

**Influence du mode d'association culturale maïs [*zea mays* (L.) (poaceae)] - niébé [*vigna unguiculata* (L.) walp (fabaceae)] sur la masse et la qualité nutritionnelle des graines des deux espèces semencées**

**Commented [KK1]:** Le mode de culture ne prend t-il pas en compte la culture pure fertilisé ou non

**Formatted:** Highlight

**Kimou Serge Hervé<sup>1</sup> ; Coulibaly Lacina Fanlégué<sup>2</sup> ; Soumahoro André Brahim<sup>3</sup> ; Koné Tchoa<sup>1</sup> ; Koné Mongomaké<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Département de Biologie Végétale, UFR des Sciences Biologiques, Université Péléforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Ecole Normale Supérieure d'Abidjan (ENS) 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

**Résumé:**

Cinq traitements et trois répétitions ont été adoptés pour déterminer l'influence du mode de culture sur le rendement et la qualité nutritionnelle des graines. Il s'agit du maïs en culture pure (MP) et du niébé (NP) en culture pure, des associations en Damier (MND), en bande (2M4C) et en simple interligne (1M1N). Ces associations ont été réalisées avec les cultivars de niébé N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> et N<sub>3</sub>. Les cultures pures de maïs et le niébé ont servi de parcelles témoins. La masse de 100 graines et la teneur en nutriments des semences de maïs et de niébé ont été déterminées. Les masses de 100 graines (22,59g en 2015 et 21,03g en 2016) et la teneur en protéines les plus élevées (9,87g en 2015 et 11,13g en 2016) ont été obtenues avec MN<sub>1</sub>D. Les teneurs en phosphore étaient plus élevées avec les semences de maïs fertilisées M<sub>V</sub>-P (0,27 g en 2015 et 0,25 g en 2016). Cependant, les associations 2M4N<sub>1</sub> (0,24g en 2015 et 0,23 en 2016), 2M4N<sub>3</sub> (0,24g en 2015 et 0,25g en 2016) et 1M1N<sub>3</sub> (0,24g en 2015 et 0,24g en 2016) peuvent être recommandées pour leurs teneurs en phosphore dans les graines de maïs. L'association 2M4N<sub>1</sub> (12,29g en 2015 et 13,05g en 2016) a exprimé la plus forte masse de 100 graines de niébé. L'association 2M4N<sub>3</sub> peut être recommandée pour une amélioration de la teneur en matières grasses (1,27g en 2015 et 1,38g en 2016) et en phosphore (200,36g en 2015 et 200,33g en 2016) dans les graines de niébé.

**Formatted:** Highlight

**Commented [KK2]:** La masse des graines

**Commented [KK3]:** Cela correspond à quel cultivars

**Mots clés:** association culturale, graines, maïs, niébé

**Abstract:** tenir compte des observations faites dans le résumé en français

Five treatments (SM ; SC ; MC ; 1M1C and 2M4C) and three replications were adopted to determine the influence of culture mode on seed yield and seed quality. SM was sole maize, SC was sole cowpea, MC was intra-line pattern, 1M1C was inter-line pattern and 2M4C was strip-intercropping maize-cowpea. These intercropping were carried out with cowpea cultivars C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> and C<sub>3</sub>. Sole maize (SM) and sole cowpea (SC) served as control plots. One hundred (100) seeds mass and nutrient content of maize and cowpea seed was determined. The results showed that 100 seeds mass (22,59g in 2015 and 21,03g in 2016) and the highest level of protein (9,87g in 2015 and 11,13g in 2016) maize seeds have been obtained with MC<sub>1</sub>I. Phosphorus levels were higher with maize seeds from sole maize fertilized M<sub>V</sub>+P (0,27g in 2015 and 0,25g in 2016). However the 2M4N<sub>1</sub> intercropping 2M4N<sub>1</sub> (0,24g in 2015 and 0,23 in 2016), 2M4N<sub>3</sub> (0,24g in 2015 and 0,25g in 2016) and 1M1N<sub>3</sub> (0,24g in 2015 and 0,24g in 2016) may be recommended for their phosphorus content in maize seeds. The 2M4N<sub>1</sub> intercropping (12,29g in 2015 et 13,05g in 2016) expressed the highest mass of 100 seeds of cowpea. Intercropping using 2M4N<sub>3</sub> can be recommended for improved fat content (1,27g in 2015 and 1,38g in 2016) and phosphorus (200,36g in 2015 and 200,33g in 2016) in cowpea seeds.

---

**Key Words:** Intercropping, seeds, maize, cowpea

## Introduction

Au cours des dernières décennies, les besoins alimentaires ont augmenté de manière exponentielle alors que la disponibilité des terres cultivables a considérablement diminué (Douglas, 2009). Ainsi, l'augmentation du rendement par unité de surface reste la principale stratégie pour augmenter la production agricole. L'agriculture est de plus en plus intensive avec des intrants coûteux (graines améliorées, produits chimiques, matériel d'irrigation...). Cette intensification de l'agriculture a un impact négatif sur l'environnement (Zhang *et al.*, 2004) en termes de pollution des eaux souterraines par le nitrate piégé dans les sols (Ju *et al.*, 2006), d'émission de gaz dans l'air (Zhang *et al.*, 2012), et de l'acidification du sol (Blumenberg *et al.*, 2013). Pour assurer la sécurité alimentaire et environnementale, il convient de rechercher les meilleures pratiques de gestion des terres. Ainsi, les systèmes de culture qui utilisent efficacement les ressources du sol et améliorent la productivité et la

**Commented [KK4]:** Il faut actualiser la référence pour mieux l'accorder au début de la phrase. En effet l'article est de de 2009, cela veut dire que l'auteur s'appuie sur des faits d'avant 2009, alors que tes travaux on lieu plutard, l'observation a surement évolué.

**Commented [KK5]:** Il faut être plus précis

qualité nutritionnelle des produits récoltés occupent une place de choix. L'association culturale, qui est un système composé de deux ou plusieurs espèces cultivées sur une même surface pendant une certaine période (Ofori *et Stern*, 1987), est recommandée pour les productions alimentaires ou de fibres dans diverses régions du monde. En effet, cette pratique culturale lorsqu'elle est bien menée, assure une productivité élevée des espèces associées ~~en~~ présence, un contrôle efficace des ravageurs et des maladies, de bons services écologiques et donc une rentabilité économique élevée (Thierfelder *et al.*, 2012 ; Wu *et Wu*, 2014 ; Midega *et al.*, 2014). Traditionnellement, les petits agriculteurs pratiquent l'association des cultures pour augmenter la densité de leurs produits et assurer la stabilité de leur production. L'association des cultures de céréales aux légumineuses est une pratique courante alors donne des références. Dans ce type de système de culture, les légumineuses qui ont la capacité de fixer ~~utiliser~~ l'azote atmosphérique, peuvent améliorer la fertilité du sol notamment son statut azoté (Azontondé, 1993 ; Bado, 2002) et augmenter le revenu ???? brut en réduisant par conséquent les charges en engrais (Carsky *et al.*, 2003). La plupart des études relatives à l'évaluation de la performance des associations céréales/légumineuses, ont essentiellement porté sur les effets des dates et des densités de semis, sur le rendement des différentes cultures associées et le calcul ~~usage~~ des indices de récolte (Bedoussac 2009 ; Li *et al.*, 2011 ; Kouassi *et al.*, 2016 ; Djè Bi, 2018). Au niveau des différentes études réalisées en Côte d'Ivoire, l'incidence de l'association sur la qualité des graines n'a généralement pas été prise en compte dans l'étude des associations culturales. Aussi, la présente étude vise à adopter les modèles d'arrangement de l'association culturale maïs-niébé pour améliorer la productivité et la qualité nutritionnelle des grains de deux espèces ~~semenees~~.

## **Matériel et méthodes** **TU DOIS FAIRE UN CHAPITRE MATERIEL VEGETAL POUR DECRIRE LES VARIETES DE MAÏS ET NIEBE UTILISE DANS TON ETUDE**

### **Site d'étude**

Les études ont été réalisées sur une parcelle expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua (5°-23 latitude Nord, 4°-11 longitude Ouest et 100 m d'altitude) à Abidjan (Côte d'Ivoire) de mars à juillet en 2015 et en 2016. Le sol du site est de type ferrallitique fortement désaturé. Le pH du sol est plus acide en surface qu'en profondeur, et la teneur en matière organique varie de 2 à 3 % (Dabin, 1985 ; Yao-Kouamé et Alou, 2008).

**Commented [KK6]:** Je ne suis si sûr, car les associations en milieu traditionnel est plutôt généralement dû a une volonté de diversifié la production agricoles et reduire les opérations d'entretien

**Formatted:** Highlight

La pluviométrie totale a été de 2161,86 mm et 1433,34 mm de pluies et la température moyenne, de 26,7°C et 27 °C respectivement en 2015 (Figure 1) et en 2016 (Figure 2).

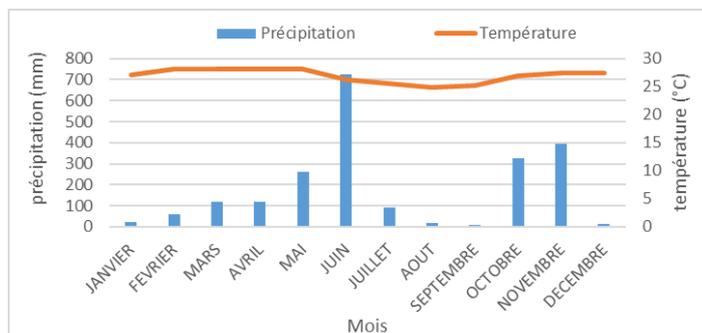


Figure 1 : Diagramme ombrothermique du district d'Abidjan établi pour l'année 2015 (Source : [www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net))

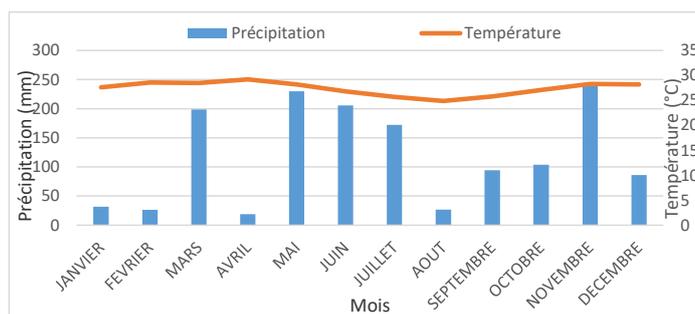


Figure 2 : Diagramme ombrothermique du district d'Abidjan de l'année 2016 (Source : [www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net))

### Dispositif expérimental et traitements

Le dispositif expérimental utilisé a été composé de trois blocs complets aléatoires, avec 15 traitements et trois répétitions. Chaque parcelle élémentaire mesurant 5m de longueur et 3,25m de largeur (soit une superficie de 16,25 m<sup>2</sup>) correspondait à un traitement. Les poquets de semis ont été espacés de 0,5 m sur une même ligne **tu as deux espèces, donc ici tu parles de quoi ?????**. La distance entre deux lignes contiguës a été de 0,75 m. Un espace de 25 cm a été laissé entre les bordures du champ et les parcelles élémentaires. Les 15 traitements étudiés sont décrits consignés dans le tableau 1.

Formatted: Highlight

**Tableau 1 : traitements adoptés pour l'expérimentation**

Nombre de traitements	Description
1	culture pure de maïs non fertilisé (M <sub>0</sub> P)
1	culture pure de maïs fertilisé avec engrais minéral (M <sub>+</sub> P)
1	culture pure de maïs fertilisé avec engrais organique (M <sub>v</sub> +P)
3	cultures pure de chacune des trois variétés de niébé (N <sub>1</sub> P, N <sub>2</sub> P, N <sub>3</sub> P)
3	<u>cultures de</u> maïs associé à chaque variété de niébé en association intra-lignes ou en damier avec poquets alternés sur une même ligne (MN <sub>1</sub> D ; MN <sub>2</sub> D ; MN <sub>3</sub> D)
3	<u>cultures de</u> maïs associé à chaque variété de niébé en simples interlignes avec une ligne de maïs alternée avec une ligne de niébé (1M1N <sub>1</sub> ; 1M1N <sub>2</sub> ; 1M1N <sub>3</sub> )
3	<u>cultures de</u> maïs associé à chaque variété de niébé en bandes composées, à raison de deux lignes de maïs alternées avec quatre lignes de niébé (2M4N <sub>1</sub> ; 2M4N <sub>2</sub> ; 2M4N <sub>3</sub> )

**Définir : M, N, P, Mv etc.....****Conduite de l'essai :**

Pour chaque campagne ??? cycle de culture (2015 et 2016), les graines de maïs et de niébé ont été semées à raison de 03 graines par poquet à une profondeur de 3 cm. Le semis du niébé a été effectué deux semaines après celui du maïs même en association ?? Si oui pourquoi ??. Deux semaines après la levée soit très précis et claire car avec la phrase précédente, il y'a un vrai soucis, le démariage des plants de maïs et de niébé a été effectué de sorte à en conserver que deux pieds pourquoi par un ? cela veut dire que tu augmenter expressément ta densité de plantations, les plus vigoureux, par poquet. La densité de maïs et de niébé par hectare a été enregistré dans le tableau 2, pour chacun des systèmes de cultures testés. Les estimations tiennent telle compte des deux pieds ou du poquet

**Tableau 2 : Densités de maïs et de niébé des systèmes de cultures**

Système de culture	Densité de Maïs (plants / ha)	Densité de Niébé (plants / ha)
Cultures pures	49231	49231
Association en intra-lignes	24615	24615
Association en bandes	19692	29538
Association en simples interlignes	24615	24615

~~Les cultures pures (MP, M<sub>V</sub>,P, M<sub>+</sub>P et NP) et associées (MND, 1M1N et 2M4N) n'ont pas été irriguées et aucune opération de pulvérisation de pesticides (insecticides) n'a été effectuée tout au long de l'expérimentation. Seules les cultures pures M<sub>V</sub>,P et M<sub>+</sub>P ont été fertilisées.~~

### Paramètres mesurés

#### **Evaluation de la masse de 100 graines**

Après la récolte des épis de maïs et des gousses de niébé des différents systèmes de culture, les grains de maïs et les graines de niébé ont été séchés pendant une semaine à la température ambiante du laboratoire. Les masses de 100 grains de chaque culture ont été déterminées à l'aide d'une balance électronique (10<sup>-3</sup> g). combien de lots ont été constitués, un seul ????. les graines ont été mélangées ou les pesées ont été fait par épis ou gousse ????? Il faut bien décrire ce qui a été fait

**Evaluation de la qualité nutritionnelle des semences de maïs et de niébé , le plus important ici n'est de citer les méthodes qui sont déjà très documentés mais c'est plutôt de décrire comment tes échantillons ont été constitués, surtout que tu as différents traitements**

#### **Dosage des protéines**

La méthode de Kjeldahl (AOAC, 1990) a été utilisée pour le dosage des protéines. Trois (3) gouttes de sulfate de cuivre II et 20 ml d'acide sulfurique 95-97 % ont été ajoutés à 1g de poudre de semences. Le mélange a été dissout dans 20 ml d'acide borique pendant 10 min puis le dosage a été réalisé avec l'acide sulfurique 0,1N. La teneur en azote a été ensuite déterminée suivant la formule :

$$\% N = V (H_2SO_4) \times N (H_2SO_4) \times 14,007$$

Formatted: Font: Bold

Commented [KK7]: Quel indice as tu utilisé pour montrer que tes semences sont sèches

Avec  $V(H_2SO_4)$  = Volume d'acide sulfurique versé pour le dosage ;  $N(H_2SO_4)$  = Normalité de  $H_2SO_4 = 0,1$  ;  $14,007$  = Masse atomique de l'azote

Le taux d'azote ainsi calculé a permis d'évaluer la teneur en protéines grâce à la relation :

$$\% \text{ Protéines} = \% N \times 6,25$$

Avec 6,25 = coefficient de conversion

### ***Dosage des glucides***

Le dosage des glucides a été fait selon la méthode de Dubois (1956). 0,2 ml de phénol 5 % est ajouté à 0,2 ml d'extrait. Ce mélange est complété à 1 ml avec de l'eau distillée auquel on ajoute 1 ml d'acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ ). Après une incubation de 5 min. dans un bain bouillant, le milieu réactionnel est refroidi à l'obscurité pendant 30 min. L'intensité de la coloration produite par la réaction est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 480 nm contre un témoin ne contenant pas d'extrait.

La quantité de glucides estimée en milligramme par gramme de matière fraîche (mg de sucres / gMF), est déterminée à l'aide d'une courbe étalon réalisée avec une solution de glucose (200  $\mu\text{g}$  / ml).

### ***Dosage de la matière grasse***

Le dosage de la matière grasse a été effectué selon la méthode de Soxhlet (AOAC, 1990). Cinq (5) g de poudre de semence obtenue après broyage dans un mortier ont été introduits dans une cartouche de Whatman, soit  $M_e$  cette masse. La masse à vide  $M_1$ , du ballon d'extraction est préalablement déterminée. L'extraction a été réalisée à la température de 60 °C pendant 6 heures avec un solvant, l'hexane. Le solvant a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif au cours de l'extraction. Le ballon est ensuite placé dans un dessiccateur puis pesé avec les matières grasses. Soit  $M_2$  cette masse. La formule suivante permet de calculer le taux de matière grasse :

$$TMG = \frac{M_2 - M_1}{M_e} \times 100$$

Commented [KK8]: Il faut actualiser

$TMG$  = taux de matière grasse (%);  $M_1$  = masse du ballon à vide (g);  $M_2$  = masse du ballon après extraction de la matière grasse (g);  $Me$  = masse de l'échantillon analysé (g)

### ***Dosage du potassium et du phosphore***

Le dosage du potassium et du phosphore a été effectué selon la méthode d'Anderson et Ingram (1993). Les semences ont été incinérées dans un creuset en porcelaine sur une plaque chauffante. La cendre obtenue a été solubilisée pendant 24 heures dans du HCl (0,6%) puis filtrée. Le volume de l'échantillon a été noté et les solutions standard ont ensuite été préparées (100 µg/ml). Un volume de 20 ml d'acétate d'ammonium a été introduit dans des fioles contenant respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 ml de solution standard. Ces solutions ont été ajustées à 100 ml avec de l'eau distillée puis les absorbances ont été lues au spectrophotomètre à flamme, à la longueur d'onde de 880 nm, contre un témoin ne contenant pas de solution standard. La quantité d'ions estimée en g/100 g de matière sèche a été déterminée à l'aide d'une courbe étalon réalisée avec les solutions standard.

### **Analyses statistiques des données expérimentales**

Pour toutes les expériences réalisées, le logiciel STATISTICA 7.1 a été utilisé pour les analyses statistiques. Une analyse de variance (ANOVA) à deux critères de classification [Pour quoi faire exactement dans le cadre de ton étude](#), a été effectuée, pour les paramètres aux effectifs égaux [et les autres ????](#). Lorsqu'une différence a été observée, le test des rangs multiples de Newman-Keuls, au seuil de 5 %, a été adopté pour séparer les moyennes.

### **Résultats**

#### **Masse de 100 [graines semences](#) de maïs et de niébé récoltées**

Le tableau 3 présente la masse de 100 [graines semences](#) de maïs et de niébé récoltées au cours de chaque [cycle campagne](#) de culture (2015 et 2016). Pour le maïs, les valeurs ont varié selon les systèmes de culture. La culture pure du maïs fertilisée avec l'engrais organique ( $M_{v+P}$ ) a produit la masse de 100 graines la plus élevée au cours des saisons 2015 (26,34g) et 2016 (23,92g). Comparativement à la monoculture du maïs sans fertilisant, tous les systèmes d'association de cultures (maïs-niébé) ont significativement amélioré la masse de 100 [graines](#) de maïs. Parmi ces systèmes de cultures associées, la masse de 100 graines, la plus importante a été produite avec les systèmes  $MN_2D$  (23,188g) et  $MN_3D$  (22,97g).

Pour l'année 2015, la monoculture du cultivar 1 de niébé ( $N_1$ ) sans fertilisant, a exprimé une masse de 100 graines de niébé  $N_1$  qui a été statistiquement identique à celle des associations

du maïs avec le niébé1. Par contre, les masses obtenues avec 100 graines de niébé dans les associations culturales impliquant le maïs avec le niébé 2 ou le niébé 3 ont significativement été plus élevées que celle du niébé en culture pure. Pour l'année 2016, par rapport à la culture pure de niébé 2 une diminution significative de la masse de 100 graines de niébé a été notée dans tous les systèmes de culture associant le niébé 2 (N<sub>2</sub>) au maïs. En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre la masse de 100 graines du niébé 3 (N<sub>3</sub>) en culture pure et celles des associations culturales de ce cultivar (N<sub>3</sub>) au maïs. Seule l'association en bandes du maïs avec le niébé 1 (N<sub>1</sub>) a favorisé une augmentation significative de la masse de 100 graines de niébé 1 (N<sub>1</sub>). Tu ne nous a rien dit sur les variétés de maïs et le niébé par conséquent, donc tous ces résultats présentés n'ont pas eu d'intérêt particulier :

**Tableau 3 : Masse de 100 graines desemenées de maïs et de niébé dans les différents systèmes de culture au cours des campagnes de culture 2015 et 2016**

SC		Masse de 100 semences ( g )			
		2015		2016	
		Maïs	Niébé	Maïs	Niébé
<b>M<sub>0</sub></b>	<b>P</b>	18,84±3,6f	-	18,25±4,1d	-
<b>M<sub>V+</sub></b>	<b>P</b>	26,34±5,3a	-	23,92±4,8a	-
<b>M+</b>	<b>P</b>	21,34±0,9d	-	20,12±5,9c	-
<b>N<sub>1</sub></b>	<b>P</b>	-	12,60±1,7a	-	12,82±1,4b
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>P</b>	-	8,39±1,1f	-	13,10±2,0a
<b>N<sub>3</sub></b>	<b>P</b>	-	9,83±1,3c	-	10,72±0,8c
<b>N<sub>1</sub></b>	<b>Damier</b>	22,59±3,8c	12,84±1,8a	21,03±4,4c	11,73±0,8c
<b>N<sub>1</sub></b>	<b>BbBande</b>	20,55±2,8d	12,29±1,3a	19,50±4,0c	13,05±1,7a
<b>N<sub>1</sub></b>	<b>Simple I</b>	19,65±3,6d	12,84±1,8a	20,29±4,5c	12,63±0,8b
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>Damier</b>	23,18±5,2b	9,17±1,8d	19,07±4,9d	10,80±0,4c
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>bBande</b>	19,18±1,2e	9,37±1,7d	20,06±2,3c	10,35±1,0d
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>Simple I</b>	21,65±4,5d	8,63±0,9e	20,96±3,0c	9,70±0,5e
<b>N<sub>3</sub></b>	<b>Damier</b>	22,97±3,5b	10,18±1,1b	20,64±3,2c	10,80±1,1c
<b>N<sub>3</sub></b>	<b>BbBande</b>	19,72±1,5d	10,24±1,7b	22,36±4,2b	10,91±0,9c
<b>N<sub>3</sub></b>	<b>Simple I</b>	20,07±1,9d	10,22±1,4b	20,60±3,2c	10,93±0,8c
<b>P</b>		<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,05</b>	<b>P &lt; 0,05</b>

**Commented [KK9]:** Tous ces chiffres doivent être mis en indice

**Formatted:** Highlight

### **Teneurs de quelques composés biochimiques et d'éléments minéraux des grains de maïs**

Les taux de protéines, de matière grasse, de glucides, de potassium et de phosphore ont été estimés dans les grains de maïs (pour 100 g de matière sèche (% MS)) pour chaque système de culture. Les résultats obtenus sont regroupés dans le **tableau 4**. Les teneurs des grains de maïs en matière grasse, glucides et potassium n'ont pas varié quels que soient l'année, la variété de niébé associée ou le système d'association culturale et en culture pure ???. Cependant, pour la campagne 2015, les teneurs en phosphore du maïs ont été significativement plus élevées dans tous les systèmes d'associations culturales impliquant le cultivar N<sub>3</sub> de niébé. Une augmentation de la teneur de cet élément minéral a aussi été observée dans les systèmes d'association de culture dénommés MN<sub>2</sub>D ; 2M4N<sub>2</sub> ; M1N<sub>1</sub> et 2M4N<sub>1</sub>.

#### Chez le maïs tu n'as rien dit sur le taux protéine ????

### **Teneurs de quelques composés biochimiques d'éléments minéraux des graines de niébé**

Dans cette expérimentation, les teneurs en protéines, matière grasse, glucides, potassium et phosphore des graines sèches de niébé issues des différents systèmes de cultures associées ont été quantifiées. Les résultats expérimentaux sont consignés dans le **tableau 5**. L'analyse des valeurs montre que les taux de protéines et de glucides et les teneurs en potassium des graines de niébé ont été statistiquement identiques dans tous les systèmes de culture en 2015 comme en 2016. Aucune différence significative n'a été observée au niveau des taux de matière grasse des graines de niébé au cours de l'année 2015, quels que soient le cultivar de niébé et le type d'association culturale. Toutefois, en 2016, les taux de matière grasse des graines de niébé des systèmes 2M4N<sub>1</sub> ; 2M4N<sub>2</sub> ; 2M4N<sub>3</sub> et M1N<sub>3</sub> ont été significativement plus élevés que ceux des monocultures des cultivars de niébé N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> et N<sub>3</sub>. En 2015, Le taux de phosphore dans les graines de niébé a été le plus élevé dans les associations en bandes 2M4N<sub>2</sub> et 2M4N<sub>3</sub>. En 2016, le taux de phosphore le plus élevé a été enregistré dans les associations en bandes 2M4N<sub>2</sub>, 2M4N<sub>3</sub> et dans la culture pure N<sub>3</sub>P.

**Tableau 4 : Teneurs des constituants majeurs et des éléments minéraux potassium et phosphore des grains de maïs en culture associée avec des cultivars N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> et N<sub>3</sub> de niébé- pourquoi mettre tes titres de tableaux dans une zone de texte,?????**

Formatted: Highlight

Année SC	Protéine (g)		Matière grasse (g)		Glucide (g)		Potassium (g)		Phosphore (g)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
M <sub>0</sub> P	9,71±1,27a	10,72±0,20c	4,14±0,39a	4,41±0,49a	66,04±2,37a	66,91±1,53a	0,02±0,01a	0,03±0,01a	0,2±0,00d	0,25±0,02a
M <sub>+</sub> P	9,83±1,18a	10,68±0,23c	4,35±0,55a	4,16±0,44a	66,10±2,41a	66,96±1,30a	0,02±0,00a	0,03±0,00a	0,25±0,03b	0,25±0,03a
M <sub>V+</sub> P	9,79±1,21a	10,87±0,02b	4,21±0,38a	4,28±0,24a	66,04±2,32a	67,03±1,29a	0,03±0,00a	0,02±0,00a	0,27±0,03a	0,25±0,02a
MN <sub>1</sub> D	9,87±1,08a	11,23±0,07a	4,22±0,15a	4,33±0,63a	66,12±1,90a	66,90±1,65a	0,03±0,01a	0,02±0,00a	0,2±0,01d	0,24±0,01a
2M4N <sub>1</sub>	10,08±1,10a	10,82±0,28b	4,55±0,33a	4,18±0,74a	66,25±2,30a	67,33±1,12a	0,03±0,01a	0,03±0,01a	0,25±0,03b	0,23±0,02a
1M1N <sub>1</sub>	9,93±1,39a	10,96±0,12b	4,38±0,58a	4,16±0,21a	66,25±2,19a	67,49±0,39a	0,03±0,01a	0,02±0,00a	0,23±0,02c	0,22±0,02a
MN <sub>2</sub> D	9,77±1,09a	10,61±0,15c	4,12±0,19a	4,45±0,50a	65,90±1,59a	67,36±0,87a	0,03±0,01a	0,02±0,01a	0,22±0,01c	0,23±0,04a
2M4N <sub>2</sub>	10,04±1,10a	10,72±0,35c	4,49±0,44a	4,51±0,42a	66,23±2,22a	67,17±1,18a	0,03±0,00a	0,02±0,01a	0,23±0,01c	0,25±0,02a
1M1N <sub>2</sub>	9,72±1,13a	10,67±0,10c	4,40±0,66a	4,12±0,19a	66,18±2,16a	66,81±0,59a	0,03±0,01a	0,02±0,00a	0,20±0,01d	0,24±0,02a
MN <sub>3</sub> D	9,93±1,09a	10,63±0,40c	4,20±0,31a	4,41±0,38a	66,23±1,89a	66,72±1,50a	0,03±0,00a	0,02±0,01a	0,22±0,01c	0,24±0,02a
2M4N <sub>3</sub>	9,88±1,23a	10,74±0,29c	4,31±0,28a	4,25±0,35a	66,28±2,16a	67,31±1,03a	0,03±0,01a	0,03±0,01a	0,25±0,02b	0,25±0,01a
1M1N <sub>3</sub>	9,88±1,23a	10,70±0,25c	4,28±0,52a	4,29±0,21a	66,22±2,04a	67,02±1,02a	0,02±0,01a	0,03±0,00a	0,25±0,03b	0,24±0,01a
<b>P</b>	P = 0,92	P < 0,05	P = 0,825	P = 0,879	P = 0,9	P = 0,925	P = 0,197	P = 0,115	P < 0,01	P = 0,339

P < 0,001 : Probabilité très hautement significative ; P < 0,01 : Probabilité hautement significative ; P < 0,05 : Probabilité significative ; ns : probabilité non significative ; SC : Système de culture ; MN<sub>1</sub>D, MN<sub>2</sub>D, MN<sub>3</sub>D : associations en intra-lignes ou en damier ; 1M1N<sub>1</sub>, 1M1N<sub>2</sub>, 1M1N<sub>3</sub> : associations en simple interlignes ; 2M4N<sub>1</sub>, 2M4N<sub>2</sub>, 2M4N<sub>3</sub> : associations en bandes ; Pour chaque colonne, les chiffres suivis d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5 % (test Newman-keuls) ; Moyenne ± écart type, Valeurs obtenues pour 100 g de matière sèche **je me demande si tu comprends très bien le sens des lettres dans un tableau de comparaison. A partir du moment ou tu donne le resultat de ton P, et qu'il n'va pas de différence, il ne sert à rien de mettre les lettres pour charger tes tableaux**

**Tableau 5 : Teneurs des constituants majeurs et des éléments minéraux potassium et phosphore des graines des Cultivars N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> et N<sub>3</sub> de nié en culture associée avec le maïs**

Année SC	Protéine (g)		Matière grasse (g)		Glucide (g)		Potassium (g)		Phosphore (g)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
<b>N<sub>1</sub>P</b>	19,18±0,21a	19,13±0,17a	1,38±0,09a	1,33±0,04b	59,45±0,79a	59,42±0,76a	0,96±0,15a	0,96±0,15a	199,83±0,68b	199,82±0,67b
<b>N<sub>2</sub>P</b>	19,21±0,07a	19,18±0,06a	1,33±0,11a	1,24±0,01c	59,54±0,60a	59,55±0,61a	0,96±0,13a	0,97±0,14a	199,90±0,61b	199,90±0,61b
<b>N<sub>3</sub>P</b>	19,11±0,27a	19,06±0,22a	1,34±0,13a	1,24±0,02c	59,53±0,75a	59,65±0,88a	0,98±0,10a	1,02±0,14a	200,21±0,10b	200,60±0,52a
<b>MN<sub>1</sub>D</b>	19,13±0,13a	19,13±0,13a	1,23±0,02a	1,25±0,04c	59,45±1,10a	59,40±1,04a	0,98±0,19a	0,97±0,18a	199,94±1,25b	198,83±0,04c
<b>2M4N<sub>1</sub></b>	19,25±0,11a	19,35±0,03a	1,31±0,05a	1,36±0,11a	59,49±0,73a	59,49±0,73a	1,02±0,09a	1,02±0,09a	198,26±2,34c	198,29±2,37d
<b>1M1N<sub>1</sub></b>	19,18±0,12a	19,14±0,07a	1,28±0,09a	1,30±0,07b	59,51±0,81a	59,53±0,82a	0,98±0,12a	0,98±0,12a	199,01±1,22b	199,24±0,97c
<b>MN<sub>2</sub>D</b>	19,15±0,11a	19,14±0,09a	1,26±0,02a	1,25±0,01c	59,70±0,71a	59,73±0,74a	0,95±0,20a	0,96±0,21a	198,86±0,01b	197,90±1,06e
<b>2M4N<sub>2</sub></b>	19,07±0,20a	19,07±0,20a	1,29±0,08a	1,32±0,01b	59,59±0,55a	59,59±0,54a	1,06±0,04a	1,05±0,03a	200,35±0,16a	200,31±0,15a
<b>1M1N<sub>2</sub></b>	19,07±0,25a	19,10±0,28a	1,21±0,02a	1,22±0,03c	59,50±0,86a	59,51±0,87a	0,99±0,10a	1,00±0,12a	198,70±0,38b	199,45±0,44c
<b>MN<sub>3</sub>D</b>	18,83±0,38a	19,03±0,27a	1,26±0,01a	1,23±0,04c	59,56±0,93a	59,48±0,84a	0,97±0,19a	0,94±0,16a	198,53±1,75b	199,01±1,22c
<b>2M4N<sub>3</sub></b>	19,18±0,03a	19,25±0,11a	1,27±0,02a	1,38±0,09a	60,06±0,04a	60,12±0,11a	1,01±0,10a	0,99±0,08a	200,36±0,02a	200,33±0,04a
<b>1M1N<sub>3</sub></b>	19,06±0,32a	18,96±0,21a	1,36±0,12a	1,41±0,06a	59,57±0,80a	59,49±0,72a	0,99±0,13a	0,99±0,13a	198,96±0,98b	199,23±1,28c
<b>P</b>	P = 0,295ns	P = 0,169 ns	P = 0,109 ns	P < 0,01	P = 0, 958	P = 0,891	P = 0,995	P = 0,957	P < 0,01	P < 0,05

P < 0,001 : Probabilité très hautement significative ; P < 0,01 : Probabilité hautement significative ; P < 0,05 : Probabilité significative ; ns : probabilité non significative ; **SC** : Système de culture ; **N<sub>1</sub>P**, **N<sub>2</sub>P**, **N<sub>3</sub>P** ; niébé en culture pure ; **MN<sub>1</sub>D**, **MN<sub>2</sub>D**, **MN<sub>3</sub>D** : associations en intra-lignes ou en damier ; **1M1N<sub>1</sub>**, **1M1N<sub>2</sub>**, **1M1N<sub>3</sub>** : associations en simple interlignes ; **2M4N<sub>1</sub>**, **2M4N<sub>2</sub>**, **2M4N<sub>3</sub>** : associations en bandes ; Pour chaque colonne, les chiffres suivis d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5 % (test Newman-keuls) ; Moyenne ± écart type, Valeurs obtenues pour 100 g de matière sèche enlève tes zones de texte.

## Discussion

L'association culturale est l'une des pratiques les plus courantes dans le système agricole durable. Elle joue un rôle important dans l'augmentation de la productivité, la stabilité du rendement, l'amélioration de l'utilisation des ressources naturelles du sol et des facteurs environnementaux (Qin *et al.*, 2013). La masse de 100 graines semenees et la qualité nutritionnelle des semences ont été estimées, selon les systèmes de culture constitués de maïs et de niébé en cultures pures ou associés. Trois types d'association maïs-niébé, en intra-lignes, en interlignes et en bandes ont été adoptés pour chacun des trois cultivars de niébé  $N_1, N_2, N_3$ .

Commented [KK10]: imprécis

### Effet des systèmes de culture sur la masse de 100 semences du maïs et du niébé

Formatted: Highlight

La masse de 100 grains de maïs a varié selon les systèmes de culture. Cette masse a généralement augmenté au niveau des systèmes d'association par rapport à la culture pure non fertilisée Qu'est ce qui explique cela. Singh *et al.* (2000) ont rapporté que la masse de 100 grains de maïs a également été augmentée par les cultures associées avec les légumineuses lesquelles et dans quelles conditions, c'est l'explication qui fait la discussion et non uniquement les comparaisons. En 2015 et en 2016 les associations en damier  $MN_1D$  et  $MN_3D$ , ont exprimé les masses de 100 graines, les plus élevées, avec respectivement les cultivars 1 ( $N_1$ ) et 2 ( $N_2$ ) de niébé. Ces résultats pourraient s'expliquer par une meilleure valorisation, comment ???? des ressources du milieu des cultures associées en damier  $MN_1D$  et  $MN_3D$  par rapport aux cultures pures.

Formatted: Highlight

Commented [KK11]: ce que je ne comprends pas tu cites ici  $N_2$  alors que présentes  $MN_3D$

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

### S'il te plaît fais l'effort de mieux discuter tes résultats

### Taux de constituants majeurs et de teneurs en minéraux des semences de maïs et de niébé

Commented [KK12]: Ce n'est plus quelques composés biochimiques???? Fait un choix et reste rigoureux

Le taux de protéines dans les grains de maïs des associations  $MN_1D$ ,  $2M_4N_1$  et  $1M_1N_1$  en 2016 a augmenté de façon significative par rapport à celui des grains de maïs des cultures pures non fertilisées. Le gain de protéines obtenu avec un apport d'azote organique ou minéral dans les grains de maïs est inférieur à celui obtenu grâce à la culture en association  $MN_1D$ . Ces résultats corroborent ceux de Bedoussac et Justes (2010) sur l'association du blé au pois. En effet, les travaux de ces auteurs ont établi que la fixation symbiotique de l'azote de l'air par la légumineuse augmente la disponibilité en azote pour la céréale. Cette plus grande disponibilité de l'azote permet également d'améliorer la qualité des semences par rapport à une fertilisation organique ou minérale. L'association du maïs en damier avec le

niébé N<sub>1</sub> a présenté le meilleur taux de protéines. Des résultats similaires ont déjà été obtenus par Juste *et al.* (2009) dans l'association blé-pois. En effet, les travaux de ces auteurs ont montré que l'association culturale céréale-légumineuse réduisait le nombre d'épis par plante. Cependant, les grains des épis formés étaient plus riches en protéines.

Un taux élevé de phosphore dans les graines de niébé a été noté avec les associations en bandes. L'augmentation du taux de phosphore dans les graines de niébé des associations en bandes 2M4N<sub>2</sub> et 2M4N<sub>3</sub> par rapport aux cultures pures pourrait être lié à une modification de certains facteurs du milieu en faveur de la légumineuse à cause de la présence du maïs ou vice-versa. De tels résultats ont déjà été rapportés par Bruno *et al.* (2003) qui qualifie ce phénomène de « facilitation ». En effet, le terme de facilitation regroupe les processus directs ou indirects liés à la présence d'une espèce qui modifient de manière positive les conditions du milieu pour l'autre espèce associée. Hinsinger *et al.* (2011) ont également rapporté que le relargage de protons via la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par la légumineuse permettait d'augmenter la disponibilité en nutriments comme le phosphore pour la céréale. En effet, les légumineuses assimilent moins de nitrates (anions) en extrudant des protons pour un équilibre électrique (Alkama *et al.*, 2009). Ce relargage de protons a pour effet local de faire baisser le pH de la rhizosphère et de provoquer une solubilisation des ions phosphates qui ne sont pas disponibles à pH neutre. Ce phénomène qui est spécifique aux légumineuses permet une plus grande disponibilité du phosphore pour celles-ci et la culture associée (Smith *et al.*, 2000). C'est ce qui semble expliquer l'augmentation du taux de phosphore dans les graines de niébé tout comme celles du maïs en association culturale. Le taux de phosphore le plus élevé des grains de maïs en culture pure et fertilisée (M<sub>v</sub>+P) pourrait être lié à une teneur plus importante ou une facilitation de la libération de l'absorption et l'assimilation de cet élément minéral contenu dans l'engrais biologique vital plus.

Mon avis sur la discussion est qu'elle est d'un niveau très faible, tu n'as fait que des spéculations. Les résultats obtenus doivent être expliqués avec des arguments scientifiques basés sur une bibliographie plus renforcée (exemple de ce que tu as dit pour le phosphore). Comment scientifiquement une association peut jouer sur les valeurs biochimiques, c'est cela que tu dois expliquer

### **Conclusion**

L'objectif de cette étude a été de déterminer le meilleur mode d'association du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) au maïs (*Zea mays* L.) pour l'amélioration de la productivité des

cultures et de la qualité des semences. Nos résultats ont révélé que l'année de culture... tu n'as fait aucun test pour comparer les effets par rapport à l'année de culture, la variété de quoi ??? et le type d'association ont été les facteurs principaux qui ont influé sur le comportement des cultures. Les associations en bandes  $2M4N_1$  ont exprimé la masse de 100 graines de niébé la plus élevée. En revanche, c'est l'association en damier  $MN_1D$  qui a amélioré, le plus, la masse de 100 grains de maïs par rapport aux cultures pures fertilisées ou non. L'association maïs-niébé en damier  $MN_1D$  a permis d'augmenter la teneur en protéines des grains de maïs sans apport de fertilisation. Aussi, la culture du maïs en association avec le niébé a permis d'augmenter le taux de protéines dans les grains de maïs plus efficacement qu'une fertilisation organique ou minéral. Le taux de phosphore le plus élevé a été obtenu avec les grains de maïs des cultures pures fertilisées  $M_{V+P}$ . Cependant, les associations en bandes  $2M4N_1$ ,  $2M4N_3$  et en simples interlignes  $1M1N_3$  peuvent être recommandées en vue de la production de maïs qui soit riche en phosphore. Les associations en bandes  $2M4N_3$  peuvent être recommandées pour une amélioration du taux de matière grasse et de phosphore dans les graines de niébé. Parmi les trois modes d'association maïs-niébé, les associations en damier et en bandes ont été les plus performantes chez le maïs. Chez le niébé, c'est seulement l'association en bandes qui a été plus approprié.

## Références bibliographiques

**Alkama N., Bolou Bi B.E., Vailhe H., Roger L., Oumane S.M., Drevon J.J. (2009).** Genotypic variability in P use efficiency for symbiotic nitrogen fixation is associated with variation of proton efflux in cowpea rhizosphere. *Soil Biology Biochemistry*, 41 : 1814-1823.

**Anderson J.M. & Ingram J. (1993).** Tropical soil biology and fertility programme: A handbook of methods. C.A.B. International, Oxford, 221p

**Azontondé A. (1993).** Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie* 28 :217-226.

**Bado B.V. (2002).** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat : Université Laval-Québec. 176p

**Bedoussac L. (2009).** Analyse du fonctionnement des performances des associations blé dur-pois d'hiver et blé dur-féverole d'hiver pour la conception d'itinéraires techniques adaptés à différents objectifs de production en systèmes bas-intrants. Mémoire de thèse, INP-Toulouse, France, 220 p.

**Bedoussac L. & Justes E. (2010).** The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant Soil* 330 :19 – 35.

**Blumenberg M., Berndmeyer C., Moros M., Muschalla M., Schmale O. & Thiel V. (2013).** Bacterioplanecton record stratification, nitrogen fixation and other biogeochemical perturbations in Holocene sediments of the central Baltic Sea. *Biogeosciences* 10 :2725-2735.

**Carsky R.J., Douthwaite B., Manyong V.M., Sanginga N., Schulz S., Vanlauwe B., Diels J. & Keatinge J.D.H. (2003).** Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines. *Cahiers Agriculture* 12, 227-233.

**Caviglia O.P., Sadras V.O. & Andrade F.H. (2011).** Yield and Quality of Wheat and Soybean in Sole- and Double-Cropping. *Agronomy Journal* 103: 1081-1089.

[Absents dans le corps du texte](#)

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

**Djè Bi I.R. (2018).** Évaluation de l'aptitude de la gourde oléagineuse *Lagenaria siceraria* (Molina) Standley à l'association culturale avec le manioc *Manihot esculenta* Crantz. Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 117p.

**Douglas S. (2009).** Population Growth, Increases in Agricultural Production and Trends in Food Prices. *The Electronic Journal of Sustainable Development* 1(3), 35p.

**Dubois M., Gilles K. A, Hamilton J. K, Rebers P. A et Smith F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Annalical Chemistry*, 28: 350-356.

**Hinsinger P., Betencourt E., Bernard L., Brauman A., Plassard C., Shen J., Tang X., Zhang F. (2011).** P for two, sharing a scarce resource: Soil phosphorus acquisition in the rhizosphere of intercropped species. *Plant physiology*, 156:1078-1086.

**Ju X.T., Kou C.L., Zhang F.S. & Christie P. (2006).** Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution* 143:117-125.

**Juste E., Bedoussac L. & Prieur L. (2009).** Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéine du blé en Agriculture Biologique au moyen de culture intermédiaire ou de cultures associées ? *Innovations Agronomiques*, 4 : 165-176.

**Kouassi N.J., Tonessia D.C., Gogbeu S.J., Soko D.F, Ayolié K. (2016).** Influence du décalage de semis du maïs (*Zea mays* L.) et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) sur leur production en zone savanicole de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 102 :9745 – 9755.

**Li L., Sun J.H. & Zhang F.S. (2011).** Intercropping with wheat leads to greater root weight density and larger below-ground space of irrigated maize at late growth stages. *Journal of Soil and Science Plant Nutrition* 57:61– 67

**Midega C.A.O., Salifu D., Bruce T.J., Pittchar J., Pickett J.A. & Khan Z.R. (2014).** Cumulative effects and economic benefits of intercropping

maize with food legumes on *Striga hermonthica* infestation. *Field Crops Research*. 155 :144-152.

**Ofori F. & Stern W.R. (1987).** Cereal-legume intercropping systems *Advances in Agronomy* 41:41-90.

**Qin A.Z., Huang G.B., Chai Q., Yu A.Z. & Huang P. (2013).** Grain yield and soil respiratory response to intercropping systems on arid land. *Field Crops Research*. 144:1-10.

**Singh D.P., Rana N.S. & Singh R.P. (2000).** Growth and yield of winter maize as influenced by intercrops and nitrogen application. *Indian Journal of Agronomy* 45:515-519.

**Thierfelder C., Cheesman S. & Rusinamhodzi L. (2012).** Benefits and challenges of crop rotations in maize-based conservation agriculture (CA) cropping systems of Southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability* 11(2):108–124.

**Wu K.X. & Wu B.Z. (2014).** Potential environmental benefits of intercropping annual with leguminous perennial crops in Chinese agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 188:147-149.

**Zhang F., Shen J., Li L. & Liu X. (2004).** An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China. *Plant Soil*. 260 :89-99.

**Zhang Y.Y., Liu J.F., Mu Y.J., Xu Z., Pei S.W. & Lun X.X. (2012).** Nitrous oxide emissions from a maize field during two consecutive growing seasons in the North China Plain. *Journal of Environmental Science-China* 24:160-168.