

# Effets des fertilisants à base de champignons supérieurs sur la croissance et le développement de la tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) en culture semi hors sol dans la ville de Daloa, Côte d'Ivoire

N'GANZOUA Kouamé René<sup>1\*</sup>, GROGA Noel<sup>2</sup>, N'Da Diane Sara-Elisabeth<sup>2</sup>, N'Douba Amako Pauline Francine<sup>2</sup> ABOBI Akré Hebert Damien<sup>1</sup>, BAKAYOKO Sidiky<sup>1</sup>

## Résumé

Pour optimiser la production de la tomate hybride F1 COBRA 26 à travers une bonne croissance et un bon développement, un essai fertilisant utilisant des champignons supérieurs a été réalisé en culture semi hors sol. La méthodologie a consisté à réaliser un dispositif en trois blocs complets de Fisher comportant chacun quatre micro parcelles dans lesquels sont distribués 10 pots de semis, remplis de substrat (Compost +Terre chauffée) et repiqués de plantules de 22 jours de pépinière. Les fertilisants fongiques, *Psathyrella tuberculata* et *Daldinia concentrica*, ont été appliqués dans les pots à 5 reprises à raison de 10 g/plante aux différents stades de développement de la plante comparés à des pots témoins sans fertilisant. Les paramètres de croissance et de développement (hauteur, diamètre du collet, longueur et largeur des feuilles, nombres de feuilles, ramifications et bouquets floraux) ont été évalués tous les 10 jours. Les données obtenues ont subi une analyse de variance avec le logiciel Statistica 7.1 au seuil de 5%. Les résultats ont montré que pour tous les paramètres de croissance et de développement déterminés, les plantes traitées avec *P. tuberculata* ont enregistré les meilleures valeurs comparées aux plantes traitées avec *D. concentrica* et le témoin pour lesquels les valeurs ont été similaires. En conclusion, le champignon supérieur *P. tuberculata* apparaît comme un bon biofertilisant susceptible d'améliorer la croissance et le développement chez la plante de tomate F1 COBRA 26 par rapport à *D. concentrica*. Il peut être une alternative à l'amélioration de la fertilité des sols agricoles.

**Mots clés :** Biofertilisants, tomate F1 COBRA 26, croissance et développement, Daloa-Côte d'Ivoire

## Abstract

**Effects of superior fungus fertilizers on the growth and development of tomato (*Solanum lycopersicum*, L.) in semi-soilless culture in the city of Daloa, Côte d'Ivoire**

To optimize production of the F1 COBRA 26 hybrid tomato through good growth and development, a fertilization trial using superior fungi was carried out in semi-soilless culture. The methodology consisted in setting up three complete Fisher blocks, each comprising four microplots, in which 10 seedling pots were distributed, filled with substrate (Compost +Heated earth) and transplanted with 22-day-old seedlings from the nursery. Fungal fertilizers, *Psathyrella tuberculata* and *Daldinia concentrica*, were applied to the pots 5 times at a rate of 10 g/plant at different stages of plant development, compared with control pots without fertilizer. Growth and development parameters (height, crown diameter, leaf length and width, number of leaves, branching and floral clusters) were assessed every 10 days. The data obtained were subjected to an analysis of variance using Statistica 7.1 software at the 5% threshold. The results showed that for all the growth and development parameters determined, plants treated with *P. tuberculata* recorded the best values compared with plants treated with *D. concentrica* and the control, for which the values were similar. In conclusion, the superior fungus *P. tuberculata* appears to be a good biofertilizer likely to improve growth and development in the F1 tomato plant COBRA 26 compared with *D. concentrica*. It could be an alternative for improving agricultural soil fertility.

**Keywords:** Biofertilizers, tomato F1 COBRA 26, growth and development, Daloa-Côte d'Ivoire

1. Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département de Agro-pédologie, Laboratoire d'amélioration de la production agricole, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

2. Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département

de Biologie, Physiologie et de Génétique, Laboratoire d'amélioration de la production agricole, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

\*Auteur correspondant, E-mail: renenganz@yahoo.fr; (+225) 0707522725

## 1. Introduction

Dans le secteur vivrier, les légumes jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation quotidienne des populations. Parmi ces légumes, la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) occupe une place de choix (N'Zi *et al.*, 2010). Selon les données de la FAO, la production mondiale de tomates s'élevait en 2020 à 186, 821 millions de tonnes pour une superficie de 5, 052 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 37,1 t/ha (Hortimédia, 2022 ; Sangaré *et al.*, 2009). Grâce à sa richesse en vitamines et en sels minéraux, la tomate est le légume fruit le plus consommé dans le monde (Philouze et Laterrot, 1992). En Côte d'Ivoire, elle est l'une des plus importantes cultures maraîchères produites avec une production annuelle qui fluctue entre 22 000 et 35 000 tonnes (Fondio *et al.*, 2013). Les besoins en tomates estimés à plus de 100 000 tonnes ne sont couverts qu'aux deux tiers par la production locale (Groga *et al.*, 2018). Ce faible rendement,

favorisé par un mauvais développement des plantes, est dû à la pression élevée des maladies (nématodes parasites des plantes, des insectes nuisibles) et à la faible fertilité du sol (Adamou *et al.*, 2017). De plus ce faible rendement engendre la question de l'approvisionnement alimentaire des villes (Olanrewaju *et al.*, 2004) vu la démographie galopante. De nombreux sols agricoles sont appauvris en un ou plusieurs nutriments essentiels nécessaires à la croissance et à la productivité des plantes, de sorte que les additions d'engrais sont indispensables pour assurer des rendements maximaux (Baligar *et al.*, 2001). Aussi leur utilisation abusive pollue l'environnement, les nappes phréatiques et provoque la salinisation des sols. La Côte d'Ivoire connaît une croissance démographique importante, causant ainsi la rareté des terres cultivables et exacerbant les contraintes agricoles. Afin de pallier les problèmes de terres cultivables et de limiter les risques économiques,

environnementaux, et sociaux liés à l'utilisation abusive des engrais minéraux, les agriculteurs doivent envisager de nouvelles stratégies de culture en utilisant des fertilisants organiques qui pourront s'avérer moins coûteux et bénéfiques tout en maintenant l'équilibre écologique du sol. Les fertilisants organiques ont pour rôle d'améliorer la structure des sols et de les enrichir en nutriments majeurs pour élever leur productivité (AGRIDAPE, 2015 ; Grogga *et al.*, 2018). L'utilisation de champignons macroscopiques comme fertilisants des sols agricoles est à ce jour très peu connue, notamment, pour les espèces *Psathyrella tuberculata* ((Pat.) A.H.Sm, 1972) et *Daldinia concentrica* ((Bolton) Cesati & de Notaris, 1863). Vue ces aspects, il ressort une question fondamentale qui est celle de savoir comment augmenter la production de la tomate F1 cobra 26 tout en améliorant la fertilité des sols agricoles. Pour ce faire une étude a été menée sur l'évaluation des effets des biofertilisants fongiques (*P. tuberculata* et de *D. concentrica*) en semi hors sol sur la croissance et le développement de *S. lycopersicum*. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet des espèces fongiques sur la croissance et le développement des plantes de tomate en semi hors sol.



Photo : NGANZOUA René et al. 2022

Figure 2 : Tomate FI COBRA 26

## 2-2. Matériel

### 2-2-1. Matériel végétal

Les semences de la tomate hybride F1 COBRA 26 ont été utilisées comme matériel végétal (Figure 2). Le choix de cette variété a été guidée par la disponibilité des semences au niveau local, sa tolérance et sa résistance aux maladies, sa bonne production précoce et ses fruits uniformes de forme square (Technisem, 2022). La tomate « COBRA » est très appréciée pour sa fermeté assurant une très bonne tenue post récolte.

### 2-2-2. Substrat des plants

Le substrat utilisé dans cette expérimentation est un mélange de terre et de compost dans des proportions équitables :

- La terre (300 kg) a été prélevée dans les 20 premiers centimètres du sol de la parcelle expérimentale de l'Université Jean Lorougnon Guédé et conditionnée dans des papiers aluminium puis chauffée à l'étuve à 250°C pour la débarrasser d'éventuels microorganismes. Au bout de 7 jours, la terre est retirée de l'étuve et conservée pour son utilisation.

- Le compost a été produit à partir de la combinaison de déchets organiques d'origine animale et végétale (Fiente de poulet à base de balle de riz, sciure de bois, résidus de levure de bière locale (résidus de tchapalo), charbon de bois, ordures ménagères, feuilles de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray (Asteraceae) et tonte de gazon). Chaque déchet naturel a été pris à raison de 100 kg par élément et la technique de compostage en tas a été réalisée. Le tas avait 80 cm de haut avec une base de 1m. Après la confection du tas, de la cendre de bois a été ajoutée pour accélérer l'activité biologique des microorganismes et recouverts avec de films plastiques noirs perforés (système de fermentation fermée) pour réguler la chaleur. Toutes les deux semaines, le tas a été retourné pour une oxygénation complète et une fermentation plus homogène puis légèrement arrosé pour éviter un compost trop sec ou trop humide jusqu'à maturité au bout de huit mois. La maturité du compost a été suivie par le relèvement de la température interne du tas de compost au moyen d'un thermocompost numérique de précision de marque REOTEMP, gradué de 0°F (-17,77°C) à 200°F (93,33°C). Le principe de la prise de la température interne du tas consiste à enfoncer le thermocompost à l'intérieur du tas à une profondeur d'environ 35cm et à lire la température affichée sur le cadran de l'appareil. La maturité du compost est

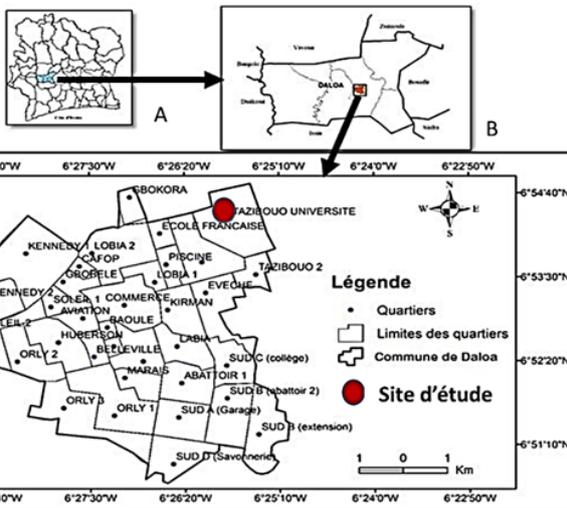


Figure 1 : Carte de la zone d'étude

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site d'étude

L'étude a été réalisée dans la ville de Daloa en Côte d'Ivoire (Figure 1) 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 km<sup>2</sup> (INS, 2014). La parcelle expérimentale est située au sein de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Le sol de la région du Haut-Sassandra est issu de l'altération du vieux socle précambrien. La faiblesse de l'érosion du sol justifie la présence continue du couvert végétal et rend le sol très profond en général avec le dépôt actif de l'humus. Il s'agit des sols ferrallitiques d'origine granitique moyennement à faiblement dénaturés (Koffie et Kra, 2013). Le climat est de type tropical humide de transition. Il est caractérisé par une saison sèche allant d'octobre à mars et une saison des pluies ayant deux maxima, l'un en juin et l'autre en septembre. Ce climat pluvieux est un atout pour l'agriculture et surtout pour le développement des cultures pérennes telles que le caféier et le cacaoyer (Ligban *et al.*, 2009).

atteinte lorsque la température redescend en dessous de 40°C jusqu'à sa stabilisation. A la fin du compostage, le compost mûr obtenu a été séché, tamisé afin de débarrasser des impuretés puis conditionné dans un sac en milieu ambiant avant son utilisation.

**2-2-3. Fertilisants à base champignons supérieurs**

Les biofertilisants fongiques utilisés pendant l'expérimentation étaient constitués de deux champignons supérieurs, *P. tuberculata* et *D. concentrica* (Figure 3). Après échantillonnage de ces champignons dans les forêts de Daloa, les champignons ont été séchés à l'air libre sous les rayons du soleil pendant un jour et broyés en poudre à l'aide d'un broyeur de type Retsch ZM 300 avant leurs applications comme fertilisants. Ces champignons supérieurs ont été choisis pour leur disponibilité localement et pour leur action d'améliorer le potentiel nutritif du sol en mettant à la disposition de la plante des nutriments physiquement assimilables pour sa croissance, son développement et sa production.



Figure 3 : Champignons supérieurs utilisés (A : *Daldima concentrica* ; B : *Psathyrella tuberculata*)

**2-3. Méthodes**

**2-3-1. Mise en place et entretien de la pépinière**

La pépinière a été réalisée dans des plaques à alvéoles préalablement remplies de terreau préparé et a consisté à enfouir les grains de semences une à une dans chaque alvéole contenant le terreau. Après le semis, la pépinière a été légèrement humidifiée et déposée sous ombrière pour la protéger des rayons du soleil et accélérer la levée de dormance des graines et la germination. La pépinière a été quotidiennement arrosée pour éviter le flétrissement des plantules et a duré environ 3 semaines avant le repiquage des plantules de tomates.

**2-3-2. Dispositif expérimental**

Les essais ont été réalisés dans un dispositif en trois blocs complets de Fisher maintenus entre eux par une allée de 1,5 m. Chaque bloc comporte quatre parcelles élémentaires de 5 m × 3 m, espacées les uns des autres de 1 m. Les traitements effectués sont : *Ptu* correspondant à l'apport de *P. tuberculata* ; *Dco* correspondant à l'apport de *D. concentrica* et un témoin sans apport de fertilisant (Tte). Dans chaque parcelle élémentaire, est appliqué un traitement dans 10 pots de semis, remplis de substrat (Compost +Terre chauffée) et placés à équidistants de 0,5 m dans lesquels sont repiquées les plantules âgées de 22 jours (Figure 4). Les biofertilisants fongiques ont été apportés à 5 reprises à raison de 10 g par pot aux différents stades de développement de la plante : le 1<sup>er</sup> apport a été fait une semaine avant le repiquage; le 2<sup>ème</sup> apport, une semaine après repiquage des plants ; le 3<sup>ème</sup> apport pendant la phase végétative; le 4<sup>ème</sup> apport à la floraison, le 5<sup>ème</sup> apport à la fructification et enfin le

dernier apport, une semaine après la fructification c'est-à-dire en début de la phase de maturité.

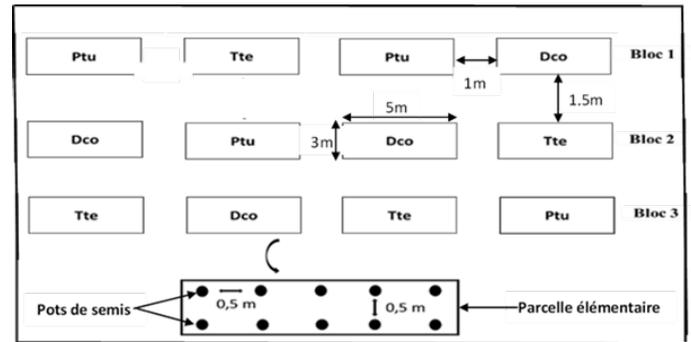


Figure 4 : Dispositif expérimental

**2-3-3. Collecte et analyse des données**

Pendant le cycle de développement de la tomate, les paramètres de croissance et de développement ont été mesurés tous les 10 jours correspondant aux différents temps de mesure (T1=premier temps de mesure ; T2=deuxième temps de mesure ; T3=troisième temps de mesure ; T4=quatrième temps de mesure ; T5= cinquième temps de mesure ; T6= sixième temps de mesure). Les paramètres mesurés ont concerné:

- le diamètre au collet à l'aide d'un pied à coulisse ;
- la hauteur de la plante à l'aide d'un mètre-ruban sur la tige à partir de la surface du sol jusqu'à l'apex de la plante ;
- la longueur de la feuille à l'aide d'une règle en partant du bout de la foliole terminale au point de fixation du pétiole sur la tige ;
- la largeur de la feuille à l'aide d'une règle du bout de la foliole droite jusqu'à l'extrémité de la foliole gauche de la feuille ;
- le nombre total des feuilles, le nombre de ramification et le nombre de bouquets floraux de la plante par comptage.

Les données collectées ont été saisies et rangées à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2013 et soumises à une analyse de variance à un critère de classification (ANOVA 1) qui a été faite à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1. Lorsque la différence a été révélée comme significative ( $p < 0,05$ ) pour un caractère, l'analyse de variance a été complétée par le test de la plus petite différence significative (PPDS ou LSD (en anglais) de Fisher au seuil de 5 %.

**3. Résultats**

**3-1. Effet des fertilisants fongiques sur les paramètres de croissance de la tomate**

**Diamètre au collet**

Les traitements d'apport de *Ptu* et de *Dco* ont significativement ( $P < 0,05$ ) affecté le diamètre au collet des plantes de tomates, tout comme le témoin à blanc aux différents temps de mesure, excepté pour les temps de mesure T1 et T4 qui ont eu des valeurs non significatives ( $P > 0,05$ ) selon le Tableau I. Explicitement, le traitement-*Ptu* a eu les diamètres au collet les plus élevés, comparativement au traitement-*Dco* et au témoin-Tte qui ont affiché des valeurs de diamètre au collet similaires et non significatives pour tous les temps de mesures.

**Tableau I** : Variation du diamètre au collet en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Diamètre au collet (cm) par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	0,35 ± 0,07a	0,40 ± 0,16a	0,36 ± 0,09a	0,514702
T2	0,40 ± 0,10a	0,57 ± 0,14b	0,42 ± 0,11a	0,000557
T3	0,49 ± 0,14a	0,61 ± 0,17b	0,42 ± 0,12a	0,001239
T4	0,54 ± 0,16a	1,06 ± 1,64a	0,57 ± 0,17a	0,293195
T5	0,61 ± 0,13a	0,78 ± 0,18b	0,63 ± 0,20a	0,026963
T6	0,68 ± 0,18a	0,91 ± 0,18b	0,67 ± 0,20a	0,000705

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value : probabilité ; Tte : témoin sans fertilisants

### Hauteur de la tige

Le tableau II montre la croissance en hauteur des plantes de tomate selon les traitements. On note globalement que la croissance en hauteur des plantes de tomate affectée par les traitements a varié en moyenne de 13,67 ± 4,45 cm (T1-Dco) à 63,40 ± 19,08 cm (T6-Ptu) indiquant que les traitements y compris le témoin ont eu un effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur la hauteur des plantes de tomate aux différents temps de croissance, excepté le temps T1, pour lequel aucune valeur significative n'a été notée ( $P > 0,05$ ). Explicitement, le traitement-Ptu a permis une meilleure croissance de la hauteur de la plante de tomate de façon significative par rapport au traitement-Dco et au témoin-Tte pour lesquels les hauteurs des plantes de tomate ont été identiques quelle que soit la période d'observation.

**Tableau II** : Variation de la hauteur des tiges en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Hauteur (cm) par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	13,75 ± 3,27a	15,15 ± 4,68a	13,67 ± 4,45a	0,532767
T2	18,37 ± 5,23a	24,22 ± 5,91b	17,54 ± 6,33a	0,002661
T3	22,87 ± 8,39a	34,30 ± 12,42b	20,88 ± 5,37a	0,000127
T4	29,25 ± 16,25a	48,87 ± 20,11b	29,45 ± 9,11a	0,000528
T5	39,33 ± 19,30a	55,32 ± 21,06b	35,87 ± 12,95a	0,003593
T6	43,65 ± 17,18a	63,40 ± 19,08b	42,68 ± 14,94a	0,000856

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value : probabilité ; Tte : témoin sans fertilisants

### Longueur des feuilles

L'apport des différents traitements a significativement ( $p < 0,05$ ) influencé la longueur des feuilles des plantes de tomates sur toutes les périodes d'observation (Tableau III). De façon plus explicite, les plantes de tomate ayant été enrichies avec *P. tuberculata*-Ptu ont significativement augmenté leur croissance en longueur des feuilles par rapport au témoin-Tte et *D. concentrica*-Dco sur toutes les périodes d'observations. Dans l'ensemble, l'allongement moyen des feuilles a oscillé entre 8,35 ± 2,86 cm (T1-Dco) et 24 ± 4,63 cm (T6-Ptu). On observe globalement que l'apport du fertilisant *P. tuberculata* a entraîné une augmentation significativement ( $p < 0,05$ ) de la croissance en longueur des feuilles des plantes de tomates aux différents temps de mesure de T2 à T6 comparativement à T1 pour lequel les traitements n'ont pas eu d'effets significatifs ( $p > 0,05$ ).

**Tableau III** : Variation de la longueur de feuilles en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Longueur des feuilles (cm) par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	8,56 ± 2,25a	10,10 ± 4,02a	8,35 ± 2,86a	0,232938
T2	10,22 ± 3,56a	16,01 ± 5,90b	10,75 ± 4,90a	0,003581
T3	12,46 ± 6,34a	23,28 ± 9,12b	13,24 ± 5,29a	0,000089
T4	15,15 ± 7,36a	23,10 ± 11,01b	14,59 ± 6,36a	0,008510
T5	16,81 ± 7,71a	23,37 ± 7,72b	16,22 ± 6,36a	0,007118
T6	17,65 ± 6,42a	24,00 ± 4,63b	17,71 ± 5,41a	0,000833

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value : probabilité ; Tte : témoin sans fertilisants

### Largeur des feuilles

La variation de la largeur des feuilles des plantes de tomate en fonction des temps de mesures et des traitements est présentée dans le tableau IV. La largeur moyenne des feuilles a varié de 5,74 ± 1,84 cm (T1-Dco) à 15,98 ± 3,71 cm (T6-Ptu). Par ailleurs, les plus fortes valeurs de la croissance en largeur des feuilles des plantes de tomate ont été obtenues aux temps de mesure T2 à T6 avec le traitement-Ptu comparativement au traitement-Dco et au témoin-Tte chez lesquels la largeur moyenne des feuilles de la plante de tomate de tous les traitements ne diffère pas statistiquement ( $p > 0,05$ ). Ici comme précédemment pour la croissance en longueur des feuilles de la plante de tomate, on observe globalement que l'apport du fertilisant *P. tuberculata* a entraîné une augmentation significativement ( $p < 0,05$ ) de la croissance en largeur des feuilles des plantes de tomates aux

**Tableau IV** : Variation de la largeur des feuilles en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Largeur des feuilles (cm) par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	6,30 ± 1,55ab	7,23 ± 2,83b	5,74 ± 1,84a	0,126492
T2	7,63 ± 2,72a	11,58 ± 4,13b	7,56 ± 3,78a	0,003409
T3	9,07 ± 4,37a	15,58 ± 5,95b	8,88 ± 3,89a	0,000171
T4	9,35 ± 5,04a	14,62 ± 6,96b	9,45 ± 4,17a	0,011249
T5	11,22 ± 4,58ab	15,20 ± 5,45b	10,42 ± 4,02a	0,007863
T6	11,63 ± 3,89a	15,98 ± 3,71b	11,91 ± 4,23a	0,003608

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value : probabilité ; Tte : témoin sans fertilisants

différents temps de mesure comparativement à T1 pour lequel les traitements n'ont pas eu d'effets significatifs ( $p > 0,05$ ).

### Nombre de feuilles

Pour le nombre de feuilles des plantes de tomates, aucun traitement enrichi aux fertilisants fongiques n'a significativement ( $p > 0,05$ ) influencé le nombre de feuille pendant la croissance de la plante de tomate, excepté le temps d'observation T6 (Tableau V). Autrement dit, le nombre des feuilles ne diffère presque pas quel soit le traitement durant la croissance de la plante de tomate sauf, le temps d'observation au stade maturité T6 où les valeurs sont très significatives ( $p < 0,0001$ ). Toutefois, il convient d'indiquer que le nombre de feuilles les plus élevées a été notées avec la plante ayant reçu le traitement *Ptu* sur toutes les périodes de mesures.

**Tableau V** : Variation du nombre de feuilles en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Nombre de feuilles par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	4,87 ± 0,83a	5,70 ± 1,75a	5,40 ± 1,81a	0,500054
T2	6,62 ± 1,06a	8,30 ± 1,71b	7,55 ± 2,06ab	0,083831
T3	8,25 ± 1,98a	10,40 ± 3,11a	9,55 ± 2,54a	0,174350
T4	12,62 ± 3,99ab	17,65 ± 8,02b	13,55 ± 4,09a	0,055248
T5	18,75 ± 7,59ab	24,75 ± 11,69b	18,45 ± 5,20a	0,066745
T6	23,50 ± 10,12a	34,95 ± 12,70b	22,50 ± 6,48a	0,000740

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value : probabilité ; Tte : témoin sans fertilisants

**Tableau VII** : Variation du nombre de bouquet floraux en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Variation du nombre de bouquets floraux par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	0,83 ± 1,32b	3,80 ± 2,14a	0,20 ± 0,63a	0,000*
T2	1,50 ± 1,76a	5,50 ± 1,17b	1,10 ± 1,59a	0,000*
T3	1,83 ± 1,60a	7,00 ± 2,26b	1,50 ± 1,08a	0,000*

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value\* : probabilité très significative ; Tte : parcelles sans apport de fertilisants

### 3-2. Effet des fertilisants fongiques sur les paramètres de développement de la tomate

#### Nombre de ramifications

Pour ce concerne le nombre de ramification des plantes de la tomate, tous les traitements ont significativement entraîné une plus grande ramification des plantes de la tomate pendant leur croissance (Tableau VI). Autrement dit, on observe une différence hautement significative ( $p < 0,00001$ ) des traitements sur la ramification de la tomate quel que soit la période d'observation et ce, pendant la croissance de la plante de la tomate. Le nombre de ramification a varié de 0,50 (T1-Tte) à 4,80 (T3-Ptu) avec les plus grands nombres de ramifications enregistrés dans les pots fertilisés avec *P. tuberculata*-Ptu et les petits nombres de ramifications, notés dans les pots enrichis avec *D. concentrica*-Dco et les pots témoins-Tte de façon similaire.

**Tableau VI** : Variation du nombre de ramification en fonction des temps de mesures et des traitements

Temps de mesure	Nombre de ramifications par traitement			
	Tte	Ptu	Dco	P value
T1	0,50 ± 0,83b	3,00 ± 0,47a	0,60 ± 0,69b	0,000*
T2	1,16 ± 0,98a	4,10 ± 0,87b	0,90 ± 0,73a	0,000*
T3	2,16 ± 1,47a	4,80 ± 0,78b	1,70 ± 0,94a	0,000*

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne sont significativement égales au seuil de 5 % ; T : temps de mesure ; Ptu : *Psathyrella tuberculata* ; Dco : *Daldinia concentrica* ; p-value\* : probabilité très significative ; Tte : parcelles sans apport de fertilisants

#### Nombre de bouquets floraux

Le nombre de bouquets floraux affecté par les traitements sont présentés dans le tableau VII. On a observé que, les plus grands nombres de bouquets floraux ont été notés sur les pots fertilisés avec *P. tuberculata*-Ptu aux différents temps de mesure (T1=3,80 ; T2=5,50 et T3=7,00) et les petits nombres de bouquets floraux respectivement dans les pots enrichis avec *D. concentrica*-Dco et les pots témoins-Tte. Autrement dit, on observe une différence hautement significative ( $p < 0,00001$ ) des traitements sur le nombre de bouquets floraux de la tomate quel que soit la période d'observation et ce, pendant la phase de fructification à la phase de maturation de la plante de la tomate. Les moyennes ont varié de 0,20 (T1-Dco) à 7,00 (T3-Ptu) avec les plus grands nombres de ramifications enregistrés dans les pots fertilisés avec *P. tuberculata*-Ptu et les petits nombres de ramifications, notés dans les pots enrichis avec *D. concentrica*-Dco et les pots témoins-Tte de façon identique.

### 4. Discussion

Les effets des fertilisants fongiques *P. tuberculata* et *D. concentrica* comparés au témoin sur la croissance et le développement des plantes de tomate en culture hors sol ont été déterminés. Les résultats issus des analyses statistiques montrent une amélioration dans le temps des différents paramètres considérés. Au niveau des paramètres de croissances, les grandes valeurs ont été enregistrées avec les pots enrichies à *P. tuberculata*. Ces valeurs sont respectivement de 1,06±1,64cm pour le diamètre au collet après 40 jours de planting (Temps d'observation T4) et respectivement de 63,40±19,08cm pour la hauteur des tiges ; de 24,00±4,63cm pour la longueur des feuilles ; de 15,98±3,71cm pour la largeur des feuilles et de 34,95±12,70 pour le nombre de feuilles après 60 jours de planting (Temps d'observation T6). Les faibles valeurs par contre ont été enregistrées dans les pots témoins et dans les pots enrichis avec *D. concentrica*, les valeurs de *Daldinia* étant statistiquement identique à ceux du témoin. En ce qui concerne les paramètres de développement que sont le nombre de ramification et le nombre de bouquets floraux, les résultats indiquent que les fortes valeurs ont été obtenues avec le traitement à *P. tuberculata* (4,80±0,78 pour les ramifications, 7,00±2,26 pour les bouquets floraux) et les valeurs faibles dans les pots n'ayant reçu aucun fertilisants suivis des pots enrichis *D. concentrica*. Les valeurs de *Daldinia* ont été également statistiquement identiques à ceux du témoin. L'amélioration des paramètres de croissances observées avec les plantes ayant reçu Ptu pourrait s'expliquer par le fait que le champignon posséderait dans sa composition des éléments nutritifs qui favorisent la bonne croissance des plantes lorsque celui-ci est libéré dans le milieu. En effet, les travaux de Falandysz et Borovicka (2013) sur les valeurs nutritionnelles et antioxydantes de quelques champignons ont permis de montrer que ceux-ci sont très riches en éléments minéraux. De même, les résultats des travaux de Soro (2014) sur les propriétés biochimiques et nutritives de deux champignons sauvages comestibles ont indiqués que la farine issue de *P. tuberculata* contient une teneur en minéraux élevée soit un pourcentage total de 52,87. Le pourcentage de ces minéraux était de 1, 12 % pour Ca ; 1,87 % pour Mg ; 2,97 % de Fe et 0,065 % de Zn pour 100 g de matière sèche. Kouamé *et al.* (2018) ont également démontré dans leur étude sur la caractérisation physicochimique de trois espèces de champignons sauvages comestibles que l'espèce *P. tuberculata* contient une forte teneur en cendres car celle-ci est fortement riche en éléments minéraux (phosphore, potassium et magnésium, fer, cuivre, zinc, iode, fluor, cobalt, chrome, chlore, soufre et sélénium). Les valeurs croissantes obtenues avec les paramètres de développement se justifie par le fait que les fertilisants organiques libère les minéraux progressivement, ce qui peut assurer leur disponibilité au moment du besoin effectif par la plante (Groga *et al.*, 2018). Les éléments nutritifs rendus suffisamment disponibles au fil du temps dans le sol

sont efficacement utilisés par les plantes cultivées (Ojetayo *et al.*, 2011) dans le temps car, Ptu met à la disposition de la plante les éléments nutritifs progressivement.

Pour donc évaluer le pouvoir fertilisant des espèces fongiques, le substrat utilisé pour la mise en place de la culture a été stérilisé afin d'éliminer tous les agresseurs qui y étaient présent. De ce fait l'action de Dco s'en est retrouvée réduite. En effet, l'action principale de Dco se situe dans la lutte bactérienne comme le montre les travaux de Akre *et al.* (2022) dans l'évaluation de l'activité antibactérienne de deux champignons supérieurs dont *D. concentrica* et *Volvariella volvacea*. En plein terre par contre, Dco permettrait la défense de la culture tout en favorisant la bonne assimilation des éléments nutritifs présents dans le milieu par la plante. Les travaux de Sawadogo (2017) corroborent ces faits. En effet, leurs résultats ont permis de montrer que les espèces du genre *Trichoderma* influencent la croissance des plantes en améliorant la biodisponibilité des nutriments du sol par la solubilisation du phosphate et d'autres éléments nutritifs comme le fer, le cuivre, le manganèse et le zinc (Sawadogo, 2017). L'action fertilisant de Dco se trouvant limité voire inexistante dans le milieu contrôlé justifie l'absence de croissance et de développement des plantes traitées avec celui-ci. La comparaison des effets fertilisants des espèces fongiques (*P. tuberculata* et *D. concentrica*) sur les paramètres de croissances et de développement de la tomate en hors sol a relevé que *Psathyrella tuberculata* a un pouvoir fertilisant supérieur à celui de *D. concentrica* dans un milieu contrôlé.

## 5. Conclusion

L'étude sur l'amélioration de la production de la tomate en hors sol visait à évaluer les effets des biofertilisants fongiques (*P. tuberculata* et *D. concentrica*) en hors sol sur la croissance et le développement de *Solanum lycopersicum* L. Cette étude s'inscrit dans la dynamique d'une amélioration durable de la productivité de cultures maraîchères par des pratiques respectueuses de l'environnement. Les résultats de l'étude ont montré que *P. tuberculata* favorise une bonne croissance végétative des plants, notamment sur le diamètre au collet, la hauteur des plantes, la longueur des feuilles, la largeur des feuilles et le nombre de feuille comparativement à *D. concentrica* et à la plante témoin. Cet effet a également été observé au niveau des paramètres de développement. En revanche en ce qui concerne *D. concentrica* l'étude a montré que dans certaines conditions ces effets se trouvent limités. En conditions expérimentales, l'utilisation de *P. tuberculata* comme amendements organiques a constitué une source d'éléments nutritifs nécessaires pour la croissance et le développement de la plante de tomate. Cette espèce fongique pourrait être une alternative à l'amélioration de la fertilité des sols agricoles. En perspective, il serait opportun de faire une étude sur le potentiel agronomique pour déterminer plus exactement le pouvoir fertilisant de *D. concentrica* et surtout de faire varier des doses d'utilisation de *P. tuberculata* qui serait optimale.

## Conflits d'Intérêts:

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts

## Contributions des auteurs

Ce travail a été réalisé en collaboration entre tous les auteurs. Les auteurs N'GANZOUA Kouamé René, GROGA Noel et N'DA Diane S.E ont conçu l'étude, rédigé le protocole expérimental. Les auteurs N'DOUBA A.P.F, ABOBI Akre H.D. et BAKAYOKO Sidiky ont fait les traitements statistiques

et interprété les résultats de l'étude. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

## Remerciement

Le laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole et l'équipe de recherche en Agro-pédologie de l'Université Jean Lorougnon Guédé tient à remercier toutes les structures partenaires de la recherche dans le champ disciplinaire pour leur collaboration au cours de cette étude. Nous remercions également la gouvernance de l'Université Jean Lorougnon Guédé Daloa pour nous avoir permis de travailler sur la parcelle expérimentale de l'Université.

## Références

- Adamou H., Garba M., Mairo M., Adamou B., Oumarou S. and Kimba A. (2017). Geographical distribution of the tomato borer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Niger. *Scholars Academic Journal of Biosciences* 5: 108-113.
- AGRIDAPE (2015). Agriculture durable à faibles apports externes N°31 volume 1. 35 p.
- Akre D.S.T., N'Douba A.P., Koffi A. E., Attéméné K. A., Koko A. C. et Ackah J. A. A. B. (2022). Evaluation de l'activité antibactérienne de deux champignons supérieurs (*Daldinia concentrica* et *Volvariella volvacea*) sur la croissance des souches de *Escherichia coli* multi-résistantes isolées à Daloa, Côte d'Ivoire. *Revue Africaine et Malgache de Recherches Scientifiques, Série Pharmacopée et médecine traditionnelles africaines*; 21(2) : 116-124.
- Baligar V.C., Fageria N.K. and He Z.L. (2001). *Nutrient use efficiency in plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 921–950.
- Cesati & De Notaris (1863). Fiche de *Daldinia concentrica* (Bolton). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). MNHN & OFB [ED]. 2003-2024. Site web :[https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/46706](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/46706) Consulté, le 7 février 2024
- Falandysz J. and Borovicka J. (2013). Nutritional values and antioxidant potential of some edible mushrooms of Kashmir valley. *Applied Microbiology Biotechnology* 97: 477- 501.
- Fondio L, Djidji AH, N'gbesso MFDP, Koné D. (2013). Evaluation de neuf variétés de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) par rapport au flétrissement bactérien et à la productivité. *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*, 7(3): 1078-1086.
- Groga N., Diomande M., Beugre G.A.M., Ouattara Y. et Akaffou D.S. (2018). Etude comparative de la qualité de la symbiose (*Anabaena azollae*, *Azolla caroliniana*), du compost et du NPK sur la croissance végétative et le rendement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* mill. *Solanacée*) à Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 129 : 13004 - 13014.
- INS (Institut National de Statistique) (2014). Recensement général de la population et de l'habitat. Résultats globaux, Abidjan, 22 p.
- Koffie B.C.Y. et Kra K.S. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. Institut de Géographie Tropical, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 : 9 p.

- Kouamé K.B., Koko A.C., Diomandé M., Konaté I. et Assidjo N.E. (2018). Caractérisation physico-chimique de trois espèces de champignons sauvages comestibles couramment rencontrées dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 121: 12110-12120.
- Ligban R., Gone L. D., Kamagate B., Saley M. B. et Biemi J. (2009). Processus hydrogéochimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(1) : 38 - 47.
- N'Zi J.C., Kouamé C., Assanvo S.P.N., Fondio L., Djidji A.H. et Sangaré A. (2010). Evolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn selon les variétés de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) au centre de la Côte d'Ivoire. *Sciences et Nature* 7 (1) : 31- 40.
- Ojetayo A.E., Olaniyi J.O., Akanbi W.B. and Olabiyi T.I., 2011.- Effect of fertilizer types on nutritional quality of two cabbage varieties before and after storage. *Journal of Applied Biosciences* 48:3322– 3330.
- Olanrewaju B. S., Moustier P., Mougeot L. et Abdou F. (2004). Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, Concepts et méthodes. CIRAD, CRDI, 173 p.
- Philouze, J. et Latterrot, H. (1992). La tomate dans : Amélioration des espèces cultivées. Objectif et critère de sélection. Ouvrage collectifs coordonnés par Galais A, Bannerot H, (Ed). Paris. INRA. Pp 379-391
- Psathyrella tuberculata* (Pat.) A.H. Sm. (1972). *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 24: 78 p
- Sangaré A., Koffi E., Akamou F. et Fall C. A. (2009).- État des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Ministère de l'agriculture, Abidjan, République de Côte d'Ivoire, Second rapport. 65 p.
- Sawadogo A. (2017). Evaluation de différentes formulations de compost associé ou non aux *Trichoderma* et/ou aux champignons mycorhiziens arbusculaire (CMA) sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et le rendement du chou (*Brassica oleracea* L.). Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur, Université N a z i Boni, Burkina Faso, 65 p.
- Soro S. (2014). Etudes des propriétés biochimiques et nutritives de deux champignons sauvages comestibles du centre de la Côte d'Ivoire : *Psathyrella tuberculata* et *Amanita rubescens*. Mémoire de Master, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 53p.
- Technisem (2022). Tomate F1 cobra 26. Fiche technique de semence. 1p