Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)
Numéro Spécial Productions Végétales, Animales et Halieutiques, Économie Rurale, Sociologie Rurale, Agronomie, Environnement, Développement Durable & Sécurité Alimentaire de l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA) – Octobre 2019
BRAB en ligne (on line) sur les sites web **http://www.slire.net** & **http://www.inrab.org**
ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Quel type d'abri pour mieux réussir la production de tomate de contre saison au Sud-Bénin ?

A. C. G. Mensah[53], F. Assogba Komlan[53], B. B Yarou[53], C. B. R. Aisso[53], H. Eké[53] et L. G. Amadji[54]

Résumé

La production de tomate en période de contre saison au sud-Bénin est influencée par des facteurs climatiques et par la pression des bioagresseurs. L'objectif de l'étude était d'évaluer l'effet d'un abri, sur les paramètres climatiques, de développement et de croissance et l'incidence de la virose sur les plants de tomate et la productivité de la tomate. Afin de proposer un système de culture de tomate adapté aux conditions des petits et moyens producteurs, l'effet d'abris [Hangar à différents niveaux d'ombrage (25 à 100%) et serre] sur le climat, la croissance, le développement des plants, l'incidence de la virose et le rendement, a été comparé à un témoin. Les résultats ont montré qu'avec la température, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les variations enregistrées sous les abris ombragés (32 à 34°C) et le témoin (33 à 35°C). La température enregistrée dans la serre était plus importante que celle du milieu ambiant. L'humidité relative a varié entre 50 et 70% pour l'abri ombragé à 75%, entre 70 et 90% pour les abris ombragés à 25 et 50% et sous le témoin de 95 à 100%. Quel que soit l'abri (le niveau d'ombrage ou la serre), l'incidence de la virose transmise par *Bemisia tabaci* a été tardive comparativement au témoin. L'effet de l'ombrage 100% a été négatif sur le développement (hauteur et ramification) et la croissance (floraison et fructification) des plants alors que celui des ombrages à 25, 50 et 75% a été positif sur ces mêmes paramètres. Sous la serre, un faible taux de nouaison des fleurs a été enregistré. Les rendements sont pratiquement nuls sous l'ombrage 100%. L'ombrage à 25% avec 1,63 t/ha a permis d'augmenter d'un tiers, le rendement de la tomate par rapport au témoin. La serre a permis d'obtenir 1,05 t/ha de tomate avec la variété PADMA. Ces résultats indiquent que la production de tomate en contre saison au sud-Bénin, ne peut être possible sous abri, que si le système permet une régulation totale des paramètres climatiques notamment la variation de température.

Mots clés : sud-Bénin, tomate, abri, ombrage, serre, climat.

What type of shelter to better succeed in the off-season tomato production in Southern Bénin?

Abstract

Tomato production in the off-season in southern Bénin is influenced by climatic factors and by the pressure from pests. The objective of the study was to assess the effect of shelter, on climatic, developmental and growth parameters and the incidence of virus infection on tomato plants and tomato productivity. In order to offer a tomato cultivation system adapted to the conditions of small and medium producers, the effect of shelters [Hangar at different shading levels (25 to 100%) and greenhouse] on the climate, growth, development of plants, incidence of virus infection and yield, was compared to a control. The results showed that with temperature, no significant difference ($p > 0.05$) was observed between the variations recorded under the shaded shelters (32 to 34 °C) and the control (33 to 35 °C). The temperature recorded in the greenhouse was higher than that of the ambient

[53] MSc., Ir. Armel Clément Goudjo MENSAH, Programme Cultures Maraîchères (PCM), Centre de Recherches Agricoles Plantes Pérennes (CRA-PP), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 95 81 4625, E-mail : mensaharmelcg@gmail.com, République du Bénin

Dr Ir. (MR) Françoise ASSOGBA KOMLAN, Secrétariat Général du Ministère, Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche, BP 2900 Cotonou, Tél. : (+229)95054105, E-mail : fassogba@gouv.bj, République du Bénin

Dr Barthélémy Boni YAROU, PCM/CRA-PP/INRAB, 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229)94226867, E-mail : yarouboni@ymail.com, République du Bénin

Dr. Coomlan Berthaud Richmy AISSO, PCM/CRA-PP/INRAB, 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229)97733007, E-mail : richmyaisso@yahoo.fr, République du Bénin

Hyacinthe EKE, PCM/CRA-PP/INRAB, 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229)97106976, E-mail : kehyace@gmail.com, République du Bénin

[54]Prof. Dr Ir. Lucien Guillaume AMADJI, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229)95058404, E-mail : gamadji@yahoo.fr, République du Bénin

environment. The relative humidity varied between 50 and 70% for the shaded shelter at 75%, between 70 and 90% for the shaded shelters at 25 and 50% and under the control from 95 to 100%. Regardless of the shelter (shade level or greenhouse), the incidence of viral transmission from *Bemisia tabacia* was late compared to the control. The effect of 100% shade was negative on the development (height and branching) and growth (flowering and fruiting) of plants while that of shading at 25, 50 and 75% was positive on these same parameters. In the greenhouse, a low rate of fruit setting was recorded. Yields are practically zero under 100% shade. The 25% shade with 1.63 t / ha increased the yield of the tomato by a third compared to the control. The greenhouse produced 1.05 t / ha of tomato with the PADMA variety. These results indicate that tomato production in the off-season in southern Benin can only be possible under shelter if the system allows total regulation of climatic parameters, notably temperature variation.

Key words: South Bénin, tomato, shelter, shade, greenhouse, climate.

INTRODUCTION

En production horticole, les systèmes de culture ont connu des évolutions du point de vue technicité depuis l'avènement de la révolution verte dans les pays développés (Griffon, 2002 ; Kafadaroff, 2008). La situation n'est pas la même dans les pays sous-développés (Conway, 1994). C'est le cas de la production de tomate où des tunnels et des abris (en verre, en plastique ou en filet-anti-insectes) permettent d'intensifier la production sur toute l'année (Langlais et Ryckewaert, 2000 ; Talekar *et al*., 2003 ; Simon et Minatchy, 2009). Toutefois, l'absence du contrôle des facteurs abiotiques (Wacquant, 1995 ; Harmanto et Salokhe, 2006) et biotiques (Trottin-Caudal, 1995 ; Michelle *et al.*, 2000 ; CTIFL, 2000) entravent la production de tomate dans les pays de l'Afrique au sud du Sahara (Reckhaus, 1997 ; Houndété *et al*., 2010 ; James *et al*., 2010 ; Sikirou *et al*., 2011 ; Chougourou *et al.,* 2012).

Consommée principalement sous sa forme fraîche (Adégbola *et al*., 2019), la production de la tomate occupe une place improtante parmi les spéculations maraîchères produites au Bénin. En effet, avec une production annuelle de 253 150 tonnes en 2018 (FAOSTAT, 2019), la tomate est le premier légume fruit le plus consommé au Bénin. Toutefois, sa production en contre saison au sud-Bénin, est confrontée aux facteurs climatiques (faible variation de l'écart thermique) et la pression des bioagresseurs en l'occurrence la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) vectrice de virose (Perez *et al*., 2017). Toutefois, le faible niveau de développement des pays au sud du Sahara, offre encore des opportunités pour la conception et la mise en place de systèmes horticoles écologiquement innovants et économiquement performants (Malézieux *et al*., 2009 ; Brévault *et al*., 2014).

Au nombre des techniques innovantes, sont distingués -i- le greffage (Kunwar *et al*., 2015), -ii- l'augmentation de la densité de plantation (van Heurn et van der Post, 2000), -iii- l'amélioration de l'irrigation (Letard, 2000), -iv- l'amélioration de la fertilisation (Raynal *et al*., 2007 ; Mensah *et al*, 2019); -v- le choix variétal (Perez *et al*., 2017) et -vi- le mode de conduite à savoir la culture hydroponique, la culture en plein champ, en serre, sous abri léger, etc. (Talekar *et al*., 2003). Ce travail est initié pour assurer la disponibilité de la tomate en toutes saisons en agissant sur le mode de conduite de cette plante. L'objectif de l'étude était d'évaluer l'effet d'un abri, sur les paramètres climatiques, de développement et de croissance et l'incidence de la virose sur les plants de tomate et la productivité de la tomate en période de contre saison au sud-Bénin.

ZONES D'ÉTUDE

Sur trois années consécutives (2017, 2018 et 2019) l'effet de deux types d'abris (ombrage et serre) sur la production de tomate en période de contre saison (décembre à avril) au Sud-Bénin a été évalué suivant une démarche co-constructive. Les types d'abris expérimentés ont varié d'une année à une autre. En 2017 et 2018, les essais ont été conduits en milieu contrôlé à la station (6°24'35'' Nord et 2°19'55'' Est) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) dans la commune d'Abomey-Calavi. En 2019, l'essai sous serre a été conduit en milieu réel sur une ferme expérimentale (6°37'33" Nord et 2°14'12" Est) située derrière le Lycée Agricole Médji de Sékou dans la commune d'Allada (Figure 1). Ces deux communes bénéficient d'un climat de type subéquatorial avec deux saisons pluvieuses (mars à juillet et septembre à octobre) et deux saisons sèches (Novembre à mars et juillet à Septembre). Le sol est principalement de type ferralitique au niveau de ces deux communes (Biaou, 2006 ; INSAE, 2012).

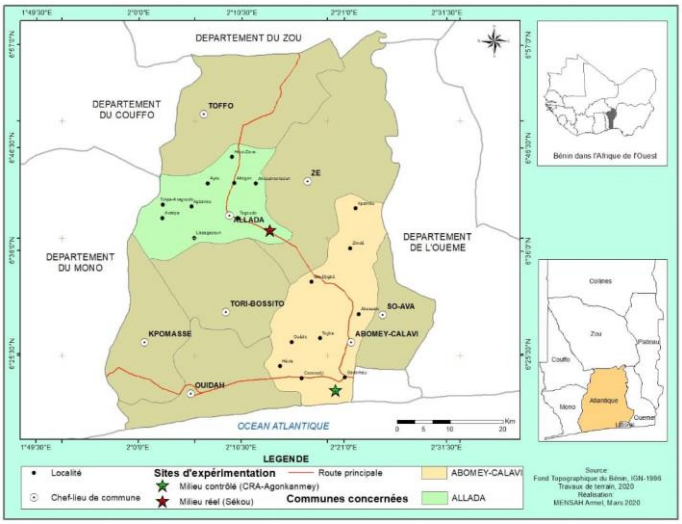

Figure 1. Localisation de la zone d'étude au Sud-Bénin

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Tests sous abris ombragés

Les tests sous abris ombragés ont été effectués en 2017 et en 2018. En 2017, un abri à 100% d'ombrage a été testé. L'abri a été construit avec des matériaux locaux en bois de teck (*Tectona grandis*). Un hangar d'une superficie de 344 m² (16 m x 23,5 m) et ayant une hauteur faîtière de 2,5 m a été installé. Les 100% d'ombrage ont été obtenus en couvrant l'ensemble du toit du hangar avec des feuilles de cocotier (*Cocos nucifera*) tissées (Figure 2).

Figure 2. Aspect des feuilles tissées de cocotier

Pour cette première année d'expérimentation (2017), le comportement de cinq variétés de tomate (FBT1, FBT2, FBT3, FBT4 et PADMA) a été testé sous l'abri ombragé à 100% suivant un dispositif en bloc alétoire complet à quatre répétitions en comparaison à un témoin avec le même nombre de traitements et de répétitions (Figure 3).

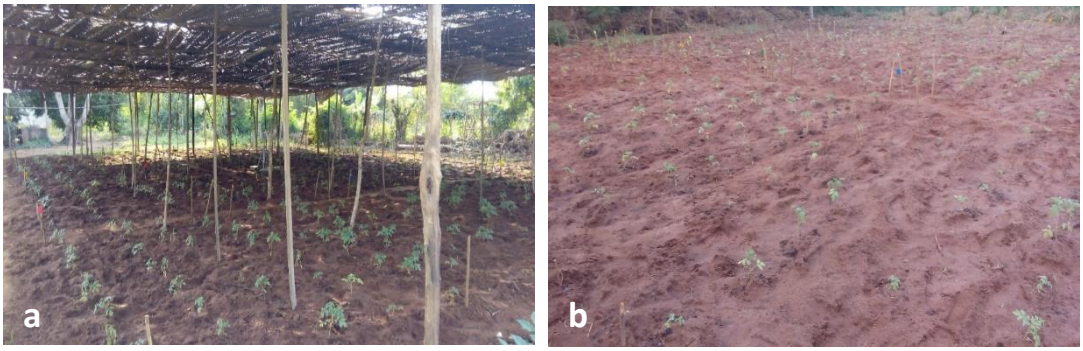

Figure 3. Aperçu du dispositif expérimental : a) traitements sous abri à 100% d'ombrage ; b) traitements sans abri (témoin) en 2017

Chaque variété a été installée sur des parcelles élémentaires de 12 m² (5 m x 2,4 m) comportant chacune quatre lignes de 10 plants (soit 160 plants/parcelle). Les parcelles ont été espacées de 0,5 m et les blocs de 1 m. Compte tenu des résultats obtenus avec l'abri à 100% d'ombrage en 2017, différents niveaux d'ombrage (25%, 50% et 75%) ont été testés en comparaison à un témoin (production en plein air) en 2018 (Figure 4). Ainsi, le comportement de deux variétés de tomate (PADMA et PLATINUM) a été évalué sous les différents niveaux d'ombrage dans un dispositif en split plot avec comme facteur principal le niveau d'ombrage et facteur secondaire la variété.

Témoin **Ombrage 25 %** **Ombrage 50 %** **Ombrage 75 %**

Figure 4. Aperçu des traitements installés sous différents niveaux d'ombrage en 2018

Les niveaux d'ombrage ont été générés grâce à des feuilles tissées de cocotier étalées sur des hangars de 40 m² (8 m x 5 m) et d'une hauteur faîtière de 2,5 m. Douze feuilles tissées de 2 m² ont permis de couvrir les 40 m² et de créer 100% d'ombrage. Ainsi, trois, six et neuf feuilles de 2 m² ont été réparties sur chaque hangar de 40 m² pour créer les niveaux d'ombrage correspondant respectivement au 25%, 50% et 75% (Figure 4).

Test sous abri en serre

En 2019, une serre avec une structure en armature métallique (100% galvanisé) de 300 m² (30 m x 10 m) a été utilisée pour les expérimentations (Figure 5a). Elle est caractérisée par une hauteur amorce de 2 m et une hauteur faîtière de 6 m. Elle a été protégée par un filet anti-insectes (50 µm de maille) sur les flancs latéraux et avec un plastic à 25% de polyéthylène au niveau de la faîtière. L'irrigation dans la serre a été assurée par un système d'irrigation goutte à goutte. Toutefois, aucun dispositif de régulation de températures, ni d'humidités n'a été installé dans la serre. En 2019, l'essai sous la serre en comparaison à une parcelle témoin en plein champ (Figure 5b) a été conduit uniquement sur la variété PADMA du fait de ses performances en terme de productivité et de résistance au flétrissement bactérien.

Production de tomate sous serre **Production de tomate en plein champ**

Figure 5. Aperçu du dispositif expérimental en 2019 : a) production sous serre ; b) production en plein champ (témoin)

Variétés de tomates testées

Au total six variétés de tomate ont été utilisées pour les essais. Les variétés dénommées Farako-Bâ Tomate (FBT 1, 2, 3 et 4) proviennent de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso (CNS, 2014). Elles ont été acquises dans le cadre du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) dans le but d'analyser leur adaptation aux conditions chaudes

et humides du sud-Bénin. Les variétés hybrides (PADMA et PLATINUM) ont été achetées dans le commerce local auprès de structures agrées de vente de semences maraîchères au Bénin. Ces variétés hybrides ont été choisies pour leur capacité à résister au flétrissement bactérien.

Données collectées

Paramètres climatiques et performances agronomiques

La température et l'humidité relative sont les principales données qui ont été enregistrées. Les capteurs ont été placés au niveau de chaque modalité (type d'abri). Le développement des plants (hauteur, nombre de ramifications), la floraison et la fructification de même que le rendement, sont les paramètres de performances agronomiques qui ont été évalués lors des essais. Les données relatives aux paramètres de croissance et de développement ont été collectées de manière hebdomadaire à partir de la deuxième semaine après le repiquage des plants. Les données de hauteur et de ramification ont été collectées sur 10 plants par parcelle élémentaire et par traitement. Les dates 50% floraison et 50% fructification ont été évaluées sur tous les plants par parcelle et par traitement. Sous la serre, le mode de conduite adopté (palissage sur ficelle verticale et enlèvement des ramifications secondaires) a fait que les données relatives à la hauteur et au nombre de ramifications n'ont pas été notées.

Incidence de la virose

L'incidence de la virose a été évaluée par observation directe de l'ensemble des plants par parcelle elémentaire pour chaque traitement suivant une échelle de Lapidot et Friedmann (2002) aux cinq niveaux suivants :

- 0 = Aucun symptôme.
- 1 = Très peu de symptômes de virose.
- 2 = Quelques symptômes, mais la plante présente un développement végétatif acceptable et peut donner quelques fruits.
- 3 = Symptômes évidents de virose : le plant est rabougri, les feuilles sont recroquevillées vers le haut et il peut y avoir un peu de jaunissement des feuilles.
- 4 = Symptômes sévères de virose : le plant est complètement rabougri, les feuilles sont toutes petites.

Les données sur l'incidence de la virose ont été collectées aux 30ème, 45ème et 60ème jours après le repiquage.

Analyses statistiques des données

Pour évaluer l'effet des abris (Ombrage avec différents niveaux et la serre) sur la croissance en hauteur et le nombre de ramifications des plants de tomate. Le modèle linéaire à effets mixtes "package lme4" (Douglas *et al*., 2015) a été utilisé pour les mesures de hauteur et le modèle linéaire généralisé (de famille poisson) à effets mixtes ont été estimés sur le comptage des ramifications. Pour évaluer l'effet des abris sur le rendement, le modèle linéaire à effets mixtes a été utilisé. De même, un modèle linéaire à effets mixtes sur données longitudinales a été estimé en vue d'évaluer l'effet des abris sur l'incidence de la virose. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel R version 3.6.2 (R Core Team, 2019). Les courbes de tendance évolutive ont été réalisées avec les moyennes ajustées calculées à l'aide du "package lsmeans" (Russell, 2016). Tous les graphiques et courbes illustratifs ont été réalisés à l'aide du package ggplot2 (Wickham, 2016) sauf les toiles d'araignées réalisées à l'aide du package fmsb (Nakazawa, 2019).

RÉSULTATS

Effet des abris sur la température et l'humidité relative

Les courbes des figures 6, 7 et 8 ont traduit l'évolution de la température et de l'humidité relative enregistrées sous les différents abris (hangar à 100% d'ombrage, hangars à 25, 50 et 75% d'ombrage et la serre) testés. Aussi bien la variation de la température (Figure 6a) que celle de l'humidité relative (Figure 6b), observée sous le hangar à 100% d'ombrage, n'a pas différé statistiquement ($p < 0,05$) de celle du témoin (sans hangar).

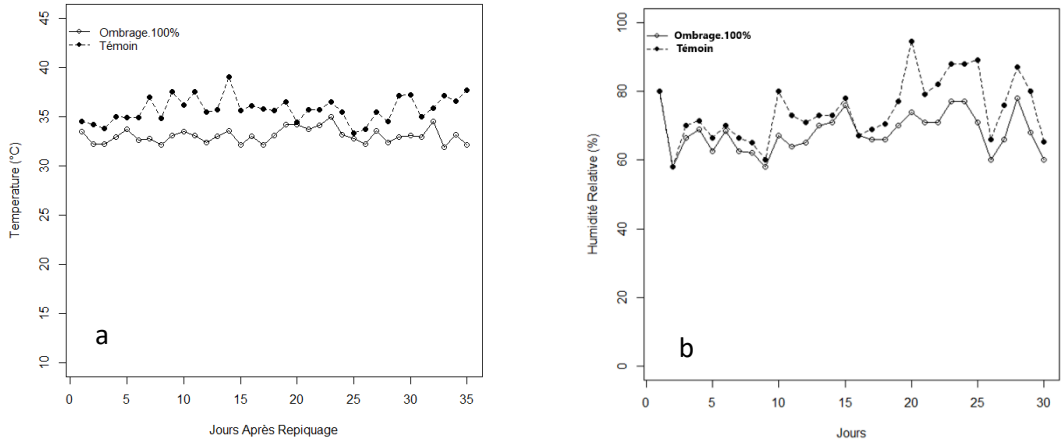

Figure 6. Variation de la température (a) et de l'humidité relative (b) sous abri à 100% d'ombrage

En variant le niveau d'ombrage, les observations ont montré que la variation de température tout au long de l'essai a été statistiquement similaire pour les trois niveaux d'ombrage (Figure 7a) et a oscillé autour de 35°C. La variation de l'humidité relative était restée relativement moins importante entre les trois niveaux d'ombrage (Figure 7a). Elle a varié entre 70 et 90% pour les hangars à 25 et 50% d'ombrage, 50 et 70% sous hangar à 75% d'ombrage et 95 à 100% pour le témoin. Comparée aux trois niveaux d'ombrage, l'humidité relative enregistrée dans le témoin a été significativement ($p < 0,0001$) plus élevée que celle relevée dans les hangars à 25, 50 et 75% d'ombrage. Les variations de température et d'humidité relative enregistrées lors de l'expérimentation en serre ont été représentées par la figure 7. La température obtenue sous la serre a été plus importante ($p > 0,05$) et a varié au cours de l'expérimentation que celle enregistrée dans les parcelles de tomate en plein champ (témoin) qui était restée constante autour de 34°C (Figure 8a). L'humidité relative maximale a été presque à saturation (Figure 8b).

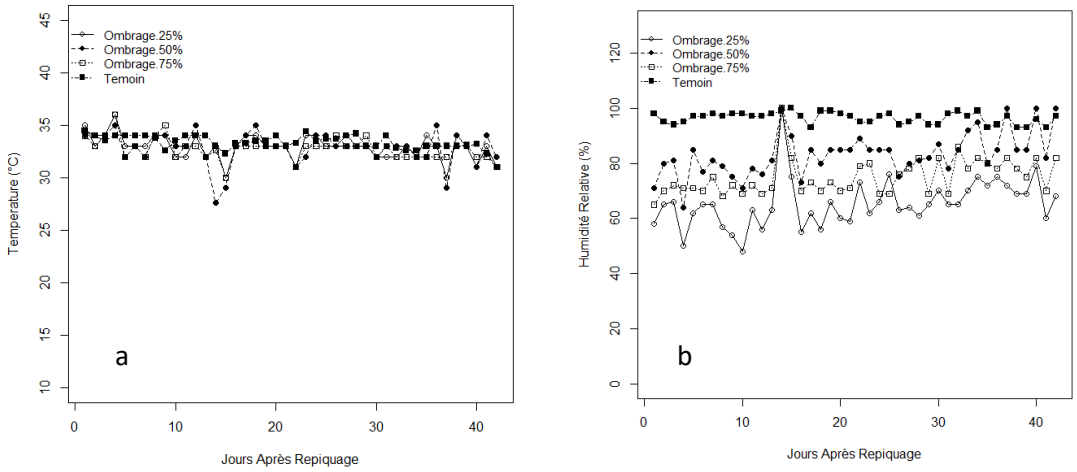

Figure 7. Variation de la température (a) et de l'humidité relative (b) sous abri à différents niveaux d'ombrage et le témoin en plein air.

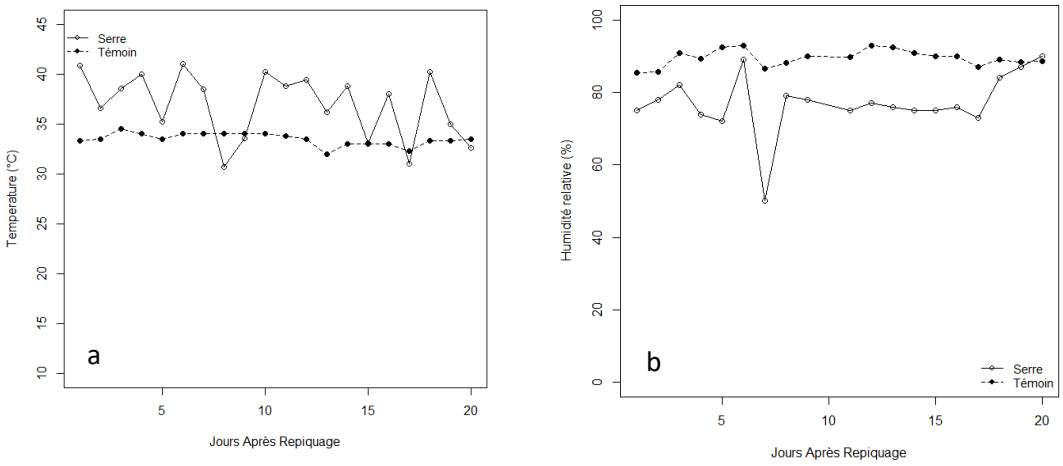

Figure 8. Variation de la température et de l'humidité relative sous serre

Effet des abris sur les paramètres de croissance et de développement des plants de tomate

Effet sur les paramètres de croissance

Les figures 9 et 10 ont illustré respectivement l'évolution de la hauteur des plants des différentes variétés de tomate et celle du nombre de ramifications sous les abris à différents niveaux d'ombrage comparée aux témoins.

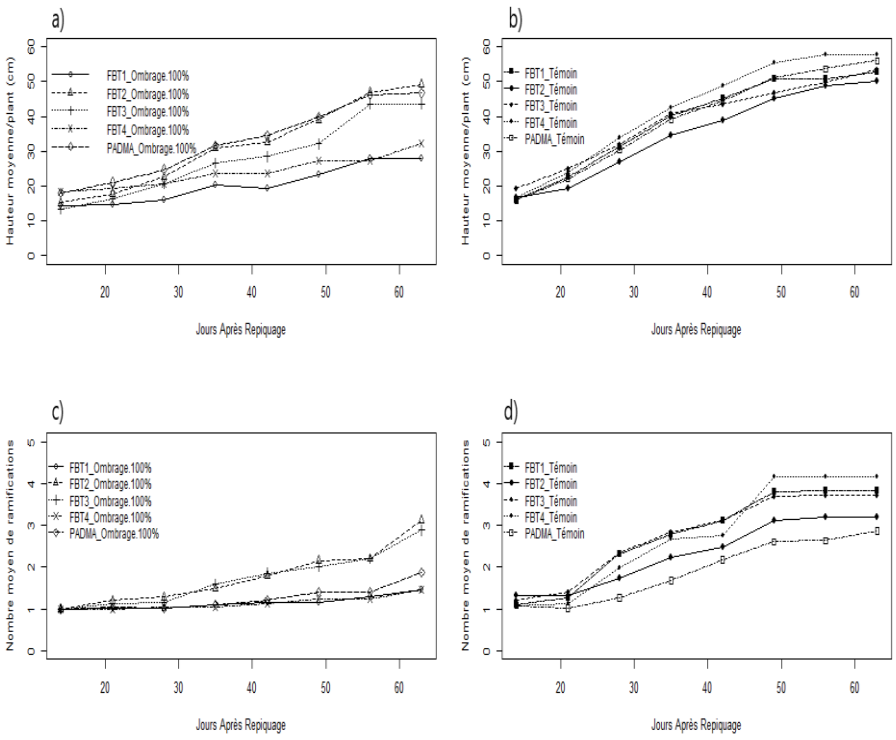

Figure 9. Évolution de la hauteur (a) et du nombre de ramifications des différentes variétés de tomate produites sous abri à 100% d'ombrage et en plein air (témoin sans abri)

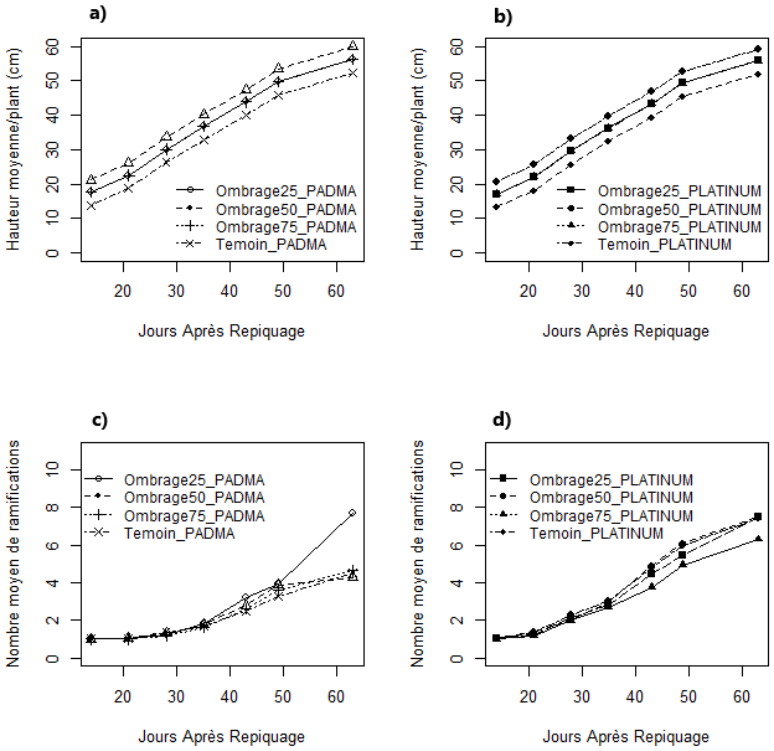

Figure 10. Évolution de la hauteur (a) et du nombre de ramifications des différentes variétés de tomate produites sous abri à 25, 50 et 75% d'ombrage et en plein air (témoin sans abri)

Sous l'abri à 100% d'ombrage (Figure 9a), quelle que soit la variété, la hauteur des plants de tomate a été significativement inférieure ($p < 0,0001$) à celle du témoin (Figure 9b). La hauteur moyenne des plants de tomate a varié de 26 à 47 cm sous abri à 100% d'ombrage et de 50 à 60 cm pour le témoin. La différence de hauteur d'une variété à l'autre a été significative aussi bien sous l'abri à 100% d'ombrage que pour le témoin ($p < 0,0123$). Le nombre de ramifications a été plus faible sous l'abri à 100% d'ombrage (Figure 9c) comparé au témoin (Figure 9d). Par contre, aucune différence n'est obtenue entre les variétés pour une même modalité ($p < 0,05$). L'évolution de la hauteur des plants de tomate et celle du nombre de ramifications de celles-ci sous les hangars à différents niveaux d'ombrage ont été illustrées sur la figure 10. Les plants sous ombrage ont évolué significativement en hauteur ($p < 0,0001$) que le témoin (Figures 10a et 10b), contrairement au nombre de ramifications par plant où aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été enregistrée quelle que soit la variété (Figures 10c et 10d).

Effet sur les paramètres de développement

Les tableaux 1, 2 et 3 ont présenté les dates de 50% floraison et 50% fructification respectivement sous le hangar à 100% d'ombrage, les hangars à différents niveaux d'ombrage (25, 50 et 75%) et la serre dans les conditions expérimentales.

Tableau 1. Date 50% floraison et fructification et taux de nouaison sous abri à 100% d'ombrage

Variétés	Témoin (Sans abri)		Abri à 100% d'ombrage	
	Date 50% Floraison (jours)	Date 50% Fructification (jours)	Date 50% Floraison (jours)	Date 50% Fructification (jours)
FBT1	24	57	-	-
FBT2	26	58	51,5	-
FBT3	23	59	59	-
FBT4	27	56	-	-
PADMA	30	49	47	-

Tableau 2. Date 50% floraison, fructification et taux de nouaison sous différents niveaux d'ombrage 25, 50 et 75%

Traitements	PADMA			PLATINUM		
	Date 50%		Taux de Nouaison (%)	Date 50%		Taux de Nouaison (%)
	Floraison (jours)	Fructification (jours)		Floraison (jours)	Fructification (jours)	
Témoin	34 a	54	39,22 a	23 a	54	20,48 a
Ombrage 25%	29 a	54	27,92 a	26 a	54	29,64 a
Ombrage 50%	34 a	54	34,31 a	23 a	54	22,52 a
Ombrage 75%	29 a	54	24,62 a	26 a	54	35,95 a

Tableau 3. Date 50% floraison et fructification et taux de nouaison sous serre

Traitements	Date 50% Floraison (jours)	Date 50% Fructification (jours)	Taux de nouaison (%)
Témoin	24 a	-	-
Serre	24 a	50	**9,20**

A 100% d'ombrage, la date 50% de floraison a été en général le double de celle du témoin, excepté les variétés FBT1 et FBT4, qui n'ont pas atteint cette date (Tableau 1). Par contre, aucune variété de tomate n'a atteint la date 50% fructification sous hangar à 100% d'ombrage au terme des essais (Tableau 1). En variant le niveau d'ombrage des hangars de 25 à 75%, aussi bien les dates 50% floraison et fructification et le taux de nouaison ont été statistiquement similaires quelle que soit la variété (PADMA, PLATINUM) et le niveau d'ombrage (Tableau 2). Dans la serre, la date de 50% floraison a été atteinte le même jour après repiquage avec le témoin. Par contre, la date 50% fructification et le taux de nouaison n'ont pas été évalués pour le témoin (Tableau 3).

Effet des abris sur l'incidence de la virose et le rendement de la tomate

L'influence des différents abris sur la sévérité de la virose suivant les variétés de tomate testées a été mise en exergue par la figure 11. Les rendements des différentes variétés de tomate enregistrés respectivement sous les abris à 100% d'ombrage, à différents niveaux d'ombrage et sous serre en comparaison avec leur témoin respectif en période de contre saison ont été présentés sur la figure 12. Sous le hangar à 100% d'ombrage, l'incidence de la virose a été identique pour toutes les variétés testées et statistiquement différent ($p < 0,05$) du témoin (Figure 10a). Par contre, la sévérité de la virose sous les trois niveaux d'ombrage a été statistiquement ($p > 0,05$) identique au témoin quelle que soit la variété (Figure 11b). L'armature en serre a permis de réduire significativement ($p < 0,05$) l'incidence de la virose comparée au témoin (Figure 11b).

Sous abri à 100% d'ombrage les niveaux de rendement ont été nulles pour les variétés FBT1 et FBT4 et pour les variétés PADMA, FBT2 et FBT3 respectivement de 0,02 t/ha, de 0,01 t/ha et de 0,01 t/ha. Sous le témoin sans abri, seule la variété PADMA a atteint 1 t/ha. Les variétés FBT1 et FBT2 ont donné un rendement moyen de l'ordre de 0,7 t/ha alors que les variétés FBT3 et FBT4 ont affiché respectivement 0,4 et 0,34 t/ha (Figure 12a). L'impact de l'abri a été hautement significatif ($p < 0.0000$) sur le rendement des variétés comparé au témoin.

En variant les niveaux d'ombrage du hangar, une augmentation du 1/3 du rendement a été obtenue sous le hangar à 25% d'ombrage comparativement au témoin quelle que soit la variété PADMA et PLATINUM (Figure 12b). Cependant, aucune différence significative n'a été notée pour les différents niveaux d'ombrage ($p > 0,05$) de même que pour les variétés ($p > 0,05$). Sous la serre, un rendement moyen de 1,05 t/ha est obtenu avec la variété PADMA. Du fait de la forte sévérité de la virose au niveau du témoin, les plants n'ont pas atteint le stade productif (Figure 12c).

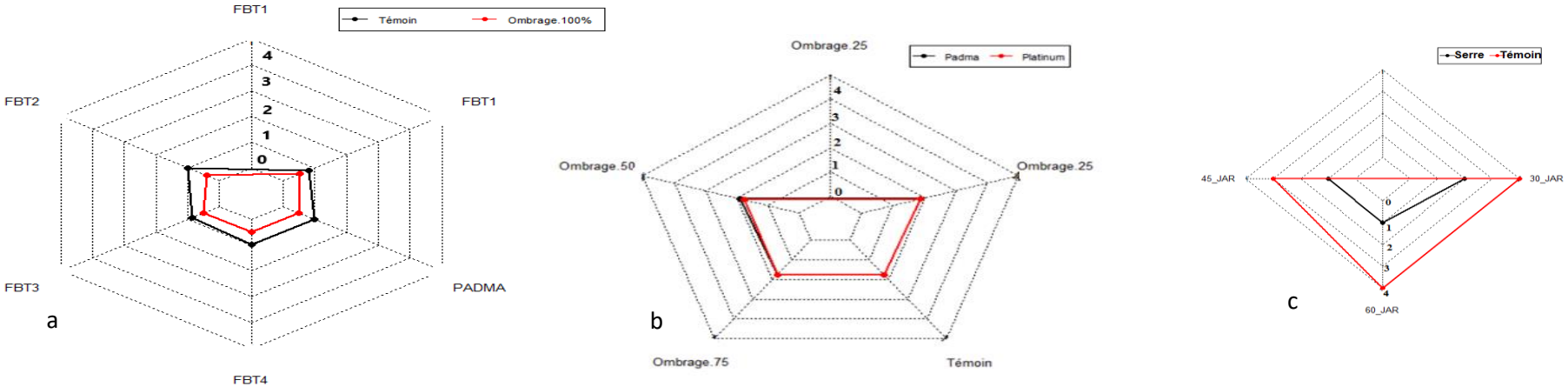

Figure 11. Sévérité de la virose sous abri – a) sous abri à 100% d'ombrage, b) sous abri avec 25, 50 et 75% d'ombrage et c) sous serre

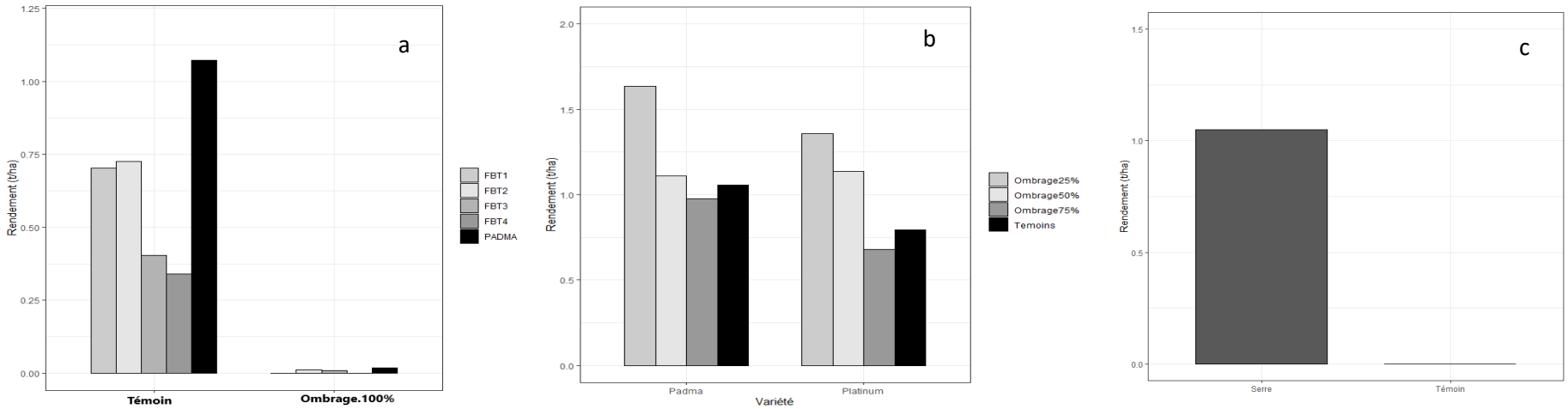

Figure12. Rendement moyen des différentes variétés de tomates a) sous abri à 100% d'ombrage, b) sous abri à 25, 50 et 75% d'ombrage et c) sous serre

DISCUSSION

En plus des problèmes des bioagresseurs, la température et l'humidité relative sont les principaux facteurs qui entravent la production de la tomate de contre saison au sud-Bénin (Mensah *et al*., 2016). Aussi, dans l'étude, l'effet de différents types d'abris sur la productivité de différentes variétés de tomates est-il évalué suivant une démarche co-constructive. Les résultats obtenus sur les données climatiques étudiées, indiquent de fortes températures autour des plants de tomate en période dite de contre saison au sud-Bénin. Outre, les fortes températures, les résultats révèlent aussi une élévation de l'humidité relative sous la serre. Ces observations se rapprochent des travaux de Mensah *et al*. (2016). Les différents types d'abris diminuent cette température comparativement au témoin. Toutefois, cette baisse de la température ne permet pas d'atteindre le seuil optimal (28°C) pour la production de tomate (AVRDC, 1992). La température augmente aussi sous la serre. Cette situation s'explique par l'absence d'un système de ventilation dans la serre. En effet, l'utilisation d'une serre sans gestion des fortes chaleurs, engendre un effet de serre qui augmente les températures autour des plants de tomate (Langlais et Ryckewaert, 2000).

Avec les paramètres de croissance étudiés, les résultats montrent qu'à l'exception du hangar à 100% d'ombrage, la hauteur et le nombre de ramifications des plants sont plus importants dans les hangars à 25, 50 et 75% d'ombrage par rapport au témoin. Le retard de la croissance des plants sous le hangar à 100% d'ombrage s'explique par la faible transmission des radiations solaires (de Lannoy, 2001) due à la structure du hangar couvert de feuilles tissées de coco ne laissant passer aucun rayonnement solaire vertical.

L'atteinte des dates 50% floraison et fructification avec les témoins permet d'apprécier la faible luminosité sous les hangars (25 à 100% d'ombrage). Cela explique d'une part le retard dans l'atteinte de la date 50% floraison chez certaines variétés et d'autre part la non floraison à cette date pour les autres variétés. En condition hivernale au sud-Bénin, ces mêmes variétés mettent entre 21 et 26 jours pour atteindre la date de 50% floraison et 35 jours pour 50% fructification (Assogba Komlan et Mensah, 2016). Sous la serre, l'humidité relative se situe autour de 80% pendant l'essai et le faible taux de nouaison enregistré s'explique par deux éléments majeurs. Le premier étant l'élévation de la température tandis que le deuxième se caractérise par la non vibration et le non soufflement des fleurs et par l'absence des insectes pollinisateurs (Simon et Minatchy, 2009). A ceci s'ajoute la gestion des fortes chaleurs sous serre à travers l'aération, le cooling, la brumisation ou la nébulisation, les films, les écrans, le blanchiment (Simon et Minatchy, 2009) nécessitant selon Boulard *et al*. (1991), la mise en place d'un système d'énergie couteux.

Les résultats de l'étude indiquent que les plants de tomates sous abri (ombrage et serre) connaissent moins l'attaque par la virose contrairement aux plants de tomates produits en plein air. Ces résultats se rapprochent des travaux de Michelle et James (2000); Taylor *et al*. (2001); Harmanto Tautau et Salokhe (2006). Ces auteurs montrent que l'utilisation de filet anti-insectes sur les ouvertures des abris ou des auvents des serres permet de réduire l'entrée de *Bemisia tabaci* et autres ravageurs aériens. Outre l'utilisation d'abri ou de serre, la sévérité de la virose en période de contre saison avec le témoin peut être retardée par l'utilisation de variétés résistantes comme le stipulent les travaux de (Perez *et al*., 2017).

En dehors de l'abri à 25% d'ombrage, de faibles rendements s'enregistrent sous les ombrages comparativement aux témoins quelle que soit la variété de tomate. Ces faibles rendements s'expliquent par l'absence ou le retard de la floraison. La faible luminosité sous les autres abris impacte négativement l'activité photosynthétique des plants de tomates (AVRDC, 1992).

Les niveaux de rendement obtenus en période de contre saison, dans les conditions expérimentales, sont inférieurs aux potentiels des mêmes variétés en condition d'hivernage qui sont de l'ordre de 8, 17 et 19 t/ha respectivement pour les variétés FBT1, FBT2 et FBT3 (Assogba Komlan et Mensah, 2016) au sud-Bénin. Ils sont encore, inférieurs à ceux obtenus en conditions pluviales par l'INERA au Burkina Faso où les mêmes variétés affichent des rendements de l'ordre de 25, 28 et 32 t/ha respectivement pour FBT1, FBT2 et FBT3 dans leur zone de création (CNS, 2014).

En dehors des faibles rendements sous les différents niveaux d'ombrage (25 à 75%), la technique d'ombrage à 25% permet une augmentation du 1/3 du rendement de la tomate en période de contre saison comparé au témoin. Il ne peut en être autrement dans la mesure où l'ombrage à 25% laisse passer 75% des radiations solaires correspondant à la capacité de transmission des films plastiques,

tôles polycarbonates (Langlais et Ryckewaert, 2000), filet anti-insectes (Taylor *et al*., 2001; Assogba Komlan *et al*., 2014) utilisés dans la construction des abris ou serres.

L'absence de vibrage des fleurs et la non introduction de faux bourdons et des abeilles sous la serre explique le faible taux de nouaison. A cela s'ajoute l'augmentation de la température par effet de serre occasionnant la chute des fruits noués et par conséquent le faible rendement obtenu sous la serre. Le niveau de sévérité de la virose enregistré sur les plants du témoin au cours de la période d'étude confirme la forte pression des mouches blanches et la difficulté des plants à produire de la tomate en période de contre saison au sud-Bénin.

CONCLUSION

L'évaluation de l'effet des abris (hangar à différents niveaux d'ombrage et une serre) montre que ces abris à l'exception de la serre, créent certes un micro climat (diminution de la température et de l'Humidité Relative). Toutefois, ce micro climat ne présente pas des conditions optimales pour la production de tomate. De plus, ces hangars ne garantissent pas une production sur une longue durée. L'utilisation de la serre est la meilleure option pour une production durable. Cependant, le type de serre expérimenté au stade actuel ne présente pas encore les conditions optimales pour la production de tomate dans le sud-Bénin. Au sud-Bénin, la production de tomate sous serre n'est possible que si la serre permet une régulation des paramètres climatiques. Aussi, importe-t-il d'approfondir cette piste afin d'évaluer la rentabilité de la production de tomate sous serre en période de contre saison au sud-Bénin.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adégbola, Y. P., N. R. Ahoyo Adjovi, S. A. Adekambi, R. Zossou, E. S. Sonehekpon, F. Assogba Komlan, E. Djossa, 2019: Consumer Preferences for Fresh Tomatoes in Benin using a Conjoint Analysis, Journal of International Food & Agribusiness Marketing, 31 (1) : 1 – 21. DOI: 10.1080/08974438.2018.1469448

Assogba Komlan, F., Mensah A. C. G., 2016 : Evaluation préliminaire de trois variétés de tomate du CNS-FL Burkina Faso en conditions chaudes et humides du Sud-Bénin. Rapport final d'activités. 6 p.

Assogba Komlan, F., S. Simon, L. Adjaïto, R. Agbozo, A. Mensah, C., Ahouangninou, M. Ngouajio, T. Martin, 2014 : Evaluation de l'effet de cinq différentes couleurs de filets anti-insectes sur la lutte contre les ravageurs et la productivité du chou (*Brassica oleracea*) au Sud-Bénin. BRAB Numéro 76. En ligne (on line) sur le site web http://www.slire.net ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840 - 7099.

AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center), 1992: Vegetable production training manual. Shanhua, Tainan. Reprinted 1992. 447 p.

Biaou, C. F., 2006 : Monographie de Abomey-Calavi. Afrique Conseil. http://www.ancb-benin.org/pdc-sdac-monographies/monographies_communales/Monographie économie de la commune de Abomey-Calavi. 78 p.

Boulard T., A. Baille, F. Le Galle, 1991 : Etude de différentes méthodes de refroidissement sur le climat et la transpiration de tomate de serre – Agronomie, 11 : 543 – 553.

Brévault, T., A. Renou, J. F. Vayssières, G. Amadji, F. Assogba Komlan, M. Dalanda Diallo, H. De B., K. Diarra, A. Hamadoun, J. Huat, P. Marnotte, P. Menozzi, P. Prudent, J.-Y. Rey, D. Sall, P. Silvie, S. Simon, A. Sinzogan, V. Soti, M. Tamo, P. Clouvel. 2014: DIVECOSYS: Bringing together researchers to design ecologically-based pest management for small-scale farming systems in West Africa. Crop Protection 66 : 53 - 60. http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2014.08.017.

C.T.I.F.L. (Centre Technique Interprofessionnelle des Fruits et Légumes), 2000 : Maîtrise de la protection sanitaire, Tomates sous serre et abris. 127 p.

Chougourou D. C., A. Agbaka, J. B. Adjakpa, R. Ehinnou Koutchika, U. G. Kponhinto et E. J. N. Adjalian, 2012 : Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (Lycopersicon esculentum Mill) dans la Commune de Djakotomey au Bénin. International. Journal of Biological and. Chemical Sciences. 6 (4) : 1798 – 1804. DOI : http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.34.

CNS (Comité National des Semences) 2014 : Catalogue National des Espèces et Variétés Agricoles du Burkina Faso. 81 p.

Conway, G., 1994 : Une agriculture durable pour la sécurité alimentaire mondiale. Montpellier : CIRAD-GERDAT. ISBN : 2-87614-183-3. Agritrop (https://agritrop.cirad.fr/312508/). 36 p.

de Lannoy, G., 2001 : Tomate (*Lycopersicon esculentum*), In Agriculture en Afrique Tropicale, Raemaekers R. Edition DGCI, (2001). 1634 p.

Bates, D., M. Maechler, B. Bolker, S. Walker, 2015: Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67 (1) : 1 - 48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

FAOSTAT, 2019. Statistiques Agricoles. http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC. Consulté le 16/06/2019 à 10h.

Griffon, M. 2002 : Révolution Verte, Révolution Doublement Verte Quelles technologies, institutions et recherche pour les agricultures de l'avenir? Mondes en développement, 117 (1) : 39 - 44.

Harmanto Tautau, H.J, Salokhe, V.M., 2006: Microclimate and air exchange rate in greenhouses covered with differents net in the humid tropics, Elsevier Ltd. Biosystems engineering 94 (2) : 239 - 235.

Houndété, T.A., G.K. Kétoh, O. Hema, T. Brévault, I. A. Glitho, T. Martin, 2010: Insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa. Pest Manag. Sc. 66 : 1181 – 1185.

INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2012 : Annuaire statistique 2010. Bénin, 664 p.

James, B., C. Atcha-Ahowé, I. Godonou, H. Baimey, G. Goergen, R. Sikirou, M. Toko, 2010 : Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. IIITA, Ibadan, Nigeria. 120 p.

Kafadaroff, G. 2008 : Agriculture durable et nouvelle révolution verte. Le publieur. 292 p.

Kunwar, S., M. L. Paret, S. M. Olson, L. Ritchie, J. R. Rich, J. Freeman, T. McAvoy, 2015: Grafting using rootstocks with resistance to *Ralstonia solanacearum* against *Meloidogyne incognita* in tomato production. Plant Dis. 99 : 119 - 124.

Langlais, C., Ryckewaert, P., 2000 : Guide de la culture sous abri en zone tropicale humide. Edition Chantal Loison, Service des publications, CIRAD – FLHOR. 91 p.

Lapidot, M., Friedmann, M., 2002: Breeding for resistance to whitefy-transmitted geminiviruses. Annals of Applied Biology, 140 (2) : 109 - 127. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2002.tb00163.x

Letard, M., 2000 : Maîtrise de l'irrigation tomate sous serre et abris en sol. Paris, France, CTIFL. 220 p. ISBN : 2-87911-068-8.

Malézieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, 2009: Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 29 (1) : 43 - 62.

Mensah A. C. G., S. Simon, F. Assogba Komlan, L. Adjaïto, T. Martin, M. Ngouajio., 2016 : Intensification de la culture de tomate sous filet anti-insectes en région péri urbaine du Sud-Bénin. Revue Science et Technique, Sciences Naturelles et agronomies, Spécial hors série n° 2, pp. 267 - 283. ISSN : 1011-6028.

Bell, M.L., Baker, J.R.,. 2000 : Comparison of Greenhouse Screening Materials for Excluding Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and Thrips (*Thysanoptera Thripidae*). Journal of Economic Entomology. 93 (3) : 800 - 804.

Nakazawa, M., 2019: Functions for Medical Statistics Book with some Demographic Data. R package version 0.7.0.

Perez, K., S.F. Jefrey., I.K. Abdourhamane, V. Levasseur, A. Mensah, O. Bonsu, B. Habsatou, F. Assogba Komlan, A. Ali Alfari, A.A. Mbaye, M. Noussourou, L.C. Otoidobiga, L. Ouédraogo, T.K.K.T. Gamby, F. Shotkoski, R. Gilbertson, M. Jahn, M. Rojas., 2017: Connecting smallholder tomato producers to improved seed in West Africa. Agriculture & Food Security, 6 (42) : 1 - 14. DOI 10.1186/s40066-017-0118-4.

Raynal, C., S. Le Quilleec, D. Gra, 2007 : La fertilisation azotée des légumes sous abri. CTIFL, Paris, France. http://www.ctifl.fr/Pages/Kiosque/DetailsOuvrage.aspx?idouvrage=571. ISBN 2-87911- 221 - 4. 104 p.

Reckhaus, P., 1997 : Maladies et ravageurs des cultures maraîchères, à l'exemple de Madagascar. Ed. Margraf Verlag BP 1205, 97985 Weikersheim, Allemagne, ISBN 3-8236-1274-3. 402 p.

Russell, V. L., 2016: Least-Squares Means: The R Package lsmeans. Journal of Statistical Software, 69 (1), 1 - 33.

Sikirou, R., F. Assogba Komlan, F. Tosso, T. Agassounon, 2011 : Efficacité de la sève du pseudo-tronc du bananier contre le champignon *Sclerotium rolfsii*, un agent causal du flétrissement de la tomate. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin 70 : 48 – 59. http://www.slire.net. ISBN 1840-7099.

Simon, S., Minatchy, J., 2009 : Guide de la tomate hors sol à la Réunion. ISBN CIRAD : 978-2-87614-663. Dépôt légal Février 2009. 186 p.

Talekar, N.S., F.C. Su, M.Y. Lin, 2003: How to Grow Safer Leafy Vegetables in Nethouses and Net Tunnels. AVRDC pub 03-558. 6 p.

Taylor, R.A.J., S. Shalhevet, I. Spharim, M.J. Berlinger, S. Lebiush-Mordechi, 2001 : Economic evaluation of insect-proof screens for preventing tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. Crop Protection 20 (7) : 561-569.

Trottin-Caudal, Y., 1995 : Tomate sous serre et abris. Maîtrise de la protection phytosanitaire. CTIFL, Paris, France, ISBN 2-87911-069-6. 174 p.

Van Heurn, E., Van der Post, K., 2004 : Agrodok 23, Agriculture sous abri : Structure, conditions requises et usage des serres sous différents climats, Première édition : 2004. ISBN : 90-77073-37-X, NUGI : 835. 86 p.

Wacquant, C., 1995 : Tomate sous serre et abris. Maîtrise de la conduite climatique. CTIFL, Paris, France, ISBN 2-87911-070-X. 174 p.

Wickham, H., 2016: ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.