,17	7,58 ab	7,76 ab
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	44,93 a	41,85	7,37 b	7,77 ab
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	44,72 a	42,20	7,99 a	8,19 a
F de Fisher	2,685	0,221	2,067	1,62
Probabilité (5%)	0,008	0,924	0,009	0,037
Signification	s	ns	s	s

s: significatif; ns: non significatif. Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher. \*Seed index = poids de 100 graines de coton exprimé en g.

Ces améliorations sont obtenues avec la plus forte dose de potassium qui était de 100 kg/ha en 2009. Les rendements égrenage à Farako-Bâ (43,56 à 44,93%) sont nettement supérieurs à ceux obtenus à Kouaré (41,85 à 42,34%) mettant ainsi en évidence un écart de 2 points entre les variétés FK 37 et STAM 59 A, respectivement utilisées sur ces deux sites. Les apports de potassium n'influencent pas le rendement égrenage mais semblent améliorer le seed index en 2009.

Les apports de potassium n'ont pas influencé le rendement fibre et le seed index en 2010 (Tableau 7). Les rendements égrenage obtenus varient de 46,53 à 48,14% à Farako-Bâ et de 43,9 à 45,2% à Kouaré (Tableau 7). Ces valeurs du rendement égrenage indiquent un écart de 3 points entre la STAM 59 A cultivée à Kouaré et la FK 37 à Farako-bâ. Les valeurs du seed index allant de 7,1 à 8,2 g sont comparables sur les deux sites et correspondent à la norme généralement observée dans nos conditions de culture.

**Tableau 7.** Rendement fibre et Seed index en 2010

Traitements	Rendement Fibre (%)		Seed Index (g)	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	47,06	45,20	7,89	7,29
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	48,14	45,01	7,70	7,13
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	47,70	43,94	7,74	7,55
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	47,28	43,91	7,82	7,21
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	46,53	44,86	7,88	7,14
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	47,15	44,59	7,83	7,25
F de Fisher	0,498	1,133	0,257	0,744
Probabilité (5%)	0,774	0,365	0,933	0,596
Signification	ns	ns	ns	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s: significatif, ns: non significatif.\*Seed index = poids de 100 graines de coton exprimé en g.

### 5.1.1.3. Effet du potassium sur la répartition de la production en coton graine par cotonnier.

L'appréciation de la variation de la production de coton graine par cotonnier est nécessaire pour mieux apprécier l'effet des doses de potassium.

Il ressort du tableau 8 que les apports de doses croissantes de potassium associées à la fumure minérale vulgarisée (T1) n'améliorent pas significativement la production de coton

graine des branches végétatives sur le site de Farako-bâ en 2010. Ces apports de potassium entraînent néanmoins sur les branches végétatives une augmentation du poids de coton graine de 1,03 à 1,82 g soit un accroissement de 22 à 39%.

**Tableau 8.** Répartition de la production de coton graine (en g) par cotonnier à Farako-bâ en 2010.

Traitements	Cg BV	BF-1 à 5	BF-6 à 10	BF-11 à 15	Cap. P2	Cap. P3
	Coton graine en g					
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	4,74	15,47 ab	5,53	0,00	4,85 b	1,65
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	5,82	15,61 ab	6,05	0,00	6,04 ab	2,21
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	6,42	15,99 ab	7,45	2,35	6,64 ab	2,32
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	5,77	17,08 a	7,15	0,81	5,38 ab	3,28
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	6,56	15,35 ab	6,38	1,34	6,00 ab	3,19
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	6,43	14,95 b	6,62	0,20	7,401 a	4,02
F de Fisher	0,438	1,36	0,948	0,824	1,185	0,464
Probabilité (5%)	0,818	0,024	0,465	0,542	0,034	0,8
Signification	ns	s	ns	ns	s	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif.

*Cg BV*: Coton graine des capsules situées sur les Branches Végétatives

*BF-1 à 5*: Coton graine des capsules situées en position 1 sur les Branches Fructifères 1 à 5

*BF-6 à 10*: Coton graine des capsules situées en position 1 sur les Branches Fructifères 6 à 10

*BF-11 à 15*: Coton graine des capsules situées en position 1 sur les Branches Fructifères 11 à 15

*Cap. P2*: Coton graine des capsules situées en position 2 sur les Branches Fructifères

*Cap. P3*: Coton graine des capsules situées en position 3 sur les Branches Fructifères

Par contre, une meilleure réponse aux apports de suppléments de potassium est observée sur la production des branches fructifères à Kouaré avec les apports de 25 et 50 kg/ha de KCl (T2 et T3) (Tableau 9). Cette influence du potassium s'est traduite par des suppléments de production de 5,16 à 17,16 g de coton graine par plant soit une amélioration de 25 à 83% comparativement à la fumure vulgarisée (T1).

En 2010, les fumures appliquées influencent significativement la production de coton graine en position 1 sur les branches fructifères. Les productions de coton graine des 5 premières branches fructifères (BF 1-5) sont significativement améliorées aussi bien à Farako-Bâ qu'à Kouaré (Tableaux 8 et 9). Cette production des branches fructifères 1 à 5 passe de 0,14 à 1,61 g de coton graine à Farako-Bâ où les apports de 50 et 75 kg/ha de KCl (T3 et T4)

donnent les meilleurs accroissements. En revanche, des productions de coton graine avec 100 et 125 kg de KCl sont inférieures à celle obtenue avec le traitement témoin (T1) apportant la fumure minérale vulgarisée seule (Tableau 9).

A Kouaré, la réponse du sol aux apports de suppléments de potassium est optimale avec l'apport de 50 kg/ha de KCl (T3). Par rapport à la fumure minérale seule, les augmentations de production de coton en position 1 des branches fructifères 1-5 sont de 32, 37, 27, 36 et 18% respectivement pour 25, 50, 75, 100 et 125 kg/ha de KCl (Tableau 9). Il ressort également que la dose de 125 kg/ha de KCl (T6) n'augmente pas de façon significative la production de coton graine des BF1-5 par rapport au témoin T1.

**Tableau 9.** Répartition de la production de coton graine (en g) par cotonnier à Kouaré.

Traitements	Cg B.V	BF-1 à 5	BF-6 à 10	BF-11 à 15	Cap. P2	Cap. P3
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	20,67 b	55,83 b	84,33 b	27,50	102,83	41,83
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	25,83 ab	74,00 ab	86,17 ab	29,83	116,83	37,17a
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	37,83 a	76,83 a	88,67 ab	44,00	118,67	37,50
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	18,50 b	70,83 ab	102,33 a	45,33	112,67	30,50
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	15,83 b	76,00 a	93,17 ab	34,83	111,83	37,50
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	16,33 b	65,83 ab	84,83 b	32,00	101,67	41,17
F de Fisher	3,207	1,53	1,34	1,07	0,463	0,448
Probabilité (5%)	0,002	0,028	0,041	0,4	0,801	0,811
Signification	s	s	s	ns	ns	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif

*Cg BV*: Coton graine des capsules situées sur les Branches Végétatives

*BF-1 à 5*: Coton graine des capsules situées en position 1 sur les Branches Fructifères 1 à 5

*BF-6 à 10*: Coton graine des capsules situées en position 1 sur les Branches Fructifères 6 à 10

*BF-11 à 15*: Coton graine des capsules situées en position 1 sur les Branches Fructifères 11 à 15

*Cap. P2*: Coton graine des capsules situées en position 2 sur les Branches Fructifères

*Cap. P3*: Coton graine des capsules situées en position 3 sur les Branches Fructifères

Les branches fructifères situées entre le 6<sup>e</sup> et le 10<sup>e</sup> nœud ainsi que celles entre le 11<sup>e</sup> et le 15<sup>e</sup> nœud (Tableau 8 et 9) présentent des réponses similaires aux apports supplémentaires de potassium. En effet, on assiste à une augmentation du poids de coton graine au fur et à mesure que la dose de potassium augmente. Pour le site de Farako- Bâ, la meilleure production est observée avec la dose de 50 kg/ha de KCl (T3) contre 75 kg/ha de KCl à

Kouaré (T4). L'influence des fumures appliquées sur les BF 6-10 se traduit par des améliorations de production de coton graine allant de 9 à 35% et de 2 à 21% par rapport à la fumure vulgarisée, respectivement pour Farako-bâ et Kouaré.

En revanche, la production de coton graine en positions 2 et 3 sur les branches fructifères est améliorée par les doses croissantes de KCl. A Farako-Bâ les meilleurs résultats sont obtenus avec la dose de 125 kg/ha de KCl. De façon générale, il ressort que 75% de la production de coton graine est fournie par les capsules des branches fructifères en position 1 et 2 aussi bien à Kouaré qu'à Farako-Bâ.

### 5.1.2. Effets des fumures sur la production de capsules et le poids moyen capsulaire.

L'examen du tableau 10 indique que par rapport à la fumure vulgarisée (T1), les apports additionnels de potassium permettent d'améliorer la production de capsules sur les deux sites de Kouaré et Farako-bâ en 2009.

**Tableau 10.** Nombre de capsules récoltées/ha et poids moyen capsulaire en 2009

Traitements	Nombre de capsules/ha		PMC (g)	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	270703 b	274922	4,13	4,41
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	290000 ab	304563	4,22	4,17
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	276641 b	302109	4,77	4,32
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	287750 b	286406	4,80	4,48
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	319688 a	302109	4,39	4,39
F de Fisher	3,096	1,066	1,102	0,498
Probabilité (5%)	0,044	0,406	0,388	0,738
Signification	s	ns	ns	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif

PMC: Poids Moyen Capsulaire

A Farako-bâ, les effets des fumures sont significatifs sur le nombre de capsules récoltées contrairement à Kouaré. En 2010, les traitements ne présentent pas de différences significatives sur le nombre de capsules récoltés pour l'ensemble des deux sites (Tableau 11).

**Tableau 11.** Nombre de capsules récoltées/ha et poids moyen capsulaire en 2010

Traitements	Nombre de capsules/ha		PMC (g)	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	307031	446719	3,43	4,14
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	336849	467188	3,45	4,15
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	340521	450313	3,81	4,38
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	332500	460208	3,65	4,30
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	321979	465859	3,88	4,28
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	338411	460391	3,83	4,21
F de Fisher	0,311	0,074	0,965	0,218
Probabilité (5%)	0,901	0,995	0,461	0,949
Signification	ns	ns	ns	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif.

PMC: Poids Moyen Capsulaire

De façon générale, le nombre de capsules augmente de 2 à 18% et de 4 à 11%, respectivement à Farako-Bâ et Kouaré pour la campagne 2009. Cette augmentation est de 5 à 11% et 1 à 5% en 2010 pour les mêmes sites. Les meilleurs résultats sont obtenus par la dose de 50 kg/ha de KCl (T3) à Farako-Bâ et celle de 75 kg/ha de KCl (T4) à Kouaré.

Sur les deux sites d'étude, les fumures appliquées n'ont pas influencé le poids moyen capsulaire qui est un paramètre génétique peu influencé. Les poids moyens capsulaires dont les valeurs sont comprises entre 3,43 et 4,80 g sont statistiquement homogènes pour toutes les fumures (Tableau 10 et 11) avec toutefois une infériorité des valeurs pour le site de Farako-bâ en 2010. Aucune amélioration n'a été observée avec l'association des doses de potassium à la fumure minérale vulgarisée.

### 5.1.3. Influence du potassium sur les caractéristiques technologiques de la fibre

La fertilisation vise l'accroissement des rendements coton graine mais aussi l'amélioration de la qualité de la fibre. L'indice micronaire, la ténacité, l'élongation et l'indice de jaune sont des paramètres qui permettent d'apprécier la qualité de la fibre. L'influence des apports de potassium est significative sur la plupart de ces paramètres (Tableau 12).

**Tableau 12.** Caractéristiques technologiques de la fibre en 2010.

Traitements	Micronaire		Ténacité (g/tex)		Elongation (%)		Indice Jaune(+b)	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
T1- FV	4,20 ab	3,53 ab	33,83	28,92 c	6,72	6,87 b	7,35	7,67 b
T2-FV+25kg	4,30 ab	3,66 a	33,07	30,32 bc	6,78	7,29 ab	7,84	7,97 ab
T3-FV+50kg	4,09 b	3,41 ab	32,19	30,72 bc	7,01	7,15 ab	7,62	7,73 b
T4-FV+75kg	4,30 ab	3,27 b	33,17	33,02 a	7,06	7,18 ab	7,34	7,77 b
T5-FV+100kg	4,36 ab	3,30 ab	33,20	31,99 ab	6,68	7,54 a	7,41	7,67 b
T6-FV+125kg	4,40 a	3,39 ab	32,58	30,37 bc	6,89	7,15 ab	7,41	8,38 a
F de Fisher	1,119	1,27	0,585	3,96	0,728	1,531	0,932	2,51
Probabilité (5%)	0,05	0,042	0,711	0,005	0,608	0,012	0,474	0,01
Signification	s	s	ns	s	ns	s	ns	s

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s: significatif; ns: non significatif.

FV: fumure vulgarisée

Le micronaire est un paramètre qui permet la détermination de la finesse de la fibre. Pour l'année 2010, à Farako-bâ, la dose de 125kg/ha de KCl(T6) donne la plus grande finesse comparativement à la fumure vulgarisée. Les variations de la finesse (4,09 à 4,40) permettent des augmentations de 2 à 8%, ce qui traduit une bonne réponse du sol aux apports de potassium. Le site de Kouaré en 2010 indique des valeurs micronaire inférieures (3,27 à 3,66) à celles de Farako-bâ. Toutefois l'apport du potassium permet des augmentations de 1 à 12% par rapport à la fumure minérale.

La ténacité désigne la résistance à la rupture de la fibre. Le potassium n'a pas d'effets significatifs sur la ténacité de la fibre à Farako-bâ contrairement au site de Kouaré où elle est améliorée par le potassium en 2010. La variation de la ténacité en réponse aux différentes fumures est de 5 à 14%. La ténacité est meilleure avec la dose de 75kg/ha de KCl (T4). La ténacité (32,19 à 33,83 g/tex) à Farako-bâ est supérieure à celle de Kouaré (28,92 à 33,02 g/tex).

L'élongation ou allongement de la fibre est un caractère variétal. La longueur de la fibre a une grande influence sur la ténacité. La longueur des fibres ne présente pas de grandes variations à Farako-bâ. A Kouaré en revanche des variations significatives sont observées. Ces allongements varient de 4 à 10%. L'élongation est maximale avec la fumure de 87 K<sub>2</sub>O/ha (T5) à Kouaré et celle de 72 K<sub>2</sub>O/ha (T4) à Farako-bâ. De façon générale, l'allongement de la fibre est homogène pour les deux sites.

L'indice de jaune correspond à la teinte de la fibre de coton. Un indice de jaune (+b) supérieur à 10 est une indication de jaunissement de la fibre. A Farako-bâ, la coloration semble homogène alors qu'il varie significativement à Kouaré avec une amélioration de 0 à 9% par rapport à la fumure minérale vulgarisée. La meilleure réponse du sol aux apports de potassium est observée sous le traitement T6 à Kouaré.

#### 5.1.4. Evolution de la densité des cotonniers à la récolte

La densité est l'un des facteurs qui influencent fortement sur la production de coton graine au champ. Le tableau 13 indique que la densité des cotonniers sur les deux sites est statistiquement homogène pour tous les traitements bien qu'elle soit inférieure à la densité théorique de 62.500 plants/ha. Les variations du rendement et de ses composantes observées sous les traitements ne seront que pour une faible part liées à la densité. Les différentes pertes de densité s'expliquent par les opérations d'entretien de la culture telles le sarclage, le buttage. Les densités des cotonniers les plus faibles observées à Kouaré résultent des difficultés pluviométriques plus marquées durant l'installation de la culture.

**Tableau 13.** Densité des cotonniers à la récolte.

Traitements	2009		2010	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
	Plants/ha			
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	52279 a	47591 a	59635 a	54861 a
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	52865 a	49792 a	59896 a	56467 a
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	53646 a	47786 a	59635 a	54948 a
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	53802 a	47852 a	59635 a	55946 a
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	55677 a	46289 a	58941 a	56641 a
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	-	-	56944 a	55425 a
F de Fisher	0,15	0,49	0,7109	0,501
Probabilité (5%)	0,961	0,743	0,6200	0,773
Signification	ns	ns	ns	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher. ns: non significatif.

#### 5.1.5. Effets des fumures sur la production de matière sèche des cotonniers.

La production de matière sèche n'est pas significativement améliorée par les traitements à Kouaré contrairement à Farako-bâ. On observe une augmentation de la production de matière sèche avec l'accroissement des doses de potassium (Tableau 14).

**Tableau 14.** Production de matière sèche des cotonniers à la récolte

Traitements	2009		2010	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
	kg/ha			
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	1849 b	1761	1126 b	3805
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	2038 ab	1815	1196 b	3289
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	2160 ab	1909	1646 a	3260
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	2236 ab	2195	1382 ab	3527
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	2603 a	1980	1487 ab	3339
T6 - FV + 125 kg/ha KCl	-	-	1332 ab	3473
F de Fisher	1,37	0,807	2,368	0,947
Probabilité (5%)	0,041	0,539	0,018	0,479
Signification	s	ns	s	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif.

Sur le site de Farako-bâ, par rapport au témoin qui est la fumure minérale vulgarisée seule, les améliorations de la production de matière sèche par les apports de potassium sont de 189 à 754 kg/ha en 2009 et de 70 à 520 kg/ha en 2010.

#### 5.2.6. Effets des fumures sur la croissance des cotonniers.

Les doses de potassium appliquées n'influencent pas de façon significative les hauteurs des cotonniers à la récolte (Tableau 15). La croissance végétative des cotonniers à Farako-bâ a été plus importante qu'à Kouaré en 2009 contrairement à 2010. Par rapport au témoin (T1), une faible amélioration de la hauteur des cotonniers est observée avec les apports de potassium.

**Tableau 15.** Hauteurs des cotonniers à la récolte (cm)

Traitements	2009		2010	
	Farako-bâ	Kouaré	Farako-bâ	Kouaré
	cm			
T1 - Fumure vulgarisée (FV)	114,5	102,1	143,8	154,1
T2 - FV + 25 kg/ha KCl	123,8	106,2	144,2	156,6
T3 - FV + 50 kg/ha KCl	118,8	99,8	146,1	155,2
T4 - FV + 75 kg/ha KCl	123,3	105,9	145,1	157,9
T5 - FV + 100 kg/ha KCl	129,2	106,3	145,8	156,8
T6 - FV + 125 kg/ha KCl			147,1	158,1
F de Fisher	1,048	0,800	0,128	0,917
Probabilité (5%)	0,412	0,537	0,985	0,483
Signification	ns	ns	ns	ns

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne sont statistiquement équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher; s : significatif ; ns : non significatif.

## 5.2. Discussion

Les résultats ont montré une amélioration des rendements en coton graine par l'apport de potassium ce qui traduit une bonne réponse des sols à cet élément (Girma *et al.*, 2007). Durant ces deux années, l'amélioration des rendements coton graine suite aux apports de potassium a été plus importante à Farako-Bâ qu'à Kouaré. L'efficacité des apports du potassium plus marquée à Farako-bâ, dénote une meilleure réponse à cause probablement de l'exploitation continue du sol depuis près de 20 années qui l'a appauvri surtout en potassium. En revanche, sur le site de Kouaré où les sols sont nouvellement mis en culture, la déficience en potassium est peu marquée ce qui pourrait expliquer une faible réponse aux apports de potassium. L'état de dégradation chimique du sol rapporté par Snyder *et al.* (2005), peut être évoqué pour expliquer une meilleure réponse du sol au potassium notamment à Farako-bâ, le potassium étant un facteur limitant de la production d'après Marquette (1986).

Par ailleurs, les différences d'efficacité sur les rendements du potassium sur les deux sites pourraient s'expliquer par le régime pluviométrique très différent pendant ces deux années. La mobilisation et l'absorption du potassium sont surtout liées à sa disponibilité dans le sol et l'intensité de la pluviométrie (Van Wambeke, 1970; Farina *et al.*, 1972; Velly, 1972; Poss *et al.*, 1997). De ce fait, la pluviométrie qui a été plus abondante sur le site de Farako-bâ serait favorable à une meilleure absorption du potassium permettant d'améliorer les rendements en coton graine.

L'amélioration des rendements par le potassium sur les sites de Farako-bâ et Kouaré serait imputable au développement du système racinaire et à la régulation du bilan hydrique (Dietrich *et al.*, 2001). Une bonne alimentation en potassium favorise la formation de capsules par la mobilisation des sucres et des protéines vers les capsules. Les traitements ont influencé le nombre de branches fructifères ainsi que le nombre et le poids de capsules des branches fructifères qui a augmenté avec les apports de potassium associés à la fumure minérale vulgarisée. Cet accroissement des rendements par les doses croissantes de potassium se traduit par une augmentation de la production de capsules et de la matière sèche résultant d'une légère amélioration de la croissance végétative des cotonniers. Cette forte production de matière sèche nécessite une importante mobilisation des nutriments par les organes végétatifs qui sont les tiges de cotonnier dont l'exportation peut entraîner de bilans déficitaires en potassium (Poss *et al.*, 1997; Fao, 2006; Koulibaly *et al.*, 2009). L'examen des productions de coton graine par cotonnier montre avec les apports de potassium une amélioration de ces

productions au niveau des branches végétatives mais surtout sur les branches fructifères en position 1. La variation de la charge en capsules des branches végétatives et des branches fructifères des cotonniers expliquerait les augmentations de rendements par les doses de potassium (Girma *et al.*, 2007).

Cependant, les plus importantes augmentations de rendements ont été obtenues avec les compléments de 50 et 75 kg/ha de KCl ce qui suggère que ces doses apportent les quantités de potassium nécessaire à une bonne nutrition des cotonniers (Dakouo, 1994). En revanche, les compléments de 100 et 125 kg/ha de KCl ont parfois peu amélioré les rendements et semblent parfois induire un effet dépressif (Baucr *et al.*, 1998; Girma *et al.*, 2007). Le potassium assure des fonctions très importantes comme la stimulation et l'augmentation de la floraison ainsi que l'accélération du processus de maturation des organes fructifères (Fao, 2006). L'efficacité limitée des doses de potassium à Farako-bâ et Kouaré pourrait être aussi être attribuée à l'érosion ou à un lessivage des nutriments entraîné par l'excès d'eau résultant d'une importante pluviométrie enregistrée en 2010. Les sols des deux sites étant ferrugineux et se caractérisant par une faible réserve utile et un pouvoir absorbant limité (faible teneur en argile et humus), il est probable que les pluies provoquent des lixiviations (Barber, 1979). Les pertes de potassium par lixiviation sont plus importantes pour les sols ayant reçu des fumures les plus élevées ce qui suggère de réduire les apports d'engrais potassiques dans ces sols.

Richard (1974) a montré qu'indépendamment de l'avancement du cycle cultural, la carence en potassium est en étroite relation avec le cumul des pluies d'une saison de culture. Les résultats des caractéristiques technologiques de la fibre indiquent une amélioration du micronaire par les doses de 50 et 75 kg/ha de KCl qui se révèlent de ce fait plus adaptées dans les conditions de culture des zones cotonnières est et ouest du pays. Le potassium assure une bonne croissance végétative, une bonne maturation des capsules ainsi qu'une amélioration de la ténacité, de la finesse et de l'élongation de la fibre d'où son intérêt par rapport à la fumure minérale vulgarisée seule.

## CONCLUSION GENERALE

La présente étude menée sur des sols ferrugineux pauvres a montré que la fertilisation potassique améliore les rendements en coton graine et les caractéristiques technologiques de la fibre de coton. Cette amélioration des rendements dépend de l'état de dégradation chimique du sol. La réponse aux doses de potassium est d'autant meilleure que le sol est déficient en potassium tel que observé sur le site de Farako-bâ. Les doses additionnelles de potassium à la fumure minérale vulgarisée ont accru les rendements de 289 kg/ha de coton graine par rapport à la fumure minérale vulgarisée. La production de matière sèche a également été améliorée.

L'effet du potassium sur les cotonniers s'est traduit par une bonne croissance végétative, une augmentation en nombre et en taille des feuilles, une augmentation du nombre de branches fructifères et des capsules, une précocité de la maturation des capsules. En outre, des caractéristiques technologiques à savoir la ténacité, l'élongation, le micronaire et l'indice de jaune ont été améliorées considérablement par le potassium.

Il convient de signaler que l'influence du potassium sur les cotonniers est variable et dépend pour une grande part de la nature et des caractéristiques du sol car la teneur du sol en éléments fins qui est un facteur influant non seulement la vitesse de transfert du potassium, mais aussi sur la détermination du nombre de sites d'échange de cet élément dans le sol peut être à l'origine d'une carence aiguë en potassium (Welch *et al.*, 1961; Barbier, 1962; Forestier, 1964; Felipe-Morales et Hanotieux, 1971). Ainsi, sur un sol à carence prononcée en potassium (Farako-bâ), l'effet du potassium suite à des apports de doses supplémentaires de KCl est plus nette sur les cotonniers et se résume principalement à une augmentation des rendements coton graine et matière sèche et une relative amélioration de la qualité de la fibre. Par contre sur un sol à carence modérée en potassium (Kouaré), les apports additionnels de doses de potassium entraînent une amélioration plus importante de la qualité des fibres sans pour autant avoir un effet véritable sur les rendements coton graine et matière sèche.

S'agissant de la dose de potassium qui semble induire les meilleurs accroissements, il ressort que sur les deux sites ces doses oscillent entre 50 et 75 kg/ha de KCl. Au delà de ces doses, un apport de potassium ne produit pas d'amélioration et tend au contraire à donner des rendements significativement équivalents à ceux obtenus par la fumure minérale vulgarisée. S'il est avéré que la fertilisation potassique ainsi que son intensification est incontournable dans la culture cotonnière (Snyder *et al.*, 2005), il paraît légitime de relever qu'une fumure minérale exclusive entraîne une acidification rapide du sol et que les apports de doses croissantes d'engrais minéraux de façon générale sont loin de contrer une dégradation

accentuée du sol et produisent au contraire une baisse de rendement. L'alternative d'associer des restitutions organiques à la fumure minérale vulgarisée paraît nécessaire pour une valorisation de la fumure minérale. Les sols de la zone cotonnière ouest et est du Burkina Faso présentent des teneurs en argile et matière organique très faibles, cette association de la fumure minérale aux restitutions organiques permettra de voir sous un autre angle l'influence du potassium sur les cotonniers.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acquaye D. K., MacLean A. J. et Rice H. M., 1967.** Potential and capacity of potassium in some representative soils of Ghana. *Soil Science* vol. 103-2. pp. 79-89.
- Aïssa A.D. et Mhiri A., 2002.** « La fertilisation phospho-potassique des céréales conduites en intensif en Tunisie », *Cahiers Agriculture*, Vol. 11, n° 6.
- Ashley D A et Goodson R D, 1972.** Effect of time and plant K status on <sup>14</sup>C-labeled photosynthate movement in cotton. *Crop Science*, vol.12, pp.686-690.
- Ashley M., Grant M. et Grabov A., 2006.** Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *J Exp Bot* 57, pp.425-436.
- Aubert G., 1958.** Compte rendu des discussions. *In Potassium Symposium*. Institut International de la Potasse, Berne (Suisse), pp.351-353.
- 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 en Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec.167p.
- Barber R G, 1979.** Potassium fixation in some Kenyan soils. *Eur J Soil Sci*, vol. 30, 785-792.
- Barbier G., 1962.** La dynamique du potassium dans le sol in *Potassium Symposium*. Institut International de la Potasse, Berne (Suisse), pp.231-258
- Bauer, P.J., O.L. May, et J.J. Camberato, 1998.** Planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties. *J. Prod. Agric.* 11 .pp.415–420.
- Beckett P.H.T., 1964.** Potassium calcium exchange equilibrium in soils: specific absorption sites for potassium. *Soil Science* vol. 97, classement 6. pp. 376-386.
- Beckett P. H. T., 1970.** Fixed potassium and the residual effects of potassium fertilisers. *Revue de la Potasse* (Berne), sujet 16, 52, Septembre- Octobre.
- Bednarz C W., Oosterhuis D. M. et Evans R. D., 1998.** Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. *Environ Exp Bot* 39, pp.131-139.
- Benedict C.R., 1984.** Cotton physiology. In Kohel R.J et Lewis C. F. Ed. *Cotton agronomy monograph*. 24, p 6-24.
- Ben-Zioni A, Vaadia Y et Lips S H, 1971.** Nitrate uptake by roots as regulated by nitrate reduction products of the shoot. *Physiol Plant* 24, pp 288-290.
- Bolton J., 1968.** Leaching of fertilizers applied to a latosols in lysimeters. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, vol.20, n°5. pp. 274-284.
- Bouchy C., 1971.** Contribution à l'étude des déficiences minérales en culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *Coton et fibres tropicales* (Paris) n°25- 2. pp. 235-251.
- Boyer J., 1972.** Soil Potassium in *Soils of the humid tropics*; National Academy of Braud et Dubernard, by added ammonium and potassium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25, pp 102-104
- Callot G., Chamayou H., Maertens C. et Salsac L., 1982.** Mieux comprendre les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale. INRA, Paris. 325 p.
- Cakmak I., Hengeler C. et Marschner H., 1994a.** Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. *J Exp Bot* 45, pp.1251-1257.

- Cakmak I, Hengeler C. et Marschner II., 1994b.** Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *J Exp Bot* 45, pp.1245-1250.
- Camberato J. J. et Jones M. A., 2005.** Differences in potassium requirement and response by older and modern cotton varieties. *Better crops* 89, pp.18-20.
- Cassman K. G., Kerby T. A., Roberts B. A., Bryant D. C. et Brouder S. M., 1989.** Differential response of two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium. *Agron J* 81, 870-876.
- Cassman K. G., Kerby T. A., Roberts B. A., Bryant D. C. et Higashi S. L., 1990.** Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton. *Crop Sci* 30, pp. 672-677.
- Charrier A., 1997.** L'amélioration des plantes tropicales. Les cotonniers. Editeur Cirad et Orstom. Montpellier, France, pp. 241-265.
- Cissé L., 1986.** Etude des effets d'apport de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du centre nord du Sénégal. Thèse de Doctorat. INPL Nancy, 184p.
- Clement-Bailey J. et Gwathmey O. C., 2007.** Potassium effects on partitioning, yield and earliness of contrasting cotton cultivars. *Agron J* 99, pp. 1130-1136.
- Coker D. L. et Oosterhuis D. M., 2000.** Yield response to soil and foliar fertilization of water-deficit-stressed cotton. In: Norman R J, Chapman S L (Eds.), *Arkansas Soil Fertility Studies 2000*. University of Arkansas Agricultural Experiment, Station Research Series, pp. 78-83.
- Coulter J. K., 1972.** Soils of Malaysia, a Review of Investigations on their fertility and Management. *Soils and Fertilizers*. vol. 3. pp. 475-498.
- Crétenet M, Dureau D., Traoré B. et Ballo D., 1994.** Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali: du diagnostic au pronostic. *Agric Dév* 2, pp.4-13.
- Cuin T. A., Miller A. J., Laurie S. A. et Leigh R. A., 2003.** Potassium activities in cell compartments of salt-grown barley leaves. *J Exp Bot* 54, pp. 657-661.
- Dakouo D., 1994.** Les carences en potassium sur cotonnier dans les systèmes de culture : cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 142 p.
- Dietrich P., Sanders D. et Hedrich R., 2001.** The role of ion channels in light dependent stomatal opening. *J Exp Bot* 52, 1959-1967.
- Drew M C, 1975.** Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium, and potassium on the growth of the seminal root system and the shoot in barley. *New Phytol* 75, pp.479-490.
- Duthion C., 1968.** Le potassium dans le sol. *Revue de la potasse*, Bernc (Suisse), Section 4, novembre- décembre.
- Elliot F. C., Hoover M. et Porter W. K., 1966.** Advances in production and utilization of quality: Principles and Practices, 532 p.
- Epstein E et Bloom A J, 2005.** Mineral nutrition of plants: principles and perspectives, 2nd Ed. In: inc S a (Ed.), Sunderland MA.

- FAO, 2006. Scaling soil nutrient balances. Agriculture department, FAO corporate document repository, Rome, 2 p.
- Farina M. P. W. et Graven E. H., 1972. Effects of rainfall and differential application of N, P, K and Ca on the downward movement of K in an Avalon medium sandy loam cropped with maize (*Zea Mays L.*). Pretoria. Agrochemophysica vol. 4. pp.93-98.
- Felipe-Morales C. et Hanotieux G., 1971. Economie du sol en potassium I. Etude de certains facteurs éco-pédologiques locaux. Pédologie (Gand) 21, 3, 194-310 (1971).
- Forestier J., 1964. Relations entre l'alimentation du *Coffea Robusta* et les caractéristiques analytiques des sols. Café, Cacao, Thé, vol 3, n°2, pp.89-112.
- Forster H. L., 1972. The identification of potentially K deficient soils in Uganda. East Afric. Agric. And For. J. 37, 3, pp. 224-233.
- Girma K., Teal R.K., Freeman K.W., Boman R.K. et Raun W.R., 2007. Cotton lint yield and quality as affected by applications of N, P, and K fertilizers. J. Cotton Sci. 11, pp.12-19.
- Godefroy J., A4uller M. et Roose R.: Estimation des pertes par lixiviation des Cléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire. Fruits (Paris) 25, 6, pp. 403-420.
- Gormus O et Yucel C, 2002. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the çurkova region, Turkey. Field Crops Res 78, pp.141-149.
- Guinko S., 1984. Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat en Sciences naturelles. Université de Bordeaux III, 318p.
- Hearn A. B. et Constable G. A., 1984. Cotton. In: Sons J W a (Ed.), The physiology of tropical crops, New York, pp. 495-527.
- Humbert R. P., 1958. Potash fertilization in the Hawaiian sugar industry. Potassium Symposium, pp. 319-344.
- Jordan-Meille L. et Pellerin S., 2004. Leaf area establishment of a maize (*Zea mays L.*) field crop under potassium deficiency. Plant Soil 265, pp.75-92.
- Kerby T. A. et Adams F., 1985. Potassium Nutrition of Cotton. In: Munson R D (Ed.), Potassium. Agric Am Soc Agron, Madison, Etats Unis d'Amérique.
- Kohel R. J. et Lewis C. F., 1984. Cotton Agronomy monograph, 24 Ed. Madison, 605 p
- Koulibaly B., Traoré O., Dakouo D. et Zombré P.N., 2009. Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso. pp 103-111.
- Lee J.A., 1984. Cotton as world crop. In Kohel R. J. et Lewis C. F., Ed. Cotton Agronomy monograph, 24. Ed. Madison, pp. 6-24.
- Liu Y., Sato T., O'Rourke B. et Marban E., 1998. Mitochondrial ATP-dependent potassium channels: novel effectors of cardioprotection? Circulation 97, 2463-2469.
- Longstreth D. J. et Nobel D. J., 1980. Nutrient influences on leaf photosynthesis. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium for *Gossypium hirsutum L.* Plant Physiol 65, pp.541-543.
- Marquette J., 1986. Maintien et amélioration des rendements du maïs sur terres de Barre dans le Sud Togo. Agron. Trop. 41, pp. 132-148.
- Marschner H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press, London.

- Martin-Prével P., Gagnard J. et Gautier P., 1984.** L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales, 810 p.
- Mauney R. J., 1984.** Anatomy and physiology of cultivated cottons. In, Kohel R. J., Lewis C. F., (Ed.), cotton agronomy monograph, 24, pp. 59-79.
- Mengel K., 1984.** Le potassium en physiologie végétale. Acad. Agri. de France, pp. 1365-1376.
- Mengel K. et Arneke W. W., 1982.** Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Physiol Plant* 54, pp.402-408.
- Mengel K. et Kirkby E. A., 2001.** Principles of plant nutrition. Kluwer academy publishers.
- Mengel K. et Viro M., 1974.** Effect of potassium supply on the transport of photosynthates to the fruits of tomatoes. *Physiol Plant* 30, pp. 295-300.
- Mhiri A., 2002.** Le potassium dans les sols de Tunisie, Atelier sur la gestion de la fertilité potassique, acquis et perspectives de la recherche. Institut National Agronomique de Tunisie, 13 p.
- Middelburg H. A., 1955.** Potassium in Tropical soils: Indonesian archipelago. Potassium Symposium, Institut de la Potasse, Berne, Suisse, 221-257
- Mohinder Singh M., 1970.** Results and discussion: Exchange reactions of potassium, magnésium and aluminium in some Malaya soils. Ph. D. dissertation, Faculty. of Science, University of Malaya, pp. 45-151.
- Moran N., 2007.** Osmoregulation of leaf motor cells. *FEBS Lett.* 581, 2337-2347.
- Mullins G. L., Burmester C.H. et Reeves D.W., 1997.** Cotton response to in-row subsoiling and potassium fertilizer placement in Alabama. *Soil Tillage Res.* 40, pp.145-154.
- Nemeth K. et Rex M., 1980.** Influence du volume racinaire sur l'efficacité de la fumure K. Institut International de Potassium. n°11/1985, sect 16, 633-644.
- Obigbesan G O., 1973.** The influence of potassium nutrition on the yield and chemical composition of some tropical root and tuber crops. 10e Symposium Inst. Int. Pot., Abidjan: 439-451.
- Parry G., 1982.** Le cotonnier et ses produits. Paris, France, Ed., Moissonneuve et Larosse, 502 p.
- Pettigrew W. T., 2008.** Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol Plant* 133, pp. 670-681.
- Pettigrew W. T., Heitholt J. J. et Meredith J. W. R., 1996.** Genotypic interactions with potassium and nitrogen in cotton of varied maturity. *Agron J* 88, pp. 89-93.
- Pier P. A. et Berkowitz G. A., 1987.** Modulation of Water Stress Effects on Photosynthesis by Altered Leaf K<sup>+</sup>. *Plant Physiol* 85, pp. 655-661.
- Pieri C., 1989.** Fertilité des savanes: Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. CIRAD/ Ministère de la Coopération et du Développement, 444p.
- Poss R., Fardeau J. C. et Saragoni H., 1997.** Sustainable agriculture in the tropics: the case of potassium under maize cropping in Togo. *Nutr Cycl Agroecosyst* 46, pp. 205-213.
- Poulain J. F., 1976.** Bilan des études sur la fertilization potassique en Haute Volta avec références particulières aux cultures vivrières. *Multigr.*, 32 p.

- Poulisse J, 2007.** Increased fertilizer use opportunities and challenges for food security in sub-Saharan Africa. In: FAO (Ed.), 13th AFA Int'l Annual Fertilizers. Sharm El-Sheikh, Egypt.
- Reddy K. R. et Zhao D., 2005.** Interactive effects of elevated CO<sub>2</sub> and potassium deficiency on the photosynthesis, growth, and biomass partitioning of cotton. *Field Crops Res* 94, pp. 201-213.
- Richard L, 1974.** La fertilisation potassique en relation avec les autres facteurs de production. *Cot. Fib. Trop.*, 29, pp. 183-198.
- Salmon R.C., 1971.** Residual effects of phosphate and potash applied to tobacco on granite sand. *The Rhod. Jour. Agric. Research* 9, 2, 129-130.
- Satter R., Morse M. J., Lee Y., Crain R. C., Coté G. G. et Moran N., 1988.** Light and clock-controlled leaflet movements in *Samanea saman*: a physiological, biophysical and biochemical analysis. *Bot. Acta* 101, pp. 205-213.
- Sawhney B. L. et Zelitch I., 1969.** Direct determination of potassium ion accumulation in guard cells in relation to stomatal opening in light. *Plant Physiol* 44, 1350-1354.
- Sédogo P. M., Bado B. V., Hien V., et Lompo F., 1991.** Utilisation efficace des engrais azotés pour une augmentation de la production vivrière: l'expérience du Burkina Faso. INERA., Ouagadougou, Kluwer Acad. Publishers. pp. 171-179.
- Sement G., 1983.** La fertilité des systèmes cultureux à base de cotonnier en Côté d'Ivoire. Paris IRCT, 40 p.
- Shabala S. et Newman I., 1999.** Light-Induced Changes in Hydrogen, Calcium, Potassium, and Chloride Ion Fluxes and Concentrations from the Mesophyll and Epidermal Tissues of Bean Leaves. Understanding the Ionic Basis of Light-Induced Bioelectrogenesis I. *Plant Physiol* 119, 1115-1124.
- Sheldrick W. F., Syers J. K. et Lingard J., 2002.** A conceptual model for conducting nutrient audits at antional, regional, and global scales. *Nutr Cycl Agroecosyst* 62, 61-72.
- Snyder, C., M. Stewart, et R. Mikkelsen, 2005.** Nitrogen, phosphorus, and potassium use trends by cotton in the past 40 years. p. 2577-2591. *In Proc. Beltwide Cotton Conf.* New Orleans, LA. 4-7 Jan. 2005. Natl. Cotton Counc. Am., Memphis, TN.
- Stéphens D., 1969.** The effects of fertilisers, manure and trace elements in continuous cropping rotations in Southern and Western Uganda. *East Afric. Agric. and For. J.* 34, 401-417
- Subbarao G. V., Wheeler R. M., Stutte G. W. et Levine L. H., 1999.** How far can sodium substitute for potassium in red beet? *J Plant Nutr* 22, 1745-1761
- Talbott L. D. et Zeiger E., 1998.** The role of sucrose in guard cell osmoregulation. *J Exp Bot* 49, 329-337.
- Tewelde H., Sistani K. R., et Rowe D. E., 2005.** Broiler litter as a sole nutrient source for cotton: Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium concentration sin plant parts. *J. Plant Nutr.* 28:605-619.
- Triboulot M. B. et Pritchard J., 1997.** Effects of potassium deficiency on cell water relations and elongation of tap and lateral roots of maritime pine seedlings. *New Phytol* 135, 269-272.

**Unifa, 2006.** Bien nourrir les plantes mieux nourrir les hommes. Bulletin N°15, 22 semestres 2006. [en ligne]. Disponible sur le «[http : www.unifa.fr/01\\_actuel/fichiers/lettre 15. pdf](http://www.unifa.fr/01_actuel/fichiers/lettre_15.pdf)»

**Van Volkenburgh E, 1999.** Leaf expansion an integrating plant behavior. *Plant, Cell and Environment* 22, 1463–1473.

**Van Wambeke A. 1970.** Congo-Kinshasa: Status of Soil studies. Committee on tropical soils.

**Very A. A. et Sentenac H., 2003.** Molecular mechanisms and regulation of K<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annu Rev Plant Biol* 54, 575–603.

**Velly J., 1972.** Fertilisation potassique en rizière. Compte rendu de trois campagnes d'expérimentation à la station d'Ivoloina (Tamatave). *Agr. Trop.* 27, 6-7, 655-666

**Weir C. C., 1966.** The phosphorus and potassium status of some Trinidad Soils. *Trop. Agriculture (Trin.)* 43, 4, 315-321 .

**Welch L. F. et Scott A. D., 1961.** Availability of non exchangeable potassium to plants as affected by added ammonium and potassium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25, pp. 102-104 .

**Wicklander L., 1954.** Forms of potassium in the soil. *Potassium symposium*, 107-121

**Wild A., 1971.** The potassium status of soils *In* the savanna zone of Nigeria. *Exper. Agric.* 7, 3, pp. 257-270.