

Influence D'un Engrais Minéral Granulé Et D'un Engrais Liquide Sur La Production De Cacao A Soubré Et Méagui, Côte d'Ivoire

[Influence Of A Granulated Mineral Fertilizer And A Liquid Fertilizer On Cocoa Production In Soubré And Méagui, Côte d'Ivoire]

Acka Jacques Alain KOTAIX*¹, Marise Evelyne Gévère ASSI², Koffi Hypolith KOUAKOU³, N'Dri Norbert KOUAME⁴, Walet Pierre N'GUESSAN⁴.

¹Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire, Département d'Agronomie- Physiologie, Agro-pédologue, BP 808 Divo, kotaixalin9@gmail.com, jackalin9@yahoo.fr.

²Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire, Département d'Agronomie- Physiologie, Agronome, BP 808 Divo, evelyne_assi@yahoo.fr

³Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Agro-pédologue, BP 150 Daloa, k.koffihypolith@gmail.com

⁴Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire, Département de Maladies et ravageurs, Entomologiste, BP 808 Divo, ndri_norbert@yahoo.fr, walet_pierre@yahoo.fr.

Auteur correspondant, Acka Jacques Alain KOTAIX. E-mail :jackalin9@yahoo.fr



Résumé : La cacaoculture est d'une importance capitale pour de nombreux pays, dont la Côte d'Ivoire. Mais, cette culture est confrontée à d'énormes contraintes, dont la baisse de rendement. Dans une quête de solution à ce paramètre, une étude a été réalisée au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, notamment à Soubré et Méagui sur un engrais minéral solide et liquide afin, d'évaluer les effets combinés de ces engrais sur les paramètres de rendement du cacaoyer. Ainsi, le dispositif expérimental a été en bloc de Fisher complètement randomisé, avec 4 répétitions pour 11 traitements. Les résultats de ces essais ont montré que les traitements ayant reçu l'engrais minéral granulé combiné à l'engrais liquide ont mieux amélioré le rendement du cacao. Ainsi, les traitements T4 (400g Falcaco+0,045 L Caobor) et T5 (400g Falcacao+0,09 L Caobor) ont eu les rendements les plus élevés sur les deux sites. A Soubré, ils ont eu respectivement 1299,90 kgha⁻¹ et 1422,29 kgha⁻¹ pour le rendement réel et 1601,77 kgha⁻¹ et 1736,30 kgha⁻¹ avec le rendement potentiel. A Méagui, les meilleurs rendements réels ont été aussi obtenus par les traitements T4 (1425,21 kgha⁻¹) et T5 (1586,51 kgha⁻¹), tandis que le rendement potentiel a été uniquement obtenu par le traitement T5 avec 1816,24 kgha⁻¹.

Mots clés : Engrais minéral, engrais liquide, cacao, rendement, Côte d'Ivoire.

Cocoa farming is of vital importance to many countries, including Côte d'Ivoire. However, this crop faces enormous constraints, including declining yields. In a quest for a solution to this parameter, a study was carried out in south-west Côte

d'Ivoire, notably in Soubré and Méagui, using a solid and liquid mineral fertilizer to assess the combined effects of these fertilizers on cocoa yield parameters. The experimental set-up was a completely randomized Fisher block design, with 4 replications for 11 treatments. The results of these experiments showed that treatments receiving granulated mineral fertilizer combined with liquid fertilizer improved cocoa yield better. Treatments T4 (400g Falcaco+0.045 L Caobor) and T5 (400g Falcacao+0.09 L Caobor) had the highest yields on both sites. At Soubré, they achieved 1299.90 kg ha^{-1} and 1422.29 kg ha^{-1} respectively for actual yield, and 1601.77 kg ha^{-1} and 1736.30 kg ha^{-1} for potential yield. In Méagui, the best actual yields were also obtained by treatments T4 (1425.21 kg ha^{-1}) and T5 (1586.51 kg ha^{-1}), while the potential yield was only obtained by treatment T5 with 1816.24 kg ha^{-1} .

Key words: Mineral fertilizer, liquid fertilizer, cocoa, yield, Ivory Coast.

1. INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la cacaoculture est pratiquée de façon extensive ^[1]. Et, les producteurs utilisent du moins en moins du matériel végétal amélioré. Ils se contentent plutôt du matériel végétal non amélioré, appelé «tout-venant», et optent pour des pratiques culturales non appropriées pour la cacaoculture ^[2]. Ces producteurs sont confrontés à d'énormes contraintes de production, notamment le vieillissement des vergers, la pourriture brune des cabosses, le swollen shoot ^[3] et à la baisse rapide de la fertilité des sols ^[4], due à leur surexploitation. De ce fait, le verger est peu productif, avec des rendements moyens annuels compris entre 260 et 600 kg/ha ^[5,6,7]. La recherche agronomique ivoirienne s'est donc fixée comme objectif d'améliorer les systèmes de production du cacao à travers des techniques culturales durables et adaptées au contexte de production ^[8,9]. Parmi ces techniques culturales, il est préconisé la fertilisation minérale, liquide et organique. En effet, selon ^[10], la fertilisation est la principale source de nutriments qui permet d'obtenir et de garantir la production. Ainsi, sans apport d'engrais, les niveaux de production sont faibles, même si le potentiel de production des cacaoyers est bon. En l'absence de fertilisation, les niveaux d'équilibre de production des cacaoyers dépendent de l'environnement qui influence le potentiel de fertilité des sols. Par exemple, dans la région du centre Cameroun, où les planteurs de cacao n'utilisent pas d'engrais, la production s'équilibre à 346 kg/ha/an dans la zone de savane et à 160 kg/ha/an dans la zone de forêt dense. Les travaux de ^[11,12] ont également montré qu'actuellement, la gestion de la fertilité du sol et les recommandations de fertilisation intègrent tous les acquis de la recherche, la mise au point de techniques de cacaocultures durables et compétitives en Afrique. C'est donc dans ce contexte, que l'étude sur l'application d'un engrais minéral granulé et d'un engrais liquide a été initiée, afin d'évaluer l'efficacité de ces engrais combinés ou non sur la production cacaoyère.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Cadre de l'étude

L'étude a été réalisée au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire précisément à Soubré et Méagui. Ces deux villes jouissent d'un climat Subéquatorial caractérisé par d'abondantes pluies réparties en deux périodes, deux saisons pluvieuses (Avril-Juin, Septembre-Novembre) et deux saisons sèches (Juillet-Aout, Décembre-Mars). On note une température moyenne mensuelle, allant de 25,8 °C à 26,3 °C, une pluviométrie moyenne relativement abondante, allant de 1 203,6 mm à 1 392 mm de pluie par an ^[13]. La végétation quant à elle était marquée par la forêt dense, tropicale et humide qui aujourd'hui subit une forte régression sous une pression anthropique croissante ^[14], par des cultures industrielles et pérenne. Les formations pédologiques sont dominées par les sols ferrallitiques remaniés ou typiques avec induration provenant des divers granitoïdes et des migmatites caractérisées par l'existence d'un horizon gravillonnaire épais de 60 à 100 cm. Les sols hydromorphes à gley et pseudogley issus d'alluvions. Et les sols bruns eutrophes (issus des roches basiques et de schistes) tropicaux.

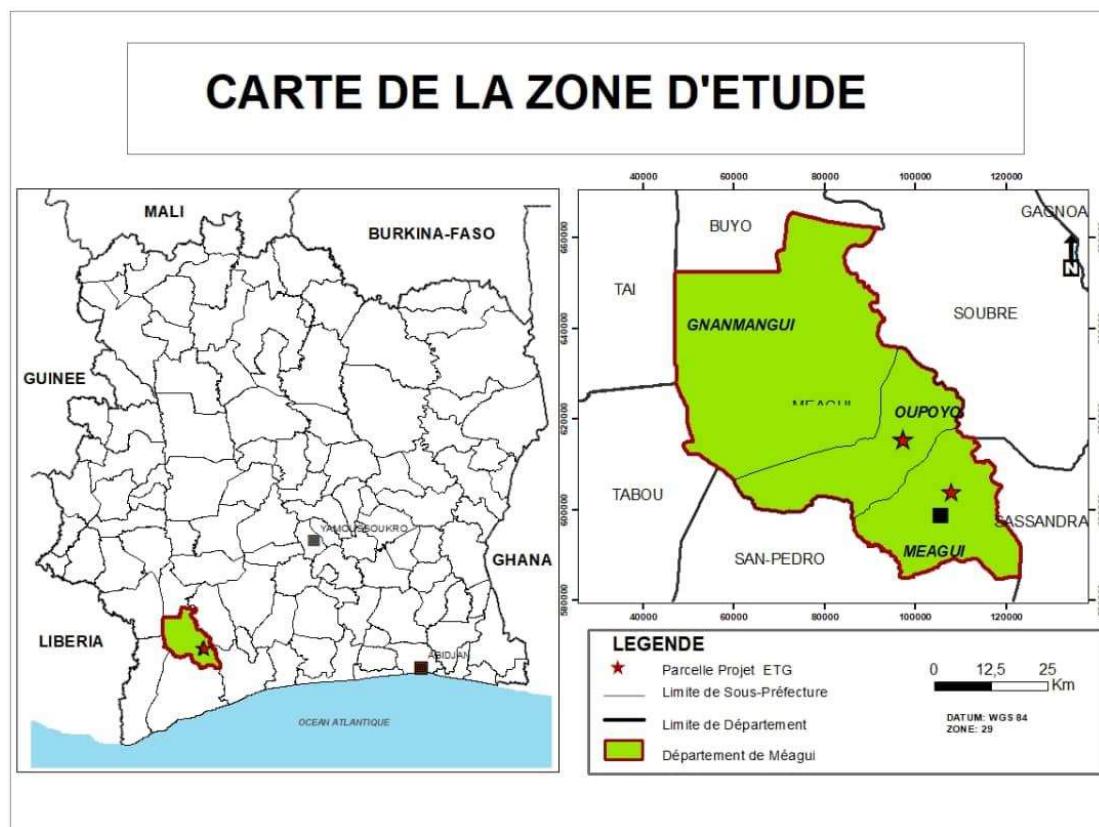


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude

2.2. Matériel végétal

Le matériel d'étude, est le cacaoyer « tout venant ». Les parcelles choisies pour l'essai sont adultes avec un âge de 15 et 18 ans.

2.3. Matériel fertilisant

Le matériel fertilisant est composé d'engrais minéral NPK 0-23-19 (engrais de référence), l'engrais minéral Falcacao (NPK 0-23-19+TE) et l'engrais liquide Caobor Ces engrais ont été fournis par la structure Export Trading Company (ETG).

2.4. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif expérimental en bloc de Fisher complètement randomisé comportant 11 traitements répétés 4 fois. Chaque traitement (12,5 m x 12 m), est constitué de 30 plants espacés de 3m sur 2,5m (densité de 1333 plants/ha). Les parcelles élémentaires (150 m²) sont séparées les unes des autres par deux (2) lignes de cacaoyers. Les blocs ont été disposés parallèlement et espacés de 6 m les uns des autres. L'essai comporte 1320 pieds et est conduit sur 01 ha. Les différentes doses d'engrais requises et codifiées pour l'usage sur le terrain correspondent aux traitements T0 à T10. Ainsi, à chaque période d'épandage d'engrais c'est-à-dire chaque six mois, c'est la demi-dose pour une année qui est apportée. L'épandage s'est fait alors en deux étapes (mars-avril et août-septembre), dans un rayon de 80 à 100 cm autour du pied de cacaoyer pour les engrais solide (400g/pied/an) et sur le tronc et les feuilles pour l'engrais liquide (Tableau 1).

Tableau 1 : Types et doses d'engrais appliqués par pied de cacaoyer

Traitement	Type d'engrais	% d'apport	Dose (g)/pied/apport/an
T0	0	0	0
T1	NPK 0-23-19+TE	100	48 Kg
T2	Dose 1 Caobor	100	0,09 L
T3	Dose 2 Caobor	100	0,18 L
T4	NPK 0-23-19+TE	100	48 Kg
	Dose 1 Caobor	50	0,05 L
T5	NPK 0-23-19+ TE	100	48 Kg
	Dose 2 Caobor	50	0,09 L
T6	NPK 0-23-19 + TE	50	24 Kg
	Dose 1 Caobor	50	0,05 L
T7	NPK 0-23-19+TE	50	24 Kg
	Dose 2 Caobor	50	0,09 L
T8	NPK 0-23-19+TE	50	24 Kg
	Dose 1 Caobor	100	0,09 L
T9	NPK 0-23-19+TE	50	24 Kg
	Dose 2 Caobor	100	0,18 L
T10	NPK 0-23-19	100	48 Kg

2.5. Paramètres agronomiques mesurés

Les paramètres agronomiques mesurés lors de cette étude sont : le nombre de chérelles wiltées, le nombre de cabosses saines, le nombre de cabosses pourries, le poids moyen des fèves fraîches de la cabosse et le rendement. Ce rendement a été calculé de la manière suivante :

$$Rdt_{moyen}^{réel} = (PMF * 0.35 * nCabsain * 1333 * 0,001)$$

$$Rdt_{moyen}^{potentiel} = (PMF * 0.35 * nCabtotal * 1333 * 0,001)$$

Rdt = Rendement ; PMF = Poids moyen des fèves fraîches ;

nCabsain = nombre de cabosse saine; nCabtotal = nombre de cabosse total

0.35 = coefficient de transformation d'une fève fraîche en fève sèche ; 1333 = nombre de pieds de cacao à l'hectare ; 0,001 = conversion d'un gramme en kilogramme.

2.6. Analyse statistique

Une analyse de variance a un facteur (Anova) a été faite à l'aide du logiciel SAS 9.4. Une comparaison des moyennes par la méthode de Newman-Keuls a été appliquée au seuil de probabilité de 5 %.

3. RESULTATS

3.1. Effets des traitements sur le nombre de chérelles wiltées, cabosses saines, pourries, rongées, cabosses totales et poids moyen des fèves fraîches à Soubré

Les résultats ont montré des différences significatives entre les traitements au niveau des chérelles wiltées. Pour ce paramètre, les traitements T3 (0,18 L/an Caobor 2) avec 122,53, T4 (400g NPK 0-23-19+TE+0,045 L/an Caobor 1) avec 129,25, T5 (400g NPK

0-23-19+TE TE+0,09 L/an Caobor 2) avec 135,53 et T9 (200g NPK 0-23-19+TE +0,18 L/an Caobor 2) avec 131,16 ont eu le plus fort taux de chérelles wiltées. Et la plus faible valeur a été obtenu par le traitement témoin T0 (35,31). Quant aux cabosses saines, pourries, rongées, totales et le poids des fèves fraîches, il n'y a pas eu de différence significative entre les traitements. Cependant, les traitements fertilisés ont eu des valeurs supérieures à celles de T0 ; (Tableau 2).

Tableau 2: Effets des traitements sur le nombre de chérelles wiltées, cabosses saines, pourries, rongées, totales et le poids moyen des fèves fraîches

Traitement	Chérelles wiltées	Cabosses saines	Cabosses pourries	Cabosses rongées	Cabosses Totales	Poids moyen fèves fraîches
T0	35,31c	15,06a	2,12a	1,34a	18,52a	80,17a
T1	91,07b	22,05a	2,29a	0,89a	25,04a	91,87a
T2	98,16b	18,06a	2,18a	0,80a	21,04a	86,47a
T3	122,53a	21,07a	0,23a	0,76a	22,05a	88,05a
T4	129,25a	29,28a	1,77a	3,94a	33,99a	98,12a
T5	135,53a	31,06a	2,17a	4,13a	37,36a	100,42a
T6	100,25b	21,16a	0,75a	1,21a	22,12a	89,04a
T7	103,11b	21,35a	1,71a	1,06a	24,12a	90,11a
T8	90,06b	22,23a	1,89a	1,95a	26,07a	91,05a
T9	131,16a	26,91a	1,95a	3,96a	32,82a	93,02a
T10	107,53b	26,37a	3,41a	1,37a	31,15a	94,02a
Moyenne	103,99	23,14	1,86	1,95	26,75	91,12
CV (p.c.)	11,24	20,08	14,12	21,05	19,43	10,02
Pr > F	<.001	0,143	0,101	0,106	0,153	0,131

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes

3.2. Effets des traitements sur le rendement à Soubre

Les résultats ont montré des différences significatives entre les traitements au niveau des rendements. Ainsi, les traitements T4 (300gTE+0,045 L/an Caobor 1) et T5 (300g TE+0,09 L/an Caobor 2) ont été les plus expressifs avec un rendement réel de 1299,90 kg/ha et 1422,29 kg/ha respectivement. Et un rendement potentiel de 1601,77 kg ha^{-1} et 1736,30 kg ha^{-1} respectivement; (Tableau 3).

Tableau 3 : Effets des traitements sur le rendement des cacaoyers

Traitement	Rendement réel (kg ha^{-1})	Rendement potentiel (kg ha^{-1})
T0	457,41e	692,71d
T1	917,02c	1073,26c
T2	708,62d	848,81cd
T3	845,98c	905,81c
T4	1299,90a	1601,77a
T5	1422,29a	1736,30a
T6	879,02c	910,13c
T7	898,57c	1014,02c
T8	936,95c	1107,44c
T9	1167,85b	1424,33b
T10	1123,74b	1366,40b
Moyenne	968,85	1152,82
CV (p.c.)	11,05	13,04
Pr > F	0,0118	0,0163

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes

3.3. Effets des traitements sur le nombre de chérelles wiltées, cabosses saines, pourries, rongées, cabosses totales et poids moyen des fèves fraîches à Méagui

L'analyse de variance a montré des différences significatives entre les traitements au niveau des chérelles wiltées. Pour ce paramètre, tout comme à Soubré, les traitements T3 avec 126,20, T4 avec 134,12, T5 avec 141,02 et T9 avec 130,32 ont eu les plus fortes valeurs de chérelles wiltées. Et le témoin absolu (T0) en a eu le plus faible taux T0 (38,12). Pour les cabosses saines, pourries, rongées, totales et le poids des fèves fraîches, il n'y a pas eu de différence significative entre les traitements. Toutefois, les parcelles élémentaires ayant reçu l'engrais minéral solide et liquide ont eu des valeurs supérieures à celles des parcelles témoin (T0) ; (Tableau 4).

Tableau 4 : Effets des traitements sur le nombre de chérelles wiltées, cabosses saines, pourries, rongées, totales et le poids moyen des fèves fraîches

Traitement	Chérelles wiltées	Cabosses saines	Cabosses pourries	Cabosses rongées	Cabosses Totales	Poids moyen fèves fraîches
T0	38,12c	13,10a	5,02a	0,17a	18,29a	77,49a
T1	92,80b	24,65a	1,20a	0,12a	25,97a	91,97a
T2	96,30b	19,21a	2,02a	0,05a	21,28a	85,16a
T3	126,20a	22,42a	0,12a	0,19a	22,73a	88,20a
T4	134,12a	31,01a	1,80a	1,21a	34,02a	98,51a
T5	141,02a	33,15a	1,32a	3,48a	37,95a	102,58a
T6	103,72b	22,87a	0,10a	0,16a	23,13a	90,30a
T7	107,02b	23,04a	1,54a	0,37a	24,95a	90,75a
T8	110,16b	24,79a	1,15a	1,02a	26,96a	91,65a
T9	130,32a	28,37a	0,86a	3,40a	32,63a	94,31a
T10	114,09b	27,11a	3,16a	2,15a	32,42a	93,17a
Moyenne	108,53	24,52	1,66	1,12	27,30	91,28
CV (p.c.)	14,02	22,31	16,07	22,78	24,15	12,18
Pr > F	<.001	0,121	0,117	0,182	0,167	0.134

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes

3.4. Effets des traitements sur le rendement à Méagui

L'analyse de variance a montré des différences significatives entre les traitements au niveau des rendements réels et potentiels. Les traitements T4 (300gTE+0,045 L/an Caobor 1) avec 1425,21kg/ha et T5 (300g TE+0,09 L/an Caobor 2) avec 1586,51 kg ha^{-1} ont obtenu les meilleurs rendements réels. Quant au rendement potentiel, le traitement T5 a été le plus expressif avec 1816,24 kg ha^{-1} ; (Tableau 5).

Tableau 5 : Effets des traitements sur le rendement des cacaoyers

Traitement	Rendement réel (kg ha^{-1})	Rendement potentiel (kg ha^{-1})
T0	473,60e	661,24f
T1	1057,70bc	1114,34d
T2	763,24d	845,48e
T3	922,58c	935,33de
T4	1425,21a	1577,34b

T5	1586,51a	1816,24a
T6	963,50c	974,45de
T7	975,50c	1056,37d
T8	1060,00bc	1152,79d
T9	1248,29b	1435,73c
T10	1178,43b	1409,25c
Moyenne	976,92	1179,87
CV (p.c.)	14,09	16,02
Pr > F	0,0125	0,0167

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes

4. DISCUSSION

Impacts d'un engrais solide granulé et d'un engrais liquide sur la production du cacaoyer

La production durable du cacaoyer, pendant 25 à 30 ans, dépend largement de la fertilité du sol, d'où l'intérêt de la fertilisation minérale [15]. Cette fertilisation a un rôle d'intensification des niveaux des nutriments permettant d'obtenir des rendements élevés (plus de 2 t/ha). Celle-ci doit être maintenue pour remplacer les nutriments exportés par les récoltes [16]. Ainsi, les résultats de cette étude indiquent que les cacaoyers ayant reçu certaines doses combinées d'engrais minéraux et liquides ont dans l'ensemble de bon caractère de production. Cela se traduit entre autres, par les traitements T4 (400g NPK 0-23-19+TE+0,045 L Caobor) et T5 (400g NPK 0-23-19+TE+0,09 L Caobor) qui ont été plus efficaces au niveau des chérelles wiltés, du rendement réel et potentiel.

L'augmentation du rendement obtenu sur les sites pourrait être liée aux éléments nutritifs contenus dans les engrais solide et liquide. La combinaison de l'engrais solide et liquide a permis aux cacaoyers de mieux absorber les éléments minéraux pour accroître la production. En effet, le phosphore et le potassium contenus dans les engrais solide et liquide, sont reconnus comme des éléments majeurs contribuant à la prolifération des fleurs, à l'amélioration de la quantité et de la qualité des fruits. L'utilisation régulière d'amendement minéral à base de phosphore est nécessaire pour soutenir la croissance de la canopée et la production des fèves [17]. Concernant le potassium, il intervient dans la facilitation du transport des assimilats, l'amélioration du fonctionnement des stomates et la photosynthèse [18,19,20]. Son rôle contribue également à l'amélioration du rendement des cacaoyers. Les travaux de [21] ont d'ailleurs montré l'impact positif du potassium sur le nombre de cabosse. D'autres travaux ont également montré que le nombre de cabosse est encore plus prononcé [22], quand nous avons l'effet combiné d'une fertilisation azotée, phosphorée et potassique. L'effet positif des engrais sur la production cacaoyère peut s'expliquer par une amélioration du statut chimique des sols [23].

Toutefois, le nombre élevé de chérelle wilt observé dans les cacaoyères est un indicateur de production. il convient de souligner que ce taux élevé affecte fortement la production. En effet, le chérelle wilt intervient comme facteur de régulation pour des arbres très chargés en fruits, dépassant 100 fruits par arbre, ce qui correspond à environ 4 tonnes de cacao marchand à l'hectare [24]; d'autres études ont montré qu'une élévation de la température augmentait le nombre de chérelle wilt [25]. L'augmentation de la couverture en fleur, d'où des chérelles, serait due à l'action du phosphore contenu dans l'engrais. Les résultats de plusieurs essais corroborent le rôle majeur du phosphore dans la stimulation de la floraison [26]. Les travaux de [10]; en station de recherche, ont également montré l'importance du phosphore et du potassium pour améliorer les rendements des cacaoyers. Le phosphore est considéré comme le facteur limitant des végétaux dans les sols des régions tropicales [27].

CONCLUSION

L'effet combiné de certaines doses d'engrais minéraux et liquide a amélioré, les paramètres de rendement du cacaoyer à Soubré et Méagui. Ainsi, les traitements T4 (400g NPK 0-23-19+TE+0,045 L Caobor) et T5 (400g NPK 0-23-19+TE+0,09 L Caobor) ont dans l'ensemble amélioré le nombre de chérelles wiltés et les rendements sur les deux sites. A Soubré, ces traitements ont eu respectivement 1299,90 kgha⁻¹ et 1422,29 kgha⁻¹ pour le rendement réel et 1601,77 kgha⁻¹ et 1736,30 kgha⁻¹ pour le rendement

potentiel. Tandis qu'à Méagui, ces traitements ont obtenu respectivement pour le rendement réel 1425,21 kg ha^{-1} et 1586,51 kg ha^{-1} . Quant au rendement potentiel c'est uniquement le traitement T5 qui a eu la valeur la plus élevée (1816,24 kg ha^{-1}).

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un Projet initié entre le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) et la structure Export Trading Company (ETG). Les auteurs remercient le CNRA et l'ETG pour leur soutien financier et matériel.

REFERENCES

- [1]. O. Deheuvels, A.A. Assiri, P. Petithuguenin, B.I. Kébé et A. Flori, "Production cacaoyère en Côte d'Ivoire : état actuel du verger et pratiques paysannes. In : Proceedings of the 14th International Cocoa Research Conference : towards a sustainable cocoa economy-what strategies to this end ? " Accra, Ghana, 2003, Cocoa Producers'Alliance, Lagos, [CD-ROM], pp. 1157 – 1175, 2005.
- [2]. A.A. Assiri, G.R. Yoro, O. Deheuvels, B. I. Kébé, Z. J. Kéli, A. Adiko et A. Assa, "Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire", Journal of Animal & Plant Sciences, Vol. 2, No 1, pp. 55 – 66, 2009.
- [3]. K. N'guessan, N. Coulibaly, "Dynamique des populations de mirides et de quelques autres déprédateurs du cacaoyer dans la région Ouest de la Côte d'Ivoire. In : Actes de la 13^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère", Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, pp. 425-435, 2000.
- [4]. L.K. Koko, K.E. Kassin, G. Yoro, K. NGoran, A. Yao-Kouamé, "Corrélations entre le vieillissement précoce des cacaoyers et les caractéristiques morpho-pédologiques dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire", J. Appl. Biosci, Vol. 24, pp. 1508-1519, 2009.
- [5]. K. L. Koko, E.K. Kassin, A. A. Assiri, G. Yoro, K. Ngoran, D. Snoeck, "Fertilisation minérale du cacaoyer (*Theobroma Cacao* L.) en Côte d'Ivoire : acquis vulgarisables et perspectives de recherche", *Agronomie Africaine*, Vol. 23, No 3, pp. 217 – 225, 2011.
- [6]. P. Aguilar, D. Paulin, Y. Keho, G. Nkamleu, A. Raillard, O. Deheuvels et P. Petithuguenin, "L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. In : Proceedings of the 14th International Cocoa Research Conference : towards a sustainable cocoa economy – what strategies to this end ? " Accra, Ghana, 2003. Cocoa Producers' Alliance, Lagos, [CDROM], pp. 1167 – 1175, 2005.
- [7]. A.A. Assiri, "Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA)", Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 61 p, 2007.
- [8]. Z.J. Kéli, A. A. Assiri, N.G. Koffi, J. N'Goran et I. Kébé, "Evolution de l'amélioration variétale du cacaoyer et des systèmes de production de la cacaoculture en Côte d'Ivoire" Sciences & Nature, Vol. 2, No 2, pp. 209 – 218, 2005.
- [9]. B. I. Kébé, K. F. N'Guessan, G. M. Tahi, A.A. Assiri, L.K. Koko, K.J. N'Goran, I.B. Zahouli et N. G. Koffi, "Bien cultiver le cacaoyer en Côte d'Ivoire", Fiche technique, Edition CNRA - CTA, Abidjan, 4 p, 2009.
- [10]. D. Snoeck, "Importance d'une bonne gestion de la fertilité des sols pour une cacaoculture durable. Atelier sur la gestion des sols des vergers cacaoyers et l'agroforesterie appliquée à la cacaoculture en Afrique de l'Ouest et du Centre Organisé par la COPAL", à Kumassi (Ghana), 8 p, 2008.
- [11]. K. Appiah, A. Ofori-Frimpong, A. Afrifa, K. Abekoe, D. Snoeck, "Improvement of soil Fertility management in cocoa plantations in Ghana, FSP Regional Cacao scientific and technical final report". CRIG (Cocoa Research Institute of Ghana); Ghana, 22 p, 2006.

- [12]. B. Tossah, T. Koudjega, D. Snoeck, "Improvement of soil fertility management in cocoa plantations in Togo". Final scientific and technical report of the Regional Cocoa FSP, ITRA/CRAF, Togo;. 43 p, 2006.
- [13]. J. B. Evi, W.Yavo, P.C. Barro-Kiki, E. H. I Menan, M. Koné, "Helminthoses intestinales en milieu scolaire dans six villes du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire", Bull Soc PatholExot, : Vol. 100, No 3, pp. 176–177, 2007.
- [14]. Y.T. Brou, "Climat, mutations socioéconomiques et paysages en Côte d'Ivoire. Habilitation à diriger des recherches", Université des sciences et technologies de Lille, 226p, 2005.
- [15]. P. Petithuguenin, "Les conditions naturelles de production du cacao en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie. Plantation, recherche, développement", Vol. 5, No 6, pp. 393 – 405, 1988.
- [16]. E.H Hanak-Freud, P. Petithuguenin, J. Richard, "Les champs de cacao. Un défi de compétitivité Afrique Asie", Karthala, Paris, 200 p, 2000.
- [17]. D. Snoeck, "Industrial crops and products", Vol. 59, pp. 55-62, 2014.
- [18]. I. Cakmak, "The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants" § J. Plant Nutr. Soil Sci., Vol. 168, 521-530, 2005.
- [19]. J.N. Gattward, A.A.F. Almeida, J.O. Souza, F.P. Gomes, H.J. Kronzucker, "Sodium-potassium synergism in Theobroma cacao : stimulation of photosynthesis, water-use efficiency and mineral nutrition", Physiol. Plant., Vol.146, No 3, pp. 350-362, 2012.
- [20]. E. Djan, S.T. Lowor, J. Dogbatse, F. Owusu-Ansah, F.K. Padi, "A possible role of potassium in mediating cacao seedling responses to soil water stress 2017", International Symposium on Cocoa Research (ISCR), pp. 13-17, 2018.
- [21]. A. Uribe, H. Méndez, J. Mantilla, "Effect of balanced fertilization on cocoa yield", Better Crops Int., Vol. 15, No. 2, 3 p, 2001.
- [22]. D. Snoeck, L. Koko, J. Joffre, P. Bastide, P. Jagoret, "Cacao Nutrition and Fertilization: Sustainable Agriculture Reviews, Vol. 19, Chapter 4", E. Lichtfouse (Ed.). Cham, Springer International Publishing, pp. 155-202, 2016.
- [23]. A. A. Assiri, "Etude de la régénération cacaoyère en côte d'ivoire : impact des techniques de réhabilitation et de replantation sur le développement et la productivité des vergers de cacaoiers (Theobroma cacao L.) en relation avec l'état du sol", Thèse de doctorat, UFR STRM option Agro-pédologie, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 170 p, 2010.
- [24]. A. D. McKelvie, "Cherelle Wilt of Cacao. I. Pod development and its relation to wilt", *Journal of Experimental Botany*, Vol 7, pp. 252-263, 1956.
- [25]. A. J. Daymond P. Hadley, "Differential effects of temperature on fruit development and bean quality of contrasting genotypes of cacao (Theobroma cacao)", *Annals of Applied Biology*, Vol 153, pp.175–185, 2008.
- [26]. S. Christian, C. M. Jean, D. Jacques, "Guide de fertilisation raisonnée. Ed. France Agricole", 414 p, 2005.
- [27]. P. M. Vitousek, S. Porder, B. Z. Houlton, O. A. Chadwick, "Terrestrial phosphorus limitation : mechanisms, implications and nitrogen-phosphorus interactions", *Ecol Appl.* : Vol 20, No 1, pp. 5-15, 2010.