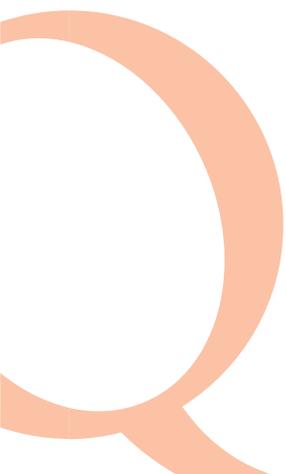




# Piloter la **fertilisation** du **palmier à huile**





# Piloter la fertilisation du palmier à huile

Bernard Dubos, Xavier Bonneau et Albert Flori

Éditions Quæ

## Collection *Savoir-faire*

Quelles alternatives en expérimentation animale ?

Pratiques et éthique

F. Marano, P. Hubert, L. Geoffroy, H. Juin

186 pages

Génétique des animaux d'élevage.

Diversité et adaptation dans un monde changeant

E. Verrier, D. Milan, C. Roger-Gaillard

288 pages

Qualité du café.

L'impact du traitement post-récolte

M. Barel

112 pages

Éditions Quæ

RD 10, 78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2020

ISBN papier : 978-2-7592-3261-1

e-ISBN (pdf) : 978-2-7592-3262-8

x-ISBN (ePub) : 978-2-7592-3263-5

[www.quae.com](http://www.quae.com)

Les versions électroniques de cet ouvrage sont diffusées sous licence CC-by-NCND 2.0.

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Sommaire

Remerciements.....	5
Introduction : cadre et objectif de ce guide.....	7
<b>1. Comprendre la nutrition minérale du palmier à huile et le diagnostic des besoins nutritionnels.....</b>	<b>11</b>
Pourquoi fertiliser les plantations de palmier à huile?.....	11
Peut-on se baser sur des symptômes de déficience pour préconiser les apports d'engrais?.....	14
Déficience en azote (N).....	14
Déficience en potassium (K).....	15
Déficience en magnésium (Mg).....	16
Déficience en bore (B).....	17
Déficience en cuivre (Cu).....	18
Déficience en manganèse (Mn).....	18
Autres éléments.....	18
Conclusion.....	20
Analyser des échantillons foliaires pour établir un diagnostic.....	20
Connaître la variabilité des teneurs foliaires en éléments minéraux.....	22
Azote (N).....	22
Phosphore (P).....	26
Potassium (K).....	29
Calcium (Ca).....	31
Magnésium (Mg).....	31
Chlore (Cl).....	34
Soufre (S).....	34
Oligo-éléments : bore, cuivre, fer, manganèse.....	35
Interpréter les teneurs foliaires en tenant compte des caractéristiques propres à la plantation.....	37
<b>2. Échantillonner la plantation pour le suivi continu de la nutrition minérale.....</b>	<b>39</b>
Découper la plantation en plusieurs unités de fertilisation.....	39
Prévoir le calendrier des prélèvements foliaires.....	41
Choisir les palmiers pour l'échantillon foliaire de référence au sein de l'unité de fertilisation.....	42
Restreindre l'échantillonnage de référence à une partie homogène de l'unité de fertilisation.....	42

Illustration des choix d'unités entre faciès non majoritaires.....	44
Quand, et sur quels critères, sélectionner les palmiers qui serviront aux prélèvements des échantillons?.....	44
Recourir à des échantillons foliaires spécifiques pour contrôler certaines zones de l'unité de fertilisation.....	46
<b>3. Adapter l'outil d'aide à la décision aux conditions locales :</b>	
<b>prendre en compte les spécificités de chaque site</b> .....	49
Principes des essais de fertilisation.....	50
Choix des traitements et des dispositifs.....	50
Mettre en place un essai homogène.....	51
Agréger les données et déterminer les teneurs optimales locales.....	54
Précision expérimentale.....	55
Construire la table de fertilisation à partir des résultats expérimentaux.....	56
Déterminer la plage des teneurs optimales pour un élément.....	56
Construire une table de fertilisation à partir de la plage des teneurs optimales.....	59
Exploiter les conclusions de l'approche expérimentale.....	60
Apprendre davantage des résultats des essais.....	60
<b>4. Extrapolation de l'application des tables de fertilisation issues des essais</b> .....	63
Analyser le comportement de la plantation à l'échelle des unités de fertilisation.....	63
Quelles informations tirer des analyses de sol?.....	64
Tenir compte des teneurs du sol en calcium lorsqu'on utilise du KCl.....	65
Comment détecter les perturbations dues à des propriétés des sols?.....	68
Associer une analyse de référence du sol à chaque échantillon foliaire.....	68
Construire un système d'information géographique (SIG).....	69
Mettre en place des tests de réactivité.....	69
<b>5. Adopter des pratiques de fertilisation durables :</b>	
<b>perspectives et recommandations</b> .....	73
Préserver la santé des sols.....	73
Se soucier de la fertilité chimique des sols.....	74
Évaluer les réserves des sols.....	74
Améliorer l'efficacité de la fertilisation.....	76
Réduire les pertes en éléments minéraux par différentes pratiques culturales.....	76
Améliorer les propriétés physico-chimiques des sols.....	78
Élaborer un outil de fertilisation précis et respectueux de l'environnement.....	79
Précision des recommandations et des tables de fertilisation.....	79
Précision spatiale de l'échantillonnage foliaire et de l'apport d'engrais.....	80
<b>Conclusion : des outils génériques pour optimiser la fertilisation de chaque plantation</b> .....	83
<b>Bibliographie</b> .....	85

# Remerciements

Nous voulons remercier ici Cécile Fovet-Rabot sans qui ce livre n'aurait pas existé, sa lecture critique des premières versions et les suggestions ont permis d'améliorer l'agencement de cet ouvrage et sa lisibilité.

Un grand merci aussi à Bruno Rapidel et Alain Rival pour leur soutien sans réserve et le temps qu'ils ont consacré à la relecture attentive du manuscrit.

Nous remercions également l'UPR systèmes de pérennes et la délégation à l'information scientifique et technique du Cirad pour leur soutien financier à la réalisation de cet ouvrage.



# Introduction :

## cadre et objectif de ce guide

Le palmier à huile est devenu la première source mondiale de corps gras d'origine végétale en raison de ses rendements en huile qui sont 4 à 10 fois supérieurs à ceux des autres oléagineux et de ses coûts de production attractifs. Ces atouts expliquent l'augmentation régulière des surfaces cultivées en palmier à huile pour satisfaire la demande mondiale croissante en corps gras, et particulièrement celle des pays émergents et en voie de développement (Asie du Sud-Est, Chine, Inde, Afrique).

### Encadré 1. Fertilisation et facteurs de productivité.

La fertilisation est l'un des facteurs de productivité parmi tous ceux qui déterminent le rendement du palmier à huile (figure 1). Pour un matériel végétal donné, la production de régimes est principalement déterminée par l'efficacité de la photosynthèse. Celle-ci peut être limitée par le bilan hydrique (sécheresse du sol réduisant les échanges gazeux) et le rayonnement (ensoleillement insuffisant, en particulier lorsque l'alimentation en eau est correcte). La qualité du feuillage est aussi un facteur important, les défoliations sévères causées par les insectes ayant un impact sur la production de photosynthétats (sucres issus de la photosynthèse).

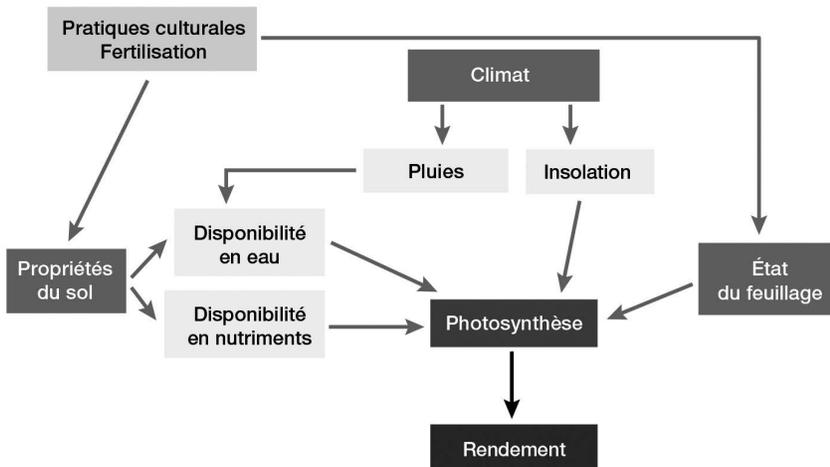


Figure 1. Schéma simplifié de l'élaboration du rendement en régimes du palmier à huile.

Les pratiques agronomiques, incluant la fertilisation, les propriétés du sol, les données climatiques et l'état du feuillage agissent sur la photosynthèse, et en conséquence sur la production des régimes. Ce schéma ne prend pas en compte le temps de réponse d'environ deux ans qui sépare les périodes de stress de leur répercussions sur le rendement.

L'accroissement en surface des palmeraies génère toutefois des conflits environnementaux et sociaux, chaque fois que cela détruit des forêts tropicales et de la biodiversité. L'amélioration des rendements par voie génétique et par des pratiques agronomiques adaptées permet de répondre à la demande tout en limitant les risques de déforestation. La fertilisation des palmeraies (engrais minéraux ou organiques) a longtemps été considérée comme un moyen majeur d'augmenter la productivité : en effet, les nutriments ne devaient pas être un facteur limitant et des doses d'engrais élevées ont parfois été recommandées (encadré 1). Aujourd'hui, les bonnes pratiques de respect de l'environnement et l'attention aux coûts des intrants agricoles plaident pour une fertilisation raisonnée basée sur un diagnostic précis des besoins de chaque parcelle cultivée.

Un cycle complet de palmier à huile est caractérisé par une croissance continue de la longueur des feuilles jusqu'à 12 ans et du tronc dont la hauteur finale détermine la fin de l'exploitation et la programmation d'un nouveau cycle. Ces particularités doivent être prises en compte dans les décisions de fertilisation au cours des différentes périodes du cycle (figure 2).

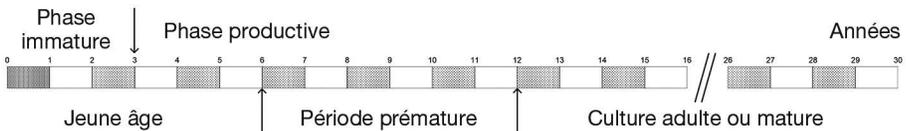


Figure 2. Schéma standard d'un cycle d'exploitation du palmier à huile.

Après la plantation au champ, les 30 à 36 premiers mois constituent la phase immature où les petits régimes ne sont pas récoltés pour des raisons économiques. Les jeunes palmiers sont fertilisés selon un barème propre à chaque plantation. La phase productive commence à partir de 3 ans avec la mise en récolte, période qui coïncide avec le début de la croissance du tronc. Au cours de la phase productive, on analyse des échantillons foliaires pour moduler la fertilisation des parcelles. La longueur des feuilles et de leur biomasse est aussi un bon indicateur. Au jeune âge, jusqu'à 6 ans la croissance est très soutenue jusqu'au moment où les pointes des feuilles horizontales atteignent celles des palmiers voisins. La longueur des feuilles augmente modérément entre 6 et 12 ans, c'est ce que l'on nomme la phase prématuro. On considère qu'à partir de 12 ans la biomasse des feuilles est stable : c'est la période adulte (ou mature) qui dure jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible de récolter les régimes lorsque la hauteur du tronc atteint 12 mètres, généralement entre 27 et 30 ans. Les rendements en régimes atteignent généralement leur valeur maximale au cours de la phase prématuro. Ils restent stables au cours de la période adulte avec parfois une légère baisse après 20 ans.

Étayé par une information technique robuste obtenue par de nombreuses années (40 ans) d'expérimentations multi-locales, cet ouvrage est conçu pour guider les agronomes en charge de concevoir des programmes de fertilisation. Il propose de définir dans chaque plantation des recommandations d'engrais qui prennent en compte les spécificités des palmeraies et qui sont fondées sur l'interprétation de résultats d'analyse des tissus végétaux, par le diagnostic foliaire (DF) (encadré 2).

## Encadré 2. Le diagnostic foliaire : un outil très répandu.

À partir de 1950, les analyses foliaires ont été largement utilisées pour piloter les grandes plantations agro-industrielles.

Les teneurs en éléments minéraux sont exprimées en fonction du poids de matière sèche des folioles (en% pour N, P, K, Ca, Mg, Cl, S, en ppm pour les oligo-éléments). Les résultats des analyses sont comparés à des valeurs de référence, ce qui permet d'ajuster chaque année la fertilisation selon le quadrillage de la plantation en unités de fertilisation (UDF). Le diagnostic foliaire est un outil d'aide à la décision très répandu, mais il est considéré comme empirique. Il reste cependant très largement utilisé en raison de sa facilité de mise en œuvre et de la qualité de l'information qu'il fournit.

**Tableau 1.** Gammes de teneurs couramment mesurées dans les folioles de la feuille de rang 17.

Élément	Symbole	Teneurs
Azote	N	2,40 - 3,00% ms
Phosphore	P	0,15 - 0,17% ms
Potassium	K	0,70 - 1,00% ms
Calcium	Ca	0,25 - 0,70% ms
Magnésium	Ca	0,18 - 0,22% ms
Chlore	Cl	0,40 - 0,70% ms
Soufre	S	0,18 - 0,23% ms
Bore	B	8 - 15 ppm
Cuivre	Cu	5 - 15 ppm
Zinc	Zn	15 - 40 ppm
Manganèse	Mn	100 - 600 ppm

Les teneurs mesurées dépendent des engrais apportés mais aussi d'autres facteurs (climat, sols, matériel végétal).

Ce guide propose de rendre l'outil du diagnostic foliaire plus précis en améliorant chaque étape de son fonctionnement :

- en normalisant tout ce qui peut l'être, c'est-à-dire les modalités d'échantillonnage, la période de prélèvement, le choix du laboratoire;
- en faisant des choix pragmatiques et non systématiques sur le découpage des plantations en unités de fertilisation et sur l'emplacement des palmiers à échantillonner;
- en interprétant les diagnostics foliaires selon des teneurs optimales établies en mettant en place des essais de fertilisation dans le même contexte de sol, de climat et de matériel végétal.

Ces protocoles réfléchis et standardisés garantissent la qualité des résultats d'analyse pour le pilotage de surfaces les plus homogènes possible et fournissent une interprétation pertinente des teneurs foliaires pour établir les recommandations d'engrais.

Ce guide explique comment construire des barèmes de fertilisation à partir des résultats des essais de fertilisation et pourquoi on doit les valider par le suivi des réponses des unités de fertilisation de la plantation.

Il montre également que l'objectif de la fertilisation des palmeraies ne doit pas être perçu comme une simple nécessité d'ajuster un facteur qui pourrait être limitant. En effet, les essais permettent, d'une part, de définir les doses de maintien ou de redressement des teneurs foliaires et, d'autre part, de fixer des seuils au-delà desquels il devient inutile d'appliquer des engrais. Fournir des outils pour une fertilisation précise et respectueuse de l'environnement répond aux attentes de la société en termes de durabilité. Il s'agit de rechercher une optimisation économique et environnementale des pratiques de fertilisation.

# 1

## Comprendre la nutrition minérale du palmier à huile et le diagnostic des besoins nutritionnels

---

Les éléments minéraux nécessaires pour atteindre des rendements élevés sont prélevés de manière différentielle dans l'environnement de la plante et leurs teneurs sont donc différentes selon les organes végétaux.

Lorsque ces éléments indispensables ne sont pas disponibles en quantité suffisante, des déficiences se mettent en place. Les symptômes de déficience concernent généralement de petits groupes de palmiers et leur intensité varie selon les individus. Néanmoins, les observations au champ ne sont pas suffisantes pour prévoir et appliquer une fertilisation corrective à l'échelle de la parcelle ou de l'unité de fertilisation.

Les analyses foliaires sont très utilisées comme moyen de contrôle pour garantir un état nutritionnel correct. Cependant, de nombreux facteurs peuvent agir sur les teneurs foliaires indépendamment de la fertilisation et ils doivent être pris en compte pour l'adoption de normes d'interprétation des teneurs.

### **Pourquoi fertiliser les plantations de palmier à huile ?**

La nutrition minérale est correcte lorsque les éléments nécessaires au bon fonctionnement physiologique du palmier sont absorbés en quantité suffisante pour atteindre le rendement potentiel de chaque site. Dans le cas contraire, une déficience se met en place ; elle peut se manifester ou non par des symptômes visibles et elle limite progressivement les rendements. L'intensité des déficiences minérales dépend d'une part des réserves minérales du sol, qui sont liées à sa texture et à ses propriétés conditionnant la capacité de stockage (capacité d'échange de cations CEC, taux de matière organique MO, nature des argiles) et, d'autre part, des apports de fertilisants effectués au cours des années précédentes.

Les essais de fertilisation montrent qu'une déficience s'installe peu à peu et qu'elle se traduit après plusieurs années par une baisse de rendement significative. Ce temps de réponse est variable selon les sites, car il dépend à la fois de la réserve du sol et des prélèvements par la culture dus à la production de biomasse. La fertilisation des palmeraies doit donc intervenir avant que les cultures soient déficientes et l'objectif est de maintenir une composition optimale de la culture qui permette d'atteindre le rendement espéré pour un coût économique et environnemental acceptable.

L'effet de la fertilisation dépend aussi des autres variables du milieu, qui peuvent devenir des facteurs limitants. Dans des situations très favorables (bon ensoleillement, absence de stress hydrique, faible pression parasitaire), comme dans certaines régions d'Asie du Sud-Est et d'Amérique centrale, la correction des déficiences par la fertilisation aboutit à de fortes hausses de rendement, car les autres facteurs ne sont pas limitants. Au contraire, dans des situations moins optimales, l'effet des engrais est souvent masqué par l'impact d'autres facteurs. Au Bénin par exemple, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1300 mm (facteur limitant par rapport aux régions citées ci-dessus), les rendements en régimes sont limités à 12 tonnes/ha/an par des déficits hydriques compris entre 600 et 800 mm/an.

Dans les essais de fertilisation, les variations interannuelles observées pour les rendements ont souvent une amplitude supérieure aux différences observées entre traitements avec ou sans engrais (figure 3). Ces variations d'une année à l'autre se manifestent aussi avec les traitements bien fertilisés. On les attribue aux facteurs de productivité non contrôlés, en particulier aux conditions climatiques.

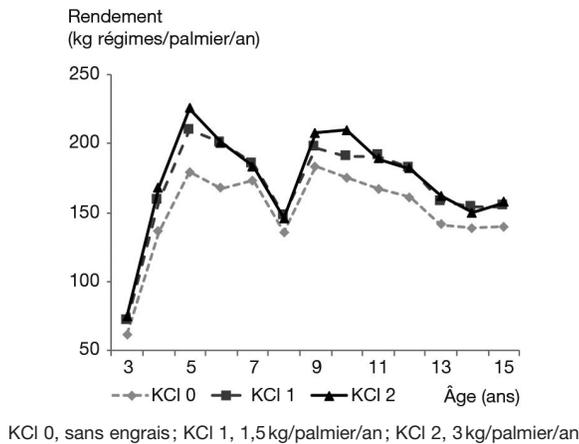


Figure 3. Exemple de variation interannuelle du rendement en fonction de trois modalités d'apport de chlorure de potassium au Pérou.

Dans cet essai de fertilisation au Pérou étudiant trois modalités d'apports de chlorure de potassium, une baisse du rendement a été enregistrée pour toutes les modalités, à 8 ans. Les résultats ont montré que les modalités KCl 1 et KCl 2, permettaient d'augmenter les rendements (amélioration significative entre 5 à 7 ans de plantation puis de nouveau de 9 à 15 ans). Mais cet effet a disparu lorsqu'un autre facteur de productivité est devenu limitant : il s'agissait d'un défaut de pollinisation des régimes attribué à une diminution des insectes pollinisateurs.

Que ce soit pour l'espèce *Elaeis guineensis* ou pour l'hybride *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis* (dit « O × G »), les éléments nutritifs majeurs à apporter régulièrement pour maintenir des rendements aussi élevés que le permettent les conditions locales, se classent selon l'importance décroissante suivante :

Potassium (K) > Azote (N) > Magnésium (Mg) > Phosphore (P)