

Importance des manifestations des symptômes de déficience minérale du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans les plantations paysannes au Sud-Bénin en Afrique de l'Ouest

Kindohoundé N. S.^{1,2*}, Nodichao L.¹, Aholoukpè N. S. Hervé.¹, Saïdou A.²

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)/Centre de Recherches Agricoles Plantes Pérennes (CRA-PP) BP : 01 Pobè, Bénin

²Unité de Recherche sur la Gestion Intégrée des Sols et des Cultures (ISCM), Laboratoire des Sciences du Sol, Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC) Bénin, 04 BP 1510 Cadjèhoun Cotonou Bénin

*Auteur correspondant E-mail : kindohoundenarcisse@gmail.com ; Tél : 229 96 87 79 00/ 229 64 88 85 93

Original submitted in on 22nd October 2019. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th November 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v143i1.8>

RESUME

Objectif : Des symptômes de déficience minérale ont été observés dans les plantations paysannes des grandes zones élaicoles au Bénin. Cette observation a suscité la présente étude de dénombrement des différents types de symptômes de déficience minérale. L'objectif de l'étude était de connaître les manifestations des symptômes les plus observés et leur degré d'importance. A cet effet, des symptômes de déficience minérale ont été étudiés sur la base de la description de manifestation des symptômes faite par Fairhurst et Caliman puis Jacquemard.

Méthodologie et résultats : Au total, 214 plantations dont 108 et 106 respectivement dans les départements de l'Ouémé et du Plateau ont été étudiées. Ces plantations sont installées sur des sols ferrallitiques, ferrugineux, hydromorphes et sur des vertisols. Quatre types de symptômes de déficience minérale ont été dénombrés dans les deux zones avec leur fréquence de manifestation pour l'azote ($5,63 \pm 0,47$ et $6,48 \pm 0,48$ %), le potassium ($18,78 \pm 0,58$ et $26,69 \pm 0,59$ %), le magnésium ($1,68 \pm 0,18$ et $2,72 \pm 0,19$ %) et le bore ($4,89 \pm 0,39$ et $3,53 \pm 0,40$ %). La manifestation des symptômes de déficience en azote et en magnésium était observée sur les palmiers de tous les types de sol sauf sur sols ferrugineux. Les palmiers à huile sur sols ferrallitiques ont présenté plus fréquemment des symptômes de déficience en potassium comparativement aux sols hydromorphes lesquels par contre ont présenté plus de symptômes de déficience en bore. Le taux moyen de manifestation de l'ensemble des symptômes de déficience était de 45,92% avec une faible manifestation sur les sols régulièrement fertilisés.

Conclusion et application des résultats : Des analyses de sol et le diagnostic foliaire sont nécessaires pour confirmer et mieux expliquer l'effectivité de ces carences afin d'élaborer la cartographie de la déficience minérale des plantations de la zone d'étude. L'effet de ces déficiences minérales sur la croissance et le fonctionnement physiologique devra également être déterminé dans la perspective de l'amélioration de la nutrition minérale des palmiers à huile au sud-Bénin.

Mots clés : Fertilité des sols ; diagnostic foliaire ; nutrition des plantes ; plantation de palmier à huile.

Importance of mineral deficiency symptoms manifestation in the farmers' oil palm plantation in southern Benin, West Africa

ABSTRACT

Objective: The manifestation of nutrient deficiency symptoms was observed throughout farmers' oil palm plantation of the major zones of oil palm production in south Benin. To better understand this issue, the present study was carried out and aimed to assess the level of manifestation of the different types of nutrient deficiency symptoms and their severity.

Methodology and Results: For that purpose, the mineral deficiency symptoms were studied on the basis of nutrient deficiency symptoms description made by Fairhurst et Caliman puis Jacquemard. , The survey has been conducted in 214 farmers' plantations (108 and 106 in the departments of Ouémé and Plateau respectively). These plantations were grown on acrisols, ferric and luvisols, hydromorphic soil and vertisol. Four types of nutrient deficiency symptoms were identified in the plantation nitrogen (5.63 ± 0.47 and 6.48 ± 0.48 %), potassium (18.78 ± 0.58 and 26.69 ± 0.59 %), magnesium (1.68 ± 0.18 and 2.72 ± 0.19 %) and boron (4.89 ± 0.39 and 3.53 ± 0.40 %). Nitrogen and magnesium deficiency symptoms were observed on oil palm of all soil types except ferric and luvisols. Oil palms grown on acrisol presented more potassium deficiency symptoms than the hydromorphic soils, which showed boron deficiency symptoms. The average rate of all nutrient deficiency symptoms was 45.92 % with a weak manifestation on the fertilized soils.

Conclusion and application of results: Soil analysis and foliar diagnosis are necessary to confirm these nutrient deficiencies in order to map the mineral deficiency of oil palm plantations in the study area. The effect of these nutrient deficiencies on plant growth and physiological parameters will be also determined in order to improve oil palm mineral nutrition in the south of Benin.

Key words: Soil fertility; foliar diagnosis; plant nutrition; oil palm plantation.

INTRODUCTION

Le palmier à huile est la plante oléagineuse la plus productive en huile végétale avec des rendements qui peuvent atteindre jusqu'à 15 tonnes de régimes ou 3 tonnes d'huile à l'hectare (Fry, 2009 ; Murphy, 2009). De ce fait, une quantité importante d'éléments nutritifs est prélevée du sol (Woittiez et al., 2017). Les déficiences en potassium, azote, phosphore, magnésium et en bore diminuent les rendement du palmier à huile (Woittiez et al., 2017). L'azote est un élément majeur et essentiel pour la photosynthèse et l'amélioration du nombre et du poids des régimes (Husain et al., 2015). Il est montré que l'azote joue un rôle physiologique majeur à travers la formation de la chlorophylle et des carbohydrates (Woittiez et al., 2017). Le phosphore par contre est essentiel pour la croissance des parties végétatives tandis que le potassium est essentiel pour le bon fonctionnement de la production biomasse en particulier des régimes (Corley & Tinker, 2016). Le magnésium est un élément central dans la formation de la chlorophylle, et est essentiel pour

une photosynthèse efficace (Cakmak & Yazici, 2010). En ce qui concerne le chlore, il intervient principalement dans le fonctionnement des stomates (Braconnier et al., 1985) et impacte la transpiration du palmier à huile (Nodichao et al., 2008) ainsi que la résistance aux maladies et aux attaques d'insectes (Jacquemard, 2011). Toutefois, un apport important des minéraux majeurs N, P et K sur une longue durée peut avoir un effet dépressif sur les éléments minéraux mineurs tels que le cuivre (Cu) et zinc (Zn) pour le N et le P, et sur le Zn pour ce qui concerne le K (Tohiruddin et al., 2010). A terme ces effets peuvent avoir un impact négatif sur la production de régimes notamment pour ce qui concerne le N. En Afrique de l'Ouest, le chlorure de potassium et l'urée constituent les engrais souvent appliqués au palmier à huile. Selon Kouamé et al. (2014), la déficience potassique apparait comme étant la principale déficience minérale rencontrée sur les sols ferrallitiques d'Afrique de l'Ouest. Aholoukpè (2013) a montré une déficience azotée et

potassique dans les palmeraies du département du Plateau au Bénin sur la base des résultats de diagnostic foliaire effectué. En dehors des symptômes de déficience en N et K mentionnés par les auteurs, des déficiences en magnésium et en bore ont été observées dans les palmeraies en Indonésie, Malaisie, Thaïlande et en Inde (Broschat, 2009 ; Pornsuriya *et al.*, 2013 ; Behera *et al.*, 2017). Les symptômes caractéristiques de chaque type de déficience minérale identifiés chez le palmier dans les palmeraies des départements du Plateau et de l'Ouémé ont été décrits par Kindohoundé et al. (2018). Mais les fréquences d'apparition des différents types de symptômes n'étaient pas déterminées alors qu'ils sont d'une grande importance pour la prise de décision par

rapport à la fertilisation ou non des palmeraies paysannes. L'objectif du présent travail est d'inventorier l'importance de la manifestation des différents types de symptômes de déficiences nutritionnelles dans les palmeraies paysannes des grandes zones de production au sud du Bénin en tenant compte des spécificités observées sur chaque type de sol. De façon spécifique, l'étude vise à i) déterminer les fréquences de manifestation des différents types de symptômes de déficience minérale dans les plantations paysannes des départements de l'Ouémé et du Plateau ; ii) déterminer les fréquences de manifestation des types de symptômes de déficience minérale selon les différents types de sol et les pratiques de fertilisation.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude : La présente étude a été conduite dans les communes de Bonou, Adjohoun, Dangbo, Misséréte, Avrankou et Adjara dans le département de l'Ouémé (6°40'0"N, 2°30'0"E) et Ifangni, Sakété, Adja-Ouère et Pobè dans le département du Plateau (7°10'0"N, 2°34'60"E) (Figure 1). Le climat dans les deux départements est de type subéquatorial avec l'alternance de deux saisons de pluies (de Mars à Juillet et de Septembre à Novembre) et deux saisons sèches (Juillet à Août et de Novembre à Mars). La hauteur moyenne annuelle de pluie est de 1300 mm.an-

¹ avec des déficits hydriques mensuels parfois très marqués dont le cumul annuel fluctue entre 400 et 700 mm (Nouy *et al.*, 1999 cité par Aholoukpè, 2013). Les Deux Départements sont caractérisés par une diversité de sol, tels que les sols ferrallitiques (dominants dans la zone d'étude), les vertisols (commune de Pobè, Adja-Ouère), les sols hydromorphes (communes de Bonou et Adjohoun) et les sols ferrugineux tropicaux faiblement représentés et localisés dans la partie nord du département du Plateau (Azontondé, 1991).

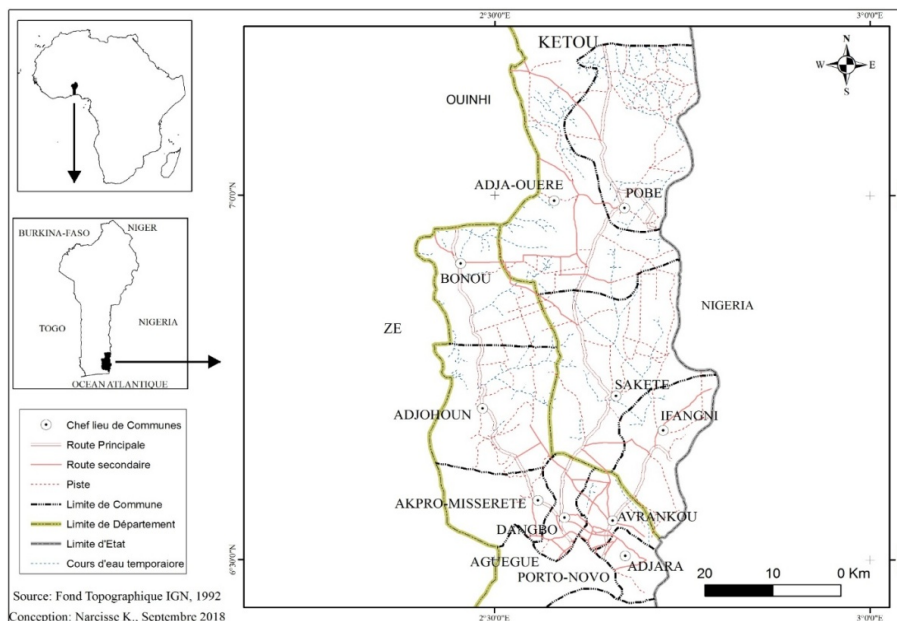


Figure1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude

Méthodes : La présente étude a été conduite dans les 214 plantations de palmier à huile (dont 108 dans l'Ouémé réparties comme suit : Bonou = 23 ; Adjohoun=30 ; Dangbo= 9; Misséréte= 16; Adjarra ; Avrankou=23 ; et 106 dans le Plateau réparties comme suit : Ifangni=13 ; Sakété=51 ; Adja-Ouèrè=30 et Pobè=12) choisies par Kindohoundé *et al.* (2018) pour l'identification des symptômes de déficience. Les plantations sont dans la tranche d'âge de 7 à 10 ans et 8 à 10 ans respectivement dans les départements de l'Ouémé et du Plateau (Kindohoundé *et al.* 2019). Elle sont installées sur quatre types de sol à savoir : sols ferrallitiques (87,03% et 85,85% respectivement dans l'Ouémé et Plateau), ferrugineux (respectivement 1,85% et 8,49% dans l'Ouémé et Plateau), hydromorphes (10,18% et 1,89% respectivement dans l'Ouémé et Plateau et vertisols (0,93% dans l'Ouémé et 3,77% dans le Plateau). Parmi elles, 98 sont régulièrement fertilisées à l'aide de l'urée et KCl avec des doses arbitraires. Dans chaque plantation retenue, une superficie standard d'un hectare (comportant 143 arbres plantés suivant le dispositif de triangle équilatéral de 9 m x 9 m) est délimitée pour le

dénombrement. Sur la base des descriptions des symptômes de déficience minérale faites par Fairhurst et Caliman (2001) ainsi que Jacquemard (2006), utilisées par Kindohoundé *et al.* (2018) pour l'identification des symptômes de déficience dans la zone d'étude, le dénombrement des arbres présentant chaque type de symptôme a été fait. En effet, tous les symptômes caractéristiques d'un type de déficience ont été utilisés lors du dénombrement. Ainsi, suivant les types de sol sous plantation de palmier et la pratique de fertilisation ou non, les arbres présentant des décolorations et des déformations des feuilles ont été systématiquement comptés en utilisant les images de la figure 2 qui montre les symptômes de déficiences minérales correspondant à l'azote, potassium, magnésium et le bore (Kindohoundé *et al.*, 2018). Dans certaines plantations, les feuilles élaguées sont disposées en andin sur la ligne des arbres tandis que chez la majorité, les feuilles sont pêle-mêle dans les plantations. Le pourcentage d'arbres présentant chaque type de symptôme de déficience a été calculé par hectare suivant la méthode de Farrag and Abo-Elyousr (2011).

$$PI = \frac{\text{nombre d'arbres présentant des symptômes de déficiences minérales}}{\text{nombre total d'arbre à l'hectare}} \times 100$$

PI = Pourcentage d'arbres atteints par hectare

Traitement et analyse des données : Les données ont été codifiées et saisies dans le tableur Excel, et soumises au logiciel XLSTAT pour la détermination des moyennes des pourcentages de manifestation des symptômes de déficience par département. Les comparaisons multiples des moyennes entre communes ainsi qu'entre départements ont été

réalisées avec le logiciel XLSTAT suivant le test de Student Newman-Keuls (Dagnelie, 1998). Une analyse de la variance a été également réalisée pour évaluer l'importance des manifestations des différents types de carence selon les types de sol d'une part, et suivant les pratiques de fertilisation d'autre part.



A : Symptôme de déficience en azote chez un jeune plant de palmier à huile



C: Symptôme de déficience en bore (a: feuille plissée; b: Feuille atrophiée; c et f : Bande blanche longitudinale; d : feuille en crochet; e : feuille ondulée ou gaufrée)

B : Symptôme de déficience en potassium au niveau d'une feuille de palmier à huile



D: Symptôme de déficience en magnésium au niveau d'une feuille de palmier à huile

Figure 2 : Symptômes de déficience des feuilles de palmier à huile (Kindohoundé et al., 2018)

RESULTATS

Importance de la distribution des symptômes de carence des différents nutriments dans les plantations de palmier à huile : Il ressort du tableau 1 que les symptômes de déficience en potassium sont plus fréquents dans le Plateau que dans l'Ouémé. Cependant, ils sont les plus fréquemment observés dans les plantations quel que soit le département tandis que les symptômes de déficience en magnésium sont les moins observés. On a observé une différence significative ($P < 0,05$) entre les deux départements en

ce qui concerne le nombre d'arbres présentant des symptômes de carence en bore. Les résultats de l'analyse de la variance révèlent qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$) entre le nombre d'arbres présentant des symptômes de déficience en azote et en magnésium. Cependant on a observé une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre le nombre d'arbres dans les deux départements présentant des symptômes de déficience en potassium et en bore.

Tableau 1 : Pourcentage d'arbres présentant les différents types de symptômes de déficience identifiés (%)

Département	Communes	Nutriments				Plus d'un symptôme
		N	K	Mg	B	
Ouémé	Adjara	5,49±1,80a	12,00±2,14a	2,57±0,86a	4,29±1,39ab	8,57±1,49ab
	Bonou	8,84±0,99b	21,76±1,18bc	1,68±0,48a	7,09±0,77b	6,42±0,82a
	Adjohoun	10,01±0,84b	21,80±1,03bc	0,71±0,40a	5,31±0,65ab	10,47±0,69b
	Akpro-Missérété	4,03±1,23a	14,59±1,46a	2,2±0,66a	7,47±0,95b	15,74±1,02c
	Dangbo	4,89±1,69a	18,18±2,01ab	2,00±0,80a	1,40±1,31a	8,39±1,39a
	Avrankou	4,53±0,99a	24,35±1,18bc	0,94±0,48a	3,83±0,77a	7,68±0,82ab
	Moyenne	5,63±0,47A	18,78±0,58A	1,68±0,18A	4,89 ±0,39B	9,54±0,44A
Plateau	Pobè	3,42±1,38a	35,86±1,64d	1,62±0,66a	2,07±1,07a	21,68±1,14d
	Ifangni	4,89±1,38a	21,68±1,64bc	-	3,69±1,07a	6,29±1,14a
	Adja-Ouèrè	10,63±0,87b	24,23±1,04bc	0,93±0,42a	3,09±0,67a	6,00±0,72a
	Sakété	6,18±0,66a	25,02±0,78c	6,15±0,32b	5,25±0,51ab	13,69±0,55c
	Moyenne	6,48±0,48A	26,69±0,59B	2,72±0,19A	3,53±0,40A	11,91±0,45A
Probabilité		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Dans une même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) d'après le test de Student Newman Keuls.

Dans le département de l'Ouémé, les taux de manifestation de la déficience en azote dans les palmeraies des communes d'Adjohoun et de Bonou sont significativement plus élevés ($P < 0,05$) que les taux de cette même déficience dans les autres communes du département. Un plus grand nombre d'arbres a présenté plus d'un symptôme de carence nutritionnelle dans les communes d'Adjohoun et d'Akpro-Missérété. Les symptômes de carence en K les plus importants sont observés au niveau des arbres des communes de Bonou, Adjohoun et Avrankou. Un plus grand nombre d'arbres a présenté des carences en B dans les communes de Bonou et Akpro-Missérété. Par contre aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les communes en ce qui concerne le nombre d'arbres présentant les symptômes de carence en Mg. Dans les plantations du département du Plateau, un grand nombre d'arbres a

présenté significativement ($P < 0,05$) plus de symptômes de carence en N dans la commune d'Adja-Ouèrè comparativement aux arbres des plantations des autres communes. Les manifestations des carences en K ont été significativement ($P < 0,05$) plus importantes au niveau des arbres de la commune de Pobè. Les plantations dans la commune de Sakété ont présenté plus de carence en Mg et en B. En général, nous avons également observé que les palmiers à huile des communes de Pobè et Sakété ont présenté significativement ($P < 0,05$) plus d'un symptôme de carence nutritionnelle comparativement aux arbres des autres communes.

Symptômes de déficience minérale selon les différents types de sol et les pratiques de fertilisation : La figure 3 présente les pourcentages des palmiers atteints de déficience minérale par types de sol et selon les pratiques de fertilisation. Il ressort de

l'analyse de cette figure que les arbres sur les sols ferrallitiques, ferrugineux tropicaux et hydromorphes ont présenté des pourcentages élevés de déficience en azote comparativement aux arbres sur les vertisols mais la différence n'est pas significative. On a observé une différence significative ($P < 0,05$) entre la manifestation des symptômes de déficience en potassium sur sols ferrallitiques que sur les autres types de sols. En effet, les arbres sur sols hydromorphes ont présenté moins de signe de carence comparativement aux arbres sur les sols ferrallitiques, ferrugineux tropicaux et les vertisols. Dans l'ensemble, les arbres des palmeraies étudiées ont présenté un faible pourcentage de manifestation de carence en magnésium sur tous les sols comparativement aux autres nutriments. Aucune manifestation de déficience en magnésium n'a été observée au niveau des sols

ferrugineux tropicaux. Toutefois, les palmiers au niveau des sols hydromorphes ont manifesté significativement ($P < 0,05$) plus de symptômes de carence en magnésium comparativement aux palmiers des deux autres types de sol. Les symptômes de carence en bore ont été observés sur tous les types de sol sous plantation de palmier à huile.. Les sols ferrallitiques et les vertisols ont présenté significativement ($P < 0,05$) moins d'arbre avec des signes de carence en bore comparativement aux deux autres types de sol. De façon globale, très peu d'arbres des plantations installées sur sols ferrugineux tropicaux ont présenté plus d'un signe de manifestation de carence. Par contre, dans les plantations installées sur les autres types de sol, les palmiers ont présenté plus d'un signe de manifestation de carence nutritionnelle.

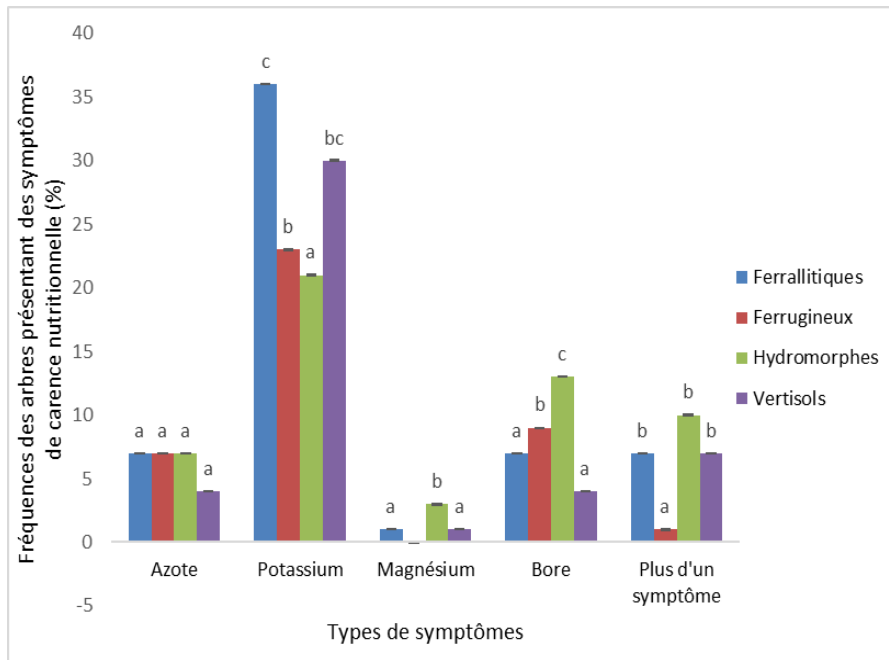


Figure 3 : Pourcentage d'arbres présentant des signes de symptôme de déficience nutritionnelle considérant les types de sols

Au niveau de chaque paramètre, les histogrammes affectés des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différents ($P > 0,05$) d'après le test de Student Newman-Keuls.

Le Tableau 2, présente le pourcentage des arbres présentant des symptômes de déficience nutritionnelle au niveau des palmiers à huile des plantations paysannes selon la pratique de fertilisation ou non. L'analyse des résultats du tableau révèle que les palmerais régulièrement fertilisés ont présenté significativement ($P < 0,05$) très peu d'arbres manifestant des signes de carence en azote et en

potassium comparativement aux plantations non fertilisées. Par contre, la pratique de fertilisation n'a pas significativement ($P > 0,05$) affecté les manifestations de carence nutritionnelle en magnésium et en bore. Dans la plupart des cas, on a remarqué que les plantations non fertilisées ont significativement ($P < 0,05$) présenté des arbres manifestant plus d'une carence nutritionnelle.

Tableau 2: Fréquence (%) des palmiers à huile présentant des signes de carence nutritionnelle au niveau des feuilles selon les pratiques de fertilisation

Pratique de fertilisation	N	K	Mg	B	Plus d'un symptôme
Palmeraies non fertilisées	10,20 ± 0,96 b	25,36 ± 1,28 b	1,77 ± 0,38 a	4,98 ± 0,76 a	11,80 ± 0,81 b
Palmeraies fertilisées	6,65 ± 0,94 a	21,03 ± 1,25 a	1,28 ± 0,37 a	4,13 ± 0,75 a	6,94 ± 0,79 a

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

DISCUSSION

Utilisation de la manifestation des symptômes de déficience minérale comme méthode d'évaluation du fonctionnement physiologique du palmier à huile : Les plantations de palmier à huile prospectées présentent de façon générale des symptômes de déficience minérale en azote, potassium, magnésium et en bore. Par ailleurs, des arbres présentant plus d'un symptôme de déficience ont été également observés et ces arbres présentent généralement des symptômes de déficience en potassium et en bore. Contrairement aux symptômes de carence en bore, nos résultats ont montré que les symptômes de carence en potassium et en azote sont récurrents dans presque toutes les plantations. Les symptômes de carence en magnésium sont par contre moins fréquents. Ces résultats pourraient traduire une carence de la plupart des sols de la zone en ces nutriments surtout en azote et en potassium. Bien que l'identification de certains symptômes de déficience en bore permet d'estimer l'impact sur la production de la biomasse, il n'est pas évident d'aboutir à de telle conclusion sur simple observation des symptômes de déficience en N, K et Mg. Par ailleurs, les symptômes des différents éléments nutritifs précédemment identifiés se manifestent aussi bien dans les jeunes plantations que dans les adultes sauf les symptômes de déficience en azote qui ne sont souvent pas observés dans les plantations adultes. Mais en cas d'un sol pauvre en azote, la déficience azotée peut se manifester de manière permanente à l'âge adulte en entraînant des baisses de rendement considérables (IRHO, 1991). Notamment, lorsque les symptômes de déficience en magnésium sont très fréquents en jeunes plantations, ils peuvent apparaître à l'âge adulte et se développer de façon très spectaculaire (Dubos et al., 1999). Concernant les symptômes de déficience potassique, ils ne se manifestent que très rarement sur les jeunes palmiers plantés sur défrichement de la forêt en raison

des restitutions de potassium, en provenance de la végétation originelle, qui ont pour effet de retarder l'apparition de la déficience jusqu'à l'entrée en production et même au-delà (IRHO, 1992). Nos travaux n'ont pas révélé des symptômes de déficience en phosphore dans les palmeraies de la zone d'étude. Toutefois, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de déficience en cet élément au niveau des sols du sud Bénin puisque selon Behera *et al.* (2017), la déficience en phosphore ne montre pas de symptômes spécifiques au niveau des feuilles si ce n'est la réduction de longueur des palmes. Il est possible que le niveau de déficience dans les plantations prospectées n'ait pas été suffisamment sévère raison pour laquelle les signes de déficience ne sont pas observés. Toutefois, pour les cultures vivrières, en particulier le maïs, Saïdou *et al.* (2018) ont mentionné que le P et le N limitaient le niveau de rendement dans les sols du sud Bénin.. Toutefois, comme l'a mentionné Woittiez *et al.* (2017) la déficience en K, N, P, Mg et B affecte considérablement le niveau de production de régime au niveau des plantations du palmier à huile. Selon ces auteurs, la déficience en B, est à l'origine de la réduction de la surface foliaire qui par ricochet affectera l'activité photosynthétique par une diminution de la fixation de la quantité de CO₂. Nos résultats, ont montré que dans la plupart des plantations étudiées, les arbres souffrent de déficience minérale et l'activité photosynthétique ne serait pas optimale du fait de la chlorose observée au niveau de certains arbres. Quoique de faible niveau de déficience minérale en N et K n'induit pas forcément une réduction de la teneur en chlorophylle (Cadet, 2008), une déficience minérale avec des symptômes visibles de N ou/et du K diminue sans doute la teneur en chlorophylle, puisque l'azote et le Mg entrent dans la composition chimique des chlorophylles (Harkat, 2014) tandis que l'effet du K sur la teneur en chlorophylle serait indirect à cause de son

implication dans différentes réactions métaboliques (Harkat, 2014). Cependant, la déficience en K a un impact négatif direct sur la photosynthèse puisqu'une déficience potassique induit une fermeture des stomates et une réduction de la vitesse de carboxylation (Gérardeaux, 2009). Mais la déficience en magnésium impacte la productivité lorsque la teneur dans les feuilles est comprise entre 0,18-0,20% suivis généralement de symptômes de carence. Ainsi, la seule observation des symptômes de déficience n'est pas suffisante pour établir des préconisations de fumure d'où la nécessité de s'appuyer sur des résultats d'analyses foliaires (Dubos et al. 1999). En effet, selon Dubos et ses collaborateurs, les symptômes de déficience peuvent s'exprimer sans pour autant impacter le rendement de l'arbre. Par ailleurs, l'absorption du magnésium est sous la forte dépendance des caractéristiques pédologiques et qu'une utilisation très fréquente de chlorure ou de sulfate de potassium a un effet dépressif sur les teneurs en magnésium. En effet, selon Corrado et al. (1992), les déformations des folioles dues à la déficience en bore, réduisent très faiblement la surface foliaire. Ces réductions de la surface de la palme s'accompagnent le plus souvent d'un ou plusieurs symptômes de bore (feuilles gaufrées, déformation foliaire). La littérature est très peu fournie sur le seuil fatal du taux de manifestations des symptômes de déficiences minérales. Nous n'avons donc pas pu comparer les pourcentages de manifestation des symptômes de déficience à un seuil fatal d'intervention. Toutefois, nous jugeons important les différents pourcentages de manifestation des symptômes notamment ceux de l'azote, potassium et du bore et qu'il faille intervenir avant que tous les arbres des plantations ne soient atteints, auquel cas les pertes de rendement seraient plus énormes. En somme la fréquence de manifestation de l'ensemble des symptômes de déficience minérale est de 45,92% dans la zone d'étude. Ce taux de manifestation montre que, la production pourrait être considérablement affectée si une pratique de fertilisation n'est pas faite. L'accent doit être mis sur les éléments ayant présenté des fréquences élevées. Il est important que la présente étude de prospection soit complétée par des diagnostics foliaires et des analyses du sol, pour apprécier si les teneurs en N, P, K, Mg et B dans les feuilles et dans le sol sont en dessous des seuils critiques afin de procéder à la mise en place d'une nouvelle formule de fertilisation du palmier à huile dans le sud-Bénin. En effet, l'identification des symptômes

foliaires permet de déterminer si les feuilles présentent des symptômes pouvant être associés à une carence en éléments nutritifs. De plus, le lien entre le symptôme et la quantité de nutriment nécessaire est très incertain, de sorte que les symptômes donnent peu d'indications fiables sur la quantité d'engrais à appliquer (Corley and Tinker, 2016). Cette méthode d'utilisation des symptômes visuels présente des limites puisqu'une déficience en magnésium peut être confondue à une chlorose pale qui peut être due à plusieurs causes.

Influence des types de sol et des pratiques de fertilisation sur les fréquences d'apparition des carences nutritionnelles dans les palmerais au sud Bénin : Les types de sol et les pratiques de fertilisation sont entre autres, des facteurs contribuant au bon fonctionnement physiologique des cultures en général et du palmier à huile en particulier. Ainsi, les fréquences d'apparition des manifestations des symptômes des différents types de déficiences au niveau des palmiers à huile sur les quatre types de sols observés sont variées. En effet, nos résultats ont montré que les palmiers à huile présentaient pratiquement les mêmes fréquences de manifestations des symptômes de déficience en N mais les manifestations des carences en K étaient significativement plus importantes au niveau des sols ferrallitiques comparativement à celles des sols hydromorphes. Cependant, les palmiers à huile sur les sols hydromorphes ont présenté un plus grand nombre d'arbres avec des symptômes de déficience en Mg et en B. La différence observée par rapport à la manifestation des symptômes de déficience en K peut être due d'une part, au fait que les sols ferrallitiques sont reconnus déficients en potassium et d'autre part, au fait qu'il est aussi possible que la mobilité des minéraux pendant la saison sèche ait rendu plus difficile le prélèvement par les palmiers au niveau des sols ferrallitiques comparativement aux sols hydromorphes plus humides toute la saison. En effet, les sols ferrallitiques ont une réserve hydrique faible sensiblement constante (varie entre 40 et 50 mm à 30 cm du sol puis entre 60 et 70 mm à 60 cm du sol) tandis que les sols hydromorphes ont une réserve hydrique d'environ 75 ou 100 mm (Azontondé, 1991). De ce fait, lorsque le sol devient de plus en plus sec pendant la saison sèche, la mobilité des minéraux des sols avec une faible réserve en eau diminue et leur prélèvement par les plantes devient plus difficile (Tinker et Nye, 2000) et pourrait induire des déficiences minérales au niveau des arbres. En considérant les réserves hydriques des sols, on pourrait s'attendre à

une faible manifestation des symptômes de déficience magnésienne et en bore sur les sols hydromorphe, mais malheureusement ont observé les plus fortes fréquences sur ces types de sol. Il est donc évident que la manifestation de ces symptômes de carence serait due à la réserve du sol en magnésium et en bore d'une part ou que les fréquences d'apport de chlorure de potassium sur ces sols auraient induit un déséquilibre nutritionnel entre le potassium et le magnésium notamment. Dans certains cas, l'hypothèse d'une carence secondaire en bore et des symptômes de bandes blanches longitudinales sur le limbe des folioles peuvent apparaître suite à un déséquilibre nutritionnel entre en l'azote et le bore (Jacquemard, 2011). En effet, le sol est progressivement appauvri lorsqu'il est soumis sur une longue période à la production du palmier à huile sans apport de magnésium et du bore car les éléments nutritifs sont chaque année prélevés du sol à travers les récoltes de régimes ainsi que les feuilles élaguées non recyclées. C'est ce qui explique la manifestation des symptômes de déficience en Mg et en B au niveau des sols fertilisés ou non. En effet, la pratique de la restitution des feuilles d'élagage n'est pas adoptée dans les plantations prospectées d'une part et la formule d'engrais Urée et KCl vulgarisée ne prend pas en compte le magnésium et le bore qui jouent un rôle important dans l'expression du potentiel agronomique de l'arbre. Toutefois, nos résultats

CONCLUSION

Au regard de nos résultats, il est à retenir que les palmiers à huile des plantations paysannes du sud Bénin présentent quatre types de symptômes de déficience nutritionnelle classés dans l'ordre d'importance de la fréquence suivant : K, N, B et Mg. Le pourcentage de manifestation des symptômes de déficiences est plus faible dans le département de l'Ouémé comparativement à celui du Plateau. Les manifestations des signes de carences ont été plus importantes au niveau des parcelles non fertilisées comparativement aux parcelles fertilisées. Les symptômes de déficience en potassium sont plus observés sur les sols ferrallitiques tandis que les symptômes de carence magnésienne et en bore sont plus fréquents dans les plantations sur sols

indiquent une réduction de la manifestation des symptômes de déficience sur les sols fertilisés comparativement aux sols non fertilisés. Ces résultats montrent l'importance de la fumure minérale pour la culture du palmier à huile. En effet, dans la zone d'étude, plus de 50% des plantations ne sont pas fertilisées (Kindohoundé et al., 2018) alors que le palmier à huile prélève d'important nutriments du sol dont la non restitution entraîne à la longue, une déficience au niveau du sol qui se manifeste à travers le fonctionnement physiologique de l'arbre. Il est à noter qu'à notre connaissance, il y a très peu d'études réalisées sur cette thématique spécifique : types de sol, pratiques de fertilisation et manifestations des déficiences minérales. En cas de confirmation par des analyses foliaires et de sol, des différentes déficiences soupçonnées dans la présente étude et vu que les fréquences de manifestation des symptômes ne sont pas identiques sur les différents types de sol sous plantation, nous recommandons alors une fertilisation spécifique à chaque type sol sous plantations en vue de réduire le taux de carence observé au niveau des plantations paysannes pour des rendements économiquement rentables. Ceci suppose que les formules d'engrais à mettre à la disposition des producteurs doivent prendre en compte tous les nutriments spécifiés dans le cadre de la présente étude.

hydromorphes. Ces manifestations de symptômes pourraient être dues à l'état d'appauvrissement des sols où à un déséquilibre nutritionnel entre K et Mg. Toutefois, les futures études seront orientées vers la réalisation du diagnostic foliaire et l'analyse des échantillons du sol afin de confirmer le lien entre les déficiences minérales et les symptômes observés dans les plantations paysannes du sud Bénin. Ces résultats montrent également la nécessité de réaliser la cartographie de la déficience minérale afin de développer une fertilisation spécifique pour les plantations de palmier à huile afin d'améliorer la nutrition minérale des arbres pour un rendement économiquement rentable.

REMERCIEMENT

Les auteurs remercient le Centre de Recherche Agricole Plantes Pérennes (CRA-PP) de l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour avoir financé cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aholoukpè H, 2013. Matière organique du sol et développement du palmier à huile sous différents modes de gestion des feuilles d'élagage. Cas des palmeraies villageoises du département du Plateau au Bénin. Thèse de doctorat, 294p.
- Aholoukpè H, Vissoh VP, Amadji G, Deleporte P, Dubos B, Nodichao L, Glèlè Kakaï R, Chotte JL, Blavet D, 2013a. Typologie des plantations villageoises de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans le département du Plateau au Bénin. Accepté dans *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (3) : 978-999.
- Azontondé H. Anastase., 1991. « Propriétés physiques et hydrauliques des sols au Bénin. Soil Water. Balance in the SudanoSahelian Zone ». Proceedings of the Niamey WorkShop. February 1991. *IA HS Publication.* 199: 253-256
- Bah L, 2011. Oil palm N P K Mg fertiliser trial (Sei Lakitan) EXPT EG00.1412A. In: Bah Lias Annual Report Volume 1. Bah Lias Research Station, PTPP London Sumatra Indonesia, Medan, pp. 89– 92.
- Behera SK, Suresh K, Rao BN, Ramachandruru K, Manorama K, Harinarayana P, 2017. Soil fertility and yield-limiting nutrients in oil palm plantations of north-eastern state Mizoram of India, *Journal of Plant Nutrition*, 40:8, 1165-1171, DOI:10.1080/01904167.2016.1264592
- Broschat TK, 2009. Palm Nutrition and Fertilization. *Horttechnology*, 690-694
- Cakmak I. and Yazici AM, 2010 : Magnésium: Composante Oubliée de la Production Agricole, 4p.
- Caliman JP, Daniel C, Tailliez B, 1994. La nutrition minérale du palmier à huile. *Plantation Recherche et Développement*, 36-53.
- Corley RHV. and Tinker PB, 2016. *The Oil Palm*. John Wiley & Sons, New York, <http://dx.doi.org/10.1002/9781118953297>.
- Corrado, F., Quencez, P., & Tailliez, B. (1992). Boron deficiency in oil palm. Symptoms and corrections. *Oléagineux*, 47(12), 719–725. Retrieved from 125.Dagnelie P, 1998. *Statistique théorique et appliquée : Tome 1. Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique*. Bruxelles, De Boeck, p. 511.
- Dubos, B., Caliman, J.-P., Corrado, F., Quencez, P., Siswo, S., & Tailliez, B. (1999). Rôle de la nutrition en magnésium chez le palmier à huile. *Plantations, Recherche, Développement*, 6(5), 313–325. Retrieved from 491.
- Farrag ESH. and Abo-Elyousr, 2011. Occurrence of some fungal disease on date palm trees in Upper Egypt and its control. *Plant Pathol. J.*, 10 :154-160
- Fairhurst T. et Caliman J. P., 2001. Symptômes de déficiences minérales et anomalies chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) : description, origine, prévention, correction. Guide de poche. ESEAP, 7, 60p.
- Fry, J., 2009. *The Challenges Facing Palm Oil in the 21st Century—Presentation to the SCI*. LMC International, Oxford.
- Gérardeaux E, Saur E, Constatin J, Porté A, Jordan-Meille L, 2009. Effect of carbon assimilation on dry weight production and partitioning during vegetative growth. *Plant Soil* 324 :329-343, DOI 10.1007/s11104-0009-9950-z
- Harkat, 2014. Appréciation de la nutrition minérale de la vigne (*vitis vinifera* L.), en quelques vignobles de la region de Skikda par la démarche de l'enquête. Journée Scientifique de la FSB 20-24Avril 2014.
- Husain SH, Yaacob A, Goh KJ, 2015. Nitrogen Fertilization and its Effect on Boron Uptake and Distribution in Young Oil Palm.
- IRHO, 1991. La carence azotée chez le palmier à huile. Symptômes et correction. *Oléagineux*, 46(6), 247- 248.
- IRHO, 1992. La carence potassique chez le palmier à huile. Symptômes et correction. *Oleaginous*, 47(10), 587–591. Retrieved from 123.
- Jacquemard J-C, Suryana HE., Kurnia D., 2006. Expression of boron deficiency symptoms and link with the genotype in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Communication presented at IOPC 2006, Bali International Convention Center, NusaDua, Bali Indonesia, 19 - 23 June 2006, 14p.
- Jacquemard J-C, Berthaud A, Ollivier J, Ollivier L, Verwilghen A, Graille J, de Franqueville H, 2011. *Le palmier à huile* ; Editions Qua, RD 10, 78026 Versailles Cedex, Presses agronomiques de Gembloux, 275p.
- Kindohoundé NS, Nodichao L, Aholoukpè NSH, Saïdou A, 2018. Symptômes de déficience minérale chez le palmier à huile (*elaeis guineensis* jacq.) au niveau des sols du sud benin. *Revue*

- de Géographie du Bénin Université d'Abomey-Calavi (Bénin) Volume thématique, pp. 43 – 68.
- Kouame K, Ake S, Yte W, Doumbia S, Konan KE, Kouassi NA, Kone B, Sekou D, 2014. Détermination de la dose optimale de fumure potassique sous culture de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans les conditions du sud-est de la côte d'ivoire : cas du matériel végétal en cours de vulgarisation, *European Scientific Journal*, vol.10, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- Murphy, D.J., 2009. Oil palm: future prospects for yield and quality improvements. *Lipid Technol.* 21 (11/12), 257–260, <http://dx.doi.org/10.1002/lite.200900067>.
- Nodichao L, Aké S, Jourdan C, 2008. Développement du système racinaire chez le palmier à huile selon l'origine génétique et le régime hydropotassique du sol. *Agronomie Africaine* 20 (3): 277- 289
- Oettli P, Behera SK, Yamagata T, 2018. Climate Based Predictability of Oil Palm Tree Yield in Malaysia. Published online 2018 Feb 2. doi: [10.1038/s41598-018-20298-0](https://doi.org/10.1038/s41598-018-20298-0). Scientific Reports volume 8, Article number: 2271
- Pornsuriya C, Sunpapao A, Srihanant N, Worapattamasri K, Kittionorakul J, Phithakkit S, Petcharat V, 2013. A survey of diseases and disorders in oil palm of southern Thailand. *Plant Pathology Journal* 12(4):169-175, ISSN 1812-5387/DOI:103923/ppj:2013.169.175
- Rao BN, Suresh K, Behera SK, Ramachandrudu K, Manorama K, 2014. Nutrient management in oil palm. Technical Bulletin, DOPR, Pedavegi. pp. 1-24.
- Saïdou A, Balogoun I, Ahoton EL, Igué AM, Youl S, Ezui G, Mando A, 2018. Fertilizer Recommendations for Maize Production in the South Sudan and Sudano-Guinean Zones of Benin. In: Bationo A., Ngaradoum D., Youl S., Lompo F., Fening J. (eds). *Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_13.
- Tinker PB. and Nye PH, 2000. Solute movement in the rhizosphere. Oxford University press, Oxford. 444p.
- Tohiruddin L, Tandiono J, Silalahi AJ, Prabowo NE, Foster HL, 2010. Effects of N, P and K fertilizers on leaf trace element levels of oil palm in Sumatra. *J. Oil Palm Res.* 22, 869–877.
- Woittiez LS, van Wijk MT, Slingerl and M, van Noordwijk M, Giller KE, 2017. Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. *Europ. J. Agronomy* 83: 57–77