



Radiosensibilité et variabilité morpho-agronomique induites par l'irradiation gamma chez trois génotypes de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en République Démocratique du Congo

[Radiosensitivity and Gamma Irradiation-Induced Morpho-Agronomic Variability in Three Cowpea Genotypes (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in the Democratic Republic of the Congo]

Arsen Tshimanga-Lumpungu^{1,2*}, Florent Adakate-Gbanzo², Bob-Martin Assani-Kahuya³, Gracias Mbokolo-Ikamba⁴, Raph Kayembe-Kabeya^{1,2}, Luc Tshilenge-Lukanda^{1,2,5}, Justin Mudibu-wa-Kabangu^{5,6} & Marcel Muengula-Manyi^{1,2,7}

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Kinshasa, RD Congo

²Mention Production végétale, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

³Institut Supérieur Pédagogique Technique de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

⁴Faculté des Sciences et Technologies, Mention Sciences de la Vie, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

⁵Département de génétique et de sélection végétale, Centre régional d'énergie nucléaire, Kinshasa, RD Congo

⁶Université pédagogique nationale (UPN), Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Kinshasa, RD Congo

⁷Institut national d'études et de recherches agronomiques (INERA), Kinshasa, RD Congo

Résumé

Cette étude visait à évaluer la radiosensibilité et les réponses morpho-agronomiques de trois génotypes de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Diamant, Mawete et Tout-venant, soumis à l'irradiation gamma. De décembre 2025 à mars 2026, des semences ont été exposées à quatre doses (0, 10, 20 et 30 Gy) à l'aide d'une source de césium-137. L'essai de laboratoire portait sur 180 graines selon un dispositif complètement randomisé. L'essai au champ comprenait 36 unités expérimentales en split-plot, avec trois répétitions. Le plan d'analyse sous R prévoyait une ANOVA ou des modèles adaptés, ainsi que des comparaisons de Tukey au seuil de 5 %. Les résultats du split-plot restent à valider sur les données brutes. Les combinaisons génotype-dose ont significativement influencé la germination ($F = 3,125$; $p = 0,0208$). Mawete a maintenu une germination de 100 %, tandis que Tout-venant présentait sa valeur minimale à 20 Gy. Au champ, la levée, la survie et plusieurs caractères végétatifs n'ont pas été significativement modifiés. Des différences ont été observées pour la surface foliaire, la floraison, les nombres de gousses et de graines et le rendement. Diamant à 10 Gy présentait le rendement moyen maximal ($1\,479,38 \pm 709,75$ kg/ha). Aucune LD_{50} n'a pu être estimée. Ces réponses phénotypiques nécessitent une confirmation aux générations M_2 et M_3 pour établir leur intérêt en sélection.

Mots-clés : irradiation gamma, réponses phénotypiques morpho-agronomiques, amélioration variétale, génération M_1 , dose létale médiane.

Abstract

This study aimed to assess radiosensitivity and morpho-agronomic responses in three cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes, Diamant, Mawete, and Tout-venant, subjected to gamma irradiation. From December 2025 to March 2026, seeds were exposed to four doses (0, 10, 20, and 30 Gy) using a cesium-137 source. The laboratory experiment involved 180 seeds in a completely randomized design. The field experiment comprised 36 experimental units in a split-plot design with three replications. The R-based analysis plan included ANOVA or appropriate models and Tukey comparisons at the 5% level. The split-plot results still require revalidation using the raw data. Genotype-dose combinations significantly affected germination ($F = 3.125$; $p = 0.0208$). Mawete maintained 100% germination, whereas Tout-venant showed its lowest value at 20 Gy. In the field, emergence, survival, and several vegetative traits were not significantly affected. Differences were observed in leaf area, flowering, pod and seed numbers, and grain yield. Diamant at 10 Gy showed the highest mean yield ($1,479.38 \pm 709.75$ kg/ha). No LD_{50} could be estimated. These phenotypic responses require confirmation in the M_2 and M_3 generations to establish their usefulness for breeding.

Keywords: gamma irradiation; morpho-agronomic phenotypic responses; plant breeding; M_1 generation; median lethal dose.

*Auteur correspondant: Arsen Lumpungu Tshimanga, (jean.tshimanga@unikin.ac.cd). Tél. : (+243) 819549106

 <https://orcid.org/0009-0000-0362-2057>; Reçu le 14/08/2026; Révisé le 10/09/2026; Accepté le 02/10/2026

DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.026.v5.i4.356>

Copyright: ©2026 Tshimanga et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) est une légumineuse stratégique pour l'alimentation humaine, les revenus ruraux et la durabilité des systèmes agricoles. Ses graines apportent des protéines, des glucides complexes, des vitamines et des minéraux, tandis que sa capacité de fixation symbiotique de l'azote contribue au maintien de la fertilité des sols. Ces caractéristiques en font une culture importante dans les zones tropicales, en particulier dans les régimes alimentaires dominés par les céréales (Gonçalves et al., 2016 ; Shevkani et al., 2025).

Malgré ces atouts, la productivité du niébé reste souvent inférieure à son potentiel en Afrique subsaharienne. Les rendements sont limités par la sécheresse, les températures élevées, la faible fertilité des sols, les maladies, les insectes ravageurs et l'accès insuffisant aux semences améliorées. En République démocratique du Congo, l'amélioration de génotypes productifs et adaptés aux conditions locales constitue ainsi une priorité agronomique (Horn & Shimelis, 2020 ; Kim et al., 2025).

La sélection conventionnelle, l'hybridation et les approches génomiques permettent d'exploiter la diversité disponible, mais le caractère essentiellement autogame du niébé et l'utilisation répétée d'un nombre limité de lignées peuvent réduire l'accès à de nouveaux allèles utiles. La mutagenèse induite représente une approche complémentaire, car elle peut créer une variabilité nouvelle tout en conservant l'essentiel du fond génétique d'une variété appréciée. Les rayonnements gamma sont notamment utilisés pour rechercher des modifications de précocité, de rendement, d'architecture végétale ou de tolérance aux stress (Boukar et al., 2018, 2020 ; Mba, 2013 ; Olasupo et al., 2016 ; Riviello-Flores et al., 2022).

Les progrès récents de la mutagenèse induite chez les légumineuses montrent que l'irradiation gamma peut générer des lignées présentant une précocité accrue, une meilleure productivité ou une variabilité morpho-agronomique utile pour la sélection. Chez le niébé, des travaux récents ont rapporté l'obtention de génotypes mutants plus précoces et plus productifs, ainsi que l'intérêt de poursuivre l'évaluation jusqu'aux générations avancées afin d'estimer l'héritabilité et la stabilité des caractères observés (Dorvlo et al., 2022 ; Ramolekwa et al., 2025). L'intégration d'outils moléculaires permet en outre de mieux caractériser les mutations induites et de relier les réponses

phénotypiques aux changements génétiques sous-jacents (Raina et al., 2020 ; Hase et al., 2023 ; Kitamura et al., 2024).

L'efficacité de cette approche dépend toutefois de la radiosensibilité propre à chaque matériel végétal. Une dose excessive peut réduire la germination, la survie et la croissance, alors qu'une dose modérée peut entraîner des réponses phénotypiques variables. Des réponses dépendantes du génotype ont déjà été rapportées chez le niébé et d'autres légumineuses (Horn et al., 2016 ; Kang et al., 2020 ; Dorvlo et al., 2022 ; Mudibu et al., 2012 ; Tshilenge-Lukanda et al., 2013). En RDC, les données restent limitées pour les génotypes de niébé cultivés localement. Nous avons émis l'hypothèse que la réponse à l'irradiation gamma varie selon le génotype et que certaines doses permettent d'observer des réponses morphologiques favorables sans compromettre fortement la survie des plantes. Cette étude visait à évaluer la radiosensibilité et les réponses morpho-agronomiques associées à différentes doses d'irradiation gamma chez trois génotypes de niébé afin d'identifier les traitements à réévaluer aux générations suivantes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site expérimental

L'essai a été conduit de décembre 2025 à mars 2026 au jardin expérimental de la Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement de l'Université de Kinshasa, à Kinshasa (République démocratique du Congo). Le site se situe à environ 4°25'1,87428" de latitude Sud et 15°18'21,1248" de longitude Est, à une altitude de 437,01 m au-dessus du niveau de la mer. La zone appartient au domaine climatique tropical humide de Kinshasa, caractérisé par une alternance entre saison pluvieuse et saison sèche. Durant la période expérimentale, les températures minimales mensuelles ont varié de 22,3 à 23,0 °C, les maximales de 28,8 à 30,4 °C, l'humidité relative de 81 à 85 % et les précipitations mensuelles de 110 à 166 mm. Le sol du site expérimental était brun rougeâtre, bien drainé, à texture dominante sableuse à sablo-argileuse ; toutefois, aucune analyse physico-chimique détaillée du sol n'a été réalisée avant le semis, ce qui constitue une limite méthodologique à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.



Figure 1. Localisation du jardin expérimental de la Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement de l'Université de Kinshasa.

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal comprenait trois génotypes de niébé : Diamant, variété améliorée déjà diffusée ; Mawete, variété améliorée provenant de l'INERA-

Mvuazi ; et Tout-venant, lot local collecté au marché de Matadi-Kibala à Kinshasa. Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le [tableau I](#).

Tableau I. Principales caractéristiques des génotypes de niébé étudiés

Génotype	Type	Origine	Cycle (jours)	Tégument	Réaction aux maladies	Port	Poids de 100 graines
Diamant	Variété améliorée	IITA, diffusée par l'INERA-Ngandajika (RDC)	65	Tacheté rouge-blanc (œil blanc)	Moyennement sensible à la bactériose	Semi-rampant	14,3 g
Mawete	Variété améliorée	CIALCA/PNL-Mvuazi (niébé à double fin)	77	Non pigmenté	Résistante à tolérante	Semi-rampant	21,5 g
Tout-venant	Lot local	Marché de Matadi-Kibala, Kinshasa	100-120	Rouge	Fortement attaqué	Rampant	20,0 g

2.3. Irradiation gamma

Les semences ont été irradiées au Centre régional d'études nucléaires de Kinshasa au moyen de l'irradiateur LISA-1 CONSERVATOME, équipé d'une source de césium-137. Quatre traitements ont été appliqués : 0 Gy (témoin non irradié), 10 Gy, 20 Gy et 30 Gy. Les doses retenues ont été choisies sur la base des travaux antérieurs ayant montré l'intérêt des faibles à moyennes doses pour explorer des réponses phénotypiques chez les légumineuses sans provoquer une mortalité excessive, tout en permettant d'explorer une gamme compatible avec la survie des génotypes locaux étudiés. Le débit de dose était de $73,4213 \text{ Gy h}^{-1}$; les durées d'exposition correspondant aux traitements étaient approximativement de 8 min 10 s pour 10 Gy, 16 min 20 s pour 20 Gy et 24 min 30 s pour 30 Gy.

L'augmentation de la dose absorbée était ainsi obtenue par une augmentation proportionnelle de la durée d'exposition.

2.4. Évaluation de la radiosensibilité au laboratoire

Pour chaque génotype et chaque dose, 15 graines ont été mises à germer dans des bacs contenant un substrat stérilisé, soit 180 graines au total pour l'essai de laboratoire (3 génotypes $\times$ 4 doses $\times$ 15 graines). Les bacs ont été disposés selon un dispositif complètement randomisé, maintenus au laboratoire de protection des cultures et arrosés quotidiennement. La radiosensibilité a été appréciée à partir du pourcentage de germination, de la longueur de l'épicotyle, de la longueur de l'hypocotyle et du taux de survie.

2.5. Essai au champ et observations phytosanitaires

L'essai au champ a été installé selon un dispositif en split-plot comportant trois répétitions. Les génotypes constituaient les parcelles principales et les doses d'irradiation les sous-parcelles. L'essai comprenait 36 unités expérimentales (3 génotypes $\times$ 4 doses $\times$ 3 répétitions), chaque sous-parcelle représentant une unité expérimentale. Les parcelles principales mesuraient 3 m $\times$ 3 m et les sous-parcelles 1 m $\times$ 1 m. Les semences ont été mises en place le 8 décembre 2025 à environ 5 cm de profondeur, avec des écartements de 50 cm $\times$ 50 cm. Le désherbage a été manuel ; aucun engrais ni traitement phytosanitaire n'a été appliqué.

Des observations phytosanitaires directes ont été réalisées sur les feuilles, les stipules, les tiges, le collet et les gousses. L'identification reposait uniquement sur la symptomatologie et devait donc être considérée comme présomptive en l'absence d'isolement, d'examen microscopique ou de diagnostic moléculaire.

2.6. Paramètres mesurés

Les paramètres morphométriques comprenaient la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles, la longueur et la largeur des folioles, la surface foliaire, le nombre de ramifications et le nombre de fleurs. Les paramètres agronomiques étaient le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par plante, le poids de 100 graines et le rendement en graines exprimé en kg/ha.

2.7. Analyses statistiques

Le plan d'analyse statistique a été défini sous R, version 4.5.2, au seuil de 5 %. Pour les variables continues analysées par un modèle gaussien, la normalité des résidus a été appréciée par le test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances par le test de Levene ; une transformation logarithmique pouvait

être envisagée lorsque les hypothèses du modèle n'étaient pas satisfaites. Les variables de comptage ou strictement positives devaient être analysées au moyen d'une distribution adaptée à leur nature (par exemple binomiale négative ou gamma), après vérification de l'adéquation du modèle. Pour l'essai au champ, le plan en split-plot exige de tenir compte de la structure hiérarchique de randomisation, des répétitions/blocs et de l'erreur associée aux parcelles principales ; un modèle mixte ou une ANOVA spécifique au split-plot est donc requis pour estimer séparément les effets du génotype, de la dose et de leur interaction. Le manuscrit ne fournit toutefois ni les sorties détaillées de ces termes ni les données brutes permettant de refaire les modèles ; les valeurs de F, de LR χ^2 et de p présentées dans les résultats doivent donc être revalidées à partir de la base originale avant soumission. Les comparaisons post-hoc doivent être ajustées pour la multiplicité (par exemple méthode de Tukey) uniquement lorsque le modèle global correspondant le justifie. Les estimations doivent être accompagnées, lorsque pertinent, de leurs intervalles de confiance à 95 %. Les coefficients de variation (CV, %) ont été calculés selon la formule $CV = (\text{écart-type} / \text{moyenne}) \times 100$; leur interprétation doit rester descriptive, en particulier lorsque les moyennes sont proches de zéro.

3. Résultats

3.1. Maladies observées au champ

Les symptômes observés étaient compatibles avec la rouille, la cercosporiose, l'anthracnose, la mosaïque du niébé et l'oïdium. Les feuilles constituaient l'organe le plus fréquemment atteint. Les agents indiqués dans le [tableau II](#) restent probables et non confirmés.

Tableau II. Maladies présumées à partir des symptômes observés au champ

Maladie présumée	Agent causal probable	Organe attaqué	Symptômes observés
Rouille	<i>Uromyces phaseoli</i> var. <i>vignae</i>	Feuilles, stipules et tiges	Pustules brun-rouille et défoliation précoce
Cercosporiose	<i>Cercospora canescens</i>	Feuilles, stipules et tiges	Lésions brunâtres entourées d'un halo jaune
Anthracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Feuilles, tiges et gousses	Taches nécrotiques sombres
Mosaïque du niébé	CABMV	Feuilles	Chlorose, mosaïque, déformation foliaire et rabougrissement
Oïdium	<i>Erysiphe polygoni</i>	Feuilles et tiges	Feutrage blanchâtre et jaunissement du feuillage

3.2. Radiosensibilité au laboratoire

3.2.1. Germination

Le taux de germination a différé significativement entre les combinaisons génotype-dose (F = 3,125 ; p = 0,0208). Mawete a conservé 100

% de germination à toutes les doses, alors que Tout-venant a atteint sa valeur la plus faible à 20 Gy (70 %). Diamant a présenté des valeurs comprises entre 90 et 100 %.

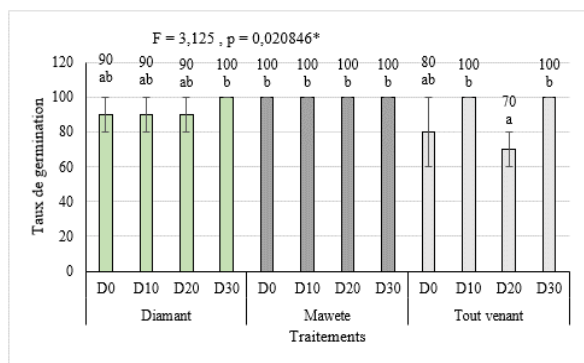


Figure 2. Taux moyen de germination des semences selon le génotype et la dose d'irradiation

3.2.2. Longueur de l'épicotyle

Aucune différence significative n'a été détectée pour la longueur moyenne de l'épicotyle ($F = 1,443$; $p = 0,206$). Dans les conditions de l'essai, les doses de 0 à 30 Gy n'ont donc pas produit de variation statistiquement mesurable de ce caractère.

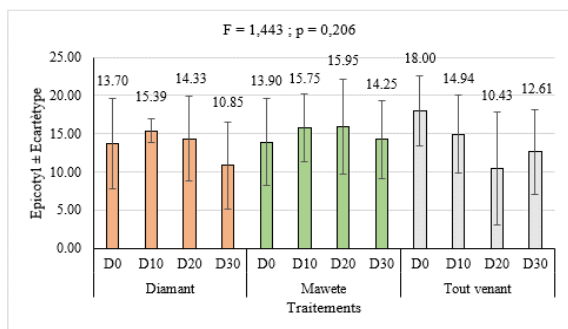


Figure 3. Longueur moyenne de l'épicotyle selon le génotype et la dose d'irradiation

3.2.3. Longueur de l'hypocotyle

La longueur moyenne de l'hypocotyle n'a pas varié significativement entre les traitements ($F = 0,855$; $p = 0,5310$). Aucun effet statistiquement détectable n'a ainsi été observé sur l'allongement de l'hypocotyle dans la plage étudiée.

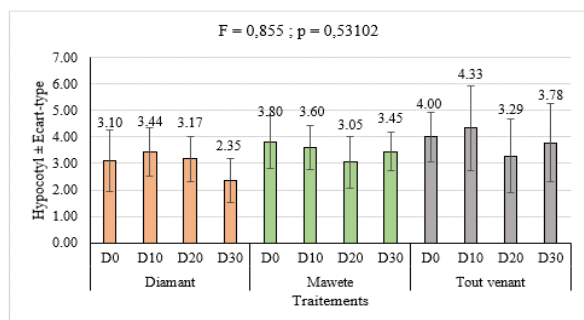


Figure 4. Longueur moyenne de l'hypocotyle selon le génotype et la dose d'irradiation

3.3. Levée et survie de la génération M_1 au champ

Selon les résultats actuellement disponibles, aucun effet statistiquement significatif des traitements

n'a été détecté sur la levée au champ ($LR \chi^2 = 4,0137$; $p = 0,6748$) ni sur la survie ($LR \chi^2 = 1,455$; $p = 0,9624$). Les écarts entre moyennes descriptives ne sont donc pas statistiquement établis.

Tableau III. Levée et survie de la génération M_1 selon le génotype et la dose d'irradiation

Variété	Dose	Taux de levée (%)	Taux de survie (%)
Diamant	0	83,33 ± 10,76	75,00 ± 12,50
	10	83,33 ± 10,76	83,33 ± 10,76
	20	83,33 ± 10,76	83,33 ± 10,76
	30	100,00 ± 0,00	75,00 ± 12,50
Mawete	0	100,00 ± 0,00	58,33 ± 14,23
	10	100,00 ± 0,00	83,33 ± 10,76
	20	100,00 ± 0,00	83,33 ± 10,76
	30	100,00 ± 0,00	83,33 ± 10,76
Tout-venant	0	75,00 ± 12,50	66,67 ± 13,61
	10	100,00 ± 0,00	75,00 ± 12,50
	20	66,67 ± 13,61	83,33 ± 10,76
	30	100,00 ± 0,00	66,67 ± 13,61
		$LR \chi^2 = 4,0137$; $p = 0,6748$	$LR \chi^2 = 1,455$; $p = 0,9624$

Aucune DL_{50} n'a pu être estimée entre 0 et 30 Gy, puisque les taux de survie sont restés supérieurs à 50 % et n'ont pas diminué de manière monotone avec la dose. Les droites ajustées décrivent seulement les tendances observées et ne doivent pas être extrapolées hors de la plage expérimentale.

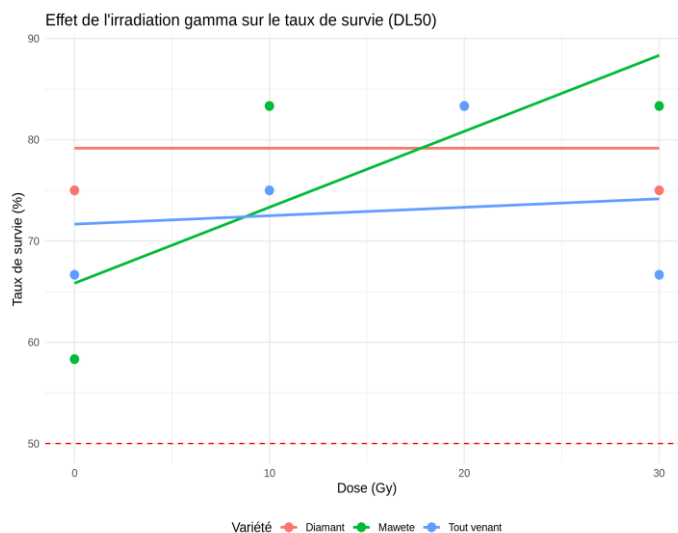


Figure 5. Relation entre la dose d'irradiation et la survie ; la ligne pointillée indique le seuil de 50 %

3.4. Paramètres morphométriques

La hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et le nombre de ramifications n'ont pas différé significativement entre les traitements. En revanche, la surface foliaire a varié significativement ($LR \chi^2 = 95,93$

; $p < 0,0001$), les valeurs les plus élevées étant observées chez Tout-venant. Le nombre de fleurs a également varié ($LR \chi^2 = 18,020$; $p = 0,0062$), avec des valeurs particulièrement élevées chez Diamant irradié et chez Mawete à 30 Gy. Les lettres ajoutées dans les tableaux indiquent les groupes statistiquement distincts selon le test de Tukey au seuil de 5 %.

Tableau IV. Paramètres morphométriques de la génération M_1 selon le génotype et la dose d'irradiation (hauteur, diamètre au collet, nombre de feuilles et surface foliaire)

Génotype	Dose (Gy)	Hauteur (cm)	Diamètre au collet (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ²)
Diamant	0	24,96 ± 6,61	5,40 ± 0,89	39,00 ± 2,65	41,50 ± 1,42 a
Diamant	10	25,69 ± 10,24	6,11 ± 2,01	39,00 ± 8,89	42,40 ± 1,44 a
Diamant	20	25,17 ± 10,84	5,89 ± 1,14	36,00 ± 3,00	42,40 ± 1,44 a
Diamant	30	25,17 ± 7,40	6,25 ± 1,06	40,33 ± 9,29	43,40 ± 1,48 a
Mawete	0	25,91 ± 7,17	7,32 ± 1,53	36,00 ± 6,24	44,00 ± 1,50 a
Mawete	10	22,19 ± 3,56	6,34 ± 1,31	22,67 ± 12,58	45,90 ± 1,56 a
Mawete	20	22,59 ± 6,60	5,71 ± 1,34	40,67 ± 13,80	54,60 ± 1,86 b
Mawete	30	24,48 ± 7,02	6,38 ± 1,17	27,67 ± 16,50	57,30 ± 1,95 bc
Tout-venant	0	23,47 ± 7,86	6,15 ± 1,27	44,33 ± 5,86	64,50 ± 2,20 cd
Tout-venant	10	22,36 ± 7,16	5,75 ± 1,30	32,67 ± 13,87	64,60 ± 2,20 cd
Tout-venant	20	21,93 ± 5,39	5,74 ± 1,08	44,33 ± 15,01	71,60 ± 2,44 d
Tout-venant	30	24,12 ± 5,17	6,39 ± 1,09	24,67 ± 13,65	74,00 ± 2,52 d
		F = 0,1522; p = 0,9882	F = 1,2248; p = 0,3004	F = 0,9988; p = 0,4488	LR $\chi^2 = 95,93$; p = 0,0000*

Tableau IV. (suite). Paramètres morphométriques de la génération M_1 selon le génotype et la dose d'irradiation (ramifications et floraison).

Génotype	Dose (Gy)	Nombre de ramifications	Nombre de fleurs
Diamant	0	3,56 ± 1,13	5,33 ± 1,79 a
Diamant	10	1,78 ± 0,83	46,00 ± 11,00 b
Diamant	20	2,56 ± 1,13	36,00 ± 8,74 b
Diamant	30	2,89 ± 1,05	45,33 ± 10,80 b
Mawete	0	3,44 ± 0,73	6,00 ± 1,95 a
Mawete	10	2,33 ± 0,87	16,67 ± 4,40 ab
Mawete	20	2,56 ± 1,42	17,67 ± 4,62 ab
Mawete	30	3,56 ± 1,88	43,33 ± 10,40 b
Tout-venant	0	3,78 ± 1,20	5,00 ± 1,71 a
Tout-venant	10	2,89 ± 0,93	7,67 ± 2,34 a
Tout-venant	20	2,33 ± 1,32	7,00 ± 2,18 a
Tout-venant	30	3,00 ± 0,71	5,67 ± 1,87 a
		F = 1,1317; p = 0,3499	LR $\chi^2 = 18,020$; p = 0,006183*

Note : moyenne ± écart-type. Dans une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %. * : différence significative.

3.5. Composantes du rendement

Le nombre de gousses par plante ($F = 3,8771$; $p = 0,0076$), le nombre de graines par plante ($F = 4,8213$; $p = 0,0023$) et le rendement ($F = 3,5521$; $p = 0,0116$) ont varié significativement. Diamant à 10 et 30 Gy a produit les plus grands nombres de gousses et de graines. Le rendement maximal a été enregistré avec Diamant à 10 Gy ($1\,479,38 \pm 709,75$ kg/ha), suivi de Diamant à 30 Gy ($1\,331,06 \pm 808,30$ kg/ha). Le poids de 100 graines n'a pas différé significativement ($F = 0,3509$; $p = 0,9023$). Les dispersions élevées, ainsi que

le rendement très faible du témoin de Diamant, imposent toutefois une interprétation prudente. Les coefficients de variation calculés à partir des moyennes et écarts-types indiquent une dispersion faible pour la surface foliaire (CV moyen $\approx 3,41$ %), modérée pour la hauteur ($\approx 29,33$ %) et élevée pour les composantes du rendement, notamment le nombre de gousses ($\approx 89,80$ %), le nombre de graines ($\approx 82,36$ %) et le rendement ($\approx 87,57$ %).

Tableau V. Composantes du rendement de la génération M_1

Génotype	Dose (Gy)	Nombre de gousses	Nombre de graines	Poids de 100 graines (g)	Rendement (kg/ha)
Diamant	0	1,00 ± 1,00 b	3,33 ± 3,51 c	5,17 ± 4,54	10,73 ± 12,07 c
Diamant	10	35,00 ± 8,54 a	290,67 ± 82,51 a	12,23 ± 2,63	1479,38 ± 709,75 a
Diamant	20	21,67 ± 3,06 ab	188,00 ± 73,65 ab	10,60 ± 0,49	792,31 ± 286,43 abc
Diamant	30	34,67 ± 17,04 a	274,67 ± 154,30 a	11,76 ± 1,05	1331,06 ± 808,30 ab
Mawete	0	2,00 ± 2,65 b	11,33 ± 12,06 c	10,41 ± 9,04	72,03 ± 78,92 c
Mawete	10	10,33 ± 8,39 b	35,33 ± 16,29 bc	15,53 ± 4,36	238,28 ± 177,04 c
Mawete	20	11,00 ± 12,17 b	89,33 ± 32,04 bc	15,53 ± 1,23	564,82 ± 249,33 abc
Mawete	30	11,33 ± 2,52 b	72,00 ± 21,00 bc	15,88 ± 2,33	448,47 ± 104,58 bc
Tout-venant	0	0,67 ± 1,15 b	16,67 ± 28,87 c	6,04 ± 10,46	120,80 ± 209,23 c
Tout-venant	10	3,00 ± 3,00 b	30,33 ± 30,01 bc	9,18 ± 7,96	165,53 ± 160,57 c
Tout-venant	20	2,00 ± 2,00 b	16,67 ± 16,04 c	13,97 ± 12,13	141,32 ± 139,62 c
Tout-venant	30	0,67 ± 1,15 b	8,00 ± 13,86 c	5,57 ± 9,64	53,44 ± 92,56 c
		F = 3,8771; p = 0,0076*	F = 4,8213; p = 0,0023*	F = 0,3509; p = 0,9023	F = 3,5521; p = 0,0116*

Note : moyenne ± écart-type. Dans une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %. * : différence significative

4. Discussion

Les trois génotypes ont répondu différemment aux doses de 0 à 30 Gy, surtout pour la germination au laboratoire, la surface foliaire, la floraison et les composantes du rendement. À l'inverse, la levée et la survie au champ ainsi que plusieurs caractères de croissance végétative n'ont pas été significativement modifiés. Cette réponse contrastée suggère que la radiosensibilité ne dépend pas uniquement de la dose appliquée, mais aussi du fond génétique, de l'état physiologique des semences et des conditions de croissance après irradiation.

La germination stable de Mawete et la diminution observée chez Tout-venant à 20 Gy illustrent la dépendance génotypique de la radiosensibilité, déjà décrite chez le niébé (Horn & Shimelis, 2013 ; Olasupo et al., 2016). Les performances plus irrégulières du lot Tout-venant pourraient être liées à son hétérogénéité génétique, à son état physiologique initial ou à ses conditions antérieures de conservation. Ces facteurs n'ayant pas été mesurés, ils constituent des hypothèses et non des explications démontrées.

L'absence d'effet significatif sur l'épicotyle, l'hypocotyle, la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et les ramifications indique que la plage de doses testée n'a pas provoqué d'inhibition

végétative détectable. Cette faible létalité est cohérente avec la variation importante des doses efficaces rapportée entre génotypes et avec le fait que des doses plus élevées sont souvent nécessaires pour obtenir une réduction marquée de la croissance chez certaines légumineuses (Horn & Shimelis, 2013 ; Mudibu et al., 2012 ; Kang et al., 2020).

Sur le plan biologique, les rayonnements gamma peuvent agir directement sur l'ADN ou indirectement par la production d'espèces réactives de l'oxygène. Ces effets peuvent provoquer des cassures simple ou double brin, des substitutions nucléotidiques, de petites insertions-délétions ou des réarrangements chromosomiques. Les méristèmes et les tissus embryonnaires sont particulièrement importants, car les cellules qui y survivent après irradiation peuvent donner naissance à des secteurs mutés. La capacité de réparation de l'ADN, notamment par les voies de jonction d'extrémités non homologues et par d'autres mécanismes de réparation des cassures double brin, influence donc à la fois la survie des plantes et la nature des mutations héritables (Hase et al., 2023 ; Kitamura et al., 2024).

Les différences de surface foliaire semblent surtout refléter le classement intrinsèque des génotypes, Tout-venant présentant les feuilles les plus grandes et Diamant les plus petites. La floraison élevée de Diamant irradié suggère cependant une modification de la réponse reproductive. L'interprétation séparée de l'effet du génotype, de la dose et de leur interaction nécessiterait la présentation détaillée de chacun des termes du modèle.

Le rendement élevé de Diamant à 10 et 30 Gy est compatible avec une réponse stimulante à faible dose, parfois décrite comme une hormèse. Cette interprétation doit rester prudente, car la variabilité est forte, le témoin de Diamant a produit un rendement exceptionnellement faible et l'essai concerne seulement la génération M₁. Le maintien du poids de 100 graines suggère que l'augmentation du rendement observée chez Diamant est principalement associée au nombre de gousses et de graines, et non à une augmentation démontrée de la masse individuelle des graines (Tshilenge-Lukanda et al., 2013 ; Raina et al., 2020).

L'absence de DL₅₀ montre que l'intervalle 0–30 Gy est insuffisant pour déterminer une dose létale médiane. Une gamme plus large, appliquée progressivement, sera nécessaire pour encadrer cette valeur sans provoquer une mortalité excessive. Par ailleurs, les variations observées en M₁ restent des

réponses phénotypiques post-irradiation ; elles ne constituent pas encore la preuve de mutations héréditaires. Cette étude présente néanmoins certaines limites, notamment l'absence de validation moléculaire permettant de confirmer d'éventuels changements génétiques induits, l'absence d'analyse physico-chimique détaillée du sol et l'évaluation limitée à la génération M₁. Les générations M₂ et M₃ permettront de confirmer la stabilité des caractères observés, tandis que les marqueurs moléculaires aideront à distinguer les effets environnementaux des mutations effectivement héritables (Olasupo et al., 2018 ; Riviello-Flores et al., 2022 ; Ramolekwa et al., 2025).

Enfin, la présence de symptômes phytopathologiques a pu influencer les performances agronomiques. Puisque l'identification reposait seulement sur les symptômes, les agents causaux devront être confirmés par isolement, microscopie ou diagnostic moléculaire. L'intégration de la pression phytosanitaire comme facteur de contrôle renforcera la fiabilité des essais futurs.

5. Conclusion

Les doses de 0 à 30 Gy appliquées aux génotypes Diamant, Mawete et Tout-venant ont été peu létales et n'ont pas permis d'estimer une DL₅₀. Elles n'ont pas modifié significativement la plupart des caractères de croissance végétative, mais ont été associées à des différences de germination au laboratoire, de surface foliaire, de floraison, de nombre de gousses, de nombre de graines et de rendement. Diamant à 10 Gy a présenté le rendement moyen le plus élevé, ce qui en fait un traitement à évaluer à titre exploratoire aux générations suivantes, bien que cette réponse doive être confirmée en raison de la forte variabilité expérimentale et du faible rendement du témoin. Ces résultats montrent surtout des réponses phénotypiques morpho-agronomiques à l'irradiation, dont l'intérêt pour l'amélioration variétale devra être confirmé aux générations suivantes. Les génotypes les plus prometteurs devront être évalués aux générations M₂ et M₃ afin de déterminer si les caractères observés sont stables et héritables. Des analyses moléculaires permettront également de caractériser d'éventuels changements génétiques induits et d'orienter les futurs programmes de sélection. Une gamme de doses plus large, la répétition des essais sur plusieurs saisons et la confirmation des maladies observées par des méthodes microbiologiques ou moléculaires sont recommandées avant toute proposition variétale.

Remerciements

Les auteurs remercient les autorités, les chercheurs et les techniciens de la Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement de l'Université de Kinshasa, du Centre Régional d'Études Nucléaires de Kinshasa et de l'INERA-Mvuazi. Leur appui a facilité l'irradiation des semences, l'accès au matériel végétal et la conduite de l'expérimentation.

Financement

Cette recherche n'a bénéficié d'aucun financement spécifique provenant d'un organisme public, privé ou à but non lucratif. Les travaux ont été réalisés grâce aux contributions des auteurs.

Conflit d'Intérêt

Les auteurs déclarent qu'ils ne présentent aucun conflit d'intérêts susceptible d'influencer les résultats ou l'interprétation des données de cette étude.

Considérations éthiques

Aucune expérimentation sur des sujets humains ou animaux n'a été réalisée. Les données utilisées dans cette étude proviennent d'essais agronomiques conduits sur des semences de niébé, dans le respect des règles de sécurité liées à l'irradiation et des bonnes pratiques expérimentales.

Contribution des auteurs

A.T.L. : conception de l'étude, élaboration du protocole de recherche, collecte et traitement des données, analyses statistiques, interprétation des résultats et rédaction du manuscrit.

M.M.M. : contribution à l'orientation méthodologique, à l'analyse des résultats et à la révision scientifique du manuscrit.

K.K. : participation à la collecte des données sur le terrain.

L.T.L. : contribution à l'orientation méthodologique, à l'élaboration du protocole de recherche, à l'irradiation des semences et à la relecture scientifique du manuscrit.

G.M.I. : participation à la collecte des données sur le terrain.

G.A. : contribution à l'orientation méthodologique.

B.-M.A.K. : analyses statistiques ;

J.K.M. : irradiation des graines et méthodologie.

ORCID des Auteurs

Tshimanga L.A.: <https://doi.org/0009-0000-0362-2057>;

Muengula M. : <https://doi.org/0000-0001-6323-7417>;

Tshilenge L.: <https://doi.org/0009-0003-8015-9678>;

Mudibu K.J. : <https://doi.org/0009-0008-5570-9144>;

Kayembe K. : <https://doi.org/0009-0007-8017-2644>;

Mbokolo I. : <https://doi.org/0009-0007-1083-1560>;

Kahuya A.B-M. : <https://doi.org/0009-0009-6174-2431>.

Adakate G.:N/A

Références bibliographiques

- Boukar, O., Abberton, M., Oyatomi, O., Togola, A., Tripathi, L., & Fatokun, C. (2020). Introgression breeding in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Frontiers in Plant Science*, 11, 567425. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.567425>
- Boukar, O., Belko, N., Chamarthi, S., Togola, A., Batieno, J., Owusu, E., et al. (2018). Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant Breeding*, 138, 415–424.
- Dorvlo, I. K., Amenorpe, G., Amoatey, H. M., Amiteye, S., Kutufam, J. T., Afutu, E., et al. (2022). Improvement in cowpea variety Videza for traits of extra earliness and higher seed yield. *Heliyon*, 8, e12059. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12059>
- Gonçalves, A., Goufo, P., Barros, A., Domínguez-Perles, R., Trindade, H., Rosa, E. A. S., Ferreira, L., & Rodrigues, M. (2016). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), a renewed multipurpose crop for a more sustainable agri-food system: Nutritional advantages and constraints. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(9), 2941–2951. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7644>
- Hase, Y., Satoh, K., & Kitamura, S. (2023). Comparative analysis of seed and seedling irradiation with gamma rays and carbon ions for mutation induction in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1149083. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1149083>
- Horn, L. N., & Shimelis, H. (2020). Production constraints and breeding approaches for cowpea improvement for drought-prone agro-ecologies in Sub-Saharan Africa. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.03.002>
- Horn, L. N., Ghebrehewot, H. M., & Shimelis, H. A. (2016). Selection of novel cowpea genotypes derived through gamma irradiation. *Frontiers in Plant Science*, 7, 262. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00262>
- Horn, L., & Shimelis, H. (2013). Radio-sensitivity of selected cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes to

- varying gamma irradiation doses. *Scientific Research and Essays*, 8(40), 1991–1997.
- Kang, R., Seo, E., Kim, G., Park, A., Kim, W. J., Kang, S.-Y., & Ha, B.-K. (2020). Radio sensitivity of cowpea plants after gamma-ray and proton-beam irradiation. *Plant Breeding and Biotechnology*, 8(3), 281–292. <https://doi.org/10.9787/PBB.2020.8.3.281>
- Kim, D.-K., Ochar, K., Iwar, K., Ha, B.-K., & Kim, S.-H. (2025). Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) production, genetic resources and strategic breeding priorities for sustainable food security: A review. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1562142. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1562142>
- Kitamura, S., Satoh, K., Hase, Y., Yoshihara, R., Oono, Y., & Shikazono, N. (2024). Differential contributions of double-strand break repair pathways to DNA rearrangements following the irradiation of *Arabidopsis* seeds and seedlings with ion beams. *The Plant Journal*, 120, 445–458. <https://doi.org/10.1111/tpj.16955>
- Mba, C. (2013). Induced mutations unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture. *Agronomy*, 3(1), 200–231. <https://doi.org/10.3390/agronomy3010200>
- Mudibu, J., Kabwe, K. C., Nkongolo, K. C., Kalonji-Mbuyi, A., & Kizungu, R. V. (2012). The influence of gamma irradiation on the morpho-agronomic traits of soybeans (*Glycine max* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 3, 331–337.
- Olasupo, F. O., Ilori, C. O., Forster, B. P., & Bado, S. (2016). Mutagenic effects of gamma radiation on eight accessions of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *American Journal of Plant Sciences*, 7(2), 339–351. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.72034>
- Olasupo, F. O., Ilori, C. O., Forster, B. P., & Bado, S. (2018). Selection for novel mutations induced by gamma irradiation in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/10.3923/ijpbgs.2018.1.12>
- Raina, A., Laskar, R. A., Tantray, Y. R., Khursheed, S., Wani, M. R., & Khan, S. (2020). Characterization of induced high-yielding cowpea mutant lines using physiological, biochemical, and molecular markers. *Scientific Reports*, 10, 3687. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60601-6>
- Ramolekwa, K., Pholo-Tait, M., Parker, T., Malambane, G., Ngwako, S., & Lekgari, L. (2025). Estimating genetic variability and heritability of morpho-agronomic traits of M5 cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] mutant lines. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(15), 7543. <https://doi.org/10.3390/ijms26157543>
- Riviello-Flores, M. de la L., Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posadas, L. de M., Arévalo-Galarza, M. de L., Castillo-Juárez, I., Soto-Hernández, M., & Castillo-Martínez, C. R. (2022). Use of gamma radiation for the genetic improvement of underutilized plant varieties. *Plants*, 11(9), 1161. <https://doi.org/10.3390/plants11091161>
- Shevkani, K., Shivani, B., Dhaka, S. S., & Patil, C. (2025). Cowpeas for sustainable agriculture and nutrition security: An overview of their nutritional quality and agro-economic advantages. *Discover Food*, 5, 109. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00382-x>
- Tshilenge-Lukanda, L. A., Kalonji-Mbuyi, A., Nkongolo, K. K. C., & Kizungu, R. V. (2013). The effect of gamma irradiation on the morpho-agronomic traits of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 4, 2186–2192.