

Article de Recherche

Caractérisation de la phénologie reproductive de *Megaphrynium macrostachyum* ((Benth.) Milne-Readh. Marantacée) en zones forestières monomodale et bimodale du Cameroun

ETIENNE P. LIMALA II^{1,3}, GODSWILL N. NTSEFONG^{1*}, BENOIT C. LIKENG-LI-NGUE^{1,3}, LUTHER F. MBO NKOULOU^{2,3}, JEAN F.V. AKOA FOUMAN¹ et BELL J. MARTIN^{1*}

¹ Laboratoire de Génétique et Amélioration des Plantes, Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, BP 812, Yaoundé, Cameroun

² Division de Production Végétale, Centre de Recherche Agricole de Mbalmayo, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, BP 2123, Mbalmayo, Cameroun

³ Centre de Recherche et d'Accompagnement des Producteurs Agropastoraux du Cameroun, BP 33, Boumnyebel, Cameroun

Reçu: 27 février 2025, Revu: 01 avril 2025, Révisé: 26 avril 2025, Accepté: 16 mai 2025, Publié: 13 juin 2025

RÉSUMÉ

Les variations phénologiques sont quelquefois considérées comme une stratégie d'adaptation écologique et physiologique des espèces à leur environnement. La présente étude avait pour objectif de déterminer les phénophases reproductives de *Megaphrynium macrostachyum* sur un échantillonnage de 66 individus de 2 forêts naturelles. Les données collectées ont porté sur la période et la détermination des stades de floraison et de fructification ainsi que le pourcentage d'individus fleuris et fructifiés, à travers des observations directes sur le terrain à intervalle de 3 jours, de janvier à décembre 2023. Deux phases phénologiques ont été identifiées, à savoir : la phase florale qui va de mai à juin et la phase fruitière qui va de juin à août et comportent chacune 4 stades de développement, soit au total 8 stades phénologiques pour une durée qui varie entre 64 et 85 jours. L'inflorescence chez l'espèce est une grappe qui porte les fleurs hermaphrodites et trimères de couleur jaunâtre ou blanc-violacée. Les individus de la zone IV ont présenté le taux de floraison le plus élevé (81,81 %) par rapport à ceux de la zone V (75,75 %). Quant à la fructification, les individus de la zone V ont présenté un taux plus élevé (84 %) que ceux de la zone IV (81,48 %). Du stade d'initiation florale à la nouaison, une perte en fleurs de 17,26 % a été enregistrée. Aucune différence significative n'a été notée en termes de durée de chaque phase et de différents stades phénologiques entre les accessions des 2 zones. Une corrélation positive est observée entre le diamètre du fruit et sa longueur ($R = 0,2197$). En somme, la phénologie de *M. macrostachyum* (Benth.) Milne-Readh. a été synchrone, malgré un léger décalage temporel observé entre les deux zones.

Mots clés : phénologie ; *Megaphrynium macrostachyum* ; zones forestières ; Cameroun.

ABSTRACT

Phenological variations are sometimes considered an ecological and physiological adaptation strategy of species to their environment. The objective of this study was to determine the reproductive phenophases of *Megaphrynium macrostachyum* on a sample of 66 individuals from 2 natural forests. The data collected focused on the period and determination of flowering and fruiting stages as well as the percentage of flowering and fruiting individuals, through direct field observations at 3-day intervals, from January to December 2023. Two phenological phases were identified: the floral phase, which spans from May to June, and the fruiting phase, which extends from June to August. Each phase comprises four stages of development, resulting in a total of eight phenological stages, with a duration varying between 64 and 85 days. The inflorescence in this species is a raceme that bears hermaphrodite and trimerous flowers of yellowish or purplish-white color. Individuals from zone IV presented the highest flowering rate (81.81%) compared to those from zone V (75.75%). As for fruiting, individuals from zone V presented a higher rate (84%) than those from zone IV (81.48%). From the stage of floral initiation to fruit set, a flower loss of 17.26% was recorded. No significant difference was noted in terms of duration of each phase and different phenological stages between the accessions of the 2 zones. A positive correlation is observed between fruit diameter and length ($R = 0.2197$). In summary, the phenology of *M. macrostachyum* (Benth.) Milne-Readh. was synchronous, despite a slight temporal shift observed between the two zones.

Keywords: phenology; *Megaphrynium macrostachyum*; forest areas; Cameroon.

1. INTRODUCTION

Les forêts tropicales d'Afrique Centrale et notamment celles du Cameroun regorgent de milliers d'espèces de produits forestiers non ligneux (PFNL) (Anonyme 2008). Les paysans utilisent ces produits pour se soigner ou tirer des revenus nécessaires pour subvenir aux dépenses de première nécessité (Gonmadje *et al.* 2015). Parmi ces PFNL, certains encore peu connus et dits « récoltes cachées » sont négligés et leur importance socioéconomique est souvent très mal appréciée faute de données scientifiques fiables (Masamba 2013). De même, le manque d'informations sur certains phénomènes tels que le cycle reproductif, qui permet d'identifier les voies de reproduction et de comprendre leur mécanisme d'une part, et de déterminer la période à laquelle le matériel de reproduction sexuée (fruits) est disponible pour une éventuelle production et gestion durable de l'espèce. C'est notamment le cas de *M. macrostachyum* (Benth.) Milne-Readh., dont les feuilles sont récoltées et exploitées dans plusieurs domaines sociaux (Limala *et al.* 2023). Dans la transformation du manioc, certains produits dérivés tels que le *Mintoumba* nécessitent quotidiennement de grandes quantités de feuilles pour leur conditionnement et cuisson. Dans la filière poisson, les feuilles de la plante sont utilisées en mer par les pêcheurs pour la conservation du poisson frais, ainsi que par plusieurs ménages pour le conditionnement et la cuisson des mets de poisson (*Ndomba* chez les Beti et *Ngwéya* chez les Bassa'a). Elles sont également utilisées comme contenant dans les grands restaurants et comme emballage commercial par plusieurs commerçants (Limala *et al.* 2023).

Outre ces divers usages, ses feuilles sont utilisées dans la vannerie pour la fabrication des paniers et nattes (Ngama 2007) et dans la construction comme « tuile végétale » pour couvrir les cases. En médecine, les extraits aqueux des feuilles fraîches de l'espèce ont un effet antioxydant et antimicrobien et sont utilisés en thérapie médicale (Eya'ane *et al.* 2017) ; (Grillo & Lawal 2010). A cet effet, elles sont régulièrement commercialisées sur les marchés locaux et urbains de certains pays comme la République Démocratique du Congo (RDC), le Cameroun et la République Centre Africaine (Mbayu 2016). Ainsi, ces multiples usages de *M. macrostachyum* et surtout l'action anthropique pourraient rendre l'espèce vulnérable à la longue dans son milieu écologique.

Selon (Betti *et al.* 2016), la prise en compte de ces PFNL peut favoriser la conservation de la biodiversité, contribuer au maintien des ressources et participer au développement socioéconomique sur une base durable. En Afrique subsaharienne en général, les variétés traditionnelles et les plantes alimentaires mineures sont presque à l'abandon, certaines ayant disparu et d'autres étant en voie de disparition au profit d'espèces exotiques d'introduction récente beaucoup plus rentable. Cependant, quelques paysans par souci de conservation et/ou confrontés à la crise de la commercialisation des grandes cultures telles que le café, le cacao, etc., continuent à les produire. Cette production se fait en culture de case ou sur des parcelles dégagées après la récolte de certaines cultures comme l'igname, l'arachide, etc. (Laopé *et al.* 2018).

La connaissance, la valorisation et l'exploitation efficiente de ces espèces présentes dans un milieu écologique donné, passent nécessairement par leur caractérisation morphologique, botanique, agronomique, génétique, phénologique etc. (Laopé *et al.* 2018). Beaucoup d'espèces de plantes mineures intéressantes pour les populations sont rencontrées sur les marchés locaux et régionaux en Afrique sans que leur phénologie reproductive ne soit connue (Boffa 2000). Cela constitue un frein majeur à leur valorisation. En effet, les cycles phénologiques desdites espèces sont influencés par des facteurs biotiques, climatiques et édaphiques et la disponibilité de données détaillées sur les modes de floraison et de fructification est importante pour permettre une gestion rationnelle des ressources génétiques forestières (Chuine *et al.* 2000). Les variations phénologiques observées dans le temps sont quelquefois considérées comme une stratégie d'adaptation écologique et physiologique des espèces à leur environnement (Boshier 2000). *M. macrostachyum* étant une espèce qui se multiplie par voie asexuée et sexuée et qui est répandue dans les deux zones forestières du Cameroun, cette étude vise à déterminer ses différents stades phénologiques.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Zone d'étude

La présente étude a été menée dans 2 localités à savoir Modè et Ebombe (Tableau I), situées respectivement dans les zones forestières à pluviométrie monomodale et bimodale du Cameroun. La zone forestière humide monomodale (Zone IV), est comprise entre 2° 6" et 6° 12" de latitude Nord, et 8° 48" et 10° 30" de longitude Est. Elle couvre les Régions du Littoral et du Sud-Ouest, ainsi que la bordure côtière de la région du Sud. Le climat est de type

“Camerounien”, très humide et chaud, variante du climat équatorial. La température varie entre 22 et 29 °C et l’humidité de l’air entre 85 et 90 %, d’où le caractère lourd de l’atmosphère (Mpemboura 2022).

La zone forestière à pluviométrie bimodale (Zone V), comprise entre 2° 6” à 4° 54”/5° 48” de latitude Nord et 10° 30” à 16° 12” de longitude Est. Elle s’étend sur la majeure partie du plateau sud-camerounais entre 500 et 1000 m d’altitude. Elle couvre les Régions du Centre, du Sud et de l’Est, sur une superficie totale de 22,5 millions d’hectares. Chaud et humide, le climat est de type “guinéen”, avec des températures moyennes de 25 °C et une pluviométrie de 1500 - 2000 mm par an (Mpemboura 2022).

Tableau I. Localisation des zones d’étude

Localités	Arrondissements	Départements	Régions	Zones Agroécologiques
MODE	NGOG-MAPUBI	NYONG ET KELLE	CENTRE	Zone forestière bimodale
EBOMBE	NGWEI	SANAGA MARITIME	LITTORAL	Zone forestière monomodale

Le matériel utilisé était constitué des accessions de *M. macrostachyum* (pétiole inflorescence, fleur et fruit) récoltées dans le milieu naturel des différentes zones d’étude.

2.2. Méthodes

2.2.1. Échantillonnage

L’étude a été conduite entre janvier et décembre 2022. Les observations ont porté sur un échantillonnage de 66 individus choisis aléatoirement dans leur milieu naturel, soit 33 individus par localité. Le choix de l’échantillon s’est fait suivant la technique de l’échantillonnage aléatoire simple et exhaustif, laquelle consiste à sélectionner des individus de telle sorte que tous aient la même probabilité de faire partie de l’échantillon (Amyotte 1996). Tous les échantillons choisis ont été marqués à l’aide des cordes différemment colorées afin d’éviter toute confusion entre les individus du site.

2.2.2. Détermination de la période de floraison et des phénophases reproductives

Durant toute la période de l’étude, les individus choisis ont été régulièrement suivis à travers des observations directes sur le terrain par intervalle de temps de 03 (trois) jours. La période de floraison a été déterminée par l’apparition de certaines structures florales. Elle correspond à la période où plus de 50 % des individus de la population sont en floraison. Un individu est considéré en floraison lorsque plus de 50 % de ses boutons floraux sont épanouis. Le pourcentage de floraison, quant à lui, exprime la proportion d’individus fleuris sur l’ensemble d’individus étudiés et le pourcentage de viabilité des fleurs fécondées, exprime la proportion des fleurs fécondées ayant donné des fruits (N’dri 2021). Quant aux phénophases reproductives, elles débutent par l’émission des boutons floraux (épis) qui évoluent en inflorescences. Pour chaque inflorescence étudiée, l’observation de l’évolution des organes reproducteurs, de la floraison jusqu’au mûrissement du fruit a été effectuée et la chronologie au cours de l’étude a été enregistrée (Mpemboura 2022).

2.2.3. Détermination des durées des stades phénologiques

Les différents stades de floraison et de fructification de *M. macrostachyum* ont été identifiés sur la base du changement des caractères morphologiques qualitatifs (couleur, caducité, développement des pièces florales et fructifères). Pour la détermination de leur durée, le temps s’écoulant entre l’apparition des boutons floraux et la succession de chaque phénophase a été calculé à partir de la date de leur apparition (Badou *et al.* 2017). Ainsi, la durée de la nouaison correspond au temps écoulé entre la fécondation de la fleur et l’apparition du fruit immature. La durée de fructification quant à elle correspond au temps qui s’écoule entre la fleur fécondée et sa transformation en fruit mature. Quant à la durée de maturation du fruit, elle indique le temps qui s’écoule entre le fruit immature et sa transformation en fruit mature (Mpemboura 2022). Ainsi, 15 individus choisis parmi les 33 de l’échantillonnage selon la méthode utilisée par Amyotte (1996), ont été marqués à l’aide des cordes, afin d’éviter toute confusion avec d’autres, et ont été régulièrement suivis par intervalle de temps de trois jours.

2.2.4. Détermination des stades de développement et de mûrissement du fruit

Les différents stades de développement et de mûrissement des fruits ont été déterminés en fonction des changements des variables morphologiques observés et mesurés sur le fruit, comme fait chez quelques fruitiers tels que l'abricot (*Prunus armeniaca*), le safoutier (*Dacryodes edulis*) (Mpemboura 2022). Les paramètres quantitatifs des fruits ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse. La longueur du fruit a été mesurée sur son axe polaire, c'est-à-dire entre l'apex et la base. Le diamètre du fruit est considéré comme la largeur maximale (partie médiane), mesurée perpendiculairement à l'axe polaire et le taux de croissance quotidien des fruits (TCQF) a été calculé selon la formule :

$$TCQF = \frac{\Delta x}{t}$$

où ΔX représente la variation de croissance, c'est-à-dire la différence entre deux valeurs de paramètre mesurées consécutivement ; t représente le temps (en jours) entre deux mesures consécutives).

2.2.5. Analyse des données

Les différents stades de phénophases reproductives ont été établis et leurs caractéristiques ont été présentées sur la base des caractères morphologiques qualitatifs (variabilité phénotypique) et quantitatifs (longueur et diamètre du fruit). L'analyse statistique a été effectuée avec le test de normalité (Shapiro-Wilk) au seuil de 5 % grâce au logiciel R, version 3.4.1. Si on a une P-value supérieure à 0,05, la distribue suit une loi normale, et les données sont soumises à un test paramétrique (ANOVA). Dans le cas contraire, les données sont soumises à un test non paramétrique de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis), avec un seuil spécifique de $9,797 \times 10^{-7}$, afin d'identifier les groupes statistiquement distincts.

3. RESULTAS

3.1. Morphologie de l'inflorescence et de la fleur de *M. macrostachyum*



Figure 1. Morphologie de l'inflorescence et de la fleur chez *M. macrostachyum*. (a) : Epi latéral sur le pétiole ; (b) : Epi érigé en grappe ; (c) : Fleur blanche-violacée ; (d) : Fleur jaunâtre

Les observations montrent que l'inflorescence de *M. macrostachyum* est une grappe (racème). C'est un rachis allongé et ramifié qui résulte du développement d'un bouton floral qui sort latéralement sous forme d'épi sur le pétiole (Fig. 1). Cette dernière porte des fleurs pédicellées de deux couleurs : jaunâtres et violacées. La fleur est hermaphrodite (bisexuée) et trimère, c'est-à-dire porte 3 sépales libres et 3 pétales soudés en un tube à la base (Fig. 1).

3.2. Période et pourcentage de floraison et de fructification

La période de floraison chez *M. macrostachyum* s'étend de mai à juin dans la zone IV (Ebombe) et de juin à juillet dans la zone V (Modè) et donc connaît un léger décalage temporel entre les deux zones. Quant au pourcentage de floraison, les individus de la zone IV présentent le plus fort taux de floraison (81,81 %), contrairement à ceux de la zone V (75,75 %). Pour ce qui est de la fructification, les individus de la zone V ont présenté le taux de fructification le plus élevé (84 %), contrairement à ceux de la zone IV (81,48 %). Quant à la durée de maturation de l'inflorescence, elle est comprise entre 21 et 28 jours quelle que soit la zone, mais diffère d'un individu à un autre (Tableau II).

Tableau II. Variables de floraison et de fructification de *M. macrostachyum*

Zone	localité	Période de floraison	Individus étudiés	Individus fleuris	Taux (%)	Individus fructifiés	Taux (%)
IV	Ebombe	Mai-Juin	33	27	81,81	22	81,48
V	Modè	Juin-Juillet	33	25	75,75	21	84,00

3.3. Caractéristiques des phénophases chez *M macrostachyum*

Les observations ont révélé 8 stades de phénophases, dont 4 au cours de la floraison et 4 pendant la fructification (Tableau III). Concernant la floraison, le bouton floral initié sur le pétiole se développe sous forme d'épis principal (fl1) ; ce dernier éclate en donnant plusieurs boutons floraux secondaires (fl2), le troisième stade se caractérise par l'épanouissement de plus 50 % des boutons floraux en véritables fleurs (fl3) ; enfin, le dernier stade floral est celui de la sénescence florale (fl4) qui se caractérise par la chute des étamines suite à la fécondation.

Quant à la fructification, la nouaison (fr1) se matérialise par un léger gonflement de l'ovaire fécondé (couleur rouge-violacée) et dépourvu totalement des autres pièces florales. Ce premier stade est suivi de celui des jeunes fruits (fr2) dont la forme s'individualise et ces derniers virent du vert-jaunâtre au vert clair selon leur évolution. Le troisième stade est celui du fruit mature (fr3), et correspond à l'accroissement maximal du diamètre et de la longueur du fruit avec comme moyennes respectives ($21,98 \pm 1,25$ mm) et ($18,10 \pm 1,65$ mm) avec une couleur vert-sombre. Enfin, le dernier stade est celui du fruit mûr (fr4) caractérisé par un fruit à couleur passant du vert-nuit au marron, puis au rouge vif.

3.4. Calendrier des phénophases reproductives de *M macrostachyum*

La floraison de *M. macrostachyum* s'est étalée du 15 juin au 02 août à Modè, soit une durée totale de 49 jours et du 17 mai au 30 juin à Ebombe, soit une durée de 45 jours. En considérant les différents stades de phénophase florale, leur durée est partout identique (7 à 9 jours) pour les stades de boutons floraux ; 03 jours pour le stade de fleurs épanouies ; aussi, le stade de fleurs sénescences qui n'a duré que 2 à 3 jours ; Par contre, le stade de fleurs initiées présente une durée élevée, 18 à 21 jours. S'agissant de la fructification, elle s'est étalée du 25 juin au 02 août à Modè, soit une durée de 39 jours et du 06 juin au 08 juillet à Ebombe, soit une durée de 33 jours.

Au total, la formation des fruits mûrs a nécessité depuis l'initiation florale, 64 à 85 jours (soit environ 2 à 3 mois) dans les deux zones (Tableau IV).

Tableau III. Caractéristiques des stades phénologiques de *M. macrostachyum*

Stades Phases	Débourrement de l'épis principal (fl1)	Développement d'épis secondaires (fl2)	Epanouissement d'épis secondaires (fl3)	Sénescence des fleurs (fl4)
Floraison	 Émission du bouton floral principal sous forme d'épi sur la partie supérieure et latérale du pétiole	 Épis secondaires alternes le long de l'inflorescence issus de l'éclatement de l'épi principal	 Les boutons floraux secondaires s'ouvrent complètement en donnant des fleurs blanche-jaunâtres ou blanche-violacées	 Les fleurs perdent progressivement leurs pétales (chute des pétales), signe de la fécondation de ces dernières
	Nouaison (fr1)	Développement du jeune fruit (fr2)	Maturation du fruit (fr3)	Murissement du fruit (fr4)
Fructification	 L'ovaire est dépourvu totalement de tout autre organe, avec un bout légèrement gonflé et rougeâtre	 Le jeune fruit s'individualise progressivement, vire du vert-jaunâtre, vert-citron au vert clair selon son évolution	 Le fruit cesse de se développer et passe du vert-clair au vert-nuit ou vert-sombre	 Le fruit mûre vert- nuit vire au marron puis au rouf-vif

Tableau IV. Variation du calendrier des stades phénologiques dans les deux sites

Stades phénologiques	Ebombe		Modè	
	Date de démarrage	Durée (Jours)	Date de démarrage	Durée (Jours)
Épis initiés (fl ₁)	17/05/22	14-21	02/06/22	16-21
Boutons floraux (fl ₂)	02/06/22	7-9	16/06/22	7-10
Boutons épanouis (fl ₃)	09/06/22	3	23/06/22	3
Fleurs sénescences (fl ₄)	12/06/22	3	26/06/22	3
Nouaison (fr ₁)	15/06/22	3	29/06/22	3
Jeune fruit (fr ₂)	18/06/22	3	02/07/22	3
Maturité du fruit (fr ₃)	21/07/22	10-14	16/07/22	10-14
Murissement du fruit (fr ₄)	01/08/22	21-28	26/07/22	21-25
Total		64-84		66-82

3.5. Variables quantitatives du fruit de *M. macrostachyum* au cours développement

Le diamètre du fruit au cours de la phénologie varie de 2,5 à 24 mm avec une moyenne de $16,49 \pm 7,02$ mm (Tableau V). Le diamètre minimal des fruits d'Ebombe est de 3 mm contre 2,5 mm pour celui de Modè. Aucune différence significative n'est observée au niveau de cette variable entre les deux zones (Tableau VI). Cependant, elle varie au cours de son développement avec une moyenne qui va de $4,53 \pm 1,03$ mm au jour 3 à $21,18 \pm 1,25$ mm au jour 12 (Tableau V). Une différence significative est observée à chaque stade de son développement, c'est-à-dire entre les Jours 3, 6, 9, et 12.

Quant à la longueur du fruit, elle varie de 2 à 23 mm avec une moyenne de $13,03 \pm 6,31$ mm (Tableau V). De même, aucune différence significative n'est observée sur cette variable entre les deux localités (Tableau VI). Par contre, elle varie en fonction des différents stades de son développement avec une moyenne qui va de $2,98 \pm 0,81$ mm au jour 3 à $18,10 \pm 1,65$ mm au jour 12 (Tableau V). Une différence significative est également observée en fonction de chaque stade de son développement.

Tableau V. Variables quantitatives du fruit en fonction du temps

Variable	Valeur	Jour 3	Jour 6	Jour 9	Jour 12	Jour 15
Diamètre du fruit	Minimal	2,5	9	17	20	20
	Maximal	6	16	23	24	24
	Moyenne $\pm$ Ecart-type	$4,54 \pm 1,03^d$	$13,03 \pm 2,13^c$	$20,91 \pm 1,36^b$	$21,18 \pm 1,25^a$	$21,18 \pm 1,25^a$
Longueur du fruit	Minimal	2	6	14	16	16
	Maximal	5	14	21	23	23
	Moyenne $\pm$ Ecart-type	$2,98 \pm 0,81^d$	$8,90 \pm 1,81^c$	$17,10 \pm 1,64^b$	$18,10 \pm 1,65^a$	$18,10 \pm 1,65^a$

a, b, c et d indiquent les différences significatives au test de Kruskal-Wallis), avec un seuil spécifique de $9,797^{e-7}$. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents

Tableau VI. Variables quantitatives du fruit en fonction des localités.

Variable	Valeur	Elombe	Mode
Diamètre du fruit	Minimal	3	2,5
	Maximal	24	24
	Moyenne	$16,5 \pm 7,02^a$	$16,46 \pm 7,03^a$
Longueur du fruit	Minimal	2	2
	Maximal	23	23
	Moyenne	$13,05 \pm 6,30^a$	$13,05 \pm 6,30^a$

Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au test de Kruskal-Wallis), avec un seuil spécifique de $9,797^{e-7}$

Tableau VII. Taux de croissance quotidienne des variables quantitatives

Variable	Valeur	Jour 3	Jour 6	Jour 9	Jour 12	Jour 15
Taux de croissance quotidienne du diamètre du fruit	Minimal	0,66	1,33	0,66	0,33	0,0
	Maximal	1,66	3,00	4,00	1,33	0,0
	Moyenne	$0,99 \pm 0,27^c$	$1,97 \pm 0,39^c$	$2,73 \pm 0,67^a$	$0,33 \pm 0,34^d$	0,0
Taux de croissance quotidienne de la longueur du fruit	Minimal	0,83	2	1,33	0,33	0,0
	Maximal	2,00	3,33	4	1,33	0,0
	Moyenne	$1,51 \pm 0,34^c$	$2,83 \pm 0,41^a$	$2,62 \pm 0,67^b$	$0,35 \pm 0,34^d$	$0,0^e \pm 0,0$

a, b, c et d indiquent les différences significatives au test de Kruskal-Wallis), avec un seuil spécifique de $9,797^{e-7}$. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents

Concernant le taux de croissance quotidien de ces deux variables du fruit, il varie de 0 à 4 % pour le diamètre avec une moyenne de $1,46 \pm 1,22$. Aucune différence significative n'est observée entre les deux localités sur cette variable. Par contre, elle est observée à chaque stade consécutif. Quant au taux de croissance quotidien de la longueur du fruit, il varie également de 0 à 4 avec une moyenne $1,20 \pm 1,09$. De même, pas de différence significative entre les deux localités, alors qu'elle est observée à chaque stade consécutif (Tableau VII).

3.6. Corrélation phénotypique entre les variables du fruit

Les analyses montrent une corrélation positive entre la longueur du fruit et son diamètre ($R = 0,97$) (Fig. 2).

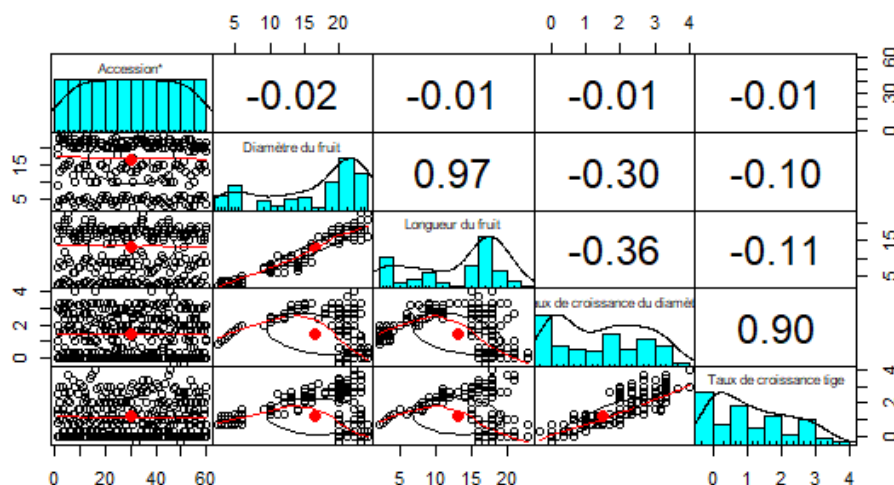


Figure 2. Matrice de corrélation des variables quantitatives du fruit au cours de la phénologie.

4. DISCUSSION

Les individus de *M. macrostachyum* étudiés portent des fleurs bisexuées et trimères, ayant fleuri en saison pluvieuse (mai-juin). La floraison est synchrone, bien qu'il existe un léger décalage temporel entre les deux zones. Elle va de mai à juin dans la zone IV et du début juin à mi-juillet dans la zone V, soit en général une durée de deux mois. On note une variation du pourcentage de floraison et de fructification entre les deux zones agroécologiques, la zone IV fleurit plus que la zone V (81,81 %), par contre la zone V fructifie plus que la zone IV (84 %). Ce résultat serait dû à la variabilité des conditions environnementales d'une à une autre. D'après Eyog *et al.* (2006), la majorité des espèces présentes en Afrique tropicale fleurit en saison sèche entre janvier et février, période d'induction des boutons floraux des plantes, c'est le cas du caféier (Akaffou 2013). Ce qui est contraire à nos résultats, avec *M. macrostachyum* qui fleurit en pleine saison pluvieuse. Cette fluctuation de floraison chez ces espèces s'expliquerait par leur appartenance à de différentes familles. Par contre, Arbonnier (2009) et Dao (2012), ont montré que chez l'espèce *Piliostigma reticulatum*, la floraison débute en Juillet après le début de la saison des pluies en zone soudano sahélienne et non en saison sèche. Ils ont également montré que la floraison est précoce dans certaines localités et tardive dans d'autres. Ce qui concorde avec nos résultats, et cette différence de floraison pourrait s'expliquer par la variabilité génotypique des individus d'une part, et par la différence des conditions pédoclimatiques d'autre part (Eyog *et al.* 2006).

Le stade fl1 de la floraison est le plus long. Quant au stade fl2, il a presque la même durée dans les deux localités, 7 à 9 jours à Ebombe et 7 à 10 jours à Modè. Le troisième et le quatrième stade ont la même durée (3 jours) tant au sein des individus d'une même localité que pour les individus des deux localités. Les durées similaires de ces différents stades de phénophases s'expliqueraient par le synchronisme phénologique observé entre les deux zones, résultat similaire à celui de Mpemboura (2022) sur *Dacryodes edulis*. L'étude a montré que c'est pendant ces deux derniers stades de la floraison que les pertes en fleurs sont enregistrées. Quant à la phase de fructification, les 02 premiers stades ont également la même durée (3 jours). Le troisième stade a également la même durée dans les deux localités, mais varie d'un individu à l'autre (10 à 14 jours). En fin, le dernier stade est le plus long de cette

phase. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Badou *et al.* (2017) sur *Syzygium guineense* et Mpemboura (2022) sur *Dacryodes edulis*, qui ont énuméré les mêmes stades phénologiques chez ces espèces.

Les décalages de production florale et fructifère notés de part et d'autre, sont dus aux nombreuses pertes d'inflorescences et d'infrutescences observées entre les stades de boutons secondaires épanouis et fruits initiés. Les avortements, pertes et dessèchements des fleurs et des fruits observés au cours de ces stades seraient dus à certains facteurs comme la pollinisation insuffisante, la limitation de ressources nutritives, les attaques parasitaires et les prédateurs des organes de reproduction. De même, les conditions climatiques limitantes pourraient expliquer les irrégularités de floraison et de fructification. Ces pertes de fleurs et de fruits au cours de la période de reproduction, ont déjà été constatées chez bon nombre d'espèces telles que *Piliostigma reticulatum*, *Tamarindus indica* (Leguminosae - Caesalpinioideae) (Diallo *et al.* 2008 ; Dao 2012).

5. CONCLUSION

L'objectif de ce travail était de connaître le cycle de reproduction sexuée de *M. macrostachyum* afin d'entreprendre une gestion durable des accessions exploitées par les communautés dans les zones d'étude au Cameroun.

Sur la base des observations directes sur le terrain, cette étude nous a permis de connaître en partie le cycle de reproduction de *M. macrostachyum* à travers deux phénophases reproductives (phases florale et fructifère). Ces dernières n'ont présenté aucune différence significative en termes de durée (64 à 85 jours à Ebombe et 66 à 82 jours à Modè) et de stades de développement (8 stades identiques) dans les deux zones. La phénologie reproductive chez l'espèce a été synchrone (mai à août) dans les deux zones agroécologiques, avec un léger décalage temporel entre les zones. Le matériel de reproduction (fruit) est disponible à partir du mois de septembre jusqu'au mois de janvier et voire jusqu'en mars dans certaines localités. Les résultats de cette étude contribueront à l'amélioration des connaissances et à la gestion durable de *M. macrostachyum* au Cameroun, tout en orientant les recherches futures.

REMERCIEMENTS : Les auteurs remercient tous les paysans pour leur disponibilité à se rendre dans les différents milieux naturels de l'espèce ; l'Unité de Génétique et Amélioration des Plantes (UGAP) pour la collaboration et les orientations ; l'équipe des Botanistes du Département de Biologie et Physiologie Végétales pour la description botanique de la plante ainsi que tous ceux qui ont contribué de manière directe ou indirecte à la réalisation de ce travail.

CONFLIT D'INTÉRÊT : Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt

CONTRIBUTION DES AUTEURS : EP LIMALA II a conduit la recherche ; BC LIKENG LI NGUE a donné les orientations et a amélioré la qualité du travail ; JVF AKOA FOUMAN a identifié les milieux d'implantation de l'espèce ; LF MBO NKOULOU a analysé les données collectées ; G NTSOMBOH NTSEFONG a encadré les travaux et JM BELL a supervisé la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- Akaffou D S (2013). Etude et cartographie génétique du croisement *Coffea pseudozanguebariae* BRIDSON X *Coffea canephora* PIERRE. Thèse de Doctorat d'Etat, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 121 p.
- Amyotte L (1996). Méthodes quantitatives (application à la recherche en sciences Humaines). Édition du nouveau pédagogique (E.R.P.I.). Saint-Laurent (Québec), Canada.
- Anonyme 1 (2008). Renforcement de la sécurité alimentaire en Afrique Centrale à travers la gestion et l'utilisation durable des produits forestiers non ligneux. GCP/RAF/398/GER. Directives sous-regionales relatives à la gestion durable des produits forestiers non ligneux d'origine végétale en Afrique Centrale. FAO/COMIFAC/GTZ, Yaoundé, 24 p.
- Arbonnier M (2009). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, 3ème Édition revue et augmentée. MNHN-QUAE, France, 576 p.

- Badou R B, Yedomonhan H, Adomou A C. and Akoegninou A (2017). Phénologie florale et production fruitière de *Syzygium guineense* (Willd.) DC. subsp. *Macrocarpum* (Myrtaceae) en zone soudano-guinéenne au Bénin. *International Journal of Biological Chemistry Sciences* 11(5) : 2466-2480. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.41>
- Betti J L., Ngankoué C M., Dibong S D. and Singa A E (2016). Etude ethnobotanique des plantes alimentaires spontanées vendues dans les marchés de Yaoundé, Cameroun. *International Journal of Biological Chemistry Sciences* 10 (4), 1678-1693. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.19>
- Bloesch B and Viret O (2013). Stades phénologiques repères des fruits à pépins (pommier et Poirier). *Revue Suisse Arboriculture et Horticulture* 45 (2) : 128-131.
- Boffa J M (2000). West African Agroforestry Parklands: Keys to Conservation and Sustainable Management. Unasylva English Ed. 51: 11-17.
- Boshier D H (2000). Mating systems. In Forest Conservation Genetics: Principles and Practice, Young A, Boshier D, Boyle T (eds). CSRO Publishing, CABI Publishing; 63- 80.
- Chuine I, Belmonte J et Mignot A (2000). A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations. *J. Ecol.*, 88 (4) : 561-570
- Dao E C M (2012). Biologie et écologie de la reproduction sexuée d'une Caesalpinioideae (Leguminosae): *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. Thèse de Doctorat, Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB) / Burkina - Faso. p.110.
- Diallo B O., McKey D, Chevallier M H., Joly H I and Hossaert-McKey M (2008). Breeding system and pollination biology of the semi-domesticated fruit tree, *Tamarindus indica* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae): Implications for fruit production, selective breeding and conservation of genetic resources. *African Journal of Biology* 7(22), 4068-4075.
- Eya'ane M F., Okalla E C., Fannang S V, Segnou M L., Ntomba A A. Belle Ebanda Kedi, P., & Mpondo Mpondo, E. A. (2017). Natural Substances for the Synthesis of Silver Nanoparticles against *Escherichia coli*: The Case of *Megaphrynium macrostachyum* (Marantaceae), *Corchorus olitorus* (Tiliaceae), *Ricinodendron heudelotii* (Euphorbiaceae), *Gnetum bucholzianum* (Gnetaceae), and *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae). *Journal of nanomaterial* : 1-6. <https://doi.org/10.1155/2017/6834726>
- Eyog Matig O, Ndoye O, Kengue J. and Awono A (2006). Les Fruitiers Forestiers Comestibles du Cameroun. IPGRI Regional Office for West and Central Africa c/o ITTA 08 B.P. 0932 Cotonou, Benin. Int. Plant Gen. Res. Inst., p 220.
- Gonmadje C F., Donfack J B. and Kengue J (2015). Rapport national sur l'état des ressources génétiques forestières du Cameroun. FAO, Rome, 98 p.
- Grillo J A. and Lawal A K (2010). In vitro activity of *Thaumatococcus daniellii* and *Megaphrynium macrostachyum* against spoilage fungi of white bread and 'Eba', an indigenous staple food in Southern Nigeria. *African Journal of Microbiological Research* 4 (11): 1076-1081. <https://doi.org/10.5897/AJMR.9000382>
- Laopé A C S., Soko D F S., Lacina F C., Founignué K S., Koné M. et al., (2018). Caractérisation agromorphologique de cinq variétés de Cucurbitacées cultivées dans la Région de Khorogo (CI). *Journal of Animal Plant Sciences* 37(2), 6033-6040.
- Limala E P., Ntsomboh N G., Likeng-Li-Ngue B C., Nyouma A. et Bell J M. (2023). Smallholders' Perceptions and Socio-Economic Importance of *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Leaves in the Central and Littoral Regions of Cameroon. *International Journal of Economy, Energy and Environment*. 8 (2), 17-22. <https://doi.org/10.11648/j.ijeee.20230802.11>
- Masamba F D (2013). Analyse économique de la filière feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth) Milne Redh sur l'axe Kisangani. Mémoire, Kisangani, 48 p

- Mbayu M L F (2016). Etude de la forêt à Marantaceae et son impact sur la régénération des ligneux dans la réserve forestière de Yoko et ses environs (Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo). Thèse de Doctorat. Université de Kisangani, Brazaville, Congo, 240 p.
- Mpemboura N S (2022). Phénologie reproductive chez *Dacryodes Edulis* ((G. Don) H.J. Lam) et variation de quelques métabolites primaires associés. Thèse de Doctorat/PhD, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun. 283 p.
- Muhanguzi H D R., Obua J, Oryem-Origa H. et Vetaas O. R. (2003). Tree fruiting phenology in Kalinzu forest, Uganda, Afric. J. Ecol., 41: 171- 178. N'dri K.E., 2021. Biologie de la reproduction, diversité agromorphologique et optimisation du bouturage de *Myrianthus arboreus* (Cecropiaceae) P. Beauv. (1805) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat inédit. Université Jean Lorougnon Guédé, Cote d'Ivoire. 164 p.
- Ngama B J F (2007). Les légumes traditionnels : perspective de la recherche sur la Domestication et pérennisation de leur production. Kisangani, Congo. 45 p.
- Verina I, Ndoye O, Midoko D, Chupezi J. et Nasi R. (2012). Les Produits forestiers non ligneux : contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. CIFOR, FAO, IRET, pp.137-154.