

**Rapport d'étude :**

# **Essai variétal sur 6 variétés d'aubergine**

**Culture en plein champ en saison sèche**

INNOVEG Action « Amélioration des itinéraires techniques des filières maraîchère, fruitière et vivrière et diversification variétale »



**Soulezelle Juliette (CIRAD)**

Avec la participation de Soilihi Attoumani (DRTM) et Salim Moussa (CIRAD)

**Date de parution : Décembre 2017**

# Sommaire

1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIFS DE L'ESSAI .....	1
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	1
3.1. Système de culture .....	1
3.2. Matériel végétal .....	2
3.3. Dispositif expérimental et itinéraire cultural .....	2
3.3.1. Dispositif expérimental.....	2
3.3.2. Itinéraire cultural.....	2
3.4. Observations et mesures.....	3
3.5. Analyses statistiques .....	4
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	4
4.1. Enregistrement des données climatiques .....	4
4.2. État sanitaire des cultures et résistance au flétrissement bactérien .....	5
4.3. Durée du cycle et rendement moyen.....	8
5. CONCLUSION.....	11
<i>Bibliographie.....</i>	<i>12</i>
<i>Annexe I : dispositif expérimental de l'essai.....</i>	<i>13</i>
<i>Annexe II : maladies et ravageurs pouvant être observés sur aubergine .....</i>	<i>14</i>
<i>Annexe III : moyennes journalières des températures et hygrométries mesurées sur la station de Dembéni.....</i>	<i>15</i>
<i>Annexe IV : analyses statistiques menées sur l'incidence du flétrissement bactérien (IFB) .....</i>	<i>16</i>
<i>Annexe V : synthèse des poids moyens des fruits pour chaque date .....</i>	<i>17</i>
<i>Annexe VI : analyses statistiques menées sur le poids moyen des fruits.....</i>	<i>18</i>
<i>Annexe VII : évolution du rendement cumulé pour chaque date .....</i>	<i>19</i>
<i>Annexe VIII : analyses statistiques menées sur le rendement cumulé.....</i>	<i>20</i>
<i>RÉSUMÉ.....</i>	<i>21</i>

# 1. INTRODUCTION

---

L'aubergine est l'une des principales cultures maraîchères à Mayotte et sa présence dans les exploitations agricoles a doublé en pourcentage entre 2010 et 2015 (DAAF, 2017). La principale variété utilisée est Kalenda F1 (Technisem) qui produit de gros fruits longs et violet foncé appréciés des consommateurs. Cette variété dispose d'une résistance intermédiaire au flétrissement bactérien dû à *Ralstonia solanacearum* (principale problématique pour l'aubergine), mais il est probable que cette résistance ne soit pas adaptée aux souches de *R. solanacearum* présentes à Mayotte. Des pertes engendrées par le flétrissement bactérien (FB) sont en effet fréquemment constatées chez les producteurs. Cette bactérie tellurique pénètre les plants par des lésions naturelles aux points d'émergence des racines secondaires ou des lésions provoquées par des outils ou des nématodes à galles (*Meloidogyne ssp.*) (Deberdt & Fernandes, 2013). Sa prolifération dans les vaisseaux du xylème bloque la circulation de la sève et entraîne l'enroulement et le flétrissement des feuilles, puis la mort du plant (Lebeau, 2010).

Aucun moyen de lutte chimique n'existant contre le flétrissement bactérien, l'emploi de variétés résistantes ou tolérantes semble être le levier agronomique le plus facile à mettre en œuvre à Mayotte pour améliorer la production. Un essai variétal a donc été mis en place dans le cadre de l'action 3 du projet RITA Innoveg (« Amélioration des itinéraires techniques des filières maraîchère, fruitière et vivrière et diversification variétale »). Des variétés possédant des sources de résistances intermédiaires à *R. solanacearum* ont été testées en plein champ au cours de la saison sèche, ainsi que deux variétés réunionnaises ayant acquis des sources de résistance aux souches de *R. solanacearum* présentes à la Réunion par rétrocroisements (travaux menés par le CIRAD Réunion et l'Armefflor). La variété Kalenda F1 fût utilisée comme référence en raison de sa prédominance dans les exploitations mahoraises.

## 2. OBJECTIFS DE L'ESSAI

---

Évaluer le comportement agronomique (rendement, rusticité) de différentes variétés d'aubergines cultivées en plein champ et tester leur tolérance à *R. solanacearum*, l'agent responsable du flétrissement bactérien des solanacées.

## 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

### 3.1. Système de culture

L'essai fût conduit en plein champ pendant la saison sèche 2017 à la station agronomique de Dombéni.

**Calendrier** : début de l'essai : Semaine 32 (début août) - fin de l'essai : Semaine 46 (mi-novembre).

**Observateurs** : Juliette Soulezelle (CIRAD), Soilihi Attoumani (DRTM), Salim Moussa (CIRAD).

### **3.2. Matériel végétal**

**V1 : Kalenda F1 (Technisem)** : variété précoce (65-75 jours) co-obtenue avec l'INRA pour les zones tropicales et subtropicales. Fruits violet foncé longs de 20 cm et 8 cm de diamètre et de poids situé entre 350 et 450 g. Résistance au virus de la mosaïque du tabac (TMV) ; résistance intermédiaire au flétrissement bactérien (*R. solanacearum*), au virus de la mosaïque du concombre (CMV), à l'anthracnose (*Colletotricum lagenarium*) et à la pourriture due à *Phomopsis vexans*.

**V2 : Zebrina (Technisem)** : variété plus tardive (80-85 jours) avec des fruits violets striés de blanc de 20 cm de long, 11 cm de diamètre et de poids situé entre 400 et 450 g. Résistance intermédiaire au flétrissement bactérien.

**V3 : Heijin F1 (East West Seed)** : variété précoce (60-65 jours) avec des fruits violet foncé de 27-30 cm de long, 3,5-4 cm de diamètre et de poids situé entre 150 et 200 g. Résistance intermédiaire au flétrissement bactérien.

**V4 : Arjani F1 (East West Seed)** : variété précoce (60-70 jours) avec des fruits violet foncé de 18-22 cm de long, 5,5-6 cm de diamètre et de poids situé entre 100 et 130 g. Résistance intermédiaire au flétrissement bactérien.

**V5: Bringelle rond (co-obtention CIRAD-Armefflor)** : variété tardive (120 jours) avec de gros fruits violets et ronds. Résistance intermédiaire au flétrissement bactérien.

**V6 : Bringelle saucisse (co-obtention CIRAD-Armefflor)** : variété tardive (120 jours) avec des fruits violets, longs et fins. Résistance intermédiaire au flétrissement bactérien.

### **3.3. Dispositif expérimental et itinéraire cultural**

#### **3.3.1. Dispositif expérimental**

Dispositif en bloc de Fischer à 6 variétés et 5 répétitions. L'essai comporte 30 parcelles élémentaires de 9,6 m<sup>2</sup> comptant chacune 20 plants (plan en annexe I).

#### **3.3.2. Itinéraire cultural**

**Précédent cultural** : tomates jusqu'à fin 2016 puis jachère.

**Travail du sol** : deux passages de tracteur (charrue + rotobèche) ont été réalisés avant plantation pour ameublir le sol. L'amendement organique a été enfoui au croc avant d'aplanir le sol au râteau.

**Semis et transplantation** : Semis le 10/07/2017 en plaques alvéolées 54 trous remplies de terreau Peltracom 113 à raison de deux graines par trou. Les semis étaient placés dans la pépinière et irrigués par aspersion (4 créneaux de 2 mn/jour). La transplantation a été effectuée au stade 2 feuilles vraies, environ 4 semaines après semis.

**Densité de plantation :** la plantation a été effectuée le 8/08/2017 avec un écartement de 0,6 m sur la ligne et 0.8 m entre les lignes, soit une densité de plantation de 2,1 plants/m<sup>2</sup>.

**Fertilisation :**

- Fumure de fond : apport de 1,5 kg/m<sup>2</sup> de fumier composté de bovin + 20 g/m<sup>2</sup> d'engrais 15-5-20. Du Révolusol (Bactériosol<sup>®</sup>)<sup>1</sup> a ensuite été appliqué en surface à raison de 60 g/m<sup>2</sup> avant de bien humidifier le sol.

- Fumure d'entretien : apport de 30 g/m<sup>2</sup> d'engrais 15-5-20 au stade floraison début grossissement.

**Irrigation :** apportée par goutte à goutte. Les apports en eau ont été régulés à l'aide d'un programmateur Rainbird<sup>®</sup> avec trois créneaux d'irrigation (6h30, 12h et 17h30) de 15 minutes environ selon la météo.

**Palissage :** les plants d'aubergine ont été palissés lorsque nécessaire avec des tuteurs en bois conformément au système réalisé traditionnellement en plein champ à Mayotte

**Prophylaxie et taille :** une taille d'effeuillage sanitaire a été réalisée avant floraison ainsi que 2 égourmandages avant et après floraison. Les plants atteints de flétrissement bactérien ont été systématiquement arrachés et brûlés, et toutes les aubergines piquées ont été confinées dans un augmentorium.

**Protection phytosanitaire :** aucune protection phytosanitaire n'a été réalisée en cours de culture à l'exception de l'anti-limace appliqué pour protéger les jeunes plants après transplantation.

### **3.4. Observations et mesures**

➤ *Enregistrement des données climatiques*

Installation d'un Tinytag enregistrant température et humidité sur la station de Dembéni.

➤ *Etat sanitaire des cultures*

Au cours des observations, la présence de ravageurs ou de maladies pouvant affecter le rendement (annexe II) devait être consignée en indiquant la pression associée et l'éventuelle intervention phytosanitaire effectuée en conséquence.

➤ *Résistance au flétrissement bactérien*

Le suivi de l'expression de la maladie a été effectué 2 fois par semaine (lundi et jeudi) de 0 à 60 jours après la transplantation.

---

<sup>1</sup> Amendement organique permettant l'humification de toute forme de matière organique (technologie Marcel MÉZY<sup>®</sup>).

La notation était effectuée selon l'échelle classique :

→ 1 = plante morte, entièrement flétrie ou aux trois quarts flétrie

→ 0 = pas de symptôme ou moins des  $\frac{3}{4}$  de la plante flétrie

Le nombre de plantes flétries à chaque date d'observation permet d'évaluer l'incidence du flétrissement bactérien (IFB) pour chaque variété ; et son évolution au cours du temps représentée par la courbe  $IFB=f(t)$  avec pour chaque date (t) :

$$IFB(t) = \text{nb de plantes flétries à la date } t / \text{nb de plantes totales}$$

Les données des indices de flétrissement à différentes dates permettent ensuite d'évaluer la sévérité de la maladie à ces mêmes dates et son évolution représentée par la courbe  $AUDPC=f(t)$  (*Area Under Disease Progress Curve*) avec pour chaque date t :

$$AUDPC(t) = \left( \sum_{i=1}^{k-1} (IFB_i + IFB_{i+1}) / 2 \right) * (t_{i+1} - t_i)$$

➤ *Durée du cycle*

Enregistrement des dates de plantation et de récolte.

➤ *Rendement mesuré sur chaque parcelle élémentaire*

- Nombre d'aubergines commercialisables et non commercialisables
- Poids des aubergines commercialisables (poids/parcelle élémentaire divisé par le nombre d'aubergines commercialisables).
- Rendement moyen ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).

### **3.5. Analyses statistiques**

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R. Dans la mesure du possible, les données quantitatives ont été analysées à l'aide de l'analyse de variances Anova pour étudier l'effet des facteurs « Variété » et « Répétition » ; et des groupes statistiques ont ensuite été formés par la méthode des moindres carrés. Pour les données ne respectant pas les conditions d'applications de l'Anova (données suivant une loi normale, homoscedasticité des variances), les tests non paramétriques Kruskal-Wallis et Wilcoxon ont été utilisés.

## **4. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

---

### **4.1. Enregistrement des données climatiques**

Les données climatiques ont été enregistrées du 10 juillet (date de semis) à fin novembre (dernières récoltes). La température moyenne était de 25,6°C (min 15,9°C ; 39,1°C max) et l'hygrométrie moyenne de 23,6% (min 0% ; max 100%). L'évolution des moyennes journalières sont présentées en annexe III.

## 4.2. État sanitaire des cultures et résistance au flétrissement bactérien

Aucune intervention phytosanitaire n'a été effectuée sur cet essai à l'exception de l'anti-limaces à la plantation et des opérations de prophylaxie (taille, élimination des vieilles feuilles, arrachage et brûlis des plants malades). La principale maladie observée fût le flétrissement bactérien apparu 14 jours après plantation (figure 1).

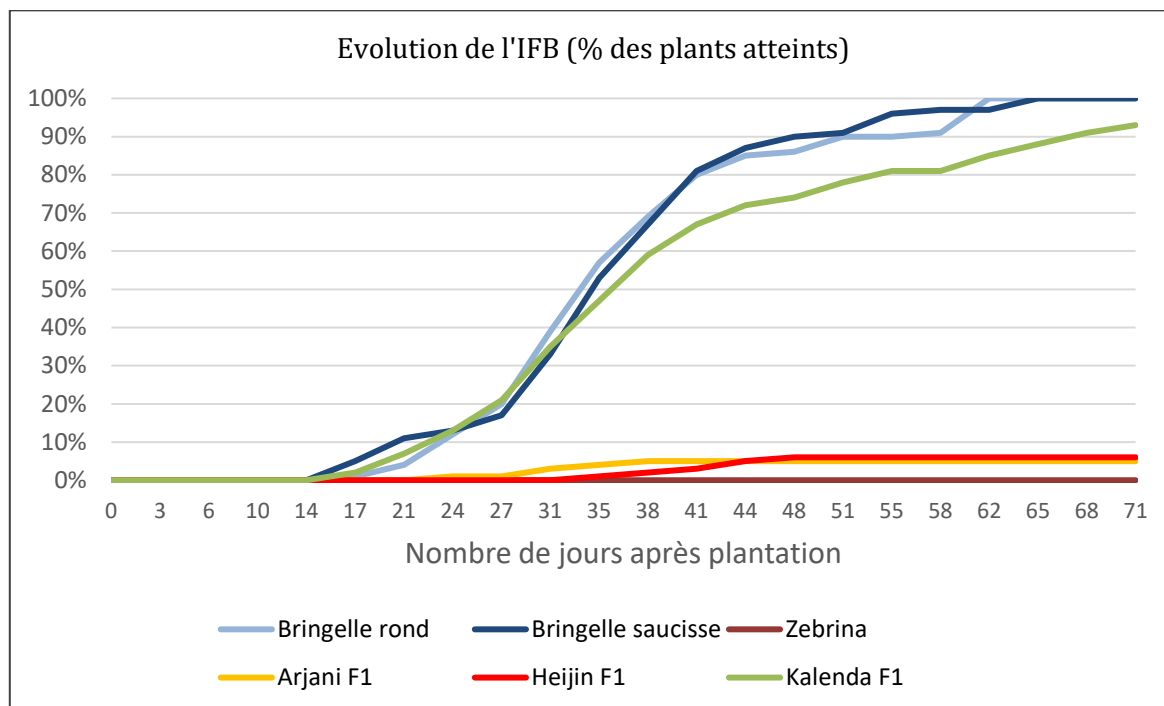


Figure 1 : évolution de l'incidence du flétrissement bactérien (%) des 6 variétés

Cette maladie s'est rapidement répandue sur les variétés Bringelle rond, Bringelle saucisse et Kalenda F1 (figures 2 et 3). Après 65 jours de culture, 100 % des plants de Bringelle rond et Bringelle saucisse avaient été arrachés après avoir constaté un flétrissement bactérien. Pour la variété de référence Kalenda F1, seuls 7 plants concentrés sur la même répétition n'ont pas été atteints par cette maladie. A contrario, les variétés asiatiques Arjani F1 et Heijin F1 ont démontré respectivement 5 et 6 % seulement de plants atteints de flétrissement bactérien. Enfin, les plants de la variété Zebrina n'ont pas démontré de symptômes de FB.



Figures 2 et 3 : plants d'aubergines atteints de flétrissement bactérien

Une seconde maladie fût observée à partir de fin octobre sur la parcelle avec quelques plants démontrant un dépérissement et des symptômes de verticilliose, une maladie fongique due à diverses espèces de champignons telluriques appartenant au genre *Verticillium* (Conn, 2016). Cet agent pathogène provoque un flétrissement par obstruction du système vasculaire de la plante, mais il est facile à distinguer du flétrissement bactérien dû à *R. solanacearum*. Les plants présentent en effet des lésions caractéristiques qui apparaissent sur les extrémités des feuilles et s'étendent ensuite vers la nervure centrale pour recouvrir la feuille (figures 4 et 5). Cette maladie a touché 24 plants sur l'ensemble des variétés encore présentes (9 Heijin F1, 7 Arjani F1, 7 Kalenda F1 et 1 Zebrina), et son apparition tardive près de 2 mois et demi après plantation n'a pas trop perturbé l'essai.



Figures 4 et 5 : plants d'aubergines atteints de verticilliose

Les analyses statistiques menées à l'aide de tests non paramétriques sur l'incidence (IFB) et la sévérité (AUDPC) du flétrissement bactérien dû à *R. solanacearum* confirment les différences variétales observées précédemment (annexe IV). Le test de Wilcoxon permet de distinguer 4 groupes de variétés selon la sensibilité aux souches locales de *R. solanacearum* :

- variété potentiellement résistante : Zebrina ;
- variétés très tolérantes : Arjani F1 et Heijin F1 ;
- variété sensible : Kalenda F1 ;
- variétés très sensibles : Bringelle rond et Bringelle saucisse.

Cet essai confirme la sensibilité de la variété de référence Kalenda F1 aux souches de *R. solanacearum* présentes à Mayotte. Pour les producteurs très attachés cette variété, il est possible de contourner sa sensibilité à *R. solanacearum* en recourant au greffage. En effet, des essais réalisés antérieurement ont démontré que le greffage de Kalenda F1 sur le porte-greffe Surya peut permettre de produire sur des parcelles infestées en *R. solanacearum* (Huat, com. Pers.).

Les variétés Zebrina, Arjani F1 et Heijin F1 peuvent en revanche être recommandées aux producteurs touchés par la problématique du flétrissement bactérien dû à *R. solanacearum* sans recourir au greffage.



Par ailleurs, les résultats obtenus sur les variétés réunionnaises Bringelle rond et Bringelle saucisse sont surprenants. Les semences employées sont issues de travaux de sélection menés par l'Armeflhor et le CIRAD à La Réunion (UMR PVBMT) et ont été transmises par Jacques Dintinger, le responsable du programme de sélection. L'efficacité de la résistance induite par l'introduction du gène majeur ERs1 par backcross a été démontrée pour ces variétés sur les souches réunionnaises de *R. solanacearum* appartenant au Sequevar I-31, qui s'avère être le Sequevar majoritaire à Mayotte. En effet, une analyse de la diversité génétique des souches de *R. solanacearum* présentes à Mayotte a été menée en 2012 par Thomas Chesneau et Philippe Prior (CIRAD, UMR PVBMT). Il en ressort que les 155 souches analysées appartenaient au phylotype I d'origine asiatique. Au sein de ce groupe, 4 sous-groupes dénommés « Sequevars » ont été identifiés : S31, S18, S46, S15. Le Sequevar 31 correspondant aux souches les plus agressives à Mayotte représentait à lui seul 86 % des souches analysées (Chesneau, com. Pers.).

On peut émettre l'hypothèse que les souches I-31 présentes à la station de Dombéni soient différentes ou plus virulentes que celles de La Réunion appartenant au même Sequevar. Une seconde hypothèse serait que des souches appartenant aux autres Sequevars identifiés à Mayotte (S18, S46, S15) se soient multipliées sur cette parcelle. En accord avec J. Dintinger, des prélèvements de plants porteurs de *R. solanacearum* cultivés sur cette parcelle seront envoyés à la Réunion pour identifier la souche majoritaire impliquée dans le flétrissement bactérien des Bringelles sur cet essai.



Figure 6 : parcelle d'essai témoignant des nombreuses pertes dues au FB (photo prise 50 jours après plantation)

### **4.3. Durée du cycle et rendement moyen**

#### **4.3.1. Durée du cycle**

La parcelle a été mise en place le 8 août et la première récolte a été effectuée le 6 octobre pour les variétés Arjani F1, Heijin F1, Kalenda F1 et Zebrina ; soit 60 jours après plantation. La très forte incidence de flétrissement bactérien sur la variété Bringelle rond n'a pas permis aux plants d'atteindre la formation des fruits et seuls 2 fruits de Bringelle saucisses ont été récoltés les 9 et 16 octobre (soit 63 et 70 jours après plantation). Cette précocité ne correspond pas au caractère tardif annoncé par les obtenteurs CIRAD Réunion et Armefflor (120 jours). On constate également une étonnante précocité pour la variété Zebrina décrite comme tardive par le fournisseur Technisem (80-85 jours). On confirme en revanche la précocité annoncée par le fournisseur East West Seed pour les variétés Heijin F1 et Arjani F1 (60-70 jours) et par le fournisseur Technisem pour la variété Kalenda F1 (65-70 jours).

#### **4.3.2. Poids moyen des fruits**

Les poids moyens des fruits récoltés sont assez variables au cours de l'essai. La figure 7 ci-dessous illustre cette variabilité pour les 3 variétés les plus productives de l'essai (en particulier sur Zebrina). Les poids moyens des fruits obtenus pour chaque date de récolte et chaque variété sont présentés en annexe V.

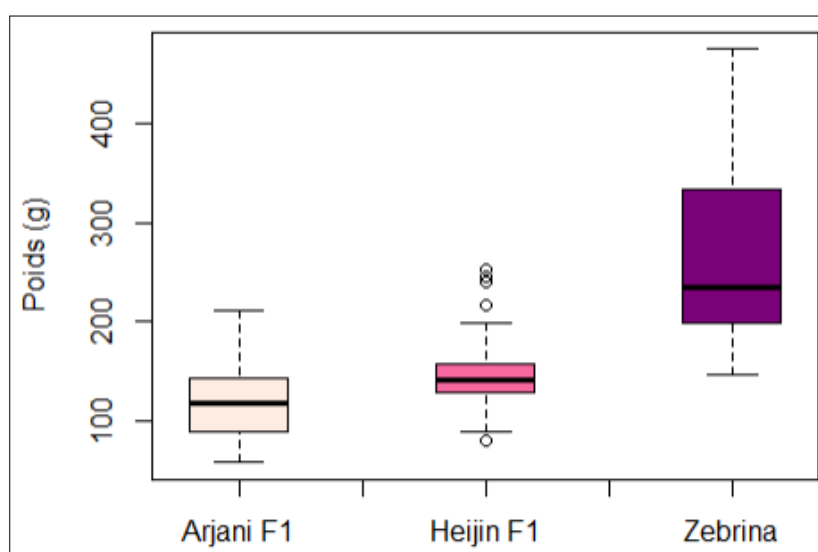


Figure 7 : variabilité du poids moyen des fruits des variétés Arjani F1, Heijin F1 et Zebrina

Les données concernant les variétés Bringelle saucisse et Kalenda F1 ne sont pas exploitables en raison de la taille des échantillons (respectivement 2 et 14 fruits récoltés et pesés). On note simplement un poids moyen relativement faible pour la variété Kalenda F1 ( $254,4\text{g} \pm 102,1$ ) dont les plants donnent normalement de gros fruits situés entre 350 et 450g (données fournisseur). Seuls les fruits récoltés les 9 et 12 octobre répondent à ce calibre.

Pour les 3 variétés productives de l'essai, on remarque une diminution du poids moyens des fruits au cours du temps (annexe V), potentiellement due à une taille insuffisante. La variété Zebrina démontre des calibres assez faibles ( $266,3g \pm 88,4$ ) en comparaison des données du fournisseur (400 – 450g) que seules les 2 premières dates de récolte corroborent. En revanche les poids moyens des fruits récoltés sur les variétés asiatiques Arjani F1 ( $117,3g \pm 35,7$ ) et Heijin F1 ( $148,3g \pm 36,8$ ) correspondent relativement bien aux calibres annoncés par le fournisseur (100 à 130g pour Arjani F1 et 150 à 200g pour Heijin F1).

L'analyse Anova menée sur les variétés Arjani F1, Heijin F1 et Zebrina après avoir transformé les données (transformation  $\log(X+1)$  pour obtenir une distribution suivant une loi normale) démontrent une différence statistique entre les variétés ( $p=2,11e^{-9}$ ) et entre date ( $p=1,9e^{-7}$ , annexe VI). En revanche aucun effet de la répartition spatiale (répétitions) n'est détecté par cette analyse de variance.



*Figures 8, 9 et 10 : Arjani F1, Heijin F1 et Zebrina (de gauche à droite)*

#### **4.3.3. Rendement moyen**

Le rendement des plants d'aubergines a été évalué en analysant les différences variétales entre les poids moyens obtenus au  $m^2$ . Dix récoltes ont été effectuées entre le 6 octobre et le 15 novembre, l'évolution du rendement cumulé est représentée sur la figure 11 ci-après.

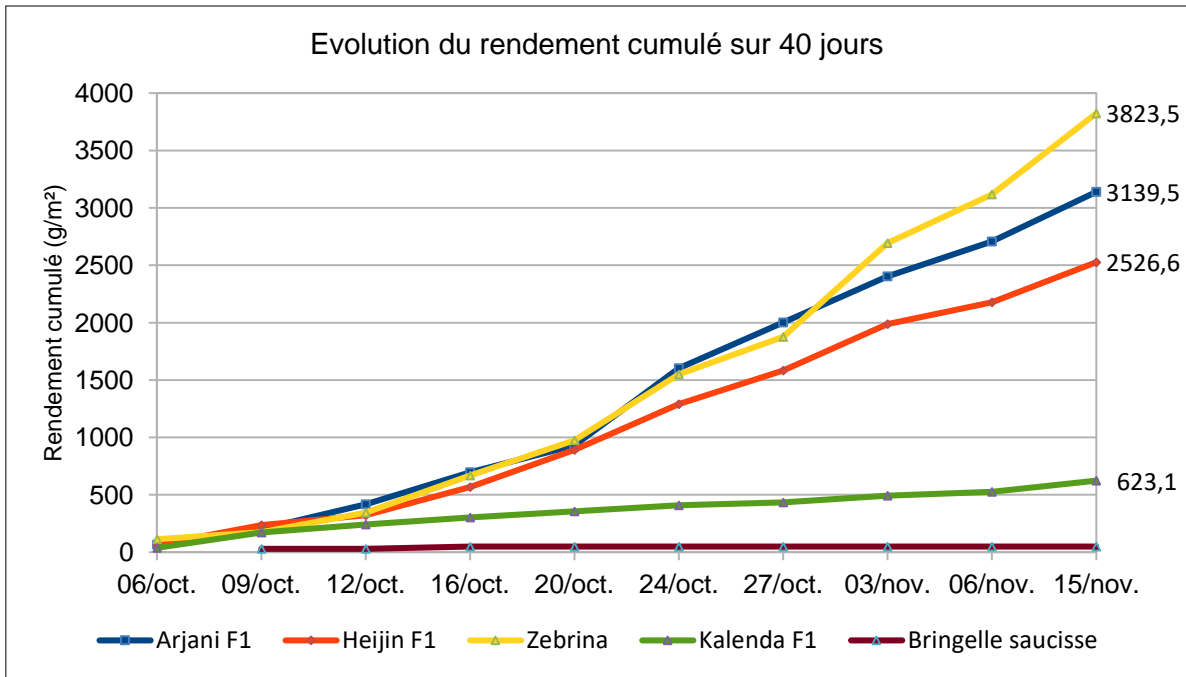


Figure 11 : rendement cumulé moyen (g/m<sup>2</sup>) des variétés Arjani F1, Heijin F1 et Zebrina le 15/11/2017 (soit 100 jours après plantation et 40 jours après la 1<sup>ère</sup> récolte)

Là encore, les données concernant les variétés Bringelles et Kalenda F1 ne sont pas exploitables en raison du faible échantillon récolté. L'analyse des résultats obtenus sur les 3 autres variétés est résumée dans le tableau II ci-après (les résultats détaillés pour date de récolte sont présentés en annexe VII).

Tableau I : synthèse des résultats de rendement cumulé sur 10 récoltes

Rdt cumulé (g/m <sup>2</sup> )	Arjani F1	Heijin F1	Zebrina
<b>Moyenne ± écart-type</b>	<b>3139,5 ± 484</b>	<b>2526,6 ± 627,8</b>	<b>3823,5 ± 468,9</b>
<b>Min-Max</b>	<b>2391,5 – 3694,8</b>	<b>1925,8 – 3238,1</b>	<b>3306,5– 4441,9</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>	<b>15,4%</b>	<b>24,8%</b>	<b>12,3%</b>
<b>Nombre de fruits récoltés</b>	<b>1382</b>	<b>792</b>	<b>724</b>

On constate sur la figure 11 que les trois variétés productives ont un rendement équivalent sur les 15 premiers jours de récoltes. Les variétés Zebrina et Arjani F1 ont ensuite un rendement supérieur à la variété Heijin F1 et le classement des rendements cumulés devient stable sur les 3 dernières récoltes. Le meilleur rendement cumulé est finalement obtenu avec la variété Zebrina (3,8 kg/m<sup>2</sup>) avec le nombre de fruits récoltés le plus faible et les calibres les plus élevés. La variété Arjani F1 compense le faible calibre de ses fruits par une forte production et obtient un rendement plus élevé (3,1 kg/m<sup>2</sup>) que la variété Heijin F1 (2,5 kg/m<sup>2</sup>). On note pour cette dernière variété un coefficient de variation élevé (≈ 25%) qui s'explique par une plus faible production sur l'une des répétitions (plants peu développés malgré des conditions similaires aux autres répétitions).



Figure 12 : les différents types de fruits récoltés selon la variété

L'analyse statistique confirme la différence significative entre variété ( $p=0,005$ , annexe VIII) sans effet de la répartition spatiale, et distingue deux groupes et un groupe intermédiaire :

- variété peu productive : Heijin F1 ;
- variété intermédiaire : Arjani F1 ;
- variété productive : Zebrina.

## 5. CONCLUSION

Les résultats de cet essai confirment la problématique liée au flétrissement bactérien sur la production d'aubergine. Les variétés Zebrina, Heijin F1 et Arjani F1 ont démontré une forte tolérance à la maladie et peuvent être recommandées sur des parcelles ayant démontré un potentiel infectieux en *R. solanacearum* important.

Le type de fruits produits par les variétés Arjani F1 et Heijin F1 diffère fortement de celui du standard Kalenda F1 (gros fruits ovales prédominants sur les marchés) mais les agents ayant bénéficié des récoltes les ont fortement appréciés pour leurs qualités gustatives et la facilité de découpe offerte par leur type long et fin. La variété Zebrina présente l'avantage d'offrir un rendement plus élevé avec des fruits de gros calibres, mais les variétés asiatiques peuvent également être appréciées pour leur forme originale et leur rareté sur les marchés.

Malgré sa prédominance dans les exploitations, la variété Kalenda F1 ne peut être conseillée sans porte greffe en cas de forte incidence de flétrissement bactérien. En outre, cet essai nous questionne sur l'évolution éventuelle de la virulence et/ou de la répartition des souches de *R. solanacearum* depuis l'étude effectuée en 2013 et 2014 par T. Chesneau et P. Prior (CIRAD, UMR PVBMT). Les variétés Bringelle rond et Bringelle saucisse ayant acquis une source de résistance efficace contre les souches appartenant au séquevar I-31 (majoritaire à Mayotte), un prélèvement de plant cultivé sur cette parcelle et contaminé par *R. solanacearum* doit être envoyé à J. Dintinger (CIRAD, UMR PVBMT) pour identifier la souche responsable de la mortalité de la totalité des plants de ces variétés.

## **Bibliographie**

Conn K., 2016. ***Pepper & Eggplant Disease Guide - A practical guide for seedsmen, growers and agricultural advisors***. Seminis® Vegetable Seeds, Inc.'s Plant Health Department (Oxnard, Californie). 74 pages.

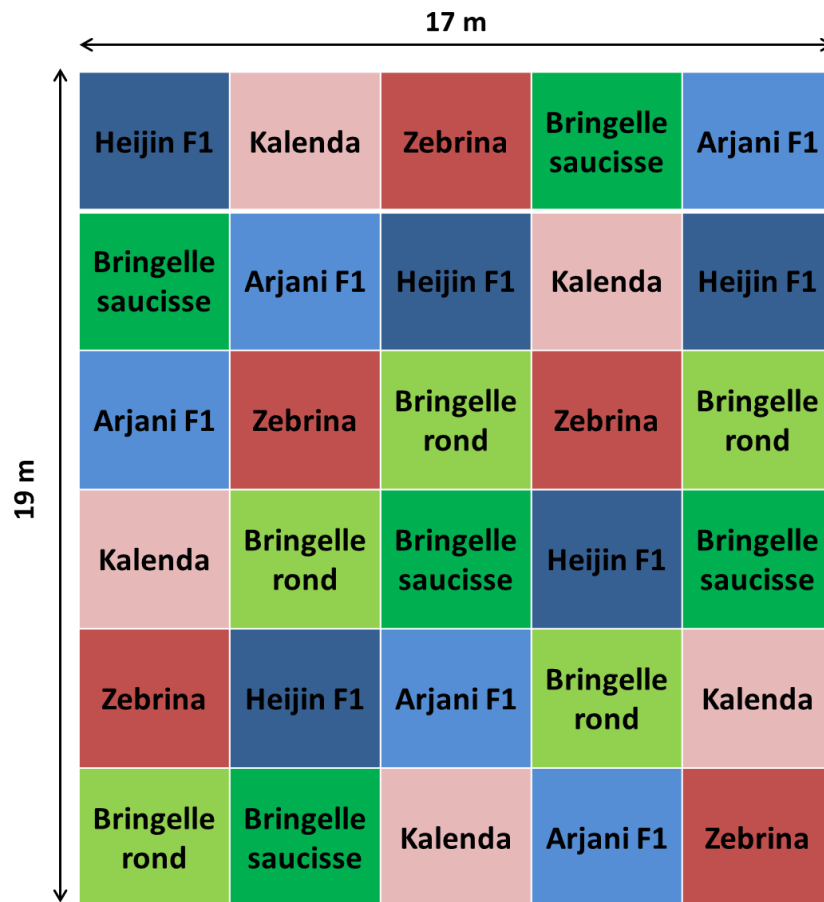
DAAF Mayotte, Janvier 2017. ***Etudes d'informations statistiques agricoles menées en 2016***, Rapport annuel SISE/DAAF, Agreste. 50 pages.

Deberdt P. & Fernandes P., 2013. ***La conception de systèmes horticoles écologiquement innovants : Utilisation des plantes de services en cultures maraichères***. Université Virtuelle Environnement et Développement Durable (UVED) [en ligne].

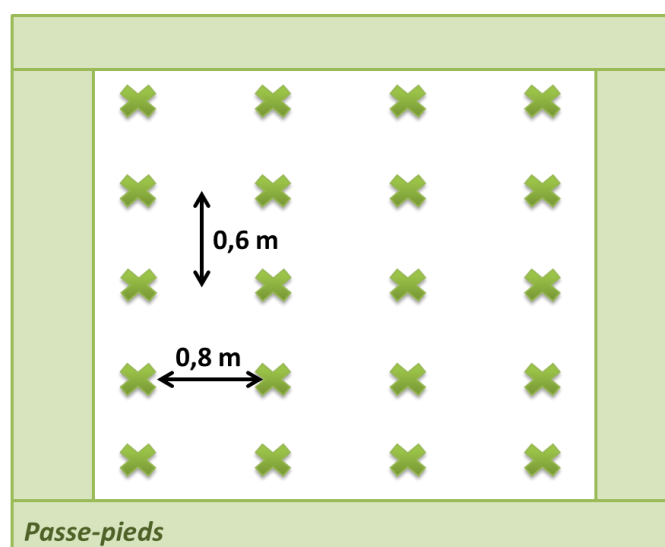
<<http://www.supagro.fr/ecohort/ModuleUved/module1/co>>

Lebeau A., 2010. ***Résistance de la tomate, l'aubergine et le piment à *Ralstonia solanacearum* : interactions entre les géniteurs de résistance et la diversité bactérienne, caractérisation et cartographie des facteurs génétiques impliqués chez l'aubergine***. Thèse : Saint Denis : Université de la Réunion - CIRAD. 130 pages.

## Annexe I : dispositif expérimental de l'essai



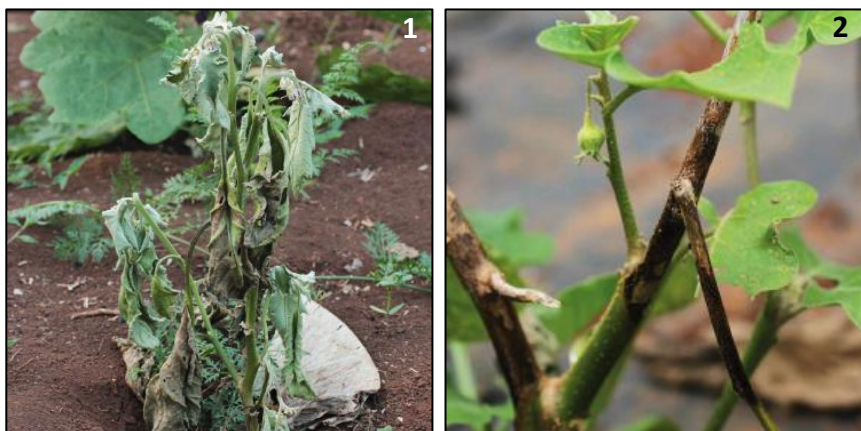
Répartition aléatoire des 6 répétitions pour chaque variété au sein de 5 blocs



Parcelle élémentaire de 9,6 m<sup>2</sup> avec 20 plants de tomates.

## Annexe II : maladies et ravageurs pouvant être observés sur aubergine

- **Maladies** : flétrissement bactérien (*R. solanacearum*), Pourriture à *Phomopsis* (*Phomopsis vexans*)



Figures 1 et 2 : symptômes de flétrissement bactérien (1) et de pourriture à *Phomopsis* (2)  
(Source : Chesneau T.)

- **Ravageurs** : chenilles phytophages, coléoptères phytophages, pucerons (*Aphis gossypii*), tarsonème (acariens *Polyphagotarsonemus latus*), cochenilles (*Paracoccus marginatus*), aleurodes (*Aleurodicus dispersus*, *Bemisia tabaci*), mouche de la tomate.



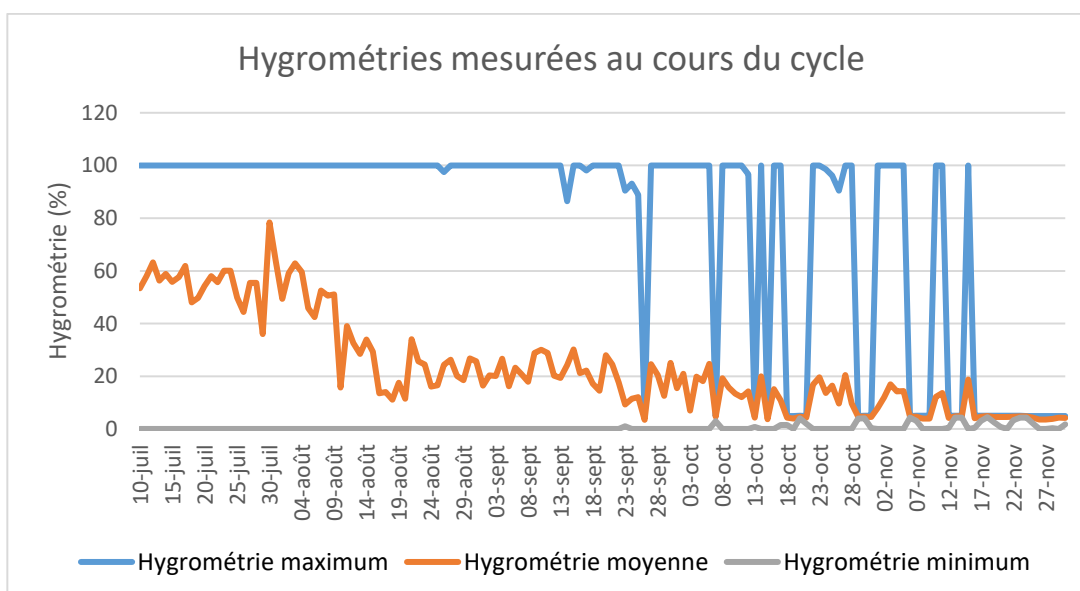
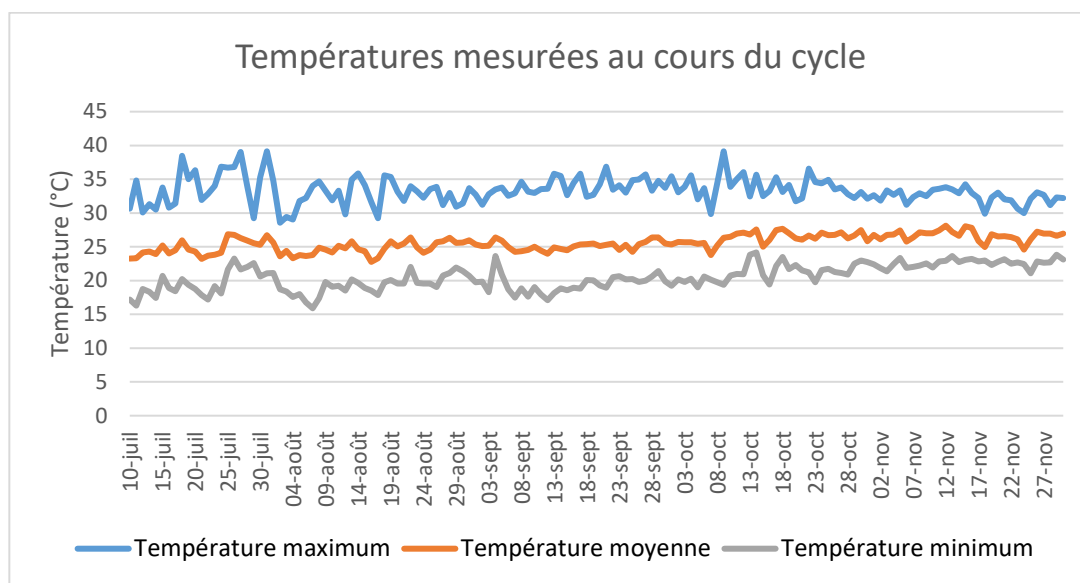
Figures 3, 4 et 5 : chenilles phytophages *Eublemma admota* (3), *Selepa docilis* (4) et symptômes de tarsonème (5) (Source : Chesneau T.)



Figures 6, 7 et 8 : coléoptères phytophages *Epithrix* sp. (6), *Epilachna pavonia* (7) et mouche de la tomate (*Neoceratitis cyanescens*) (8) (Sources : Chesneau T. et Soulezelle J.)



### Annexe III : moyennes journalières des températures et hygrométries mesurées sur la station de Dembéni



## ***Annexe IV : analyses statistiques menées sur l'incidence du flétrissement bactérien (IFB)***

```
> kruskal.test(R$IFB, R$Variété)

kruskal-wallis rank sum test

data: R$IFB and R$Variété
kruskal-wallis chi-squared = 25.85, df = 5, p-value = 9.544e-05

> kruskal.test(R$IFB, R$Bloc)

kruskal-wallis rank sum test

data: R$IFB and R$Bloc
kruskal-wallis chi-squared = 0.63825, df = 4, p-value = 0.9587
```

Test de Kruskal-Wallis analysant l'effet de la variété et de la répartition spatiale (bloc) sur l'incidence du flétrissement bactérien

```
> pairwise.wilcox.test(R$IFB, R$Variété, p.adj="bonferroni")

Pairwise comparisons using wilcoxon rank sum test

data: R$IFB and R$Variété

      Arjani F1 Bringelle rond Bringelle saucisse Heijin F1
Bringelle rond 0.099      -           -           -
Bringelle saucisse 0.099      -           -           -
Heijin F1      1.000      0.102      0.102      -
Kalenda F1     0.149      1.000      1.000      0.153
Zebrina        0.990      0.056      0.056      1.000
Kalenda F1
Bringelle rond -
Bringelle saucisse -
Heijin F1      -
Kalenda F1     -
Zebrina        0.094

P value adjustment method: bonferroni
```

Répartition des variétés en groupe statistiques avec le test de Wilcoxon selon l'incidence du flétrissement bactérien au cours de l'essai

*Annexe V : synthèse des poids moyens des fruits pour chaque date*

<b>Poids moyen des fruits (g) selon la variété, écart-type entre répétition, poids minimum et maximum</b>					
<b>Date</b>	<b>Arjani F1</b>	<b>Heijin F1</b>	<b>Zebrina</b>	<b>Kalenda F1</b>	<b>Bringelle saucisse</b>
<b>06/oct.</b>	<b>154,6 ± 19</b> (137 - 180,5)	<b>194,4 ± 32</b> (164,7 - 240)	<b>426,5</b>	<b>286</b>	
<b>09/oct.</b>	<b>177,3 ± 21,7</b> (157,5 - 211,4)	<b>220 ± 29,4</b> (185,5 - 253,3)	<b>437,9 ± 37,8</b> (401 - 475,6)	<b>415,6 ± 144,1</b> (313,7 - 517,5)	<b>220</b>
<b>12/oct.</b>	<b>141,9 ± 13,9</b> (120 - 155)	<b>153,5 ± 11,3</b> (138,7 - 163,7)	<b>337,7 ± 29,3</b> (302,5 - 374)	<b>363,3</b>	
<b>16/oct.</b>	<b>134,5 ± 10,3</b> (123,2 - 146,8)	<b>151,3 ± 17</b> (130 - 174,1)	<b>344,3 ± 33,6</b> (299,4 - 392)	<b>229,75</b>	<b>150</b>
<b>20/oct.</b>	<b>123,6 ± 7,2</b> (116,4 - 133,9)	<b>144,2 ± 5,1</b> (138,4 - 152,3)	<b>288,5 ± 11,9</b> (273,1 - 306,3)	<b>189,2 ± 17,2</b> (177 - 201,3)	
<b>24/oct.</b>	<b>101,3 ± 6</b> (93,3 - 109,5)	<b>137,4 ± 14</b> (120,5 - 158)	<b>233,4 ± 13</b> (217,9 - 249,2)	<b>198,7</b>	
<b>27/oct.</b>	<b>91,7 ± 4,9</b> (85,5 - 98,5)	<b>122,4 ± 14</b> (102,5 - 136,5)	<b>221,1 ± 16,6</b> (199,1 - 237,8)	<b>193,5</b>	
<b>03/nov.</b>	<b>97,1 ± 19,5</b> (84,8 - 130,8)	<b>125 ± 26,3</b> (81,3 - 148,1)	<b>203,2 ± 11,2</b> (195,7 - 222,8)	<b>210,7</b>	
<b>06/nov.</b>	<b>75,2 ± 15</b> (62,7 - 97,6)	<b>111,4 ± 21,8</b> (90,8 - 145,2)	<b>172,5 ± 26,9</b> (146,8 - 203,9)	<b>179</b>	
<b>15/nov.</b>	<b>75,4 ± 17,9</b> (58,4 - 101,3)	<b>132,6 ± 18,5</b> (107 - 157,7)	<b>174,7 ± 16,6</b> (158,8 - 200,1)	<b>182,5</b>	
<b>Total</b>	<b>117,3 ± 35,7</b> (58,4 - 211,4)	<b>148,3 ± 36,8</b> (81,3 - 253,3)	<b>266,3 ± 88,4</b> (146,8 - 475,6)	<b>254,4 ± 102,1</b> (177 - 517,5)	<b>185 ± 49,5</b> (150 - 220)

## Annexe VI : analyses statistiques menées sur le poids moyen des fruits

```
> shapiro.test(donnees$Poids.moyen.fruit)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  donnees$Poids.moyen.fruit
W = 0.87457, p-value = 3.192e-10

> shapiro.test(donnees$Log.poids.fruit)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  donnees$Log.poids.fruit
W = 0.9868, p-value = 0.1436
```

Test de Shapiro-Wilk : les données ne suivent pas une loi normale donc une transformation est effectuée (Log) pour obtenir une distribution normale

```
> Stat$Variété=relevel(Stat$Variété,ref="Zebrina")
> mod1=lm(Log.poids.fruit~Variété+REP+Date, data=Stat)
> anova(mod1)
Analysis of Variance Table

Response: Log.poids.fruit
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Variété  2  3.5798  1.78988  23.3856 2.111e-09 ***
REP      1  0.0027  0.00267   0.0348  0.8522
Date    9  4.3837  0.48708   6.3640 1.900e-07 ***
Residuals 130  9.9499  0.07654
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Test Anova analysant l'effet de la variété, de la répartition spatiale (REP) et de la date de récolte sur le poids des aubergines

**Annexe VII : évolution du rendement cumulé pour chaque date**

Date	Arjani F1	Heijin F1	Zebrina	Kalenda F1	Bringelle saucisse
06/oct.	<b>66,5 ± 29</b>	<b>64,5 ± 59,5</b>	<b>112,8</b>	<b>37,8</b>	
	<i>(18,1 – 95,5)</i>	<i>(25 – 152,5)</i>			
09/oct.	<b>201,5 ± 89,9</b>	<b>234,7 ± 128,6</b>	<b>175,6 ± 174,6</b>	<b>170,4 ± 6,2</b>	<b>29,1</b>
	<i>(59,8 – 291,9)</i>	<i>(122,3 – 445,5)</i>	<i>(54,2 – 427,4)</i>	<i>(166 – 174,7)</i>	
12/oct.	<b>416,9 ± 168,5</b>	<b>323,1 ± 117,1</b>	<b>344,4 ± 339,8</b>	<b>242,5 ± 108,1</b>	<b>29,1</b>
	<i>(123,3 – 546,6)</i>	<i>(195,8 – 510,4)</i>	<i>(54,2 – 913,6)</i>	<i>(166 – 318,9)</i>	
16/oct.	<b>696,4 ± 237,9</b>	<b>566,8 ± 241,3</b>	<b>669,3 ± 228,4</b>	<b>303,2 ± 194,1</b>	<b>48,9</b>
	<i>(302,5 – 889)</i>	<i>(347,1 – 974,8)</i>	<i>(428,8 – 965,5)</i>	<i>(166 – 440,5)</i>	
20/oct.	<b>930,2 ± 308,7</b>	<b>892 ± 307,8</b>	<b>975 ± 269,1</b>	<b>354,9 ± 234</b>	<b>48,9</b>
	<i>(410,3 – 1180,8)</i>	<i>(516,7 – 1322,7)</i>	<i>(656,1 – 1254,5)</i>	<i>(189,4 – 520,4)</i>	
24/oct.	<b>1602,7 ± 621,4</b>	<b>1290,2 ± 356</b>	<b>1548,3 ± 434,2</b>	<b>407,5 ± 308,4</b>	<b>48,9</b>
	<i>(698,1 – 2219,6)</i>	<i>(911,5 – 1761,5)</i>	<i>(1018,6 – 2027,2)</i>	<i>(189,4 – 625,5)</i>	
27/oct.	<b>2002,4 ± 673,3</b>	<b>1582,2 ± 450,6</b>	<b>1876,1 ± 476</b>	<b>433,1 ± 344,6</b>	<b>48,9</b>
	<i>(945,5 – 2626,7)</i>	<i>(1106 – 2231,1)</i>	<i>(1301,7 – 2481)</i>	<i>(189,4 – 676,7)</i>	
03/nov.	<b>2403,9 ± 563,6</b>	<b>1987,1 ± 492,7</b>	<b>2693,1 ± 550,4</b>	<b>491,1 ± 426,6</b>	<b>48,9</b>
	<i>(1505,6 – 2962,2)</i>	<i>(1581,1 – 2553,8)</i>	<i>(1976,3 – 3291,8)</i>	<i>(189,4 – 792,7)</i>	
06/nov.	<b>2706 ± 544,4</b>	<b>2177,6 ± 546,3</b>	<b>3116,5 ± 512,3</b>	<b>526,6 ± 476,8</b>	<b>48,9</b>
	<i>(1804,5 – 3240,1)</i>	<i>(1703 – 2824,1)</i>	<i>(2455,3 – 3684,7)</i>	<i>(189,4 – 863,8)</i>	
15/nov.	<b>3139,5 ± 484</b>	<b>2526,6 ± 627,8</b>	<b>3823,5 ± 468,9</b>	<b>623,1 ± 613,4</b>	<b>48,9</b>
	<i>(2391,5 – 3694,8)</i>	<i>(1925,8 – 3238,1)</i>	<i>(3306,5 – 4441,9)</i>	<i>(189,4 – 1056,9)</i>	
Nbr de fruits récoltés	<b>1382</b>	<b>792</b>	<b>724</b>	<b>41</b>	<b>2</b>

## Annexe VIII : analyses statistiques menées sur le rendement cumulé

```

> R$variété=relevel(R$variété,ref="Zebrina")
> mod2=lm(Rdt.cumulé.pe~variété+REP, data=R)
> anova(mod2)
Analysis of Variance Table

Response: Rdt.cumulé.pe
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Variété    2 4209103 2104552   8.8054 0.005209 **
REP        1  764195  764195   3.1974 0.101301
Residuals 11 2629062  239006
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(mod2)

Call:
lm(formula = Rdt.cumulé.pe ~ variété + REP, data = R)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-920.00 -219.27   38.28  226.64  871.11

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    3344.68     345.69   9.675 1.03e-06 ***
VariétéArjani F1  -683.94     309.20  -2.212  0.0490 *
VariétéHeijin F1 -1296.90     309.20  -4.194  0.0015 **
REP              159.60      89.26   1.788  0.1013
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 488.9 on 11 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6542,    Adjusted R-squared:  0.5599
F-statistic: 6.936 on 3 and 11 DF,  p-value: 0.0069

```

Test Anova analysant l'effet de la variété et de la répartition spatiale (REP) sur le rendement cumulé d'aubergines

```

> library(lsmmeans, pos=17)
> LMS = lsmmeans(mod2,pairwise~variété, data=R)
> cld(LMS)
variété      lsmean      SE df lower.CL upper.CL .group
Heijin F1  2526.587 218.6347 11 2045.376 3007.799 1
Arjani F1  3139.550 218.6347 11 2658.339 3620.762 12
Zebrina    3823.492 218.6347 11 3342.280 4304.704 2

Confidence level used: 0.95
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates
significance level used: alpha = 0.05

```

Formation de groupes statistiques de variété selon le rendement cumulé par la méthode des moindres carrés

## RÉSUMÉ

L'aubergine est l'une des principales cultures maraîchères à Mayotte avec comme variété majoritaire Kalenda F1 (Technisem) qui produit de gros fruits longs et violet foncé appréciés des consommateurs. Cette variété dispose d'une résistance intermédiaire au flétrissement bactérien (FB) dû à *Ralstonia solanacearum* qui constitue la principale problématique pour l'aubergine à Mayotte. Mais il est probable que cette résistance ne soit pas adaptée aux souches locales de *R. solanacearum* car des pertes dues au FB sont fréquemment constatées chez les producteurs.

Un essai variétal a été mis en place dans le cadre de l'action 3 du projet INNOVEG du RITA pour tester la tolérance de 6 variétés possédant des sources de résistances intermédiaires à *R. solanacearum* en plein champ au cours de la saison sèche, avec la variété Kalenda F1 comme référence. Un suivi des maladies a été effectué pendant 70 jours sur 100 plants par variété, et le poids moyen des fruits et le rendement ont été évalués sur 10 récoltes.

La principale maladie observée au cours de l'essai fût le flétrissement bactérien à partir de 14 jours après plantation. L'ensemble des plants des 2 variétés réunionnaises **Bringelle rond** et **Bringelle saucisse** (issues de travaux de sélection menés par le CIRAD Réunion et l'Armefflor) ont été atteints par le FB, ainsi que 93% des plants de **Kalenda F1**. En revanche les variétés asiatiques du fournisseur East West Seed ont démontré une bonne tolérance au FB avec peu de plants atteints (5% pour **Arjani F1** et 6% pour **Heijin F1**), et aucun plant de la variété **Zebrina** (Technisem) n'a été touché par la maladie. Le meilleur rendement cumulé a été obtenu avec la variété **Zebrina** ( $\approx 3,8 \text{ Kg/m}^2$  avec des fruits de  $\approx 266\text{g} \pm 88$ ), suivie de **Arjani F1** ( $\approx 3,1 \text{ Kg/m}^2$  avec des fruits de  $\approx 117\text{g} \pm 36$ ) et de **Heijin F1** ( $\approx 2,5 \text{ Kg/m}^2$  avec des fruits de  $\approx 148\text{g} \pm 37$ ).

Les résultats de cet essai confirment la problématique liée au flétrissement bactérien sur la production d'aubergine. Les variétés **Zebrina**, **Heijin F1** et **Arjani F1** ont démontré une forte tolérance à la maladie et peuvent être recommandées sur des parcelles ayant démontré un potentiel infectieux en *R. solanacearum* important. Malgré sa prédominance dans les exploitations, la variété **Kalenda F1** ne peut être conseillée sans porte greffe en cas de forte incidence de flétrissement bactérien. Enfin, la mortalité des 2 variétés réunionnaises pourtant résistantes aux souches I-31 de *R. solanacearum* présentes à la Réunion et à Mayotte (86 % des souches analysées par T. Chesneau et P. Prior (CIRAD) en 2012) nous questionne sur l'évolution de la diversité et/ou de la répartition des souches de *R. solanacearum* à Mayotte. Une identification des souches présentes sur la parcelle d'essai de Dembéni est nécessaire pour comprendre la très forte incidence de flétrissement bactérien constatée sur cet essai.

Partenaires impliqués dans la réalisation de ce rapport :

