

Intensification de la culture de tomate sous abri couvert de filet anti-insectes en région chaude et humide du Sud-Bénin

Armel C. G. MENSAH^{*}, Serge SIMON^{1,2}, Françoise Assogba KOMLAN¹,
Léonce ADJAÏTO¹, Thibaud MARTIN^{2,4} et Mathieu NGOUAJIO³

Résumé

Dans le but de diversifier le système de production de la tomate et réduire l'utilisation des pesticides au Sud Bénin, trois modalités d'intensification à savoir : « Avec taille en plein champ », « Sans taille sous AgroNet » et « Avec taille sous AgroNet » ont été comparées à un témoin « Sans Taille en plein champ ». L'effet du filet « AgroNet » et de la taille sur la croissance et le développement des plants, l'efficacité du filet vis-à-vis des ravageurs et maladies, l'incidence des oiseaux, les niveaux de rendements, la modification du microclimat et la rentabilité financière de ces systèmes ont été évalués. Les résultats indiquent que l'intensification de la production agricole sous abri AgroNet augmente certes la température (de 4 à 6°C) et l'humidité relative (entre 70 % et 80 %), mais n'impacte pas négativement la croissance et le développement des plants de tomate. L'utilisation du filet a permis de réduire significativement l'incidence des oiseaux. Des rendements commercialisables de l'ordre de 50 à 57 t/ha ont été obtenus sous filet. Les marges nettes dégagées sous filet sont plus élevées sur un marché bio (407 F CFA / Kg) que sur un marché conventionnel (7 F CFA / Kg). L'étude a permis de produire des tomates saines, sans risque de résidus de pesticide.

Mot-clés : Tomate, intensification agricole, taille, AgroNet, Sud Bénin.

Abstract

In order to diversify the tomato production system in South Benin, three modalities of intensification namely: "With prune of the plants in the field", "No prune of plants under AgroNet" and "With prune of plants under AgroNet" were compared to a reference "Without prune of the plants in an open field." The effect of the net "AgroNet" and that of prune on the growth and development of plants, the efficiency of net against the pests and diseases, the incidence of birds, the levels of the yield, changes in the microclimate and the financial viability of these systems were evaluated. The results indicate that the intensification of the agricultural production under the shelter "AgroNet" certainly increases the temperature (4 to 6 ° C) and relative humidity (between 70% and 80%) but does not negatively impact the growth and development of the tomato plants. The use of the net has significantly reduced the incidence of birds. Marketable yields of around 50-57 t / ha were obtained under net. Net margins are netted higher on an organic market (407 CFPA / kg) than a conventional market (7 FCFA / kg). The study allowed the production of healthy tomatoes without the risk of pesticide residues.

Keywords : Tomato, agricultural intensification, prune, AgroNet, Southern Benin.

¹ Programme Cultures Maraîchères de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884, Cotonou, Bénin

² CIRAD : UPR HORTSYS, F-34398 Montpellier Cedex 5, France

³ Department of Horticulture, Michigan State University, East Lansing, MI 48824, USA

⁴ ICIPE, PO Box 30772-00100, Nairobi, Kenya

* Auteur correspondant E-mail : malconico2@gmail.com

Introduction

La répartition mondiale des cultures sous abri selon trois grandes classes de climat, indique 28 %, 60 % et 12 % respectivement pour la région méditerranéenne, les zones tempérées (d'Europe, d'Asie et d'Amérique) et les régions tropicales et subtropicales (BOULARD, 2008). En termes de superficies emblavées, les cultures sous abri comptent pour 71 %, 20 %, 4 % et 3,2 % respectivement en Extrême Orient, en Europe, au Moyen Orient et en Amérique (BOULARD, 2008). En Afrique, les cultures sous abri occupent seulement 2,5 % des superficies horticoles (BOULARD, 2008). Existants sous diverses formes, allant du plus simple (film plastique, tunnel) au plus complexe (serre en plastique, serre canarienne et serre en verre), les abris permettent non seulement d'augmenter les rendements mais surtout de cultiver de nombreux végétaux hors de leur zone d'origine d'une part et d'avoir des cultures hors saison d'autre part (LANGLAIS et RYCKEWAERT, 2000). La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), l'une des spéculations les plus pratiquées sous abri, est cultivée dans plus de 170 pays et représente le premier légume en termes de volume de production (FAOSTAT, 2014).

Au Bénin, la culture de la tomate est essentiellement extensive en plein champ aussi bien en saison hivernale qu'en contre saison avec des techniques culturales restées peu performantes et des variétés à croissance déterminée pour la plupart (Assogba KOMLAN *et al.*, 2013). C'est une production de type conventionnel avec des risques de présence de résidus de pesticides (SÆTHRE *et al.*, 2011 ; AHOAGNINO *et al.*, 2012).

De nos jours, avec les objectifs de réduction de l'utilisation des pesticides (RICCI, 2011), les filets anti-insectes apparaissent comme un moyen de lutte alternative contre les bioagresseurs des cultures maraîchères (TAYLOR *et al.*, 2001, WEINTRAUB, 2009). Ils sont utilisés pour la protection des auvents et faces latérales des abris dans les zones tempérées mais aussi dans les régions chaudes des zones sub-tropicales ou tropicales (HARMANTO, 2006).

En Afrique, au Kenya, Gogo *et al.*, 2014 ont montré que les filets anti-insectes ont permis de réduire de 70 %, voire éviter totalement (100 %) les pulvérisations d'insecticides sur le chou (*Brassica oleracea*). Ces observations ont été similaires aux premières expérimentations à base de filet anti-insectes sur la culture du chou au Bénin (MARTIN *et al.*, 2006 ; LICCIARDI *et al.*, 2008 ; SIMON *et al.*, 2013).

Selon van Heurn et van der Post (2000), les techniques telles que l'amélioration de la fertilisation, de l'irrigation, l'augmentation de la densité, une modification du type variétal et le mode de conduite permettent l'intensification des cultures. La présente étude s'est appuyée sur le changement du mode de conduite pour l'amélioration de la production de tomate sous abri à base de filet-anti-insectes en région péri-urbaine du Sud-Bénin. Ainsi, il a été conçu et expérimenté l'intensification de la culture de la tomate sous deux abris couverts de filet anti-insectes. L'objectif a été de mesurer l'impact de ces abris couverts de filet anti-insectes sur la croissance et le développement des plants de tomate, les paramètres climatiques, le rendement et d'en évaluer la rentabilité économique sur les marchés conventionnels et biologiques en condition du Sud-Bénin.

Matériel et méthodes

Matériel

Localisation du site

L'essai a été conduit en station sur le site expérimental du Programme Cultures Maraîchères sis au Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-A) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) d'avril à août 2013. Le CRA-A est situé dans le sud du Bénin plus précisément à 6°24'35" Nord et 2°19'55" Est. Le climat est du type subéquatorial, chaud, humide et se caractérise par des températures qui oscillent entre 28 – 32°C pour les maxima et entre 23–26°C pour les minima avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1245 mm (INSAE, 2012).

Matériel végétal

La variété de tomate Mongal recommandée en grande saison au Sud-Bénin est celle utilisée.

Le filet anti-insectes

Il s'agit du filet AgroNet® de la société AtoZ Textil Mills Ltd basée en Tanzanie. C'est un filet issu du tricotage de 3 fibres blanches de polyéthylène aboutissant à l'élaboration de mailles de 0,4 mm.

Méthodes

Dispositif expérimental et traitements

Le dispositif expérimental comprend quatre modalités constituées de la combinaison de deux facteurs imbriqués. Le premier facteur est le mode de culture (plein champ vs sous filet anti-insectes) et le second facteur est le mode de conduite (sans taille vs avec taille). Ainsi, les modalités comparées se présentent comme suit :

- Culture de tomate sans taille en plein champ (Sans taille PC) : Témoin ;
- Culture de tomate avec taille en plein champ (Avec taille PC) ;
- Culture de tomate sans taille sous filet anti-insectes AgroNet (Sans taille AgroNet): Photo 1 ;
- Culture de tomate avec taille sous filet anti-insectes AgroNet (Avec taille AgroNet): Photo 2.

Chaque modalité a été installée sur une superficie totale de 40 m² (5 m x 8 m) constituée de cinq parcelles élémentaires de 8 m² (5 m x 1,6 m). Chacune des parcelles est composée de 20 plants repartis sur 2 lignes de dix plants. Les pratiques culturales relatives à la fertilisation, au sarclage et à l'irrigation ont été identiques sur l'ensemble des modalités. Au niveau de la modalité sans taille, toutes les ramifications d'un même plant sont tuteurées sur un piquet de bois. Pour les modalités avec taille, les trois ramifications des plants sont individuellement palissées sur des ficelles verticales. Aucune intervention phytosanitaire n'a été faite sur les cultures sous filet, tandis que les cultures de plein champ ont bénéficié d'une protection préventive systématique à travers une application d'insecticides (Lambda-Cyhalothrine + Acétamipride) tous les quinze jours.



Photo 1. Culture de tomate sans taille sous filet anti-insectes AgroNet (Sans taille AgroNet)



Photo 2. Culture de tomate avec taille sous filet anti-insectes AgroNet (Avec taille AgroNet)

Méthodes de collecte des données

Les observations hebdomadaires sur le développement et la croissance des plants de même que le dénombrement ou la présence de symptômes de maladies ou de ravageurs ont débuté deux semaines après le repiquage des plants. Certaines observations ont été réalisées sur 12 plants (à raison de six plants par ligne) repérés au centre de chaque parcelle élémentaire. Ces observations ont porté sur la hauteur des plants, le nombre de ramifications, le nombre de fleurs et taux de nouaison et la présence de chenilles. Pour les dates 50 % de floraison et de fructification, le pourcentage de plants acariosés ou l'indice de la virose, tous les plants de chaque parcelle élémentaire ont été observés.

Observations végétatives

La hauteur des plants et le nombre de ramifications : La hauteur des plants a été mesurée du collet à l'apex avec une règle graduée en cm et le nombre de ramifications par comptage.

Les dates d'atteinte 50 % de floraison et 50 % de fructification ont été évalués sur tous les 20 plants de chaque parcelle élémentaire.

Le taux de nouaison : Un comptage préalable du nombre de fleurs puis du nombre de fruits noués a été fait sur l'axe principal du plant au niveau du 3^e bouquet. Ceci a permis de calculer plus tard le taux de nouaison qui revient à faire le quotient du nombre de fruits noués par le nombre de fleurs.

La surface foliaire (Leaf Area Index : LAI) : Elle a été mesurée par la méthode qui consiste à photocopier les folioles et à les peser. Cette observation a été réalisée sur la 3^e foliole des feuilles situées au tiers supérieur du plant. Au total, six plants par parcelles ont été échantillonnés.

Les entrenœuds entre le collet et le 1^{er} nœud et entre le 1^{er} et le 2^e nœud : Ils ont été mesurés sur six plants par parcelle élémentaire au 98^e jour après repiquage.

Observations ravageurs et maladies

Les lépidoptères : Les chenilles de lépidoptères ont été comptées par espèce sur chaque plant sélectionné.

Les acariens : Pour ces ravageurs, l'observation a porté sur le nombre de plants présentant les symptômes de présence.

La virose : L'intensité de la virose (TYLC) transmise par les aleurodes a été évaluée sur une échelle d'appréciation de la sévérité de 0 à 4 selon la méthode de l'Asian Vegetable Research Center Development (AVRDC) qui repose sur l'observation des symptômes.

Paramètres climatiques

Les sondes ont été placées à 1 m de hauteur au-dessus du sol et ont permis d'enregistrer toutes les 30 mn la température et l'humidité relative en plein champ et sous chacun des abris couverts de filet anti-insectes.

Rendement

Le nombre et le poids des fruits récoltés par parcelle élémentaire ont été enregistrés par catégorie (fruits sains, pourris et troués). Ceci a permis d'évaluer le rendement pour chaque modalité. L'incidence des oiseaux a été évaluée à travers le cumul du comptage du nombre de fruits mangés par ceux-ci sur le total des fruits à chaque récolte.

Analyse économique

Les marges nettes ont été évaluées pour deux types de marché (conventionnel et bio) en saison pluviale au sud Bénin.

Analyses statistiques

Le T-test pour données appariées au seuil de 5 % a été utilisé pour l'analyse des paramètres climatiques. L'effet filet et l'effet taille ont été les facteurs considérés pour l'analyse des différents paramètres étudiés. Selon que les données suivaient ou non la Loi Normale, une analyse de variance ou le test non paramétrique de Kruskal-Wallis au seuil de 5 % a été réalisé avec le logiciel Statistix 8.

Résultats

Paramètres de croissance et de développement

Hauteur des plants et ramifications

L'évolution de la hauteur des plants a été régulière au cours du temps quelle que soit la modalité (figure 1). Le maintien des plants à 3 bras pour les modalités avec taille n'est intervenu réellement qu'à partir de la quatrième semaine après repiquage (figure 2). En fin de culture, la longueur des plants sous filet anti-insectes AgroNet est statistiquement plus grande que celle des plants de plein champ. Aucune différence significative n'a été notée pour le facteur « taille ». Une interaction entre les facteurs « filet » et « taille » est néanmoins mise en évidence pour la hauteur des plants. Les plants non taillés possèdent statistiquement plus de ramifications (tableau I).

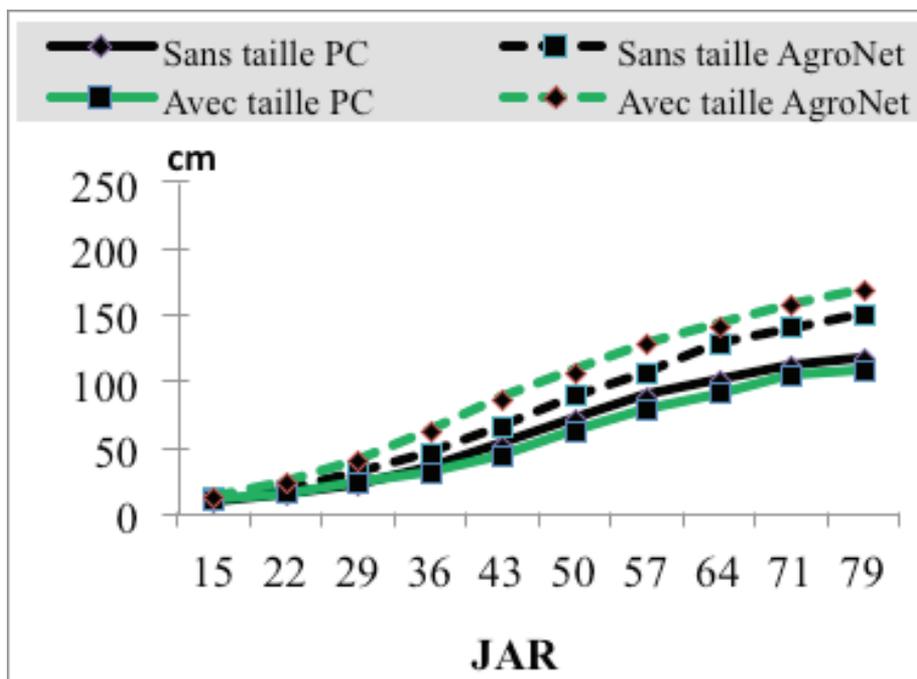


Figure 1. Evolution de la hauteur des plants par modalité

Tableau I. Hauteur des plants et nombre de ramifications sous les différentes modalités

Modalités	Hauteur des plants (cm)	Nombre de ramifications
Sans taille Plein Champ	117,6 ± 4,1b	9,0 ± 0,4a
Avec taille Plein Champ	109,0 ± 4,1b	3 ± 0,4b
Sans taille sous AgroNet	151,9 ± 4,1a	11,3 ± 0,4a
Avec Taille sous AgroNet	168,5 ± 4,1a	3 ± 0,4b
Filet*	P = 0,0039	P = 0,0929
Taille*	P = 0,3525	P = 0,000
Interaction*	P = 0,0201	-

* P issue d'ANOVA ou du test de Kruskal Wallis au seuil de 5 %.

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 %.

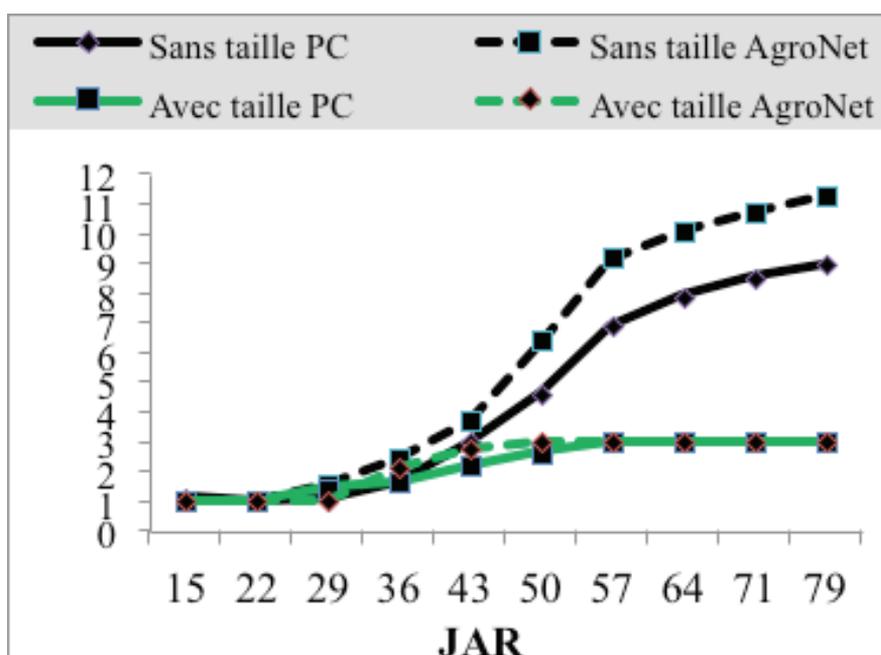


Figure 2. Evolution du nombre de ramifications par plant sous chaque modalité

Date 50 % de floraison, fructification et taux de nouaison

Le nombre moyen de jours pour atteindre les stades 50 % floraison et de fructification après le repiquage ainsi que le taux de nouaison sous les différentes modalités est présenté au tableau II. Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour les dates de 50 % floraison d'une part et de 50 % fructification d'autre part sous les différentes modalités comparées. Quelle que soit la modalité, le nombre moyen de fleurs par bouquet a varié de 5 à 6. Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour ce paramètre. Le taux de nouaison a été faible sous abri (< 60 %) comparé aux modalités sans abri (> 72 %). Il ressort aussi du tableau II, qu'aucune interaction entre les facteurs Filet et Taille n'a été significative pour le taux de nouaison.

Tableau II. Date de 50 % de floraison, fructification et taux de nouaison

Modalités	Date 50 % floraison	Date 50 % fructification	Nombre moyen de fleurs par bouquet	Taux de nouaison (%)
Sans taille Plein Champ	40,0 ± 4,1	51,7 ± 2,4	5,5 ± 0,4 a	78,6 ± 5,2 a
Avec taille Plein Champ	43,5 ± 4,1	53,5 ± 2,4	5,1 ± 0,4 a	72,4 ± 5,3 a
Sans taille sous AgroNet	41,5 ± 4,1	55,2 ± 2,4	6,2 ± 0,4 a	58,1 ± 5,3 a
Avec Taille sous AgroNet	43,5 ± 4,1	51,7 ± 2,4	6,3 ± 0,3 a	57,5 ± 3,7 a
Filet*	P = 0,8670	P = 0,7888	P = 0,1218	P = 0,0880
Taille*	P = 0,5234	P = 0,7304	P = 0,7274	P = 0,4894
Interaction*	P = 0,8595	P = 0,3202	P = 0,4976	P = 0,4894

* P issue d'ANOVA ou du test de Kruskal Wallis au seuil de 5 %.

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 %.

Longueur des entrenœuds et surface foliaire

Les données relatives aux distances entre le collet et le 1^{er} bouquet, entre le 1^{er} et le 2^e bouquet ainsi que la surface foliaire sont consignées dans le tableau III. La distance entre le 1^{er} bouquet des plants cultivés sous filet anti-insectes AgroNet (59 à 64 cm) est statistiquement plus longue que celle des plants de plein champ (autour de 37 à 39 cm). Cependant, aucune différence significative n'a été mise en évidence pour la distance entre le 1^{er} et le 2^e bouquet des plants quelle que soit la modalité.

La surface foliaire des folioles du tiers supérieur des plants a varié de 25 à 40 cm². L'analyse de variance indique qu'aucune différence significative n'a été observée pour ce paramètre.

Tableau III. Longueur des entrenœuds et surface foliaire par modalité

Modalités	Distance entre le collet et le 1 ^{er} bouquet (cm)	Distance entre 1 ^{er} et 2 ^e Bouquet (cm)	Surface foliaire LAI (cm ²)
Sans taille Plein Champ	38,9 ± 2,4 b	16,6 ± 2,1	31,9 a
Avec taille Plein Champ	37,1 ± 2,9 b	13,7 ± 2,5	33,5 a
Sans taille sous AgroNet	59,2 ± 2,4 a	19,2 ± 2,2	25,7 a
Avec Taille sous AgroNet	64,5 ± 3,7 a	16,2 ± 3,2	40,1 a
Filet*	P = 0,0453	P = 0,4937	
Taille*	P = 0,5857	P = 0,3304	
Interaction*	P = 0,2711	P = 0,9809	

* P issue d'ANOVA ou du test de Kruskal Wallis au seuil de 5%.

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

Ravageurs et maladies

Hormis les oiseaux, les évaluations phytosanitaires hebdomadaires ont indiqué une faible pression des ravageurs et maladies. Les principaux ravageurs de la tomate que sont les chenilles (*Helicoverpa armigera* et *Spodoptera littoralis*) n'ont pas été observés au cours de la période d'étude.

La présence d'acariens n'a été observée qu'en fin de culture pendant la période de récolte à partir du 65^e jour après repiquage (figure 3). Cette attaque a été significativement plus élevée pour les modalités sous filet AgroNet (tableau IV).

Concernant la virose, l'indice moyen des plants virosés observés en fin de culture est très faible (inférieur à 1) ce qui traduit une faible incidence de la maladie. L'intensité de l'infestation a néanmoins été statistiquement supérieure en plein champ que sous filet (tableau IV).

Outre ces ravageurs et maladies, en cours de récolte, sous la modalité Sans taille AgroNet, il a été observé un flétrissement général des feuilles dû à la gale bactérienne dont l'agent responsable est *Xanthomonas* spp.

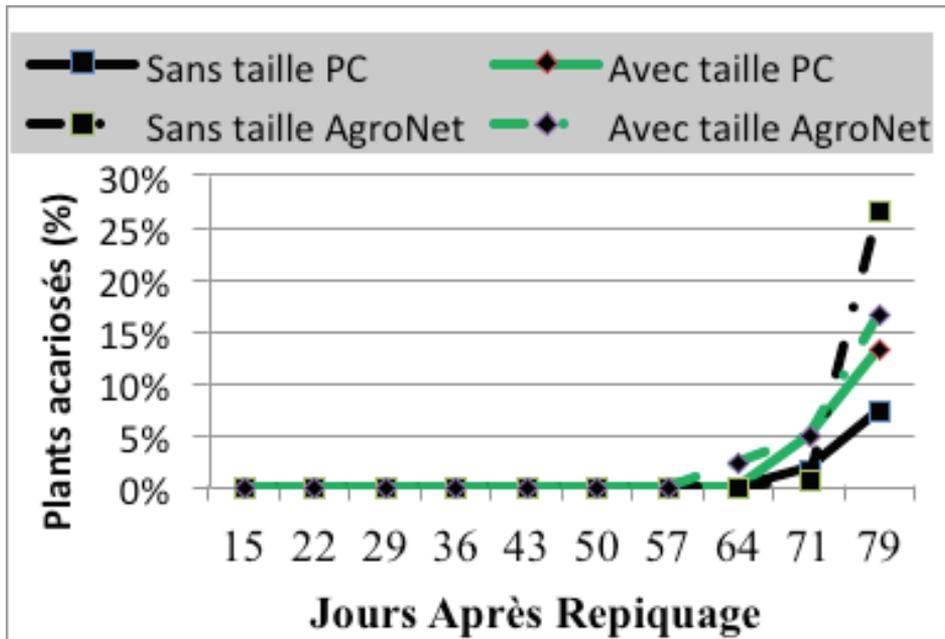


Figure 3. Evolution du pourcentage de plants acariosés

Tableau IV. Pourcentage de plants acariosés et incidence de la virose

Modalités	Pourcentage (%) de plants acariosés	Intensité de la virose (Echelle de 0 à 4)
Sans taille Plein Champ	7,4 ± 0,01a	0,06 a
Avec taille Plein Champ	13,3 ± 0,01a	0,07 a
Sans taille sous AgroNet	29,4 ± 0,01a	0,00 b
Avec Taille sous AgroNet	17,0 ± 0,01a	0,00 b
Filet*	P = 0,0343	P = 0,0272
Taille*	P = 0,8200	P = 0,8498
Interaction*	P = 0,5108	P = 0,8498

* P issue d'ANOVA ou du test de Kruskal Wallis au seuil de 5 %.

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

Paramètres climatiques

Il ressort des paramètres climatiques que tout au long de la période d'étude, l'humidité maximale est restée élevée et proche de la saturation au niveau des différentes modalités (figure 4). Aucune différence significative n'a été notée entre les modalités pour ce paramètre. Au contraire, les humidités relatives minimales ont toutes été statistiquement différentes ($P = 0,41$). Elles ont été plus faibles au niveau de la modalité Avec taille AgroNet (entre 50 et 60 %), intermédiaires en plein champ (entre 60 et 70 %) et plus élevées sous la modalité Sans taille AgroNet (entre 70 et 80 %).

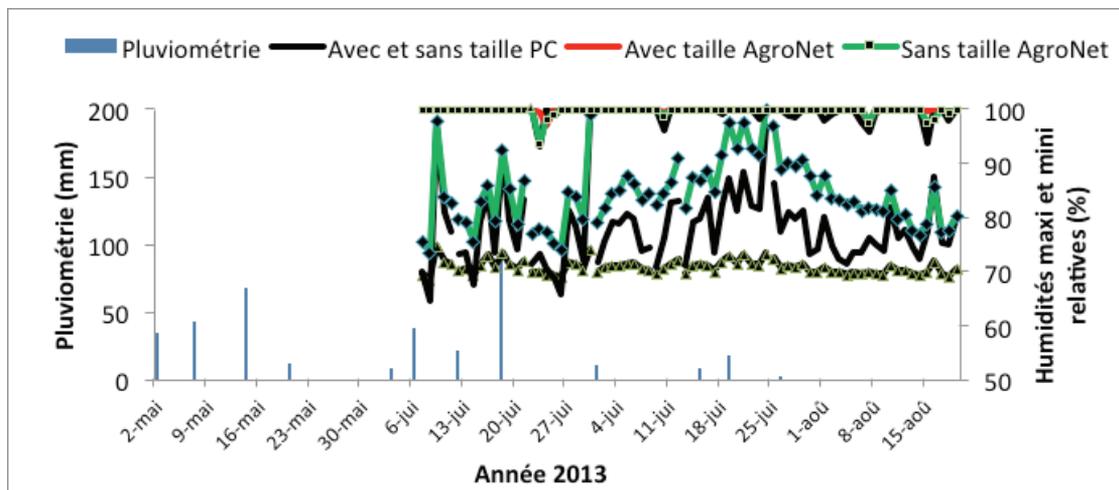


Figure 4. Humidité Relative maximales et minimales des quatre modalités de culture de tomate et Pluviométrie au cours de la période d'étude

Station d'Agonkanmey, Sud Bénin (2013)

Les températures moyennes des modalités sous AgroNet sont statistiquement supérieures ($P = 0,000$) à celles des modalités sans filet. Les températures maximales moyennes ont varié entre 30 et 35°C alors que celles minimales moyennes ont varié entre 20 et 25°C. Du repiquage à la floraison (période du 7/6 au 5/7) d'une part et de la fructification à la fin des récoltes (période du 9/8 au 16/8) d'autre part, la modalité sans taille AgroNet (abri bas) s'est révélée plus chaude que celle avec taille AgroNet (abri haut). Au cours de la période du 5/7 au 9/8 (fructification), il a été noté une inversion de la température entre ces deux modalités (figure 5).

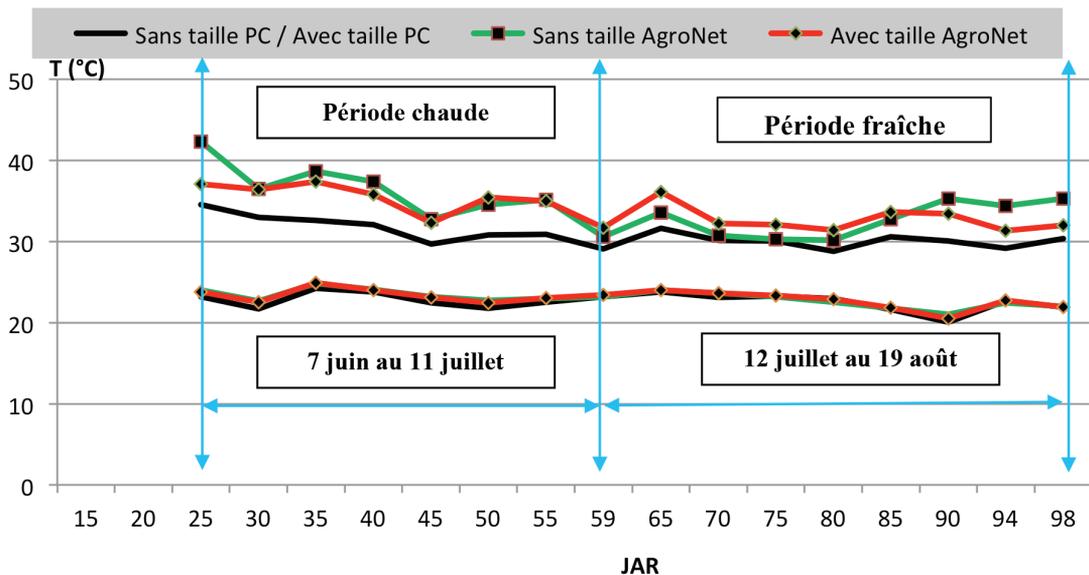


Figure 5. Températures maximales et minimales enregistrées pour les quatre modalités au cours de la période d'étude

Station d'Agonkanmey, Sud Bénin (2013)

Paramètres de rendement

La figure 6 illustre la variation des nombres moyens de fruits sains, troués et pourris enregistrés par modalité. Les fruits qualifiés de « troués » sont les conséquences des attaques d'oiseaux par contre, ceux qualifiés de « pourris », sont les fruits dont la pourriture s'est développée du fait de leur contact avec le sol. L'analyse statistique révèle que le nombre moyen de fruits sains a été significativement similaire pour les quatre traitements. Toutefois, l'utilisation du filet et la taille des plants ont eu des effets significatifs intéressants. La présence de filet a empêché les dégâts d'oiseaux ($P = 0,0061$) alors que c'est la combinaison taille + filet ($P = 0,0428$) qui a empêché la pourriture des fruits. Si l'incidence des oiseaux a été nulle (0 %) sous filet, elle a par contre varié de 9,87 à 12,83 % en plein champ (figure 6).

En termes de rendement, la différence observée entre les 4 modalités n'est pas significative ($P = 0,7863$) pour les fruits sains commercialisables. Par contre, un effet significatif ($P = 0,0039$) du filet a été noté pour les rendements en fruits troués. Il a également été noté un effet significatif ($P = 0,0422$) de la taille sur le rendement en fruits pourris (figure 7).

Performance économique

Que l'abri soit bas (modalité « Sans taille AgroNet » ou haut (« Avec Taille AgroNet »), le coût de production de la tomate sous AgroNet est significativement identique et supérieur à celui du plein champ. De même, le prix de revient du kilogramme de la tomate des modalités « Sans taille AgroNet » et « Avec Taille AgroNet » est statistiquement identique et supérieur à celui de la modalité « Sans taille PC » (tableau V).

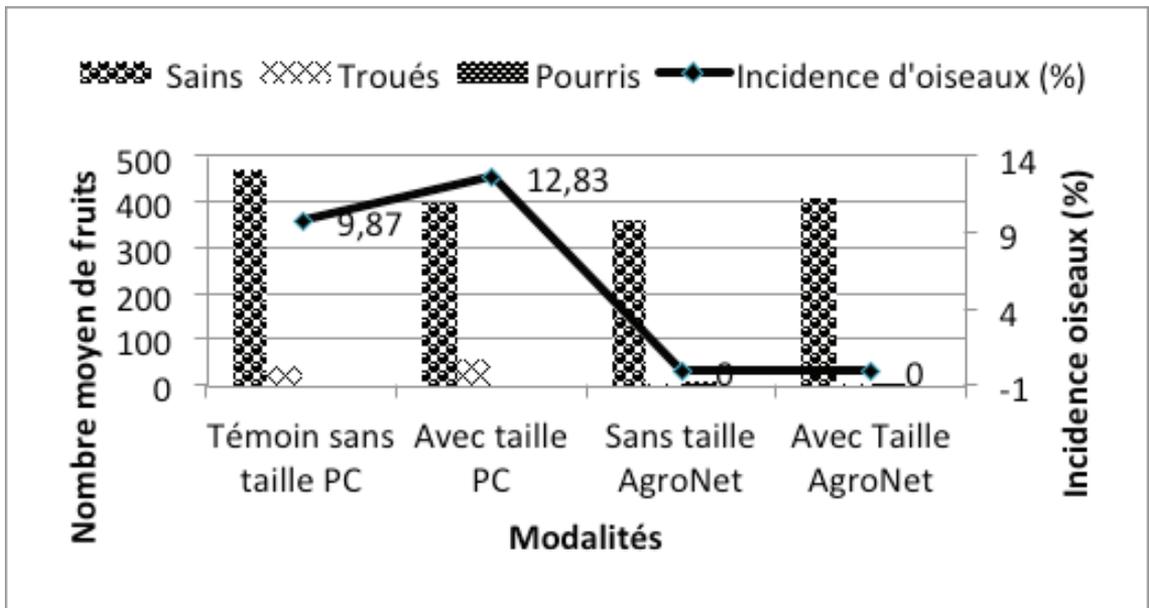


Figure 6. Variation du nombre moyen de fruits sains, troués, pourris et Incidence des dégâts d'oiseaux par modalité.

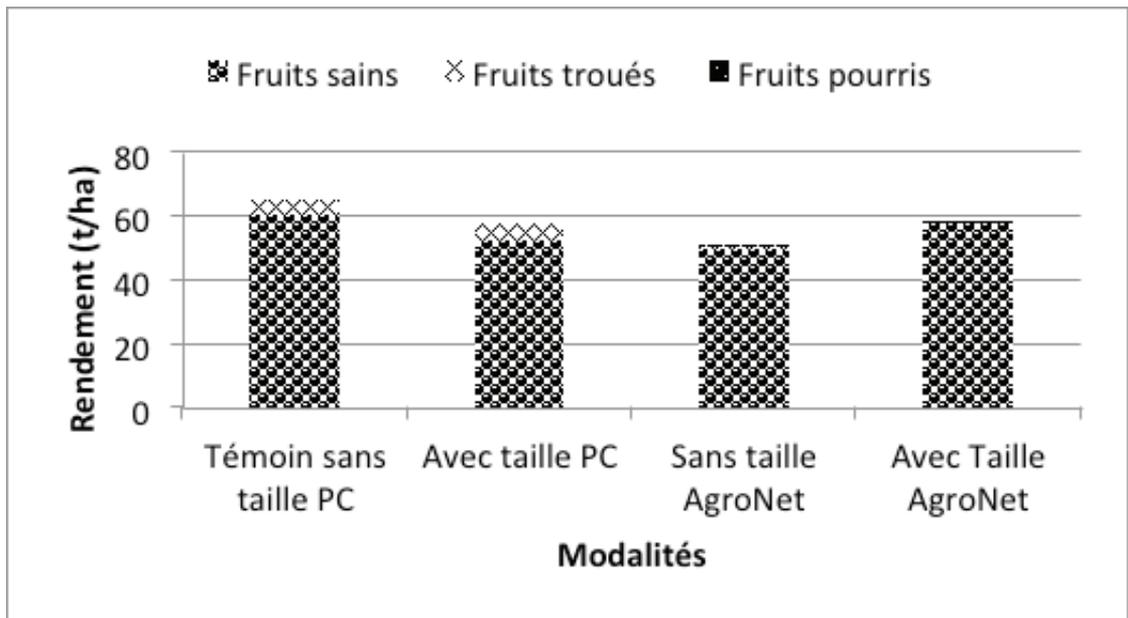


Figure 7. Variation des rendements en fruits sains, troués et pourris par modalité

Tableau V. Prix de revient de la tomate selon le mode de production

	Rubrique	Plein champ		AgroNet	
		Sans taille	Avec taille	Sans taille	Avec taille
1. Intrants	Semences	106	106	106	106
	Fumures				
	Engrais organique	320	320	320	320
	Engrais minéral	160	160	160	160
2. Main d'œuvre de production	Préparation du sol et Labour	120	120	120	120
	Repiquage	20	20	20	20
	Application engrais organique (2 x)	40	40	40	40
	Application engrais minéral (3 x)	60	60	60	60
	Arrosage	200	200	200	200
	Sarclage (Main d'œuvre)	80	80	80	80
3. Tuteurage des plants	Amortissement Structure	0	500	750	1000
	Bois	180	420		
	Ficelles			180	420
	Main-d'œuvre	100	200	100	200
4. Protection contre les ravageurs (*)	Insecticide	160	160	0	0
	Filet**	0	0	1250	1500
5. Main d'œuvre	Récolte	108	108	60	60
Coûts de production	FCFA / 8 m ²	1654 b	2493 ab	3446 a	4285 a
Rendement	Kg / 8 m ²	48 a	42 a	40 a	46 a
Prix de revient de la tomate	FCFA / kg	34 b	60 ab	86 a	93 a

** Amortissement sur 4 cycles de cultures

Tableau VI. Marge nette dégagée par modalité en fonction du type de marché en régime pluvial

	Type de Marché	Plein champ		AgroNet	
		Sans taille	Avec taille	Sans taille	Avec taille
Prix de vente (F CFA/Kg)	Conventionnel*	100	100	100	100
	Bio	x	x	500	500
Marge nette dégagée (F CFA/Kg)	Conventionnel	66	40	14	7
	Bio	x	x	414	407

x produit ne pouvant être vendu sur ce marché

*Au sud-Bénin, en saison pluvieuse, le prix de vente de la tomate au marché est de 100 F/kg

Sur un marché conventionnel (tableau VI), la marge nette dégagée par le témoin plein champ (66 F CFA/Kg) est significativement supérieure à celle dégagée respectivement par les modalités « Avec taille AgroNet » et « Sans taille AgroNet ». Par contre, sur un marché bio, les produits issus du témoin plein champ et de l'intensification plein champ n'étant pas accessibles, seule la vente des tomates issues des modalités sous AgroNet permet de rentabiliser l'intensification. Les marges nettes dégagées sont hautement élevées et sont de 414 F et 407 F respectivement pour les modalités « Sans taille AgroNet » et « Avec taille AgroNet ».

Discussion

L'analyse de variance indique que les plants sous filet anti-insectes AgroNet sont statistiquement plus hauts que ceux en plein champ. Ces résultats se rapprochent de ceux de Djidji *et al.*, (2010) et Gogo *et al.*, (2014) qui ont montré que sous abri, les plantes ont une longueur supérieure à celle des plantes sans abri. L'absence d'effet du filet et du mode de conduite sur les dates de 50 % de floraison et de 50 % de fructification confirme également les travaux de Djidji *et al.*, (2010) qui ont montré qu'au Sud de la Côte d'Ivoire, ces caractères étaient intrinsèques à la variété.

L'absence des principaux ravageurs visés, notamment les chenilles au cours de la présente étude pourrait expliquer la différence non significative entre les rendements. En effet, en cas de présence de chenilles, on aurait enregistré une réduction du rendement des modalités sans filet de l'ordre de 10 % selon Chougourou *et al.* (2012) suite aux dégâts qu'auraient causés les chenilles d'*Helicoverpa armigera*.

La manifestation de la virose due au passage des aleurodes à travers le filet AgroNet confirme les travaux de Michelle *et al.* (2000) ; Kamal (2011) et Simon *et al.* (2012) sur des filets de mêmes mailles. Ces auteurs ont indiqué que, même avec des filets anti-insectes à mailles plus fines, le taux de réduction du passage des aleurodes à travers un filet anti-insectes n'est pas de 100 %. Le dessèchement des plants observé au niveau du traitement Sans taille AgroNet (abri bas) résulte d'une attaque de gale bactérienne (*Xanthomonas* spp) favorisée par la température élevée et la forte hygrométrie qui ont régné sous cet abri. En effet selon Blancard *et al.*, (2009), ces conditions climatiques sont favorables au développement de ce pathogène.

L'étude a aussi montré l'importance d'un filet anti-insectes dans la réduction des pertes de rendement de la tomate dues aux dégâts d'oiseaux tel que suggéré par Messiaen (1989).

Le microclimat sous AgroNet s'est révélé plus chaud qu'en plein champ. Les valeurs des températures maximales y sont en moyenne supérieures de 4 à 6°C (respectivement pour la modalité « Avec taille AgroNet » et celle « Sans taille AgroNet »). Quel que soit le traitement, ces températures ont été supérieures aux valeurs de 21 à 28°C recommandées par Dupriez *et al.*, (1983). La même observation a été faite sur les températures minimales qui là encore ont été supérieures à celles recommandées par Sukprakarn *et al.*, (2006) qui sont de 15 à 20°C.

Le climat plus chaud observé pour les traitements « Sans taille AgroNet » et « Avec taille AgroNet » est dû à la différence de hauteur des abris, respectivement 1,5 m et 2,5 m. Toutes ces observations corroborent les résultats de nombreuses études dont les travaux de Langlais et Ryckewaert (2000) qui ont rapporté que l'effet de serre engendré, par l'utilisation d'un abri, a tendance à augmenter les températures au niveau des plants protégés. Les mêmes résultats ont été observés par Harmanto *et al.* (2006) qui ont testé différentes mailles de filet anti-insectes au niveau des abris dans les conditions tropicales de l'Indonésie.

Outre, les températures élevées, les résultats ont aussi indiqué des humidités relatives maximales presque à saturation. Toutes ces conditions contribuent selon Boulard *et al.* (1991) à la modification du microclimat.

Les niveaux de rendements (50 et 57 t/ha) sous AgroNet dans nos conditions chaudes et humides du Sud-Bénin sur deux mois de récolte ne sont pas loin de ceux généralement obtenus sous serre plastique en condition humide où les récoltes s'étalent sur 4 à 5 mois selon Saifeldin *et al.*, (2012).

L'effet significatif du filet sur le rendement en fruits troués confirme Messiaen (1989) qui recommandait la protection physique de tomate sous cages grillagées ou filet à maille de 1,5 cm. Le niveau de rendement obtenu avec la variété Mongal (57 et 60 t/ha respectivement pour les modalités Avec taille AgroNet et Sans taille AgroNet) indique les potentialités de progrès pour la production de tomate dont la moyenne généralement observée (12 t/ha) par les producteurs du Sud du Bénin (FAO, 2014). Ces résultats viennent répondre à l'une des conclusions de Huat *et al.*, (2013) qui rapportent qu'il serait possible d'augmenter les rendements par l'amélioration de la qualité des fruits produits à travers l'efficacité des pratiques de protection des cultures.

Aucune différence significative n'a été notée entre les quatre modalités en ce qui concerne les niveaux de rendement. Du fait des caractéristiques du marché et tenant compte de la qualité des fruits produits, le prix de vente de la tomate sur un marché bio fait que les charges supplémentaires respectivement dues à la taille et au filet sont compensées. Un tel résultat corrobore les travaux de Messiaen (1989). Selon ce dernier, le surcroît de travail que représente la taille sous filet et le mode de conduite (taille et palissage) peut être compensé par une production de meilleure qualité.

Conclusion

Cette étude a montré qu'il est possible d'intensifier la culture de tomate en plein champ et sous abri dans les conditions du Sud-Bénin. Elle a aussi montré du point de vue climatique, que l'intensification sous abri AgroNet augmente certes la température et l'humidité mais n'impacte pas négativement la croissance et le développement des plants de tomate. En l'absence des principaux ravageurs de la tomate, les niveaux de rendement obtenus respectivement pour les modalités « Avec taille » et « Sans taille » sous AgroNet indiquent les potentialités de progrès pour la production de tomate sous abri couvert de filet anti-insectes dans les conditions du Sud-Bénin. En plein champ, la taille des plants de tomate dans les conditions du Sud Bénin ne permet pas d'améliorer le niveau du rendement. De plus les charges occasionnées dues à cette taille en plein champ ne sont pas rentables, comparé à la modalité témoin sur un marché conventionnel. Le filet anti-insectes a toutefois permis de réduire de façon significative (100 %) l'incidence des oiseaux. Il a surtout permis de produire des tomates saines sans risque de résidus de pesticide. L'évaluation financière a montré qu'en saison pluvieuse, la marge nette de tomate intensifiée avec taille sous AgroNet dans les conditions du Sud-Bénin n'est rentable que sur un marché bio (407 F/kg).

L'une des limites de cette étude a été l'absence de répétitions des modalités dans l'espace. Les répétitions étant considérées à l'intérieur de chaque modalité.

Remerciements

Les auteurs remercient l'USAID et HortCRSP pour leur soutien financier dans le cadre de l'exécution de ce projet BioNetAgro. Ils remercient également le CIRAD, partenaire technique dans le cadre de l'exécution de ce projet au Bénin.

Références bibliographiques

AHOANGNINO C. T. MARTIN, P. EDORH, S. BIO-BANGANA, ONIL S., L. ST-LAURENT, S.DION, B. FAYOMI, 2012. Characterization of Health and Environmental Risks of Pesticide Use in Market-Gardening in the Rural City of Tori-Bossito in Benin, Journal of Environmental Protection, 2012, 3, 241-248 doi:10.4236/jep.2012.33030 Published Online March 2012 (<http://www.SciRP.org/journal/jep>)

BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G., et CENDRESSE T., 2009. Les maladies de la tomate : Identifier, connaître, maîtriser. Editions Quae, 679 p

BOULARD T., 2008. Peut-on concilier production sous serre et développement durable ? Communication à l'atelier : Serres horticoles et énergie, quel avenir ? 30 et 31 janvier 2008.

BOULARD T., BAILLE A. et LE GALLE F., 1991. Etude de différentes méthodes de refroidissement sur le climat et la transpiration de tomate de serre – Agronomie, vol. 11, p.543 – 553.

CHOUGOUROU C. D., A. AGBAKA, J. B. ADJAKPA, R. E. KOUTCHIKA, U. G. KPONHINTO et. ADJALIAN E. J. N., 2012. Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la Commune de Djakotomey au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(4): 1798-1804, August 2012. 7p

ASSOGBA KOMLAN F., SIKIROU R. et AZAGBA J., 2013. Comment réussir la culture de la tomate en toute saison : Cas des régions urbaines et périurbaines du Sud-Bénin, Référentiel Technico Economique, INRAB, 2ème Edition, 2013, 58 p.

DJIDJI A. H., ZOHOURI G. P., FONDIO L., NZI J. C. et N. C. KOUAMÉ, 2010. Effet de l'abri sur le comportement de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en saison pluvieuse dans le Sud de la Côte-d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 25: 1557 – 1564 ISSN 1997–5902

FAO, 2014. Statistiques annuelles de productions agricoles au Bénin, 2012. www.fao.stat.com.

Gogo Elisha O. Thibaud MARTIN, Mwanarusi SAIDI, Francis M. ITULYA and Mathieu NGOUAJIO : Microclimate Modification Using Eco-friendly Nets for High-quality Tomato Transplant Production by Small-scale Farmers in East Africa, Journal of Hortitechnology, Research Reports, june 2012, 22(3). 7p.

HARMANTOTAUTAU 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), pp 239-235.

HUAT J., T. DORÉ et C. AUBRY, 2013. Limiting factors for yields of field tomatoes grown by smallholders in tropical regions. Crop Protection 44 (2013) 120e127

KAMAL W. A., 2011. Bioefficacité de filet anti-insectes traité d'alphacyperméthrine contre des mouches blanches (*Bemisia tabaci gennadius*), Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master 3A HORTIMET, Montpellier SupAgro et Agrocampus Ouest Angers INHP, 2011, 45p.

LANGLAIS C. et RYCKEWAERT P., 2000. Guide de la culture sous abri en zone tropicale humide. Edition Chantal Loison, Service des publications, CIRAD – FLHOR, juillet 2000, 91p.

LICCIARDI S., ASSOGBA KOMLAN F., SIDICK I., CHANDRE F., HOUGARD J. M. & MARTIN T., 2007. A temporary tunnel screen as an eco-friendly method for small-scale farmers to protect cabbage crops in Benin. International Journal of Tropical Insect Science 0(0): 1–8.

MARTIN T., ASSOGBA KOMLAN F., HOUNDETE T., HOUGARD J-M and CHANDRE F., 2006. Insect Proof Net on cabbage in Africa a tool for small-scale producers to increase sustainability of growing. Entomology, 99(2):450-454.

MESSIAEN C. M., 1989. Le potager tropical. Techniques vivantes. 2ème Edition, La tomate (*Lycopersicon esculentum*), 580 p.

MICHELLE L. BELL & JAMES R. BAKER., 2000. Comparison of Greenhouse Screening Materials for Excluding Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and Thrips (Thysanoptera: Thripidae) in J. Econ. Entomol. 93(3): p 800 -804.

RICCI P., BUI S., et LAMINE C., 2011. Repenser la protection des cultures. Innovations et transitions. Coordination scientifique. Quae Editions, Collection Sciences en partage, 250 p.

SÆTHRE M., NINA O., F. ASSOGBA KOMLAN et GODONOU I., 2011. Pesticides residues analysis of three vegetable crops urban consumers in Bénin, Biofors Report , Vol.6.Nr.40.2011. 29p.

SAIFELDIN M. et RANDA B. , 2012. Overcoming seasonality in the tropics by growing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) varieties under cooled conditions. Agricultural Sciences, Vol. 3, No.4, 602-607

SIMON S., F. ASSOGBA KOMLAN, L. ADJAÏTO, A. MENSAH, H. K. COFFI, M. NGOUAJIO, T. MARTIN., 2014. Efficacy of insect nets for cabbage production and pest management depending on the net removal frequency and microclimate. *International Journal of Pest Management*, 60:3, 208-216. <http://www.ajol.info/>. IF=0, 72. ISSN: 0967-0874, Online: 1336-5863

SUKPRAKARM S., S. JUNTAKOOL, R. HUANG, and KALB T., 2006. Comment produire et conserver ses propres semences – un guide pour les producteurs. Publication AVRDC no. 06 – 686.

TALEKAR, N. S., SU, F. C. & LIN, M. Y., 2003. How to Grow Safer Leafy Vegetables in Nethouses and Net Tunnels. AVRDC pub 03-558.

TAYLOR R. A. J., SHALHEVET S., SPHARIM I., BERLINGER M. J. & LEBIUSH-MORDECHI, S., 2001. Economic evaluation of insect-proof screens for preventing tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. *Crop Protection* 20(7): 561-569.

VAN HEURN E., K. VAN DER POST, 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, 86p.

WEINTRAUB P. G., 2009. Physical control: an important tool. In *Pest management programs*. I. Isahaaya and A. R. Horowitz eds. *Biorational control of arthropod pests*. Germany: Springer, 317-324.