



Effets des doses croissantes de l'extrait alcoolique des feuilles de papayer (*Carica papaya* L.) sur les phénophases des cultivars locaux de niébé (*Vigna Unguiculata* L. (Walpers)) dans la région de Ngandajika, RDC

KAYEMBE KASANGANA Rocher¹, TSHINYANGU KANDANDA Anaclet¹,
MUKENDI KAMAMBO Robert², TSHIBAMBA MUKENDI John^{1,2}

1. Université Officielle de Mbujimayi (UOM);

2. Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA/RDC)

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18955779>

Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) is a key legume for food security in sub-Saharan Africa and is widely cultivated in the Ngandajika region of the Democratic Republic of Congo. Its production is constrained by insect pests, particularly during flowering and pod development, causing delayed flowering, flower and pod abortion, and reduced yield. Plant-based biopesticides, such as *Carica papaya* L. leaf extracts, offer an environmentally friendly and locally available alternative to chemical control.

This study evaluated the effects of increasing doses of alcoholic *C. papaya* leaf extract on the phenological stages of local cowpea cultivars. Results revealed significant phenological diversity among cultivars. Very early cultivars (Bata, H36, Tshimbulu, Muyaya) exhibited short cycles (69–71 days) with early flowering, pod initiation, and pod maturation. Early to late cultivars (Epela, Kabinda, Kamanda, Kampela, Katoka, Monji, Nsampu, Tshisala) showed intermediate cycles, while very late cultivars (Tshibalabala C and TC) had long cycles (>105 days) and delayed pod maturation. Application of papaya leaf extract slightly modulated these stages, occasionally accelerating flowering or pod initiation depending on the cultivar, while remaining consistent with intrinsic genetic differences.

Overall, *C. papaya* leaf extract represents a promising, eco-compatible phytosanitary solution that can enhance sustainable cowpea production by smallholder farmers, taking into account the phenological diversity of local cultivars.

Keywords: effect, dose, extract, alcoholic, phenophase, cultivar, cowpea

Résumé

Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) est une légumineuse clé pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne et largement cultivée en République Démocratique du Congo, notamment à Ngandajika. Sa production est limitée par les insectes ravageurs, particulièrement lors de la floraison et de la fructification, ce qui entraîne des retards de floraison, l'avortement des fleurs et des gousses, et une diminution du rendement. Les biopesticides d'origine végétale, comme les extraits de feuilles de papayer (*Carica papaya* L.), offrent une alternative écologique et locale au contrôle chimique.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet des doses croissantes d'extrait alcoolique de feuilles de papayer sur les phénophases des cultivars locaux de niébé. Les résultats montrent une grande diversité phénologique entre les cultivars. Les cultivars très précoces (Bata, H36, Tshimbulu, Muyaya) ont des cycles courts (69–71 jours), avec un début de floraison et de goussification précoce et une maturation rapide des gousses. Les cultivars précoces et tardifs (Epela, Kabinda, Kamanda, Kampela, Katoka, Monji, Nsampu, Tshisala) présentent des cycles intermédiaires, tandis que les cultivars très tardifs (Tshibalabala C et TC) ont des cycles longs (>105 jours) et une maturation des gousses tardive. L'application de l'extrait de papayer a légèrement modulé ces phénophases, accélérant parfois la floraison ou le début de goussification selon le cultivar, tout en restant compatible avec les variations génétiques intrinsèques.

Ainsi, l'utilisation des extraits de papayer constitue une solution phytosanitaire alternative, locale et éco-compatible, adaptée aux conditions agroécologiques des petits producteurs, pouvant contribuer à l'amélioration durable de la production de niébé tout en tenant compte de la diversité phénologique des cultivars locaux.

Mots clés : effet, dose, extrait, alcoolique, phénophase, cultivar, niébé

1. INTRODUCTION

Le niébé (*Vigna unguiculata* L. (Walpers)) est l'une des légumineuses alimentaires les plus importantes en Afrique subsaharienne, où il joue un rôle clé dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations rurales (Timko & Singh, 2008 et Singh et al., 2003). Riche en protéines, en minéraux et en vitamines, il constitue une source accessible de nutriments, particulièrement dans les zones à faibles ressources (Langyintuo et al., 2003).

Cependant, la production du niébé demeure fortement limitée par les attaques d'insectes ravageurs intervenant à différents stades phénologiques de la culture, en particulier durant la floraison et la fructification (Dugje et al., 2009 ; Ehlers & Hall, 1997). Ces attaques entraînent des perturbations du déroulement normal des phénophases, telles que le retard de floraison, l'avortement des fleurs et des gousses, ainsi qu'une réduction de la durée et de l'efficacité du remplissage des graines (Oparaeke et al., 2005). Le contrôle chimique reste la méthode la plus utilisée, mais il est souvent inaccessible aux producteurs, coûteux et associé à des risques environnementaux et sanitaires (Adandonon et al., 2006).

Face à ces contraintes, l'intérêt pour les biopesticides d'origine végétale s'est accru ces dernières années. Parmi les plantes à potentiel insecticide, le papayer (*Carica papaya* L.) est largement documenté pour ses propriétés bioactives, liées à la présence de composés tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, saponines et enzymes protéolytiques (Adebayo et al., 2011). Des études ont montré que les extraits de feuilles de papayer peuvent réduire significativement l'incidence et la sévérité des attaques d'insectes sur les cultures, tout en étant biodégradables

et compatibles avec les systèmes agricoles durables (Adandonon et *al.*, 2006 ; Oparaeke et *al.*, 2005).

Par ailleurs, la réponse des cultivars de niébé aux traitements phytosanitaires dépend étroitement de leur potentiel génétique, notamment en ce qui concerne les phénophases clés telles que le début de floraison, la durée du cycle et la maturation physiologique (Timko & Singh, 2008 ; Craufurd et *al.*, 1997). Les cultivars locaux présentent une grande diversité phénologique, qui conditionne leur adaptation aux contraintes climatiques et biotiques locales (Singh et *al.*, 2003). L'étude des interactions entre doses de biopesticides et comportement phénologique des cultivars constitue donc un axe majeur pour l'amélioration durable de la production du niébé.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été menée afin d'évaluer les effets des doses croissantes de l'extrait alcoolique des feuilles de papayer (*Carica papaya* L.) sur les phénophases des cultivars locaux de niébé (*Vigna unguiculata* L. (Walpers)) dans la région de Ngandajika (RDC), en vue de promouvoir des solutions phytosanitaires alternatives, locales et éco-compatibles, adaptées aux conditions agroécologiques des petits producteurs.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

Le site du centre de recherche de l'INERA Gandajika (figure 1) a servi du milieu expérimental pour l'étude sous examen. Ce centre de recherche est situé à 7 km de la cité de Gandajika, dans le territoire de Gandajika dont les coordonnées géographiques sont 6°43'32,6" de latitude Sud et 23°56'33,5" de longitude Est, à 793 m d'altitude moyenne (GPS Garmin, Etrex 2024).

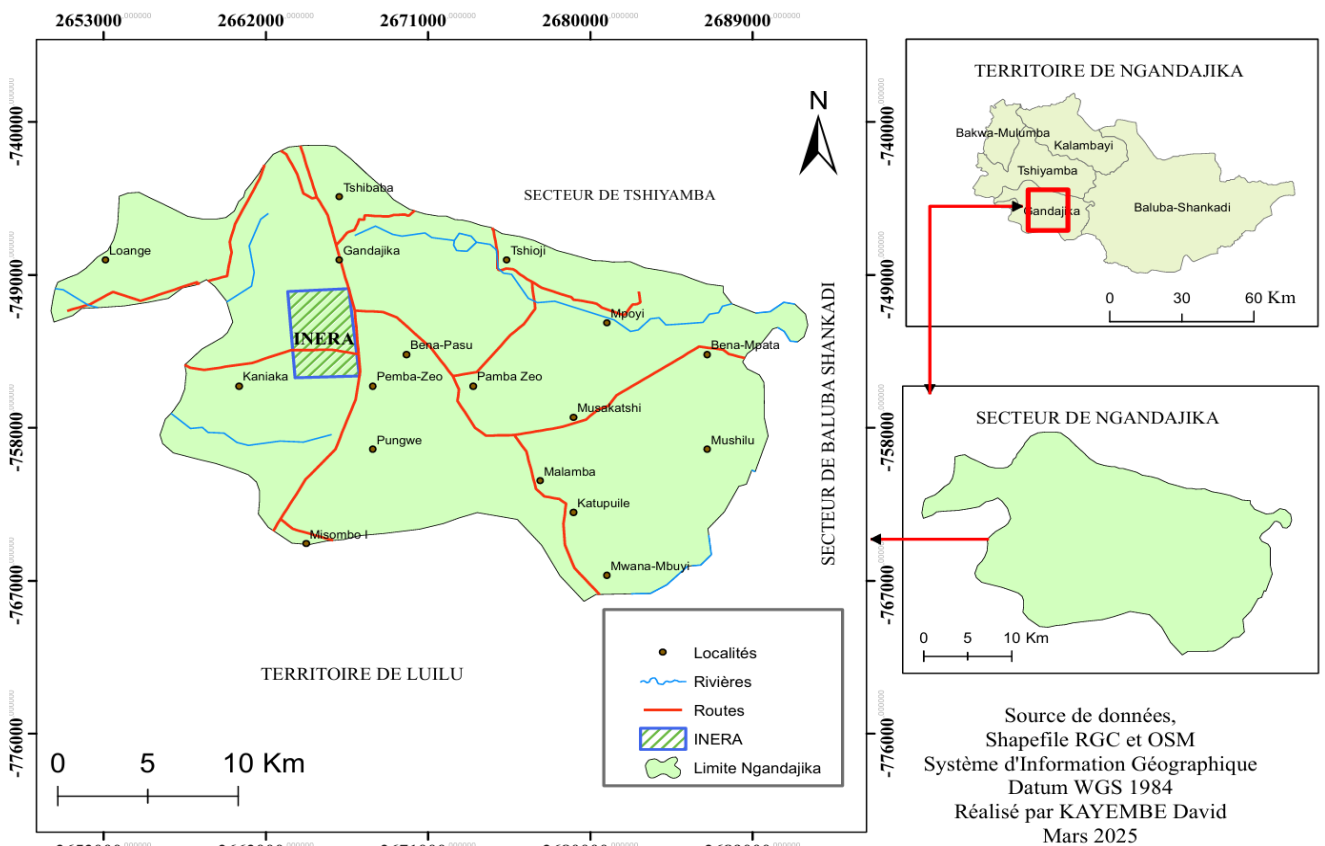


Figure 1. Localisation de l'INERA Ngandajika (site d'étude) sur la carte administrative du territoire de Ngandajika

2.2.Matériel

Quatorze (14) cultivars locaux de niébé collectés auprès des paysans dans cinq territoires de la province de Lomami, ont été utilisés comme matériel biologique : Bata, Epela, H36, Kabinda, Kamanda, Kampela, Katoka, Monji, Muyaya, Nsampu, Tshibalabala CU, Tshibalabala TC, Tshimbulu, Tshisala.

L'origine génétique précise de ces cultivars locaux n'est pas encore documentée. Cependant, ces cultivars locaux représentent un important réservoir de diversité génétique, potentiellement utile pour l'amélioration variétale et l'adaptation aux conditions agroécologiques de la région.

En plus, les feuilles de papayer ont servi à obtenir l'extrait alcoolique, qui a été pulvérisé sur les différents cultivars locaux comme biopesticide pour lutte contre les ravageurs.

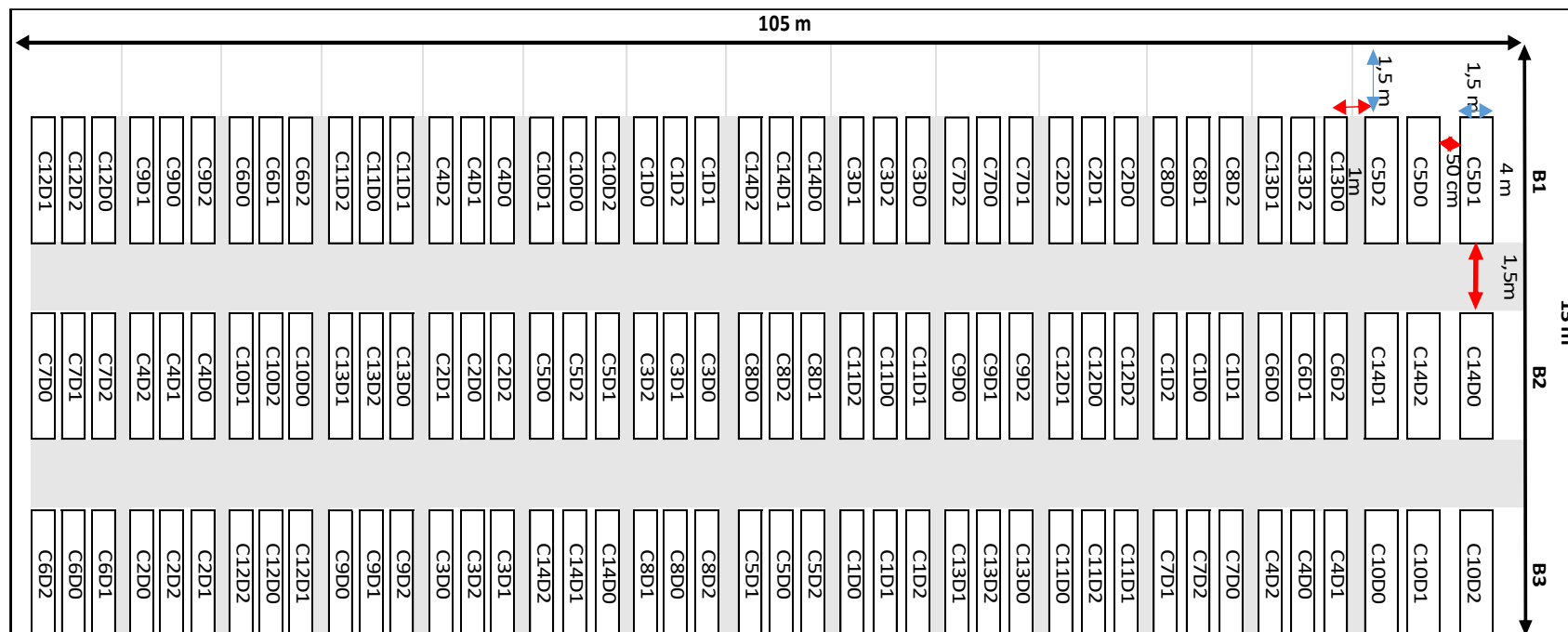
2.3.Méthode

2.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental de cette étude est le split-plot, constitué de deux facteurs : le premier facteur est le cultivar de niébé, dont les modalités étaient les 14 cultivars locaux de niébé. Tandis que, le deuxième facteur est la dose de bio-pesticide, constitué des 3 doses croissantes de l'extrait alcoolique des feuilles de papayer.

Le champ expérimental était constitué des 3 répétitions, trois traitements et 14 cultivars soit quarante-deux parcelles principales et cent vingt-six parcelles élémentaires. Les blocs étaient distants de 1,5 m et les parcelles élémentaires de 1 m. Chaque bloc comprendra 14 parcelles principales et 42 parcelles élémentaires ; La superficie totale de l'essai était de 15 m x 105 m, soit 1575 m², et la parcelle élémentaire avait 4 m x 1,5 m soit 6 m². Le semis était réalisé aux écartements de 0,50 m x 0,25 m à raison de 4 lignes de 16 poquets chacune, soit un total de 64 plants par parcelle élémentaire.

Chaque parcelle principale dans un bloc correspondait à un cultivar local de niébé et la parcelle secondaire avait reçu chacune une dose de l'extrait alcoolique des feuilles de papayer, dont : D0 = 0 litre d'extrait alcoolique de feuilles de papayer, D1 = 0,714 litres sur une superficie de 6m², soit 0,119 litres par m² et D2 = 1,19 litres sur une superficie de 6m² ou 0,193 litres par m²



Figures 2. Schéma du dispositif expérimental split plot incluant les cultivars de niébé et les doses croissantes de l'extrait alcoolique des feuilles de papayer.

Légende : Dose 0 (D0) = Témoin, Dose 1 (D1) = 0,714 litres sur une superficie de 6m^2 ou 0.119 litres par m^2 , Dose 2 (D2) = 1,19 litres sur une superficie de 6m^2 ou 0.193 litres par m^2 , C1 : Bata, C2 : Epela, C3 : H36, C4 : Kabinda, C5 : Kamanda, C6 : Kampela, C7 : Katoka, C8 : Monji, C9 : Muyaya, C10 : Nsampu, C11 : Tshibalabala cu, C12 : tshibalabala t, C13 : Tshimbulu, C14 : Tshisala

2.3.2. Collecte des données

La collecte des données relatives aux variables phénologiques (début et fin de la floraison, apparition des premières gousses et maturation complète) a été réalisée de manière régulière et systématique tout au long du cycle de développement des plants, conformément aux recommandations de Craufurd et Wheeler (2009), Singh et *al.*, (2003) et Zadoks et *al.*, (1974), afin de caractériser avec précision les différentes phases de croissance et de développement et d'évaluer l'effet des traitements appliqués.

Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et les coefficients de variation (CV) ont été utilisés pour apprécier la stabilité des réponses phénologiques.

3. RESULTATS

Les variables phénologiques relatives au début de la floraison, fin de la floraison, l'apparition des premières gousses, la maturation complète des gousses ainsi que le cycle végétatif des cultivars locaux de niébé sont présentées sur les tableaux 1,2, 3, 4, 5 suivants.

3.1. Début de la floraison de cultivars locaux de niébé

Le tableau 1 montre une différenciation nette des cultivars selon le début de floraison, permettant de distinguer quatre groupes :

Les cultivars à floraison très précoce : H36 et Bata, qui entrent en floraison entre 39 et 40 jours après semis (JAS).

Les cultivars à floraison précoce, comprenant Muyaya, Kampela et Tshimbulu, présentent un début de floraison compris entre 42 et 43 JAS.

Les cultivars à floraison tardive (Epela, Kabinda, Kamanda, Katoka, Nsampu et Tshisala), dont la floraison débute entre 43 et 44 JAS.

Enfin, les cultivars à floraison très tardive, constitués de Tshibalabala T et Tshibalabala C, se distinguent nettement par une floraison très tardive, atteignant respectivement environ 64 et 67 JAS

Tableau 1. Début de la floraison de cultivars locaux de niébé

Cultivar	T0	T1	T2	Moyenne	Cv (%)	F-cal	p-value
Bata	40,00±2,00ns	40,67±1,15ns	40,00±0,00ns	40,22	2,62	0,4	0,69
Epela	44,00±1,00*	43,00±0,00*	43,67±0,58*	43,56	1,53	1,75	0,28
H36	39,00±1,73ns	39,33±1,15ns	40,00±1,00ns	39,44	1,33	2,8	0,17
Kabinda	43,67±0,58*	43,00±1,00*	43,33±1,15*	43,33	0,94	2,00	0,25
Kamanda	44,00±0,00*	43,67±1,15*	43,67±0,58*	43,77	1,52	0,25	0,79
Kampela	42,67±1,53*	42,33±1,53*	43,00±1,00*	42,67	2,70	0,25	0,79
Katoka	44,33±1,53*	44,33±0,58*	43,67±0,58*	44,11	1,51	1,00	0,44
Monji	51,00±1,00*	51,67±0,58*	50,33±0,58*	51,00	1,60	2,0	0,25
Muyaya	41,67±0,58ns	42,00±0,00*	43,00±1,00*	42,22	1,57	3,25	0,14
Nsampu	44,00±1,00*	44,00±1,00*	42,67±1,53*	43,56	2,42	1,6	0,30
TshibalabalaC	68,00±1,73***	65,67±1,53***	66,67±2,08***	66,77	2,17	1,94	0,25
Tshibalabala T	65,33±0,58**	62,67±0,5**	64,00±1,73**	64,00	1,80	4,00	0,11
Tshimbulu	42,00±1,00*	42,33±1,53*	43,33±3,21*	42,56	3,31	0,28	0,77
Tshisala	43,33±1,15*	43,00±1,00*	43,00±1,00*	43,11	2,78	0,07	0,92

Signif. codes: '***' 0.001 : différence hautement significative ; '**' 0.01 : différence très significative ; '*' 0.05 : différence significative ; ns : Non significative.

3.2. Fin de la floraison de cultivars locaux de niébé (JAS)

Le résultat du tableau 2 révèle une variabilité significative de la fin de floraison selon les cultivars, permettant de distinguer trois groupes.

Les cultivars précoces (*H36*, *Bata*, *Kabinda*, *Tshimbulu* et *Muyaya*), atteignent la fin de floraison entre 56 et 57 jours après semis (JAS).

Les cultivars tardifs (*Epela*, *Kampela*, *Katoka*, *Monji*, *Nsampu* et *Tshisala*), dont la fin de floraison intervient entre 58 et 62 JAS.

Les cultivars très tardifs, *Tshibalabala CU* et *Tshibalabala TC*, qui se distinguent par une fin de floraison au-delà de 79 JAS.

Tableau 2 . Fin de la floraison de cultivars locaux de niébé (JAS)

Cultivar	T0	T1	T2	Moyenne	Cv (%)	F-cal	p-value
Bata	55,67±1,15*	56,33±1,53*	56,67±1,15*	56,22	2,13	0,53	0,62
Epela	58,67±2,52*	58,00±2,00*	60,00±4,00**	58,88	5,03	0,35	0,72
H36	56,33±1,53*	56,67±2,89*	56,00±1,73*	56,33	3,24	0,1	0,90
Kabinda	56,00±0,00*	56,33±1,15*	56,00±0,00*	56,11	1,18	0,25	0,79
Kamanda	62,00±1,73**	61,33± 2,08**	62,00±1,73**	61,77	3,07	0,12	0,88
Kampela	59,33±1,15*	61,00±2,00**	60,67±0,58**	60,33	1,35	3,5	0,13
Katoka	60,00±0,00**	60,33±0,58**	59,67±0,58*	60,00	0,96	1,00	0,44
Monji	62,00±1,00**	60,67±1,15**	63,00±1,00**	61,88	0,53	3,70	0,00
Muyaya	56,33±0,58*	57,00± 1,73*	58,00±1,00*	57,11	2,33	1,19	0,39
Nsampu	61,00±1,73**	62,33±1,15**	60,33±2,52**	61,22	3,37	0,72	0,53
TshibalabalaC	82,33±1,15***	83,00± 1,00***	82,67±1,53***	82,67	0,49	2,00	0,25
Tshibalabala T	78,67±0,58***	80,33±1,53***	80,00±1,00***	79,67	1,02	3,5	0,13
Tshimbulu	55,00±0,00*	56,33±0,58*	57,00±1,00*	56,11	1,18	7,00	0,04
Tshisala	57,33±1,1*	58,00±0,00*	58,33±0,58*	57,00	1,15	1,75	0,28

*Signif. codes: '***' 0.001 : différence hautement significative ; '**' 0.01 : différence très significative ; '*' 0.05 : différence significative ; ns : Non significative.*

3.3. Début de goussification de cultivars locaux de niébé (JAS)

Les résultats issus du tableau 3 révèle une différenciation nette des cultivars selon l'entrée en gousse, permettant de les regrouper en trois catégories.

Les cultivars très précoces, notamment Bata, H36, Kabinda et Tshimbulu, entrent en phase de goussification autour de 54 à 55 JAS,

Les cultivars précoces, tels que Epela, Kampela, Katoka, Muyaya, Nsampu et Tshisala, présentent un début de goussification compris entre 56 et 59 JAS.

À la limite supérieure des cultivars précoces, Monji et Kamanda se distinguent par un léger allongement du cycle. En revanche, Tshibalabala CU et Tshibalabala TC présentent une goussification très tardive, au-delà de 78 JAS.

Tableau 3. Début de goussification de cultivars locaux de niébé (JAS)

Cultivar	T0	T1	T2	Moyenne	Cv (%)	F-cal	p-value
Bata	53,67±1,15*	55,00±1,00*	55,33±1,53*	54,67	1,66	2,8	0,17
Epela	56,67±3,51*	56,67±1,53*	58,67±4,04**	57,33	6,04	0,33	0,73
H36	54,67±1,53*	55,67±3,79*	54,33±1,53*	54,89	3,38	0,41	0,68
Kabinda	54,67±1,15*	55,33±1,15*	54,33±0,58*	54,78	2,19	0,53	0,62
Kamanda	60,67±2,52**	60,00±1,73**	61,00±1,73**	60,56	3,85	0,14	0,87
Kampela	57,67±0,58*	59,00±2,65**	58,00±1,00**	58,22	2,06	1,00	0,44
Katoka	59,00±1,00**	59,00±1,00**	57,67±1,53*	58,56	2,48	0,84	0,49
Monji	60,00±1,00**	59,33±1,53**	61,67±1,15**	60,33	0,95	13	0,01
Muyaya	55,00±1,00*	56,33± 1,53*	57,00±1,00*	56,11	2,14	2,15	0,23
Nsampu	59,67±1,15**	61,33±1,15**	58,67±2,08**	59,88	2,61	2,22	0,22
TshibalabalaC	80,00±1,00***	80,67±1,15***	81,00±2,00***	80,56	1,30	0,7	0,54
Tshibalabala T	78,33±1,53***	78,33±1,53***	77,67±1,15***	78,11	1,53	0,30	0,75
Tshimbulu	53,33±0,58*	55,00±0,00*	55,67±1,53*	54,67	1,66	5,2	0,07
Tshisala	55,33±1,15*	57,00±0,00*	57,00±1,00*	56,44	1,18	6,25	0,05

*Signif. codes: '***' 0.001 : différence hautement significative ; '**' 0.01 : différence très significative ; '*' 0.05 : différence significative ; ns : Non significative.*

3.4. Maturation des gousses de cultivars locaux de niébé (JAS)

Le tableau 4 met en évidence une variabilité marquée des cultivars en ce qui concerne la durée jusqu'à la maturation des gousses, permettant leur regroupement en trois catégories fonctionnelles.

Les cultivars précoces, (H36, Bata et Tshimbulu,) atteignent la maturité des gousses entre 69 et 71 JAS.

Les cultivars à maturation tardive, comprenant Kabinda, Kampela, Katoka, Kamanda, Epela, Tshisala, Muyaya, Nsampu et Monji, présentent une maturation des gousses comprise entre 73 et 77 JAS.

À l'opposé, les cultivars à maturation très tardive, (Tshibalabala CU et Tshibalabala TC) atteignent la maturité des gousses au-delà de 105 JAS.

Tableau 4. Maturation des gousses de cultivars locaux de niébé (JAS)

Cultivar	T0	T1	T2	Moyenne	Cv (%)	F-cal	p-value
Bata	70,67±3,06*	70,33±0,58**	71,00±1,00*	70,67	2,58	0,1	0,90
Epela	78,67±0,58*	71,67±0,58**	73,67±4,62**	74,67	3,74	4,97	0,08
H36	66,67±0,58*	72,67±4,93**	68,67±2,52*	69,33	3,22	5,6	0,06
Kabinda	74,33±1,53*	73,33±2,89**	73,67±2,31**	73,78	3,21	0,13	0,87
Kamanda	75,67±3,51*	77,00±3,46**	77,33±2,89**	76,67	4,82	0,17	0,84
Kampela	73,00±0,00*	75,67±3,21**	74,67±3,06**	74,44	2,61	1,44	0,33
Katoka	75,67±1,15*	74,33±1,53**	73,33±2,31**	74,44	2,61	1,08	0,41
Monji	88±2,00**	75±1,73**	76±2,00**	79,67	2,61	36,23	0,00
Muyaya	65,00±0,00*	72,33±4,62**	74,33±1,15**	70,56	3,40	12,53	0,01
Nsampu	75,33±2,52*	77,33±1,15**	75,00±2,65**	75,89	2,78	1,07	0,42
Tshibalabala C	105,67±3,21***	105,33±2,89***	104,67±0,58***	105,22	1,38	0,36	0,71
Tshibalabala T	105,67±2,31***	104,33±2,52***	105,33±1,53***	105,11	1,32	0,74	0,53
Tshimbulu	69,67±6,35*	69,33±2,08*	70,67±4,04**	69,88	5,86	0,08	0,91
Tshisala	74,33±2,08*	72,67±0,58**	73,00±0,00**	73,33	1,76	1,40	0,34

Signif. codes: '***' 0.001 : différence hautement significative ; '**' 0.01 : différence très significative ; '*' 0.05 : différence significative ; ns : Non significative.

3.5. Cycle de développement des cultivars

Sur base des valeurs moyennes observées dans le tableau 5, les cultivars peuvent être regroupés en quatre classes.

Les cultivars très précoces, dont le cycle est inférieur ou égal à environ 71 jours, (Tshimbulu 68,9 jours, H36 69,9 jours, Muyaya 71,0 jours et Bata 71,1 jours). Ces cultivars présentent des cycles courts, Leur précocité constitue un avantage agronomique majeur dans les zones à saisons culturales courtes ou soumises à un stress hydrique en fin de cycle.

Les cultivars précoces, avec des cycles compris entre 74 et 80 jours, regroupent Epela, Kabinda, Kamanda, Kampela, Katoka et Monji, traduisant une certaine interaction entre le génotype et les conditions de culture.

Les cultivars tardifs, représentés par Nsampu et Tshisala, affichent des cycles moyens d'environ 75 jours.

Enfin, les cultivars très tardifs, Tshibalabala C et Tshibalabala TC, se démarquent nettement des autres par des cycles très longs, dépassant 105 jours. Leur cycle prolongé est généralement associé à une accumulation plus importante de biomasse végétative et à un potentiel de rendement élevé, mais il peut constituer une contrainte en conditions de forte pression biotique ou climatique.

Tableau 5. Cycle de développement des cultivars

Cultivar	Durée de la phase végétative	Durée de la phase reproductive	Cycle de développement	CV	Significance
Bata	40,22	30,45	70,67	2,28	ns
Epela	43,56	31,11	74,67	3,12	*
H36	39,44	29,89	69,33	1,83	ns
Kabinda	43,33	30,45	73,78	3,81	*
Kamanda	43,77	32,9	76,67	0,916	*
Kampela	42,67	31,77	74,44	3,40	*
Katoka	44,11	30,33	74,44	1,34	*
Monji	51,00	28,67	79,67	1,24	**
Muyaya	42,22	28,34	70,56	3,98	ns
Nsampu	43,56	32,33	75,89	1,84	*
TshibalabalaC	66,77	38,45	105,22	1,21	***
TshibalabalaTC	64,00	41,11	105,11	2,11	***
Tshimbulu	42,56	27,32	69,88	1,72	ns
Tshisala	43,11	30,22	73,33	2,11	*

4. DISCUSSION

Le début de floraison est un caractère phénologique clé chez le niébé, car il conditionne l'adaptation des cultivars à la durée de la saison culturale et aux contraintes climatiques, notamment le stress hydrique et thermique. Les résultats du tableau 2 révèlent une variabilité nette entre cultivars, permettant leur regroupement en quatre groupes phénologiques distincts, ce qui confirme le rôle prépondérant du génotype dans le contrôle de ce caractère.

Les cultivars à floraison très précoces : H36 et Bata, dont le début de floraison intervient entre 39 et 40 JAS. Ces résultats sont en forte concordance avec ceux rapportés par Singh et *al.*, (2003) et Hall et *al.*, (2003), qui indiquent que les variétés précoces de niébé entrent généralement en floraison entre 35 et 40 JAS, particulièrement en zones tropicales sèches et soudano-sahéliennes.

Selon Dugje et *al.*, (2009), cette précocité représente un avantage agronomique majeur, car elle permet aux plantes d'achever leur cycle reproductif avant l'installation de conditions défavorables telles que la sécheresse terminale ou une forte pression parasitaire. Les valeurs

observées dans la présente étude confirment donc le potentiel de ces cultivars pour des systèmes de production à cycle court.

Toutefois, certains auteurs, notamment Timko et Singh (2008), soulignent que les cultivars très précoces peuvent présenter une phase de remplissage des gousses plus courte, ce qui peut parfois limiter le rendement. Cette observation pourrait expliquer, dans notre étude, les différences ultérieures observées sur certaines variables de production.

Les cultivars à floraison précoce : Muyaya, Kampela et Tshimbulu, avec un début de floraison compris entre 42 et 43 JAS. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Oparaeké et *al.*, (2005), qui ont observé des débuts de floraison autour de 42 à 45 JAS pour des génotypes de niébé à cycle intermédiaire cultivés en Afrique de l'Ouest.

Selon Asiwe et *al.*, (2009), ce groupe phénologique constitue souvent un compromis optimal entre précocité et accumulation de biomasse végétative, permettant une bonne installation de l'appareil foliaire avant l'entrée en phase reproductive. Les valeurs obtenues dans notre étude confirment cette tendance et suggèrent que ces cultivars pourraient être adaptés à une large gamme de conditions agroécologiques.

Aucune discordance majeure n'est observée avec la littérature, ce qui renforce la fiabilité des résultats obtenus.

Les cultivars à floraison tardive : Epela, Kabinda, Kamanda, Katoka, Nsambu et Tshisala, dont la floraison débute entre 43 et 44 JAS, se distinguent par une floraison plus tardive. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Langyintuo et Lowenberg-DeBoer (2003), qui indiquent que les variétés à cycle moyen à long présentent généralement une floraison au-delà de 43 JAS, en fonction des conditions environnementales.

Selon Asiwe et *al.*, (2009), cette légère tardivité est souvent associée à une croissance végétative plus importante, favorisant une meilleure interception du rayonnement lumineux et une capacité photosynthétique accrue. Dans notre étude, cette caractéristique pourrait expliquer les performances observées ultérieurement sur certaines variables de production.

Toutefois, par rapport aux résultats de Singh et *al.*, (2003), qui rapportent parfois des débuts de floraison légèrement plus tardifs (>45 JAS) pour certains génotypes tardifs, les valeurs observées ici apparaissent modérément tardives, ce qui pourrait être lié aux conditions agroécologiques locales ou à la nature des cultivars locaux étudiés.

Les cultivars à floraison très tardive : Tshibalabala T et Tshibalabala C se distinguent nettement par une floraison très tardive, avec des valeurs moyennes d'environ 64 et 67 JAS. Ces résultats sont en parfaite adéquation avec ceux de Asiwe et *al.*, (2009) et Langyintuo et Lowenberg-DeBoer (2003), qui rapportent des débuts de floraison compris entre 60 et 70 JAS chez des génotypes de niébé à cycle long.

Selon Timko et Singh (2008), ces cultivars tardifs sont généralement caractérisés par une forte croissance végétative et une production importante de biomasse, ce qui peut se traduire par un nombre élevé de gousses et un rendement supérieur lorsque les conditions hydriques sont

favorables. Cependant, Dugje et *al.*, (2009) soulignent que ces variétés sont plus vulnérables aux aléas climatiques en fin de cycle, notamment en cas de raccourcissement de la saison des pluies.

Les résultats de notre étude confirment donc le caractère très tardif de ces cultivars, sans divergence notable par rapport à la littérature.

De manière générale, les résultats obtenus dans cette étude montrent une forte concordance avec les données de la littérature, confirmant que le début de floraison du niébé est principalement sous contrôle génétique, avec une influence limitée des traitements, comme l'ont également rapporté Okrikata et Anaso (2016) et Adesina et *al.*, (2013).

La coexistence de cultivars très précoces, précoces, tardifs et très tardifs au sein du matériel étudié constitue un atout agronomique majeur, offrant des possibilités d'adaptation aux différentes contraintes agroécologiques et aux calendriers culturels locaux. Les légères divergences observées par rapport à certains auteurs peuvent être attribuées aux conditions environnementales locales, à la variabilité génétique des cultivars locaux et aux pratiques culturales.

La fin de la floraison est un caractère phénologique majeur chez le niébé, car elle conditionne la durée totale du cycle, l'adaptation variétale aux contraintes climatiques et la synchronisation avec les pressions biotiques. Selon Timko & Singh (2008) et Singh et *al.*, (2003), ce paramètre est principalement sous contrôle génétique, avec une forte variabilité inter-variétale, tandis que l'influence des pratiques culturales demeure généralement limitée.

Les cultivars précoces H36, Bata, Kabinda, Tshimbulu et Muyaya, dont la fin de floraison intervient entre 56 et 57 JAS, appartiennent au groupe des précoces. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Dugje et *al.*, (2009), qui indiquent que les variétés de niébé à cycle court terminent généralement leur floraison entre 55 et 60 JAS.

La précocité observée chez ces cultivars constitue un avantage agronomique important, notamment dans les zones caractérisées par une saison des pluies courte ou irrégulière, car elle permet d'éviter les stress hydriques de fin de cycle. Toutefois, comme le soulignent Hall et *al.*, (2003), cette rapidité phénologique peut parfois s'accompagner d'une réduction de la durée de remplissage des gousses, ce qui peut influencer le rendement final.

La différence significative observée chez Tshimbulu suggère une réponse variétale spécifique au traitement, traduisant une interaction génotype–environnement–traitement.

Les cultivars tardifs Epela, Kampela, Katoka, Monji, Nsampu et Tshisala, avec une fin de floraison comprise entre 58 et 62 JAS, se caractérisent par une phénologie intermédiaire à tardive. Ces résultats sont en accord avec ceux de Asiwe et *al.*, (2009) et Oparaeke et *al.*, (2005), qui rapportent que les cultivars à cycle moyen présentent une floraison prolongée, favorisant une accumulation plus importante de biomasse végétative.

Cette durée de floraison plus longue peut améliorer le potentiel de production, à condition que les conditions hydriques et climatiques restent favorables. Les valeurs obtenues dans la présente étude confirment donc le bon compromis qu'offrent ces cultivars entre précocité et productivité potentielle. Aucune discordance majeure avec la littérature n'est observée pour sur ces résultats.

Les cultivars très tardifs Tshibalabala CU et Tshibalabala TC se distinguent nettement par une fin de floraison très tardive, comprise entre 79 et 83 JAS, traduisant un cycle long. Ces résultats sont en parfaite concordance avec les travaux de Langyintuo & Lowenberg-DeBoer (2003) et Timko & Singh (2008), qui rapportent des cycles longs chez certains cultivars traditionnels adaptés aux zones à saison culturale étendue.

Selon Dugje et *al.*, (2009), ces variétés présentent un potentiel élevé de production de biomasse et de gousses, mais restent plus sensibles aux aléas climatiques, notamment au raccourcissement de la saison des pluies ou aux attaques tardives de ravageurs. Les résultats obtenus confirment donc leur adaptation préférentielle à des environnements relativement stables.

L'analyse de variance montre que l'application du biopesticide n'a pas modifié de manière significative la fin de floraison pour la majorité des cultivars. Cette absence d'effet est conforme aux résultats de Adandonon et *al.*, (2006) et Oparaeke et *al.*, (2005), qui soulignent que les biopesticides d'origine végétale agissent principalement sur la pression parasitaire, sans perturber les stades phénologiques.

L'exception observée chez Tshimbulu rejoint les observations de Jackai & Daoust (1986), qui rapportent que certaines variétés de niébé peuvent présenter des réponses phénologiques particulières face aux interventions phytosanitaires, même lorsque l'effet global reste non significatif.

Dans l'ensemble, les résultats de cette étude montrent une forte cohérence avec la littérature, confirmant que la fin de floraison du niébé est essentiellement déterminée par le génotype, avec une influence limitée des traitements appliqués. La distinction nette entre cultivars précoces, tardifs et très tardifs met en évidence la diversité phénologique des cultivars locaux, qui constitue un atout majeur pour l'adaptation aux différentes contraintes agroécologiques.

Ces résultats renforcent l'intérêt de la valorisation des cultivars locaux dans les stratégies d'amélioration variétale et de gestion durable des systèmes de production du niébé.

Le début de goussification constitue un stade phénologique clé chez le niébé, marquant la transition entre la floraison et la phase de remplissage des gousses. Selon Timko & Singh (2008) et Singh et *al.*, (2003), ce stade est étroitement lié au génotype et à la durée du cycle, tandis que l'influence des intrants phytosanitaires reste généralement secondaire.

Les cultivars très précoces Bata, H36, Kabinda et Tshimbulu, qui entrent en goussification entre 54 et 55 JAS, appartiennent clairement au groupe des très précoces. Ces valeurs sont conformes à celles rapportées par Hall et *al.*, (2003), qui situent l'entrée en gousse des variétés précoces de niébé entre 52 et 56 JAS en conditions tropicales.

Selon Dugje et *al.*, (2009), cette précocité constitue un avantage agronomique majeur dans les environnements soumis à des contraintes hydriques ou à une saison culturale courte, car elle permet aux plantes de sécuriser la formation des gousses avant l'apparition de stress tardifs. Les résultats obtenus dans la présente étude confirment cette dynamique et s'inscrivent pleinement dans les plages rapportées par la littérature.

Aucune discordance notable n'est observée pour ce groupe, ce qui souligne la stabilité phénologique de ces cultivars.

Les cultivars précoces Epela, Kampela, Katoka, Muyaya, Nsampu et Tshisala, avec un début de goussification compris entre 56 et 59 JAS, présentent une phénologie intermédiaire à précoce. Ces résultats sont en accord avec ceux de Asiwe *et al.*, (2009) et Oparaeke *et al.*, (2005), qui rapportent une entrée en goussification autour de 56–60 JAS pour des variétés de niébé à cycle moyen.

Cette légère prolongation de la phase florale peut favoriser une meilleure nouaison des fleurs et une augmentation potentielle du nombre de gousses, à condition que les conditions environnementales restent favorables. Ainsi, les valeurs observées traduisent un bon compromis entre précocité et potentiel productif, sans divergence majeure avec les résultats antérieurs.

Les cultivars tardifs et très tardifs Monji et Kamanda se distinguent par un léger allongement du cycle, avec une goussification autour de 60 JAS, les plaçant à la limite supérieure des cultivars précoces. Cette tendance est cohérente avec les observations de Timko & Singh (2008), qui signalent que certaines variétés locales présentent une transition floraison–goussification plus progressive.

À l'opposé, Tshibalabala CU et Tshibalabala TC montrent une goussification très tardive, au-delà de 78 JAS, traduisant un cycle long fortement marqué. Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux de Dugje *et al.* (2009) et Langyintuo & Lowenberg-DeBoer (2003), qui associent ces cycles longs à une forte croissance végétative et à une adaptation aux zones à saison culturale longue et pluviométrie bien répartie.

Toutefois, comme le soulignent Singh *et al.*, (2003), ces cultivars tardifs restent plus exposés aux risques climatiques et biotiques de fin de cycle, ce qui peut limiter leur performance en conditions de stress.

L'analyse statistique montre que l'application du biopesticide n'a pas modifié significativement le début de goussification pour la majorité des cultivars. Cette observation est conforme aux travaux de Adandonon *et al.*, (2006) et Adesina *et al.*, (2013), qui indiquent que les biopesticides d'origine végétale n'affectent généralement pas les stades phénologiques, mais agissent surtout sur la protection des organes reproducteurs.

Les différences observées chez Monji ($F_{cal} = 13$; $p = 0,01$) et Tshisala ($p = 0,05$) suggèrent une réponse variétale spécifique, pouvant être liée à une interaction génotype–environnement–traitement, comme l'ont déjà rapporté Jackai & Daoust (1986) chez le niébé.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus sur le début de goussification confirment que ce stade est principalement contrôlé par le génotype, avec une influence limitée des traitements appliqués. Les valeurs observées s'inscrivent largement dans les plages rapportées par la littérature, traduisant une forte conformité des résultats de cette étude avec ceux d'autres auteurs.

La coexistence de cultivars très précoces, précoces et très tardifs au sein du matériel étudié constitue un atout agronomique majeur, offrant des possibilités d'adaptation aux différentes contraintes agroécologiques et calendriers culturels. Ces résultats renforcent l'intérêt des

cultivars locaux comme base pour des stratégies de sélection variétale et de gestion durable de la culture du niébé.

La maturation des gousses représente l'ultime stade phénologique du cycle du niébé, conditionnant directement la durée du cycle cultural, l'adaptation aux contraintes climatiques de fin de saison et la sécurisation du rendement. Selon Timko & Singh (2008) et Singh et al., (2003), ce caractère est majoritairement sous contrôle génétique, bien que modulé par les conditions environnementales et, dans une moindre mesure, par les pratiques culturales.

Les cultivars à maturation précoce H36, Bata et Tshimbulu, avec une maturation des gousses comprise entre 69 et 71 JAS, se caractérisent par un cycle court. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Dugje et al., (2009) et Hall et al., (2003), qui indiquent que les variétés précoces de niébé atteignent généralement la maturité physiologique entre 65 et 72 JAS.

Selon Asiwe et al., 2009), cette précocité constitue un avantage majeur dans les zones soumises à des contraintes de fin de saison, notamment les déficits hydriques et les pressions parasitaires tardives. Les résultats de la présente étude confirment cette adaptation, sans divergence notable par rapport à la littérature, traduisant une bonne stabilité phénologique de ces cultivars.

Les cultivars à maturation tardive Kabinda, Kampela, Katoka, Kamanda, Epela, Tshisala, Muyaya, Nsampu et Monji, avec une maturation située entre 73 et 77 JAS, présentent un allongement modéré du cycle. Ces valeurs sont en accord avec celles rapportées par Oparaeke et al., (2005) et Langyintuo & Lowenberg-DeBoer (2003), qui situent la maturité des variétés de cycle intermédiaire de niébé entre 72 et 80 JAS.

Cette durée légèrement plus longue permet une phase de remplissage des gousses plus étendue, susceptible d'améliorer le poids des graines et le rendement, comme l'ont souligné Singh et al., (2003). Les résultats observés dans cette étude confirment cette tendance, sans discordance majeure avec les travaux antérieurs.

Cependant, la réponse significative observée chez *Monji* ($F_{cal} = 36,23$; $p < 0,01$) et *Muyaya* ($F_{cal} = 12,53$; $p = 0,01$) suggère une sensibilité variétale particulière aux traitements, traduisant une interaction génotype–environnement–traitement, déjà rapportée par Jackai & Daoust (1986).

Les cultivars à maturation très tardive Tshibalabala CU et Tshibalabala TC se distinguent nettement par une maturation très tardive, atteignant environ 105 JAS, traduisant un cycle long fortement marqué. Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux de Dugje et al., (2009) qui et Langyintuo & Lowenberg-DeBoer (2003), associent les cycles longs à une forte croissance végétative et à une adaptation aux zones à saison culturale longue et à pluviométrie bien répartie.

Toutefois, comme le soulignent Timko & Singh (2008) et Singh et al., (2003), ces cultivars restent plus exposés aux aléas climatiques et biotiques de fin de cycle, ce qui peut limiter leur adoption dans les environnements à saison culturale courte.

L'absence d'effet significatif des traitements sur la maturation des gousses pour la majorité des cultivars est conforme aux travaux de Adesina et al., (2013) et Adandonon et al., (2006), qui indiquent que les biopesticides botaniques n'altèrent pas les stades phénologiques majeurs du

niébé, mais agissent principalement sur la réduction des pressions parasitaires et la protection des organes reproducteurs.

Les différences observées chez certains cultivars confirment toutefois que la réponse au traitement reste dépendante du génotype, renforçant l'hypothèse d'une interaction complexe entre variété et environnement.

Globalement, les résultats relatifs à la maturation des gousses confirment que ce caractère est principalement déterminé par le génotype, avec une influence secondaire des traitements appliqués. Les durées observées, allant de 69 à plus de 105 JAS, s'inscrivent pleinement dans les plages rapportées par la littérature, traduisant une forte cohérence et conformité des résultats de cette étude avec ceux d'autres auteurs.

La présence conjointe de cultivars précoces, tardifs et très tardifs au sein du matériel étudié constitue un atout agronomique stratégique, permettant d'envisager des choix variétaux adaptés à la diversité des conditions agroécologiques et des calendriers culturaux. Ces résultats renforcent la pertinence des cultivars locaux comme ressources clés pour l'amélioration durable de la production du niébé.

La variation du cycle de développement observée dans cette étude (69 à 105 jours) est conforme aux résultats de Singh et *al.*, (2003), qui rapportent des cycles allant de 60 à plus de 110 jours chez le niébé selon le génotype. Les cultivars très précoces (Tshimbulu, H36, Muyaya et Bata), avec des cycles inférieurs à 72 jours, présentent des durées comparables à celles signalées par Craufurd et *al.*, (1997), qui ont observé des cycles de 65 à 72 jours chez des cultivars précoces en Afrique subsaharienne, avantageux en conditions de saisons culturales courtes (Ehlers et Hall, 1997).

Les cultivars précoces à semi-précoces (74–80 jours) correspondent aux valeurs rapportées par Dugje et *al.*, (2009), qui indiquent des cycles moyens de 75 à 85 jours, offrant un compromis entre adaptation et potentiel de rendement. En revanche, les cultivars très tardifs Tshibalabala C et Tshibalabala TC, avec des cycles supérieurs à 105 jours, rejoignent les observations de Timko et Singh (2008), qui associent les cycles longs à une forte accumulation de biomasse et à un potentiel productif élevé, mais aussi à une plus grande sensibilité aux contraintes biotiques et climatiques. Ces résultats confirment que le cycle de développement du niébé est principalement déterminé par le génotype, comme également rapporté par Okeleye et Okelana (1997).

5. CONCLUSION

L'analyse des variables phénologiques met en évidence une large variabilité du cycle de développement chez les cultivars locaux de niébé étudiés, avec des durées s'étendant d'environ 69 à plus de 105 jours après semis. Cette diversité confirme que le cycle phénologique du niébé est essentiellement sous contrôle génétique, le génotype jouant un rôle déterminant dans la précocité ou la tardivité des stades clés tels que la floraison, la goussification et la maturation des gousses, tandis que l'influence des traitements appliqués demeure globalement limitée. Les cultivars très précoces et précoces, caractérisés par des cycles courts à intermédiaires, présentent un avantage agronomique notable dans les environnements à saison culturale courte ou irrégulière, en permettant une meilleure échappée aux stress hydriques et biotiques de fin de

cycle. À l'inverse, les cultivars tardifs et très tardifs, bien que plus exigeants en durée de saison et en stabilité climatique, se distinguent par une forte croissance végétative et un potentiel de production élevé lorsque les conditions hydriques sont favorables.

L'absence d'effet significatif des biopesticides sur la majorité des stades phénologiques confirme que ces intrants n'altèrent pas le déroulement du cycle de développement, leur action se limitant principalement à la protection phytosanitaire. Les réponses spécifiques observées chez certains cultivars traduisent toutefois l'existence d'interactions génotype–environnement–traitement, soulignant la nécessité d'une évaluation variétale ciblée.

Dans l'ensemble, la coexistence de cultivars très précoces, précoces, tardifs et très tardifs constitue un atout agronomique majeur, offrant une large marge de manœuvre pour l'adaptation aux différents contextes agroécologiques et calendriers culturels. Ces résultats confirment la pertinence des cultivars locaux de niébé comme ressources stratégiques pour les programmes d'amélioration variétale et pour le développement de systèmes de production résilients face à la variabilité climatique

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Adandonon, A., Aveling, T. A. S., Labuschagne, N., & Tamo, M. (2006). Biological control of cowpea insect pests using plant extracts. *Crop Protection*, 25(7), 742–749. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.10.010>
- [2] Adandonon, A., Aveling, T. A. S., Labuschagne, N., & Tamo, M. (2006). Biological control of cowpea pests using plant extracts from *Tephrosia vogelii* and *Carica papaya*. *Journal of Applied Biosciences*, 2(2), 60–68.
- [3] Adesina, J. M., Afolami, C. A., & Olatunde, G. O. (2013). Effect of botanical pesticides on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Journal of Agricultural Science*, 5(9), 191–197.
- [4] Asiwe, J. A. N., Belane, A. K., & Dakora, F. D. (2009). Growth, phenology and yield responses of cowpea genotypes to environmental conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 4(6), 531–540.
- [5] Adebayo, T. A., Gbolade, A. A., & Olaifa, J. I. (2011). Insecticidal activity of *Carica papaya* leaf extracts against insect pests of stored products. *African Journal of Agricultural Research*, 6(12), 2750–2754.
- [6] Craufurd, P. Q., & Wheeler, T. R. (2009). Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany*, 60(9), 2529–2539. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp196>
- [7] Craufurd, P. Q., Summerfield, R. J., & Roberts, E. H. (1997). Photoperiod, temperature and the growth and development of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Field Crops Research*, 52(1–2), 29–40. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(96\)03464-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(96)03464-7)
- [8] Dugje, I. Y., Omoigui, L. O., Ekeleme, F., Kamara, A. Y., & Ajeigbe, H. (2009). *Farmers' guide to cowpea production in West Africa*. Ibadan, Nigeria: IITA.

- [9] Ehlers, J. D., & Hall, A. E. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crops Research*, 53(1–3), 187–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00031-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00031-2)
- [10] Hall, A. E., Cisse, N., Thiaw, S., Elawad, H. O. A., & Ehlers, J. D. (2003). Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. *Field Crops Research*, 82(2–3), 103–134. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00034-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00034-9)
- [11] Jackai, L. E. N., & Daoust, R. A. (1986). Insect pests of cowpeas. *Annual Review of Entomology*, 31, 95–119. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.31.010186.000523>
- [12] Langyintuo, A. S., Lowenberg-DeBoer, J., Faye, M., Lambert, D., Ibro, G., Moussa, B., Ntougkam, G. (2003). Cowpea supply and demand in West and Central Africa. *Field Crops Research*, 82(2–3), 215–231. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00039-X)
- [13] Monzon, J. P., Sadras, V. O., & Abbate, P. E. (2012). Fertilizer nitrogen effects on crop phenology and yield components of grain crops. *Field Crops Research*, 130, 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.02.007>
- [14] Okeleye, K. A., & Okelana, M. A. O. (1997). Effect of planting dates on growth and yield of cowpea. *African Crop Science Journal*, 5(1), 23–29.
- [15] Oparaeké, A. M., Dike, M. C., & Amatobi, C. I. (2005). Field evaluation of extracts of five Nigerian plant species for control of post-flowering insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Crop Protection*, 24(6), 528–534. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.10.006>
- [16] Oparaeké, A. M., Dike, M. C., & Amatobi, C. I. (2005). Botanical pesticide mixtures for insect pest management on cowpea plants. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 106(1), 41–48.
- [18] Singh, B. B., Chambliss, O. L., & Sharma, B. (2003). Recent advances in cowpea breeding. In B. B. Singh (Ed.), *Cowpea: The food legume of the 21st century* (pp. 22–40). Ibadan, Nigeria: IITA.
- [19] Singh, B. B., Ehlers, J. D., Sharma, B., & Freire Filho, F. R. (2003). Recent progress in cowpea breeding. Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production. IITA, Ibadan, Nigeria.
- [20] Singh, B. B., Ajeigbe, H. A., Tarawali, S. A., Fernandez-Rivera, S., & Abubakar, M. (2003). Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research*, 84(1–2), 169–177. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00148-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00148-5)
- [21] Timko, M. P., & Singh, B. B. (2008). Cowpea, a multifunctional legume. In P. H. Moore & R. Ming (Eds.), *Genomics of tropical crop plants* (pp. 227–258). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71219-2_10
- [22] Tshilumba Mukadi, T., Mpoyi Bisanga, M., Kazadi Batubenga, D. (2022). Evaluation du rendement des lignées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] à Gandajika. *Congo Sciences Journal*, 10(3), Article 5. <https://congosciences.online>.
- [23] Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>