

Optimisation de la croissance en pépinière de *Solanum Lycopersicon* par l'utilisation de substrat biologique

[Optimization of nursery growth of *Solanum Lycopersicon* by the use of biological substrate]

Aka Borel Junior Kevin, Boye Mambé Auguste-Denise, and N'Gonian Kouadio Serge

Département d'Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The tomato (*Lycopersicon esculentum*) is one of the most important vegetable crops in the world. However, in Côte d'Ivoire, there is a general decline in yield and quality of production compared to the capacity of the cultivars). The general objective of this study is to contribute to improve the growth of tomato in nursery using organic substrate. Specifically, the germination rate and speed, stem height and number of leaves were determined for each of the formulations in order to determine the ideal substrate formulation in the nursery. The plant material was tomato seed of the variety Cobra 26. The substrates used are soil and carbonized rice husks. The technical equipment consisted of honeycombed plates, a graduated ruler and a mini sprayer. The results obtained show a significant variation of the germination speed according to the formulations. During the growth of the plants in the nursery, the average height of the stems and the average number of leaves, the color of the leaves and the sanitary state of the plants for each formulation were determined and the analysis of the results showed a significant variation of these four variables in relation to the formulations. Formulations including $\frac{1}{4}$ charred rice husk and $\frac{3}{4}$ soil gave the best results overall.

KEYWORDS: trial, tomato, improvement, development, carbonized husk.

RESUME: La tomate (*Lycopersicon esculentum*) compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde. Cependant, en Côte d'Ivoire, On observe généralement une baisse du rendement et de la qualité de la production par rapport aux capacités des cultivars.). L'objectif général de cette étude est de contribuer à améliorer la croissance de la tomate en pépinière à l'aide de substrat organique. Spécifiquement, il a été question de déterminer le taux et la vitesse de germination, la hauteur des tiges et le nombre de feuilles pour chacune des formulations afin de déterminer la formulation de substrat idéale en pépinière. Le matériel végétal est constitué de semence de tomate de la variété Cobra 26. Les substrats utilisés sont à base de terre et de balles de riz carbonisées. Le matériel technique est constitué de plaquettes alvéolées, règle graduée et d'un mini pulvérisateur. Les résultats obtenus montrent une variation significative de la vitesse de germination en fonction des formulations. Lors de la croissance des plantes en pépinière, la hauteur moyenne des tiges et le nombre moyen de feuilles, la couleur des feuilles et l'état sanitaire des plantes pour chaque formulation ont été déterminés et l'analyse des résultats a montré une variation significative de ces quatre variables par rapport aux formulations. Les formulations comprenant $\frac{1}{4}$ de balle de riz carbonisée et $\frac{3}{4}$ de terre a donné dans l'ensemble les meilleurs résultats.

MOTS-CLEFS: essai, tomate, amélioration, développement, balle carbonisée.

1 INTRODUCTION

La tomate (*Solanum lycopersicon*) compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde [1]. Il existe plus de 4000 variétés de semences de tomate dont les plants produisent des fruits de diverses tailles [2]. Selon le Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la tomate occupe la deuxième place dans la production maraîchère et est cultivée dans plus de 170 pays [3]. Au niveau mondial, sa production était estimée à 126, 2 millions de tonne, avec un rendement moyen de 27,3 T / ha en 2007 [4]. En Côte d'Ivoire, la production moyenne de tomate était de 34734 T en 2013 [5]. A l'instar de la production, la consommation de tomate augmente régulièrement tous les ans [6]. Cette augmentation de la consommation de tomate est due d'une part à sa richesse en protéines, en vitamine A, C et en lycopène [7]. C'est une plante très importante pour l'économie de bon nombre de pays comme la Côte d'Ivoire. En effet, la culture de tomate constitue une activité lucrative pour de nombreux producteurs à cause de son cycle végétatif court et de son haut rendement [1]. Sous les tropiques cependant, la culture de la tomate est confrontée à de nombreuses difficultés. On observe généralement une baisse du rendement et de la qualité de la production par rapport aux capacités des cultivars. Cela est favorisé par un mauvais développement des plantes dû à la pauvreté des sols, à la forte pression parasitaire et à la sensibilité aux climats chauds et humides [8]. Dès lors de nombreuses études ont été menées pour tenter de résoudre ces problèmes inhérents à bon nombre de cultures maraichères. C'est en cela que les nouvelles techniques culturales comme la culture hors sol ont été introduites. Néanmoins, le cout des fertilisants utilisés dans ce type de culture reste relativement élevé pour les populations rurales qui sont en majorité des populations pauvres [9]. De plus, le marché des produits biologiques qui a atteint plus de 7 milliards d'euros en 2016 en France, progresse de plus de 500 millions d'euros au cours du premier semestre 2017 par rapport à la même période en 2016 [10]. Cela donne une indication importante quant à l'engouement des consommateurs pour ce type de produits [11]. De ce fait, transparait la grande nécessité de passer d'une agriculture conventionnelle à une agriculture biologique. C'est en cela que l'utilisation de fertilisants biologiques représente une étape importante pour satisfaire les exigences des consommateurs, réduire les coûts de production et protéger l'environnement à travers une agriculture visant le développement durable dans un siècle bouleversé par le changement climatique. C'est dans cette optique que s'inscrivent ces travaux qui visent à contribuer à l'amélioration de la quantité et de la qualité des tomates produites par l'utilisation en culture hors sol de substrats et de fertilisants biologiques dans la ville de Daloa (Côte d'Ivoire). L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la croissance en pépinière de la tomate à l'aide d'un substrat biologique. Les objectifs spécifiques de cette étude ont été de:

- Caractériser les paramètres de germination;
- Caractériser les paramètres de croissance en pépinière;
- Identifier parmi les formulations réalisées, la meilleure pour la pépinière de tomate.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Le site de notre étude est localisé à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. La ville de Daloa se situe en Côte d'Ivoire dans la région du Haut Sassandra, précisément à 6°53 de latitude nord et 6°27 de longitude ouest. Cette région a une superficie de 15 200 km² pour une population estimée à 1.430.960 habitants [12]. La parcelle expérimentale est située au sein de l'Université, précisément à 6°54'32" de latitude nord et 6°26'14" de longitude ouest.

2.2 MATERIEL

2.2.1 MATERIEL TECHNIQUE

Le matériel technique est constitué de plusieurs éléments, à savoir:

- Des plaquettes alvéolées;
- Une table qui a servi de support aux plaquettes alvéolées;
- Un mini pulvérisateur pour l'arrosage;
- Un filet pour la protection des plants.

2.2.2 MATERIEL D'ETUDE

2.2.2.1 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est représenté par des semences de *Lycopersicon esculentum*, précisément de la variété COBRA 26 produite par la société Technisem.

2.2.2.2 SUBSTRATS UTILISES

Les substrats qui seront utilisés sont la terre et les balles de riz (substrat biologique). Les balles de riz pour obtenir un produit dénommé balles de riz carbonisé qui sera notre véritable substrat biologique.

2.3 METHODES

2.3.1 COLLECTE DU SUBSTRAT

Le substrat biologique (balle de riz) a été collecté dans un moulin de la ville de Daloa.

2.3.2 CARBONISATION DU SUBSTRAT

Le processus de carbonisation des balles de riz brutes consiste à brûler les balles de riz de sorte à obtenir du charbon de balles de riz également appelé balles de riz carbonisées. La carbonisation se déroule en trois étapes [13] présentées dans la figure ci-dessous.



Fig. 1. Processus de carbonisation d'un substrat

Etape n°1: Mise en flamme à l'air

Cette étape consiste à mettre en place un brûleur. Il est réalisé à l'aide de bois disposés de façon conique (Fig. 1A). Le brûleur sera la source de chaleur qui permettra la carbonisation des balles de riz.

Etape n°2: Combustion à l'étouffée

Il s'agira de couvrir les bois en combustion avec le carboniseur puis tasser autour de ce dernier la matière à carboniser (balle de riz) et laisser la carbonisation se faire (Fig.1B). Il faudra veiller à retourner régulièrement la matière à carboniser pour que celle-ci soit totalement carbonisée et éviter ainsi l'obtention de cendres, un léger ajout d'eau est réalisé en cas d'apparition de flammes. Cette étape peut durer généralement 2h à 2h 30 min / sac de balle.

Etape n°3: Refroidissement

En fin de combustion, éteindre le feu par aspersion d'eau et laisser refroidir 20 à 30 minutes avant de collecter le composant carbonisé dans des sacs. Le taux de carbonisation varie selon la matière. Il est d'environ 50 % pour le riz (Fig. 1C).

2.3.3 CONFECTION DES DIFFERENTES FORMULATIONS DE SUBSTRATS

Les différentes formulations sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Composition des différentes formulations

Codes	Formulation correspondante	Codes	Formulation correspondante
F1	100% te	F48	½ bac +1/2 te
F5	100% bac	F49	¼ bac + ¾ te
F47	¾ bac +1/4 te		

Te: terre; bac: balles de riz carbonisées

Les différents substrats seront utilisés deux à deux aux proportions de ¾ et ¼; ½ et ½; ¼ et ¾. Cependant, il y a aussi des formulations qui seront composés d'un seul type de substrat. Nous avons au total cinq formulations que sont F1, F5, F47, F48 et F49.

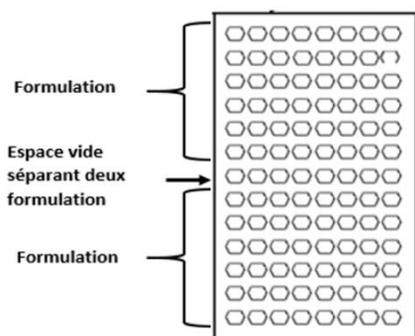
2.4 PREPARATION DE LA PARCELLE

La préparation de la parcelle s'est faite en plusieurs étapes:

- Défrichage qui a consisté au nettoyage de la parcelle à la machette puis à la daba;
- Etiquetage et remplissage des alvéoles qui a permis de reconnaître les formulations présentent dans chaque plaquette alvéolée.

2.5 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La figure 2 ci-dessous présente la disposition de deux formulations dans une plaquette alvéolée.



Disposition de deux formulations dans une plaquette alvéolée

Fig. 2A



Disposition des plaquettes alvéolée sur une table

Fig. 2B

Fig. 2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé lors des trois essais est présenté dans la figure 2. Deux formulations différentes sont regroupées sur une même plaquette alvéolée (Fig. 2A). En tout, cinq plaquettes alvéolées ont été utilisées par expérience, chacune des cinq formulations est donc répétée deux fois. Ces cinq plaquettes alvéolées sont posées sur une table recouverte d'un plastique pour éviter tout contact entre les formulations et le bois de la table (Fig. 2B). Pour chaque formulation, des graines de tomate (Cobra 26) ont été semées dans 48 alvéoles à raison de deux graines par alvéole.

2.6 SEMIS

Le semis se fera dans des alvéoles contenant chacune une formulation de substrat. Il faudra semer 2 graines par alvéole dans le substrat à une profondeur de 1 à 2 cm. Nous aurons 96 graines par substrat pour chacune des 3 répétitions. Le démariage à un plant a eu lieu 10 jours après le semis.

2.7 ENTRETIEN

Les mesures prises pour l'entretien des plants de tomate sont présentées à la figure 3.



Plants de tomate évoluant dans des alvéoles sous un filet

Fig. 3A



Ombrière des plants de tomate

Fig. 3B

Fig. 3. Entretien des plants de tomate

Les plants de tomate (Fig. 3A) sont protégés contre les insectes et autres ravageurs à l'aide de filets. Les plants seront disposés sous une combrière jusqu'à ce qu'ils soient assez forts pour résister à l'ensoleillement. On enlèvera progressivement l'ombrage pour permettre aux plants de s'adapter au soleil avant le repiquage. Pendant la période de pépinière (3 semaines), les plants seront arrosés tous les matins (Fig. 3B).

2.8 COLLECTE DE DONNEES

Le taux et la vitesse de germination ont été déterminés à partir des 10 premiers jours après le semis. Quant aux autres paramètres, ils ont été déterminés chaque trois jours à partir du douzième jour après le semis jusqu'au vingt et unième jour après le semis.

2.8.1 TAUX DE GERMINATION

Il exprime en pourcentage le rapport entre le nombre de graines germées (Nbg) sur nombre total de graines (Nbtg), [14].

$$Tg = (Nbg/Nbtg) \times 100$$

2.8.2 VITESSE DE GERMINATION

La vitesse de germination (ViGe) exprimée en plantules par jour est la somme des rapports entre le nombre (n_i) de graines germées au jour (i) et le nombre de jours (j_i) écoulés depuis le semis, k étant le nombre total de jours d'expérimentation [14].

$$ViGe = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{j_i}$$

2.8.3 NOMBRE DE FEUILLES DES PLANTS

Le nombre moyen de feuilles par plant (Nmf) est égal à la somme des nombres de feuilles de tous les plants (ΣNf) divisée par le nombre total de plants (Np) pour chaque formulation.

$$Nmf = \frac{\Sigma Nf}{Np}$$

2.8.4 HAUTEUR DES PLANTS

La hauteur moyenne (Hmp) des plants est égale à la somme des hauteurs des plants (ΣHp) divisée par le nombre de plants (Np) pour chaque formulation.

$$Hmp = \frac{\Sigma Hp}{Np}$$

2.8.5 COULEUR DES FEUILLES

La couleur des feuilles a été appréciée à travers une échelle faisant correspondre les principales couleurs de la plante à un nombre variant de 1 à 5 (tableau 2).

Tableau 2. Codage de la couleur des feuilles de tomate

Coloration de la feuille	Appréciation visuelle de la couleur	Code d'identification de la couleur
Jaune		1
Verte et moyennement jaune		2
Verte et légèrement jaune		3
Vert clair		4
Verte foncé		5

Le tableau 2 présente une méthode de codage des couleurs utilisées dans le cas de notre étude. Il faut noter que la couleur des feuilles varie énormément d'une plante à une autre mais renseigne quelque peu sur les conditions du milieu.

2.8.6 ETAT SANITAIRE DES PLANTULES

L'état sanitaire des plantules est perçu sur les feuilles et les tiges et les racines. Dans notre étude, l'on choisira d'apprécier l'état sanitaire au niveau des feuilles et des tiges. L'état sanitaire des plantules sera déterminé par l'état sain ou l'état malade, sans tenir compte de la gravité des symptômes. L'état sain correspond à un plant sans aucune marque ou brûlure sur les feuilles et la tige. Quant à l'état malade, il correspond à la présence de brûlures, de taches blanches, de perforations sur les feuilles et potentiellement sur les tiges.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 TAUX ET VITESSE DE GERMINATION

3.1.1.1 ÉVOLUTION DU TAUX ET DE LA VITESSE DE GERMINATION

- Description

La figure 4 présente l'évolution du taux et de la vitesse de germination au niveau des 5 formulations de substrats (F1, F5, F47, F48 et F49).

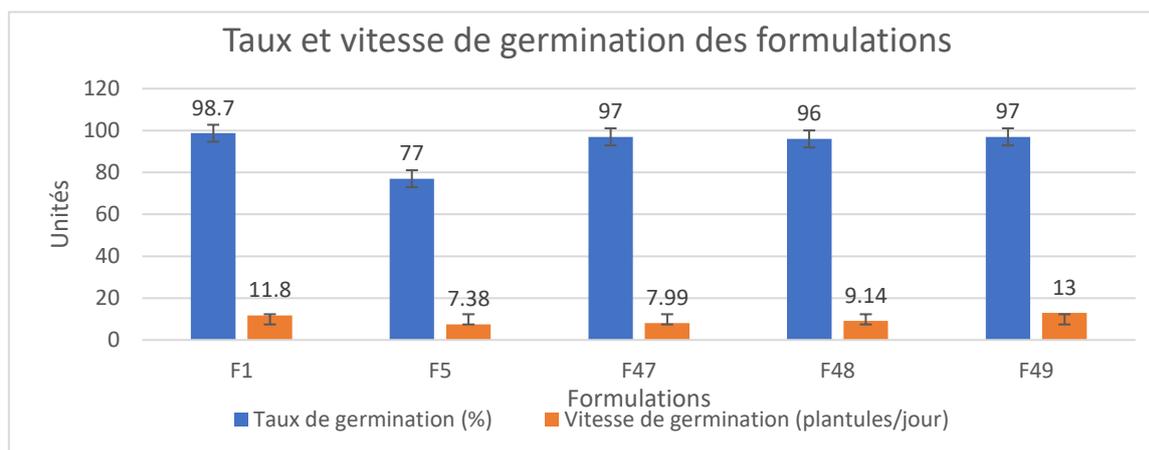


Fig. 4. Taux et vitesse de germination des formulations

F: formulation; sc: sciure de bois; te: terre; bac: balle de riz carbonisée; F 1: 100 % te; F3: 100 % sc; F5: 100 % bac; F 47: $\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te; F 48: $\frac{1}{2}$ bac + $\frac{1}{2}$ te; F 49: $\frac{1}{4}$ bac + $\frac{3}{4}$ te; Tg: taux de germination; ViGe: vitesse de germination;

A l'analyse de la figure 4, nous constatons en ce qui concerne le taux de germination que les formulations F1, F47, F49 et F48 qui ont les meilleurs taux de germinations avec respectivement 98,7%, 97%, 97% et 96%. Le plus faible taux de germinations pour l'ensemble des essais est observé au niveau de la formulation F5 et est de 77%. La vitesse (plantules/jour) de germination donne une indication du nombre de graines ayant germé en une journée. La vitesse la plus élevée est observée au niveau de la formulation F 49 et est de 13 plantules/jour. Elle est suivie par les formulations F1, F48 et F47 qui ont respectivement pour vitesse de germination 11,82 \approx 12; 9,14 \approx 9 et 7,98 \approx 8 plantules/jour. La plus petite vitesse de germination a été observée chez la formulation F5 et est de 7,38 \approx 7 plantules/jour.

- Distribution

Les résultats du test de Shapiro-Wilk concernant le taux et la vitesse de germination sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Test de normalité des paramètres de germination

Formulations	Taux de germination (%)	Vitesse de germination (plants/jours)
F1	< 0,0001	1,000
F5	0,363	1,000
F47	< 0,0001	0,939
F48	0,363	0,599
F49	0,363	1,000

La probabilité du test de Shapiro-Wilk au niveau des taux de germination pour les formulations F1 et F49 est de 0,0001 < 0,05 (tableau 3), d'où la distribution du taux de germination ne suit pas une loi normale pour l'ensemble des formulations. Par contre la loi de distribution de la vitesse de germination donne une probabilité supérieure à 0,05 pour chacune des formulations de substrat, donc la distribution de la vitesse de germination suit la loi normale.

La distribution de la variance concernant la vitesse de germination est présentée dans le tableau 4.

Tableau 4. Test d'égalité de variance pour la vitesse de germination

Variable\Test	Bartlett
Vitesse de germination (plants/jour)	0,234

L'analyse de ce tableau a distribution de la vitesse de germination suit la loi normale, nous avons donc réalisé un test d'égalité des variances au niveau de la vitesse de germination. La probabilité obtenue (0,291) montre que les variances des vitesses de germination sont égales, il convient alors d'utiliser des tests paramétriques de comparaison des moyennes au niveau de la vitesse de germination et des tests non paramétriques dans le cas du taux de germination.

3.1.1.2 EFFET DES FORMULATIONS SUR LE TAUX ET LA VITESSE DE GERMINATION

Le test de normalité ayant entraîné le rejet de l'hypothèse de normalité, nous avons utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis qui utilise la somme des rangs afin de déterminer l'influence des formulations sur le taux de germination. Dans le cas des vitesses de germination, une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5. Effet des formulations sur le taux et de la vitesse de germination

Formulations	Taux de germination (%)	Vitesses de germination (plants/jour)
F1	98,700 ± 0,006a	11,82 ± 1,00ab
F5	77,00 ± 2,65a	7,38 ± 1,20c
F47	97,00 ± 2,65a	7,99 ± 0,18c
F48	96,00 ± 5,29a	9,14 ± 1,33bc
F49	97,00 ± 3,97a	13,00 ± 0,50a
P	0,057	0,0000

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

La probabilité pour le taux de germination est $P = 0,057$ (tableau 5). Cette probabilité est supérieure à 0,05. Le taux de germination ne varie donc pas significativement d'une formulation à l'autre. L'effets des formulations sur la vitesse de germination a été déterminés par une ANOVA à un facteur, suivi d'une comparaison multiple à l'aide du test de Bonferroni. Le test ANOVA a donné une probabilité de de 0,0000 < 0,05; la vitesse de germination est significativement influencée par les formulations de substrat.

3.1.2 HAUTEUR, NOMBRE DE FEUILLES, COULEUR DES FEUILLES ET D’ÉTAT SANITAIRE DES PLANTS

3.1.2.1 ÉVOLUTION DE LA HAUTEUR, DU NOMBRE DE FEUILLES, DE LA COULEUR DES FEUILLES ET DE L’ÉTAT SANITAIRE DES PLANTS

- **Description**

La description de la hauteur, du nombre de feuilles, de la couleur des feuilles et de l’état sanitaire des plants nous présente des différences entre les formulations.

- ✓ **Hauteur des tiges**

La figure 5 ci-dessous présente l’évolution de la hauteur des tiges des plants de tomate de chaque formulation au cours du temps.

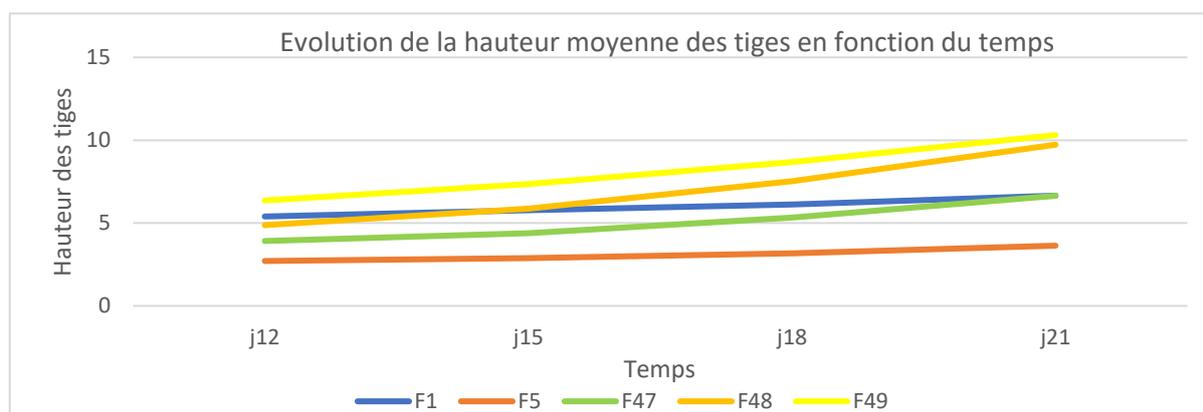


Fig. 5. *Évolution de la hauteur moyenne des tiges en fonction du temps*

J12, j15, j18, j21 correspondent respectivement à 12; 15, 18, 21 jours après le semis jours après le semis

Les courbes d’évolution de la hauteur des tiges principales en fonction du temps (Fig. 5) présentent une croissance de moins 1cm pour les formulations F47, F1 ET F5. Seules les formulations F49 et F48 présentent des tiges avec une croissance d’environ 2 cm du 12em au 21em jour. Les formulations F49 et F48 ont les tiges les plus hautes avec près de 10 cm au 21em jour. Les formulations F5 et F47 ont des tiges de hauteurs casi identiques atteignant les 6 cm. Les tiges les moins hautes sont observées au niveau de la formulations F5 avec une hauteur d’environ 4 cm.

- ✓ **Nombre de feuilles des plants**

L’évolution du nombre moyen de feuille au cours du temps montre une réelle variation du 12em jour au 21em jour est présenté sur la figure 6.

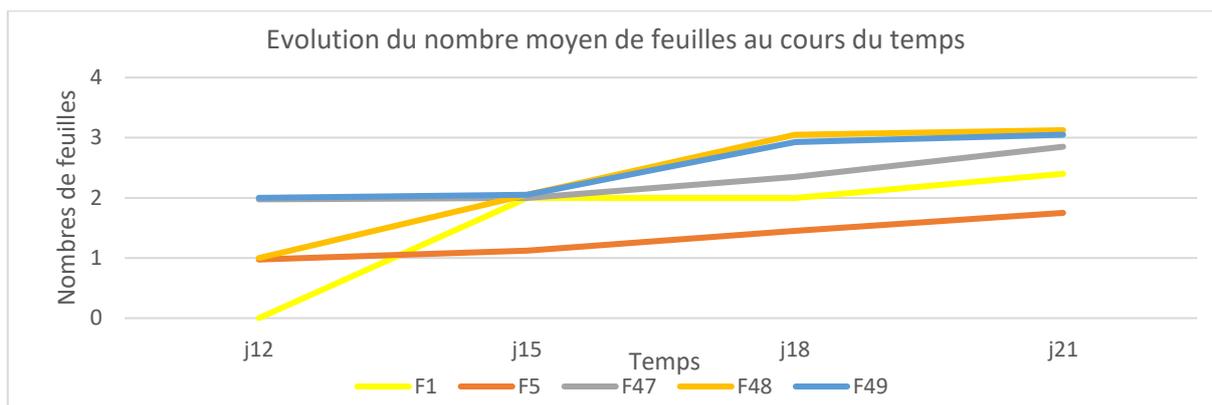


Fig. 6. Évolution du nombre moyen de feuilles des plants des formulations en fonction du temps

J12, j15, j18, j21 correspondent respectivement à 12; 15, 18, 21 jours après le semis jours après le semis

Les courbes (Fig. 6) nous montre que le plus grand nombre de feuilles est observée au niveau des formulations F48, F49 et F47 qui ont environ 3 feuilles au 21em jour. Les formulations F48 et F1 ont connu une augmentation de 2 feuilles en 9 jours. Les formulations F49, F47 et F1 quant à elles ont obtenu une seule feuille en 9 jours. Les plus faibles nombres de feuilles sont observé au niveau des formulations F5 et F1 avec des plantules possédant environ 2 feuilles.

✓ État sanitaire des plants et couleur des feuilles

L'état sanitaire et la couleur des feuilles au cours du temps ont été appréciés à travers les différentes modalités qui les composent (Fig. 7).

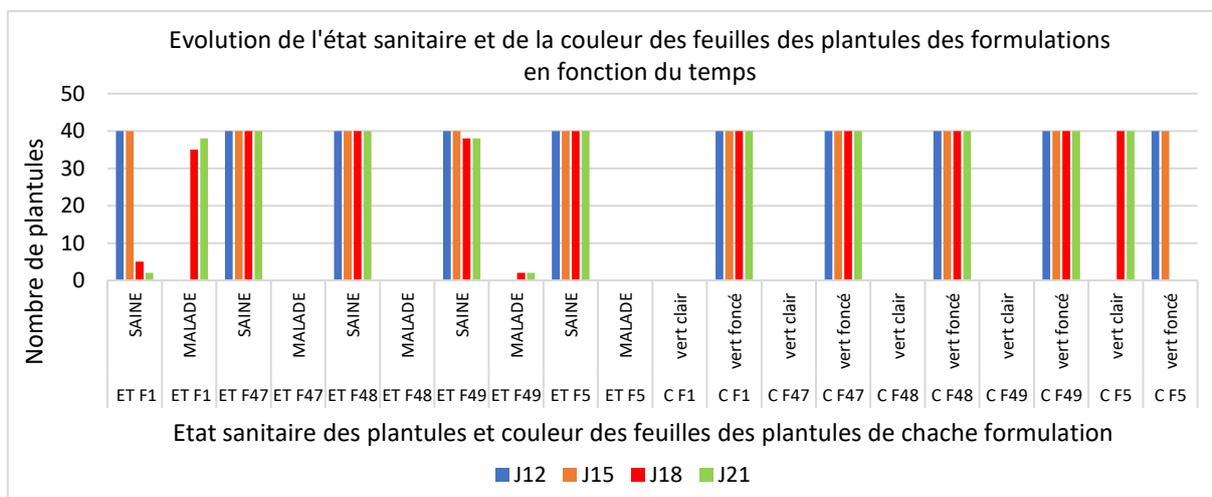


Fig. 7. Evolution de l'état sanitaire et de la couleur des feuilles des plantules des formulations en fonction du temps

J12, j15, j18, j21 correspondent respectivement à 12; 15, 18, 21 jours après le semis jours après le semis

Ainsi donc, à partir de la figure 7, nous avons constaté au niveau des 40 plants pris en compte pour chaque formulation que tous les plants étaient saines et de couleur vert-foncé au 12em et au 15em jour après le repiquage. C'est à partir du 18em jour qu'on observe une variation au niveau de l'état sanitaire des plants mais la couleur des feuilles reste vert-foncé durant toute la phase pépinière. Au 18em jour, la formulation F1 présente 35 plants malades contre 5 plants saines. L'attaque se propageant à partir de ce moment, le nombre de plants malades passe de 35 à 38 au 21em jour. Concernant la formulation F49, l'apparition de maladies s'est faite au 18em jour et 5 plants ont été atteint. Cependant pour F49, au 21em jour, il n'y a pas eu d'augmentation du nombre de plants malades.

- **Distribution de la hauteur, du nombre de feuilles, de la couleur des feuilles et de l’état sanitaire des plants**

La distribution des différents paramètres de croissance en pépinière a été étudiée à l’aide des données recueillies le dernier jour de la pépinière (21^{em} jour)

- ✓ **Distribution de la hauteur et du nombre de feuilles des plants**

La loi de distribution de la hauteur des tiges et du nombre de feuilles a été étudiée à partir du test de Shapiro et Wilk. Pour ces trois paramètres, la probabilité P est inférieure à 0,05 pour l’ensemble des paramètres ce qui a tendance à nous conduire à dire que la distribution de ces paramètres ne suit pas la loi normale, ce serait une erreur. D’après la théorie des grand nombre, toute loi de distribution se résume à la loi normale pour $n > 30$ (nombre d’individu par traitement). Les paramètres étudiés suivent donc la loi normale.

La distribution de la vitesse de la hauteur de la tige et du nombre de feuilles suit la loi normale, nous avons donc réalisé un test d’égalité des variances.

Tableau 6. Test d’égalité des variances pour la hauteur des tiges et le nombre de feuilles

Variable\Test	Bartlett
Hauteur de la tige	< 0,0001
Nombre de feuilles	0,901

Les résultats du tableau 6 montre que la probabilité obtenue au niveau de la hauteur des tiges (0,0001) montre que les variances des hauteurs de tiges des différentes formulations ne sont pas identiques. Un test non paramétrique sera donc utilisé pour déterminer l’effet des formulations sur la hauteur des tiges. En ce qui concerne le nombre de feuilles, nous avons une probabilité $p = 0,901 > 0,05$; les variances des nombres de feuilles des différentes formulations sont identiques. Nous utiliserons dans ce dernier cas des tests paramétriques de comparaison des moyennes.

- ✓ **Distribution de l’état sanitaire des plants et de la couleur des feuilles**

La variation de l’état sanitaire des plants et celle de la couleur des feuilles par rapport aux formulations de substrats a été mise en évidence à travers un tableau de proportion (tableau 7).

Tableau 7. Tableau de proportion de l’état sanitaire en fonction de la couleur des feuilles

Etat sanitaire \ Couleur	Couleur		Total
	Vert clair	Vert foncé	
Malade	0,000	0,250	0,200
Saine	1,000	0,750	0,800
Total	1,000	1,000	1,000

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

Le tableau 7 de permet de voir la répartition des proportions de plants malades en fonction de la couleur des feuilles au dernier jour de la pépinière. Nous constatons que seulement 25% des plantes malades ont la couleur vert-foncé alors que 75% des plants saines ont une couleur vert-fonce. Nous constatons également que tous les plants avec des feuilles de couleur vert-clair sont saines.

3.1.2.2 EFFET DES FORMULATIONS SUR LA HAUTEUR, LE NOMBRE DE FEUILLES, LA COULEUR DES FEUILLES ET L’ETAT SANITAIRE DES PLANTS

L’effet des formulations sur la hauteur, le nombre de feuilles, la couleur des feuilles et l’état sanitaire des plants a été réalisée à l’aide des données recueilli le dernier jour de la pépinière afin de déterminer s’il existe des différences significatives entre les plants des différentes formulations.

• **Effet des formulations sur la hauteur et du nombre de feuilles des plants**

La détermination de l'effet des formulations sur la hauteur des feuilles a été déterminée par un test de Kruskal Wallis suivi d'une comparaison multiple par le test de dunn et l'effet des formulations sur le nombre de feuilles a été mis en évidence à partir d'une ANOVA (analyse de variance) suivi d'une comparaison par le test de Bonferroni (tableau 8).

Tableau 8. Effet des formulations sur la hauteur des tiges et le nombre de feuilles

Formulations	Hauteur des tiges (cm)	Nombre de feuilles (feuilles)
F1	5,345 ± 0,745b	2,400 ± 0,496b
F5	2,948 ± 0,428c	1,750 ± 0,439c
F47	4,895 ± 0,769b	2,850 ± 0,427a
F48	7,317 ± 1,287b	3,125 ± 0,463a
F49	8,063 ± 1,332a	3,050 ± 0,450a
P	0,00	0,00

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

Nous relevons du tableau 8 que le nombre moyen de feuilles et la hauteur moyenne des tiges ont une probabilité $P = 0,00 < 0,05$. Le nombre moyen de feuilles et la hauteur moyenne des tiges sont significativement influencés par les formulations de substrats. La formulation F49 possède à la fois la plus grande hauteur de tige (8,063 cm) et le plus grand nombre de feuilles (3 feuilles) parmi les formulations réalisées. La formulation F5 présente la plus faible hauteur de tige (2,948 cm) et environ deux feuilles. Les autres formulations possèdent des plants avec des caractéristiques se situant entre celles de F5 et celle de F49.

• **Effet des formulations sur l'état sanitaire des plants**

L'effet des formulations sur l'état sanitaire des plants a été déterminé à partir d'un test de Khi2 (tableau 9).

Tableau 9. Effet des formulations sur l'état sanitaire des plants

Formulations	MALADE	SAINE	Total
F1	19%	1%	20%
F47	0%	20%	20%
F48	0%	20%	20%
F49	1%	19%	20%
F5	0%	20%	20%
Total	20%	80%	100%
P	0,0001		

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

En ce qui concerne l'état phytosanitaire des plants (tableau 9), on observe que la probabilité pour qu'un plant soit malade est de 0,2. Cependant la probabilité qu'un plant appartenant à F1 soit malade est de 95% et cette probabilité chute à 5% pour F49 et à 0,00% pour les autres formulations. Le test de Khi2 a donné au niveau de l'état sanitaire des plants une probabilité $P = 0,0001 < 0,05$. L'état sanitaire des plants varie donc en fonction des formulations de substrat.

• **Couleur des plants**

L'effet des formulations sur l'état sanitaire des plants a été déterminé à partir d'un test de Khi2 (tableau 10).

Tableau 10. Effet des formulations sur la couleur des feuilles des plants

Formulations	Vert clair	Vert foncé	Total
F1	0%	20%	20%
F47	0%	20%	20%
F48	0%	20%	20%
F49	0%	20%	20%
F5	20%	0%	20%
Total	20%	80%	100%
P	0,0001		

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

Dans le cas de la couleur des feuilles, nous constatons que toutes les feuilles de couleur claires appartiennent à F5. Toutes les autres formulations possèdent donc des feuilles vert-foncé. Le test de Khi2 a été réalisé pour déterminer s’il existe un lien entre les formulations et la couleur des feuilles. Nous avons obtenu une probabilité $P = 0,0001 < 0,05$ (tableau 10). Il existe donc un lien significatif entre les formulations et la couleur des feuilles.

3.2 DISCUSSION

Au niveau des paramètres de germination, nous constatons que le taux de germination reste statistiquement identique tandis qu’une variation significative est observée au niveau de la vitesse de germination. Cette variation est au plus marquée entre la formulation F49 ($\frac{3}{4}$ terre + $\frac{1}{4}$ balle carbonisée) et la formulation F5 qui est constituée uniquement de balles de riz carbonisée et est de l’ordre d’environ 6 plants/jour. Notons malgré l’absence de différence significative entre les formulations en ce qui concerne le taux de germination, ce dernier est plus élevé au niveau des formulations F1, F47, F48 et F49. Ces variations s’expliquent par les bonnes caractéristiques de germination de la formulation composée de terre et celles composées de terre et de balle de riz carbonisée. En effet, on observe une variation plus importante du taux et de la vitesse de germination entre les formulations constituées uniquement de balle de riz carbonisée et le reste des formulations. De ce qui précède, nous pouvons dire que la terre favorise la germination des graines car elle favorise la rétention de l’eau indispensable à la germination. Les formulations composées uniquement ou majoritairement de balles de riz carbonisées ont des taux de germination plus faibles du fait de la structure particulière des balles qui ne retenant pas suffisamment l’eau. Cependant, ce dernier se présente comme un facteur déterminant pour la germination des graines sous nos tropiques. [15] ont un point de vue similaire en affirmant que des trois facteurs de germination les plus importants que sont la température, l’humidité et la lumière; l’humidité se révèle être le facteur le plus important sous les tropiques. Associées à la terre dans les proportions ne dépassant pas 50%, les balles de riz carbonisées permettent de rendre la terre plus perméable à l’eau lorsque celle-ci comporte une grande quantité d’argile et accélère ainsi la germination des graines. Le fait que la terre favorise lors de la culture hors sol une meilleure germination des plantes est un indicateur de la qualité de l’environnement où la terre a été prélevée. Cela est en accord avec les travaux de [16] qui ont mis en évidence que la baisse des capacités de germination des graines de 3 espèces (*D. innoxia*, *Z. mays* et *L. perenne*) sur des sols pollués.

Concernant les paramètres de croissances en pépinière, il a été observé une variation de la hauteur des tiges et du nombre de feuilles, de l’état sanitaire et de la couleur des feuilles en fonction des formulations. Pour l’ensemble de ces paramètres, les meilleures formulations de ce groupe sont les formulations F49 ($\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te) et F48 ($\frac{1}{2}$ bac + $\frac{1}{2}$ te). Ces formulations possèdent au plus $\frac{1}{2}$ de balle carbonisée. De ce qui précède il ressort qu’en pépinière, les balles de riz carbonisées utilisées comme composant partiel des formulations de substrats favorise la croissance des plants lorsqu’elles représentent au plus la moitié du substrat. En effet, Les balles de riz sont riches en silice avec cependant de faible quantité d’éléments nutritifs. La carbonisation permet dans un premier temps une meilleure libération de ces éléments nutritifs dans le milieu et en second lieu, elle améliore la croissance racinaire des plantes et donc leur nutrition tant qu’elle ne dépasse pas les 50% du substrat. Des résultats similaires ont été publiés par [17] à la suite d’une étude sur l’utilisation en riziculture d’un compost à base de cendres de balles de riz. De même, [18] ont affirmé que l’utilisation des balles de riz carbonisées en pépinière, augmente le nombre de racines, la longueur des nouvelles pousses ainsi que leurs nombres de feuilles. Cependant, lorsque plus de la moitié du substrat de pépinière est composée de balle de riz carbonisée, on assiste à un ralentissement dans la croissance des plants du fait de la faible rétention d’eau entraînée par cet excès, c’est le cas des formulations F47 ($\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te) et F5 (100% bac).

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, il ressort que les sous-produits issus de l'agriculture peuvent être valorisés comme substrat de culture pour cette même Agriculture. Ils pourraient ainsi contribuer à la baisse du coût de production. Parmi toutes les formulations réalisées, nous avons constaté que les formulations constituées de balles de riz carbonisées et de terre (F 48, F49) possèdent les meilleures caractéristiques en prenant en compte à la fois les paramètres de germination et les paramètres de croissance. Ces formulations favorisent une bonne germination des graines et une meilleure croissance des plants de tomate. Au nombre de ces formulations, c'est la formulation 49 qui se révèle être la meilleure formulation en ce qui concerne la pépinière de la tomate.

Pour la suite des études, des analyses biochimiques pourraient être réalisées sur ces formulations pour en déterminer la composition. Tester la capacité de ces formulations à supporter tout le cycle végétatif de la tomate pourrait éclairer d'avantage sur l'utilisation des balles de riz carbonisée en culture hors sol. Il serait également souhaitable d'approfondir cette étude en cherchant à améliorer les formulations réalisées à l'aide de fertilisants biologiques.

REMERCIEMENT

Nous remercions le laboratoire d'amélioration des productions agricoles et mon encadreur tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] N. Shankara, V. L. Joep, G. Marja, H. Martin and V. D. Barbara. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation, PROTA, (2005).
- [2] C. M. Rick, "El tomate", *Investigation in Ciencia*, vol. 25, pp. 44-57, 1978.
- [3] Louissaint A. M. (2012). Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*), Mémoire de Master Agronomie et Agroalimentaire, 2012.
- [4] M. Ahishakiye and M. Aitamour, Transformation industrielle de tomates; extraction et caractérisation de l'huile de graines de tomates, 4 p, 2010.
- [5] Anonyme 1, Production alimentaire: tomates (tonnes), Côte d'Ivoire Perspective monde, FAO-ONU Carte du monde pour cette statistique, 8 Août 2018.
- [6] Dossou, J., Soulé, I., and Montcho, M., Analyse économique de la production de purée de tomate à petite échelle au Bénin, *Tropicultura*, vol. 24, no. 4, pp 239-246, 2006.
- [7] Hanson, P., Chen J. T., Kuo, C. G., Morris R., and Open, R.T., Suggestions sur les pratiques culturales de la tomate, Learning center, pp. 1 – 9, 2001.
- [8] F. Chen, H. Nonogaki and K. J. Bradford, "A gibberellin-regulated xyloglucan endotransglycosylase gene is expressed in the endosperm cap during tomato seed germination". *Journal of Experimental Botany* 53, pp. 215-223, 2002.
- [9] A. J. A. Kotaix, P. T. K. Angui, C. Z. K. Pierre, N. L. Diby, D. Dao, and B. Bonfoh, "Effet de l'engrais organique liquide « dragon 1", sur le développement de la tomate au sud et au centre-ouest de la côte d'ivoire, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui – Abrogoua", *Agronomie Africaine*, vol 25, no. 1, pp 37 – 52, 2013.
- [10] Agence bio, l'agriculture bio séduit de plus en plus de consommateurs et doit relever le défi de la croissance, 2017.
- [11] Fafard, la culture maraichère bio hors sol, c'est possible, 2018. <http://www.filierebio.qc.ca/> (16 mai 2018).
- [12] Principaux résultats préliminaires du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH). <http://www.rgph.org>, mai, 2015.
- [13] S. Kist, P. Gerusa, Antonioli, I. Zaida, S. Bemfica, Ricardo, Bellé, and Rogério, "húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*", núm. 2, pp. 345- 357, 2010.
- [14] A. Y. Al-Maskri, M. M. han, I. A. han, and K. Al -Habsi, "Effect of accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in carrot (*Daucus carota* L.) seeds", *International Journal of Agriculture & Biology*, vol. 5, no. 4, pp. 80-84, 2003.
- [15] M. L. Lebanc, D. C. Cloutier, G.D. Leroux, and C. Hamel, "Facteurs impliqués dans la levée des mauvaises herbes au champ", Vol. 79, no. 3, 1998.
- [16] P. Vernay, A. Austruy, C. Gauthier-Moussard, and A. Hitmi, Germination et fonctionnement du système photosynthétique des végétaux comme bioindicateurs de pollution des sols, Laboratoire de Physiologie et de Biotechnologies Végétales, IUT de Clermont-Ferrand, Université d'Auvergne, 100, rue de l'Égalité, 15000 Aurillac – [France, 2009.
- [17] N. Ouedraogo, "De la cendre de balle de riz pour fertiliser les rizières, Union Signassigui- Bama, Burkina Faso", *FENOP Info*, Numéro Spécial, Septembre 2015.
- [18] H. Kikuno, K. Muamba, H. Shiwachi, O. Micho, and R. Asiedu, "Mini tuber production of white yam (*D. rotundata*) using vines", *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 50, no. 1, pp. 1-3, March 2006.