ECOLE INTERFACULTAIRE DE BIOINGENIEURS

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Campus du Solbosch CP 165/05
Avenue F.D. Roosevelt 50
1050 Bruxelles
T : +32 (0)2 650 29 03
M : eib@admin.ulb.ac.be

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES

23 juillet 2018 – 19 octobre 2018

Directeur : Frédéric Bourseau
Maitre de stage : Youri Uneau
Promoteur de stage : Charles De Cannière

Structure d'accueil : ASSOFWI

Céline Loubières,
Master 2 bioingénieur orientation en sciences agronomiques

Année académique 2007-200

Table des matières

I. Introduction 3
i. Présentation du stage 3
ii. Présentation de la structure d'accueil : Assofwi 3
iii. Contexte 4

II. La culture d'agrumes en Guadeloupe 5
i. Historique 5
ii. Conditions environnementales 5
iii. Les portes greffes : 6
iv. Les variétés 6
v. Maladies et Ravageurs 7
a. Phytophthora spp ou gommose des agrumes. 7
b. La fumagine : 7
c. Les pucerons 7
d. Les cochenilles : 7
e. Les charançons 8
f. Mineuse des agrumes, *Phyllocnistis citrella* 8
g. Fourmis manioc 8

vi. Focus HLB 8
i. Description de la maladie 8
a. Introduction 8
b. Transmission : 9
c. Symptômes : 10
d. Facteurs déterminants 10
e. Lutte 11
ii. Projet Parade HLB 11

III. Travaux réalisés durant le stage 12
i. Suivit des parcelles 12
ii. Expérience de biostimulants et PNPPs 13
a. Matériel et méthode 15
b. Résultats et discussion 20
iii. Teste de la qualité des agrumes 24
a. Matériel et méthode 24
b. Résultats et discussion 25
iv. Identification d'insectes hôtes alternatif du HLB 27
a. Matériel et méthode 27
b. Résultats et discussion 31

IV. Perspectives et conclusion 32

V. Ressentis personnels 34

VI. Bibliographie 35

VII. Annexes 36
Annex 1 36
Annexe 2. 42
Annexe 3. 43
Annexe 4 43
Annexe 5. 45

I. Introduction

i. Présentation du stage

C'est dans le cadre de mon Master 2 en sciences agronomiques, pour l'unité d'enseignement « Stage en entreprise en sciences agronomiques », que j'ai réalisé un stage en Guadeloupe au sein de l'Association « Assofwi », de producteurs de fruits et de christophines du pays. L'agriculture Belge étant déjà bien développée dans mes études, j'ai décidé de me tourner vers l'agriculture tropicale me permettant de m'ouvrir à un nouveau système agraire. L'Assofwi a pu m'apporter ce que je recherchais. Ce stage, d'une durée de trois mois, visait à m'initier au monde du travail et à approfondir mes connaissances dans les domaines qui me sensibilisent. En effet, l'Assofwi travaille dans une optique de développement durable et de valorisation de la diversité agricole en collaboration avec les producteurs.

Ce stage allait être l'occasion de réaliser ma première recherche scientifique personnelle, de travailler en collaboration avec des acteurs du monde agricole, avec un contexte difficile, le tout dans un environnement naturel exceptionnel.

Je tiens à remercier toute l'équipe d'Assofwi pour leur chaleureux accueil et pour l'expérience enrichissante qu'ils m'ont apportée. Une reconnaissance particulière à Youri Uneau et Maéva Marcin pour le temps qu'ils ont consacré à me guider et à me conseiller, avec bienveillance et sérieux tout au long de ce stage.

ii. Présentation de la structure d'accueil : Assofwi

L'Assofwi, créée en 2003, est une association de producteurs de fruits et christophines de la Guadeloupe située sur la côte « sous le vent » à Vieux-Habitants. L'équipe Assofwi regroupe un responsable administratif, deux techniciens et trois ouvriers agricoles permanents. La structure en tant que telle occupe un terrain de 14 hectares en grande partie arboricole, dont 6,8 hectares sont en biologique et le reste en conversion. Les parcelles sont utilisées pour des expérimentations, des démonstrations ainsi que pour la production de fruits vendus au marché de l'Assofwi organisé tous les mercredis matin. En 2018 elle compte, près de 50 agriculteurs adhérents qui représentent une superficie de culture d'environ 150 ha pour la plupart en arboriculture et maraichage. Cette structure est dirigée par un conseil d'administration voté chaque année lors de l'Assemblée Générale, composé en 2018 des membres suivants :

- Frédéric BOURSEAU, Président
- Jean-Marc PETIT, Vice -président
- Ketty GOMBAULD Trésorier
- André BERRY, Trésorier adjoint
- Maryse FIFI, Secrétaire
- Sonia CAMALET, Administratrice
- Sylvain HUOT MARCHAND, Administrateur

- Cédric COUTELLIER, Administrateur

L'objectif principal de l'association (à but non lucratif) est le développement de la diversification fruitière en Guadeloupe. Pour cela elle décline ses activités sous 4 volets principaux :

- L'appui technique et administratif des producteurs adhérents.
- Un centre de formation.
- L'expérimentation de pratiques agricoles innovantes et durables.
- La vente directe de produits du terroir.

Suite à l'apparition en Guadeloupe de la maladie « Citrus Greening » en 2012 (huanglongbing, HLB), deux projets visent à traiter cette maladie : RITA PARADE HLB et TROPICSAFE (décris page 10 et 23). L'Assofwi travaille principalement sur le projet PARADE HLB et secondairement sur TROPICSAFE pour tenter de trouver des pratiques agro-écologiques ou biologiques et d'appuyer les producteurs dans le but de relancer la culture des agrumes. L'objet de mon stage est directement lié à ces projets de recherche.

iii. Contexte

L'agriculture en Guadeloupe connaît aujourd'hui des difficultés liées à la faiblesse de la mécanisation, aux problèmes sanitaires, aux maladies émergentes, à l'éloignement des marchés extérieurs et aux manques ainsi qu'à l'étroitesse des marchés locaux. Dominée par la canne à sucre, la prairie permanente et la banane, l'agriculture en Guadeloupe se concentre sur les cultures d'exportation et renferme plus de 20 000 ha en friche ou insuffisamment cultivés (Agreste, 2017). En revanche, pour ce qui est des autres fruits comestibles, la Guadeloupe est largement dépendante de l'importation. Notamment les agrumes dont la part des importations sur l'île a été multipliée par 6 au cours de la dernière décennie avec une nette augmentation de 2012 à 2015 passant de plus de 50% à 75% (DAAF, 2015). C'est pourquoi, une nouvelle politique de diversification des productions prend place et cherche à encourager les agriculteurs à diversifier leurs cultures en vue de la satisfaction des marchés locaux.

Dans cette optique, les agrumes peuvent constituer une culture intéressante par l'attraction qu'elle suscite auprès des consommateurs. Cependant, la production d'agrumes est fortement réduite depuis 2012, par l'émergence du Citrus Greening – Huanglonbing (HLB). Cette maladie bactérienne, se rajoutant aux multiples maladies déjà présentes en Guadeloupe, est à l'origine de l'affaiblissement des arbres, de la baisse de production et mène, pour la plupart des variétés d'agrumes, à la mort précoce des arbres. La maladie est décrite plus précisément par la suite (page 7).

II. La culture d'agrumes en Guadeloupe

i. Historique

Le terme « agrumes » regroupe trois genres faisant partie de la famille des rutacées : *Citrus, Fortunella* et *Poncirus*. Quatre espèces ancestrales (*C. reticulata, C. maxima, C. medica et C. micrantha*) sont à l'origine des grands groupes d'agrumes modernes (Cirad, 2018). Ces espèces originaires du sud-est de l'Asie (Chine et Inde) ont généré par hybridations naturelles les différentes variétés d'agrumes que nous connaissons aujourd'hui tels que les orangers, les pomélos, les citronniers et les limettiers (Parfonry, 2001).

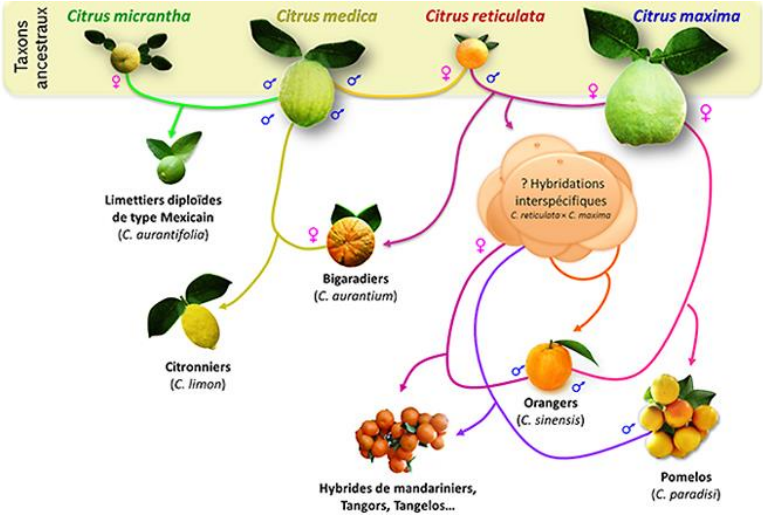


Figure 1 : évolution des agrumes (Cirad, 2018).

D'abord diffusée au Moyen-orient et dans les pays méditerranéens, la culture d'agrumes est implantée dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales au début du XVI siècles. Aujourd'hui, une majeure partie des agrumes est cultivée dans des régions climatiques arides ou très différentes de leur climat traditionnel (avec un minimum de 1200 mm de précipitations). Ceci, montre bien l'influence de l'activité humaine sur l'évolution de l'agrumiculture. En Guadeloupe, la culture d'agrume a toujours été, jusqu'en 2012, la principale culture de diversification fruitière pour la vente locale.

ii. Conditions environnementales

Les agrumes possèdent un système radiculaire important (système racinaire pivotant) et nécessitent des sols profonds. De préférence, les agrumes sont cultivés sur des sols meubles et aérés, homogènes et profonds (1 m au minimum), à texture dominante grossière (éviter les sols trop argileux) (Ministère Département du développement de l'agriculture, 2016). Les agrumes nécessitent un bon ensoleillement et approvisionnement en eau (environ 1 000 m3/ha/mois). Par ailleurs, le drainage est primordial pour leur bon développement. Les parcelles doivent donc être situées en haut ou au milieu de versant pour éviter la stagnation de l'eau (Ministère Département du développement de l'agriculture, 2016). Dans l'ensemble, la côte sous-le-vent

est propice à la culture des agrumes. Cependant, les zones trop sèches, telle que Vieux habitants, devront bénéficier d'une irrigation d'appoint.

iii. Les portes greffes :

La large gamme de porte-greffes disponibles permet d'implanter les agrumes dans des sols très variables en matière de ph, de texture et d'équilibre chimique. les porte-greffes utilisés permettent de rallonger la durée de vie des arbres en s'adaptant au type de sol et en augmentant la tolérance des agrumes face au champignon phytophtora et au virus de la tristeza.

- Citrus volkameriana pour les espèces à fruits acides (limes, citron, pomélo…) : porte-greffe polyvalent, s'adapte à de nombreux types de sol, résiste bien à la sècheresse, résistant aux pourridiés, tolérant à la tristeza et confère aux arbres une grande vigueur et un bon rendement.
- Citrumello 4475 pour les espèces à fruits doux (orange, mandarine, hybrides…) : bien adapté aux sols acides, tolérant au phytophthora et à la tristeza, bonne qualité des fruits, moyennement vigoureux et bon rendement.
- Madarinier Cléopâtre pour les sols calcaires de la Grande-Terre : Tolérant à la tristeza il est par contre sensible au phytophthora. Il confère aux arbres une vigueur moyenne et des rendements moyens.
- Poncirus trifoliata cv Flying dragon pour de vrais vergers piéton : ce porte-greffe confère aux arbres une faible vigueur (nanisme), parfaitement adapté aux sols acides et limoneux, il est résistant au phytophthora et tolérant à la tristeza.

iv. Les variétés

Les variétés d'agrumes sont très nombreuses, il convient donc de respecter plusieurs règles : l'achat des plants doit se faire chez un pépiniériste reconnu qui garantit la production de plants indemnes de maladies et ravageurs ; l'introduction de matériel végétal, même des îles voisines, est interdite (possibilité d'introduction de maladies graves). A ces fins, le Cirad ainsi que l'IT2 (institut technique tropical) ont mis en place des parcs-à-bois et diffuse les greffons sélectionnés aux pépiniéristes.

Voici la liste des variétés d'agrumes actuellement disponibles aux Antilles

- Oranger : Navel ; Valencia ; Hamlin et Pineapple.
- Tangélo : Minéola et Orlando.
- Pomélo : Redblush ; Star Ruby et Marsh.
- Mandarine : Fremont ; Dancy ; Clémentine ; King et Commune.
- Lime : Tahiti ; Mexicaine et Bearss.
- Kumquat : Marumi et Nagami.
- Limquat, Combava et Calamondin

v. Maladies et Ravageurs

Les maladies et ravageurs décrits ci-dessous sont ceux les plus observées lors des suivis des parcelles d'agrumes de l'Assofwi (mis à part le Citrus Greening qui est décrit plus loin).

a. Phytophthora spp ou gommose des agrumes.

Maladie due à une série de champignons du genre phytophthora transmis par l'eau au contact avec le tronc, la racine ou le fruit. Elle engendre le dessèchement et la pourriture des organes touchées suivit d'un dépérissement de l'arbre durant de longues années.

Symptômes : jaunissement au niveau des nervures des feuilles ; pourriture de l'écorce ; écoulement de gomme sur le tronc ; assèchement et dépérissement des branches.

Lutte : choix de portes greffes résistants ou tolérants ; éviter les sols trop humides et bien drainer le sol ; planter les arbres sur des butes ; nettoyer/désherber autour du pied ; couper les branches basses

b. La fumagine :

Maladie cryptogamique ou un champignon noirâtre se développe, se nourrit et vit sur les feuilles attaquées par des cochenilles ou des aleurodes qui sécrètent du miellat (substance sucrée sécrétée par certains insectes dits « suceurs piqueurs » de sève). Ce champignon gêne la respiration des organes recouverts et la photosynthèse des feuilles.

Symptômes : noir de fumé sur les parties aériennes de l'arbre.

Lutte : la lutte se fait principalement de manière préventive au niveau des insectes impliqués ; l'utilisation d'huile blanche favorise le décollement de la fumagine.

c. Les pucerons :

Ce sont des piqueurs suceurs qui s'attaquent généralement aux jeunes pousses et se nourrissent de la sève. Ils forment des colonies et envahissent rapidement l'ensemble de l'arbre. Sous l'effet des nombreuses piqures, les feuilles se déforment et s'enroulent, les jeunes poussent ont une croissance ralentie et désordonnée. On retrouve principalement deux espèces sur les agrumes :

- Puceron brun des agrumes / Butty / Toxoptera citricida. Vecteur de la tristeza.
- Puceron vert des agrumes / Leblanc / Aphis sp

Symptômes : les nouvelles pousses ont une végétation ralentie ; les jeunes feuille sont enroulées ; présence de fourmi sur le tronc et les rameaux,

Lutte : insecticide de contact sur les premières colonies de pucerons en pépinière ; traiter les fourmis si ces dernières sont en trop grand nombre car elles transportent les pucerons d'un arbre à un autre ; lutte biologique naturelle efficace (coccinelles, chrysopes, micro-guêpes, syrphes)

d. Les cochenilles :

Ce sont des insectes piqueurs et suceurs de la sève des végétaux. Elles s'attaquent aux parties aériennes de la plante et envahissent rapidement tout l'arbre. Une importante invasion de cochenille peut mener à la perte des feuilles ainsi qu'à la mort des rameaux et des branches. De plus les cochenilles produisent une substance sucrée appelée miellat qui attire d'autres insectes

néfastes et favorise le développement de la fumagine. Sur les parcelles expérimentales d'Assofwi on retrouve en particulier des cochenilles Fiorina (*Fiorinia proboscidaria)*, cochenille verte (*Coccus viridis*), cochenille virgule (*Lepidosaphes beckii*) et des cochenilles des Seychelles (*Icerya seychellarum*).

Symptômes : présence de fumagines sur les feuilles et les fruits ; chute d'une partie des feuilles ; concentration d'insectes sur les parties infectées par les cochenilles.

Lutte : taille (aération) ; respect des distances de plantation ; insecticide de contact (huile blanche) si l'infestation importante ; lutte biologique naturelle (micro-guêpe, champignon, coccinelle)

e. Les charançons

Diaprepres spp et *Litostylus sp*, deux espèces de charançon fréquemment rencontrées sur les parcelles d'agrumes. Les adultes se nourrissent de feuilles d'agrumes mais sont peu dommageables à l'arbre. Les larves (vers blancs-jaunes) quant à elle mangent les racines et favorisent l'entrée de maladie telle que le champignon phytophtora.

Symptômes : les feuilles sont trouées ou découpées ; les racines superficielles apparaissent et l'arbre se dessèche.

Lutte : lutte biologique naturelle (nématode entomopathogène).

f. Mineuse des agrumes, *Phyllocnistis citrella*

L'adulte est un papillon d'environ 6mm et la larve est une chenille jaune-verte de 3mm. Cette dernière creuse des galeries sous l'épiderme des feuilles qui jaunissent par la suite, se dessèchent et tombent.

Symptômes : traces de galeries brunâtres sur les feuilles.

Lutte : lutte biologique naturelle (micro-guêpes) ; traitement au Bacillus thurengiensis dès l'apparition des jeunes larves ; associer la culture avec des plantes aromatiques

g. Fourmis manioc

Ce sont des fourmis coupeuses de feuilles. Elles se nourrissent du champignon *Leucoagaricus gongylophorus* qu'elles cultivent sur un substrat de feuilles en décomposition.

Lutte : utilisation de plantes (à cultiver ou en PPNP) à action fongicide et insecticide afin de déranger la fourmilière pour qu'elle se déplace ou ralentisse son activité.

vi. Focus HLB

i. Description de la maladie

a. Introduction

Le Huanglongbing (HLB ou Citrus Greening) est une maladie bactérienne mortelle chez les agrumes ainsi que chez d'autre Rutacées d'ornement (Bsv-reunion.fr, 2016). Trois espèces de protéobactérie du genre *Candidatus* Liberibacter sont à l'origine de cette maladie : C. L. asiaticus, Ca. L. américanus et Ca. L. africanus (Ramadugu et al, 2016). Ces dernieres vivent

dans le phloème des agrumes et s'attaquent au système vasculaire de la plante. C. L. asiaticus est aujourd'hui la forme la plus répandue à travers le monde. Il n'existe aujourd'hui encore aucun remède efficace.

Cette maladie a d'abord été découverte en Inde au 17e siècle. Par la suite, elle est signalée en Chine à la fin du 19eme siècle et en Amérique du sud à la fin du 20e siècle (Cirad, 2009). Aujourd'hui son aire de répartition s'étend principalement en Asie tropicale et subtropicale, en Afrique centrale et du sud, en Amérique du sud, dans les Caraïbes, et dans certains Etats des Etats unis (Floride, Louisiane, Texas, Caroline du sud, Géorgie) (National Academy of Science, 2010). Le HLB est devenue une pandémie à l'origine d'importantes pertes économiques et menace fortement les grands bassins de production d'agrumes.

En Guadeloupe, La maladie est signalée en 2012 ou elle a fait chuter la production agrumicole en faisant baisser de plus de 60% les rendements en quelques années. Aujourd'hui, la presque totalité des pieds d'agrumes sont infectés

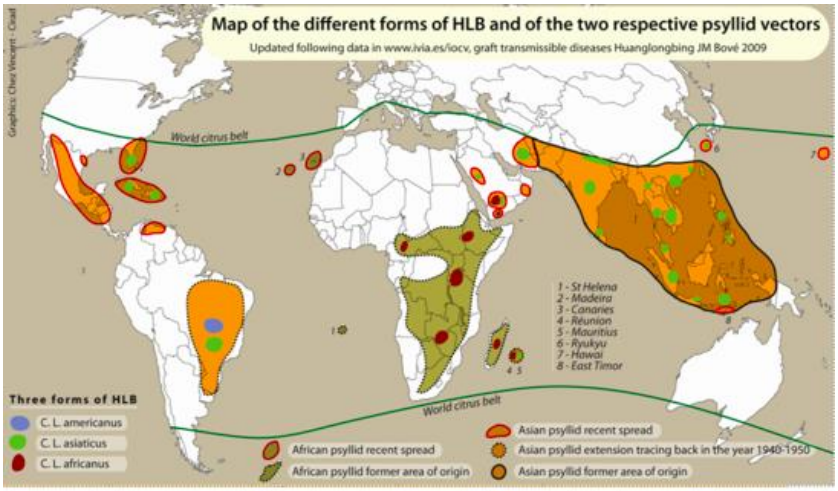


Figure 2: répartion du HLB et de ses vecteurs (Cirad, 2009)

b. Transmission :

La bactérie pathogène est transmise aux arbres à la fois par greffe et par deux psylles (sous-ordre des homoptères, famille des Psyllidae) : *Diaphorina citri* originaire d'Asie et *Trioza arytreae* originaire d'Afrique. En Guadeloupe, le psylle présent est Diaphorina citri. Cet insecte mesurant 2-5 mm est semblable à une cigale miniature dans les tons bruns verts. Il possède des longues pattes postérieures adaptées au saut ainsi que 2 paires d'ailes membraneuses et transparentes, portant des tâches. La larve a un corps aplati de couleur orange.

Les larves de psylle se développent rapidement sur les agrumes en se nourrissant de la sève et acquièrent la bactérie durant les stades 4 et 5, via une piqûre dans le phloème à l'aide de leur stylet formé de trois soies gainées. La bactérie, en symbionte avec le psylle, prolifère dans le tube digestif de ce dernier et transite ensuite dans l'hémolymphe et les glandes salivaires. Pour l'infection d'un arbre sain, il suffit d'une seule piqûre de psylle ou de larve à partir du stade 4

(Xu et al, 1988). Les organes végétaux attaqués peuvent être les jeunes pousses, les feuilles, les fleurs, et parfois les branches et rameaux. Il y a multiplication de l'agent infectieux dans les tubes criblés des agrumes et lors de son séjour dans le vecteur. Au sein du champ, la maladie se propage à vitesse variante en fonction du nombre de psylles présents.

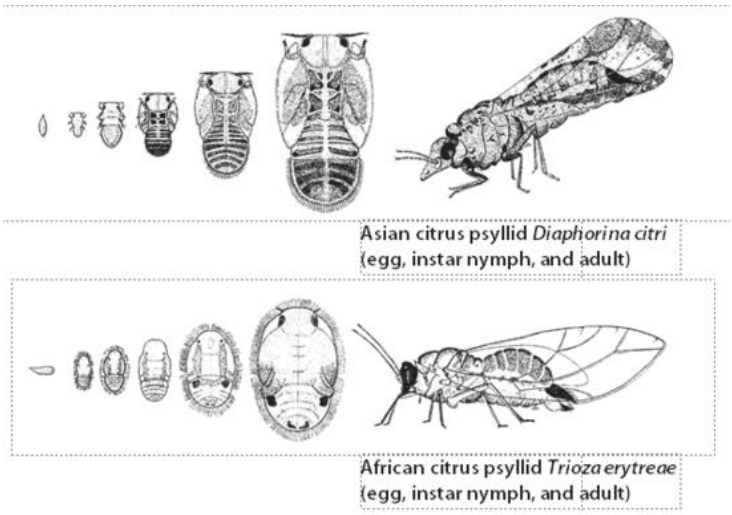


Figure 3 : Diaphorina citri et Trioza arytreae (Cirad)

c. Symptômes :

Les symptômes sont visible tout au long de l'année mais plus particulièrement de septembre à mars. Ils sont les suivants (Bsv-reunion.fr, 2016) (University of Florida, 2018) :

- Jaunissement asymétrique des feuilles dans un premier temps local et ensuite sur la totalité des feuilles de l'arbre.
- Croissance réduite des jeunes feuilles et des racines.
- Assèchement des branches.
- Coloration partielle des fruits (une partie reste verte).
- Perte de productivité.

Figure 4 : symptome HLB (Cirad)

Il est important de bien distinguer la maladie du Citrus Greening des symptômes de carences en manganèse ou en zinc d'une part, et de la maladie phytophtora, d'autre part. Ces derniers engendrent également un jaunissement foliaire, similaire à la maladie, cependant la décoloration se fait de manière symétrique entre les nervures. De plus, les carences concernent en général, la parcelle dans son entièreté contrairement aux HLB dont les symptômes apparaissent de manière plus aléatoire à l'échelle de la parcelle ainsi que de l'arbre.

d. Facteurs déterminants

Les facteurs influençant l'ampleur des pertes causée par HLB ne sont pas encore bien définis. Cependant, il est certain que les facteurs suivants ont un effet sur la maladie :

- L'origine du porte-greffe et du greffon (sain ou contaminé).

- La sensibilité de la variété.
- Les conditions environnementales.
- L'état nutritionnel de la plante.

e. Lutte

HLB est une des maladie les plus préjudiciables pour la culture des agrumes en Guadeloupe. Dans les cas extrêmes, les pertes de rendement ont atteint les 75 % de la culture. Actuellement, il n'existe aucune technique permettant d'éliminer directement la bactérie. C'est pourquoi, la lutte contre le HLB des agrumes se fait principalement de manière préventive au niveau des psylles. (Assofwi, 2012)

- Achats de plants/greffons/portes greffes sains. Les pépinières doivent désormais opérer sous serre étanche aux insectes
- L'élimination des premiers arbres atteints permet la destruction des souches de bactéries (pour limiter la contamination). La détection des arbres contaminés peut se faire par analyse de laboratoire PCR.
- Le choix d'une variété plus tolérante au HLB est nécessaire pour limiter les dégâts de la maladie en cas d'infestation.
- Procéder à la lutte biologique en favorisant la présence de prédateurs tel que *Tamarixia radiate.* Ce dernier est une micro-guêpe ectoparasitoïde parasite du psylle.
- Eviter de planter les agrumes en monoculture et favoriser les associations d'arbres.

ii. Projet Parade HLB

Cependant, ni les efforts de prévention, ni les pratiques de gestion actuels, dans les régions du monde où la maladie est présente, permettent la survie à long terme d'une production d'agrumes économiquement et écologiquement abordable. Le développement de la résistance et de la tolérance au HLB, soit par la sélection traditionnelle ou par des approches transgéniques semblent être la meilleure solution à long terme pour la survie de la filière des agrumes.

Pour lutter contre le HLB en Guadeloupe et dans le cadre du programme RITA (Réseaux d'Innovation et de Transfert Agricole), le projet RITA PARADE HLB a été lancé en 2016 et sera mené jusqu'en décembre 2018. Il est financé par le FEADER sur la mesure 16.1 du Plan de Développement Rural de Guadeloupe 2014-2020 et regroupe 9 partenaires : le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement), l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), l'université des Antilles, l'Assofwi, l'IT2 (Institut Technique Tropical, la Chambre d'Agriculture, la FREDON (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles), la SICA les Alizés, la SICACFEL SAS, la SICAPAG (société d'intérêt collectif agricole).

PARADE HLB "pratiques innovantes et sélection variétale pour la relance de l'agrumiculture guadeloupéenne sous contrainte HLB", vise à relancer la filière agrumicole en Guadeloupe sous contrainte HLB.

Le projet est composé de quatre actions principales :

1. WP0 Gestion et coordination du projet – Piloté par l'ASSOFWI.
   Cette action consiste à assurer la coordination entre les partenaires techniques du projet. Assurer les remontées techniques pour l'autorité de gestion.
2. WP1 Conservation et production de plants sains – Piloté par l'IT2.
   Cette action consiste à la mise en place, en association avec les pépiniéristes, d'une filière de diffusion de plants d'agrumes certifiés.
3. WP2 itinéraires techniques innovants et durables – Piloté par l'ASSOFWI.
   Cette action consiste au développement d'itinéraires techniques innovants pouvant limiter l'impact de la maladie sur les vergers et pouvant améliorer les rendements et la qualité des nouvelles variétés testées. En parallèle, la FREDON tente de développer des actions de lutte biologique contre les psylles et des autres parasites en produisant des auxiliaires limitant leur développement.
4. WP3 Evaluations variétales de matériel végétal innovant– Piloté par le CIRAD
   Cette action consiste en la sélection et l'évaluation de différents porte-greffes diploïdes, triploïdes et tétraploïdes ainsi que différentes variétés potentiellement moins sensibles au HLB. Ils sont en cours d'évaluation au champ.

III. Travaux réalisés durant le stage

i. Suivit des parcelles

Dans le cadre du projet PARADE HLB, il est nécessaire d'évaluer en champ les nouvelles variétés et portes-greffes d'agrumes potentiellement tolérants au HLB. Plus précisément, au sein des parcelles de l'Assofwi et de leurs adhérents, différentes parcelles d'évaluation variétales ont été mises en place :

- Deux parcelles de 5 variétés d'orangers et 1 de tangor associés à 3 portes-greffes. Une située à Vieux Habitants et l'autre dans les hauteurs de Sainte Rose.
- Une parcelle de 5 variétés de petits agrumes associés à 3 portes-greffes située à Vieux Habitants.
- Une parcelle de 9 portes-greffes (5 tétraploïdes et 4 diploïdes) associés à 1 variété d'orange située dans les hauteurs de Baillif.

Le tableau suivant reprend les informations relatives à chaque parcelle :

	Oranges 1	Oranges 2	Petits agrumes	Portes-greffes
Lieu	Bouchu--Vieux Habitants	Réduit--trois Rivières	Bouchu-–Vieux Habitants	Saint Robert Baillif
Date de plantation	Juillet 2015	14 Avril 2016	Juillet 2015	Décembre 2017
Altitude	50m	350m	50m	400m
Surface	3240m² Plat	2592m² En pente	Plat	1700 m² En pente
Densité plantation	5mx4m 500 arbres/ha	4mx4m 625 arbres/ha		625 arbres/ha
Type de sol	Alluvionnaire	Andosol	Alluvionnaire	
Précédent cultural	Friche	Friche	Friche	
Gestion de l'enherbement	Paillage sous la frondaison de l'arbre (BRF, bagasse tonte d'herbe) Désherbage mécanique sur l'inter-rang (Gyrobroyeur) – 6 fois par an Désherbage mécanique sur le rang (Débrousailleuse) - 6 fois/an	Culture d'inter-rang Herbicide 2fois/an Débrousailleuse 6fois/an	Paillage sous la frondaison de l'arbre (BRF, bagasse tonte d'herbe) Désherbage mécanique sur l'inter-rang (Gyrobroyeur) – 6 fois par an Désherbage mécanique sur le rang (Débrousailleuse)-6 fois/an	

Pour l'évaluation des différentes variétés et portes greffes, des suivis de l'état des arbres sont effectués tous les mois. Les paramètres relevés sont 1) l'état général des arbres, 2) l'abondance des symptômes de phytophtora et 3) de HLB, 4) le stade de végétation, et 5) la présence de ravageurs et maladies. Tous les suivis sont rentrés numériquement dans un fichier Excel pour suivre l'évolution des parcelles.

ii. Expérience de biostimulants et PNPPs

L'objectif principal de cette expérience est d'évaluer le comportement des différentes variétés d'agrumes face à l'application de biostimulants et de PNPPs. Les essais sont réalisés sur les deux parcelles expérimentales d'orangers situées au Bouchu, Vieux Habitants et à Réduit, Trois Rivières. Les deux parcelles sont conduites en agriculture biologique

Les différents produits testés ont été sélectionnés par les techniciens de l'Assofwi avec les conseils et l'expérience de différents agriculteurs, dans une optique d'agriculture durable et respectueuse de l'environnement. Les objectifs principaux de l'expérience sont 1) étudier les

réponses des orangers à l'application des produits et 2) vérifier l'impact des applications sur les ravageurs et maladies.

Un biostimulant est un produit d'origine chimique ou naturelle destiné à stimuler le développement d'une plante. Les biostimulants sélectionnés pour l'expérience contiennent différents éléments essentiels et proviennent de l'industrie agricole biologique. Un élément essentiel est un élément qui a un rôle physiologique dans la plante. Si on fournit aux plantes les éléments essentiels et de la lumière, elles peuvent synthétiser tous les composés nécessaires à leur croissance. Si un élément essentiel est manquant, la plante ne peut compléter son cycle de vie (Verbruggen, 2017).
Ces différents éléments essentiels impliqués dans des fonctions métaboliques sont les suivants :

- Eléments de structure : C, O, H
- Eléments nutritifs minéraux :
  - Macro : N, P, K, Ca, Mg, S
  - Oligo : Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo, Cl, Ni

Elément	Teneur relative (par rapport au Mo)	Teneur moyenne
H	60 000 000	6.0% MS
O	30 000 000	45.0%
C	30 000 000	45.0%
N	1 000 000	1.5%
K	400 000	1.0%
Ca	200 000	0.5%
Mg	100 000	0.2%
P	30 000	0.2%
S	30 000	0.1%
Cl	3 000	100 ppm (0.01% MS)
Fe	2 000	100 ppm
B	2 000	20 ppm
Mn	1 000	50 ppm
Zn	300	20 ppm
Cu	100	6 ppm
Mo	1	0.1 ppm

Figure 5 : teneur relative et moyenne des éléments nutritifs dans le végétal (Verbruggen, 2017).

Cependant, bien qu'ils soient présents généralement dans tous les sols, ils ne sont pas toujours disponibles pour les végétaux. Souvent ils ne sont pas mobiles ou se trouve sous des formes non assimilables par la plante.

Lors de l'essai de biostimulants nous testons les effets des amendements en nutriments directement disponibles pour les végétaux, sur le développement des orangers. En apportant les nutriments essentiels au bon développement des arbres, ces derniers devraient pouvoir mieux se porter face aux différentes maladies notamment face au Citrus Greening.

Il faut cependant faire attention aux doses apportées aux cultures. Un élément essentiel ou non, apporté de façon excessive peut avoir des effets néfastes sur le végétal, voir la figure 5. Ainsi, il convient de prendre connaissance des carences de la culture ou du sol pour adapter les pratiques agricoles aux besoins réels du sol et des cultures pour obtenir une efficience idéale.

Comment reconnaitre les carences ?

- Diagnostic visuel et test analytique classique
- Observation visuelle des symptômes de carence
- Analyse minérale du sol et des organes de la plante

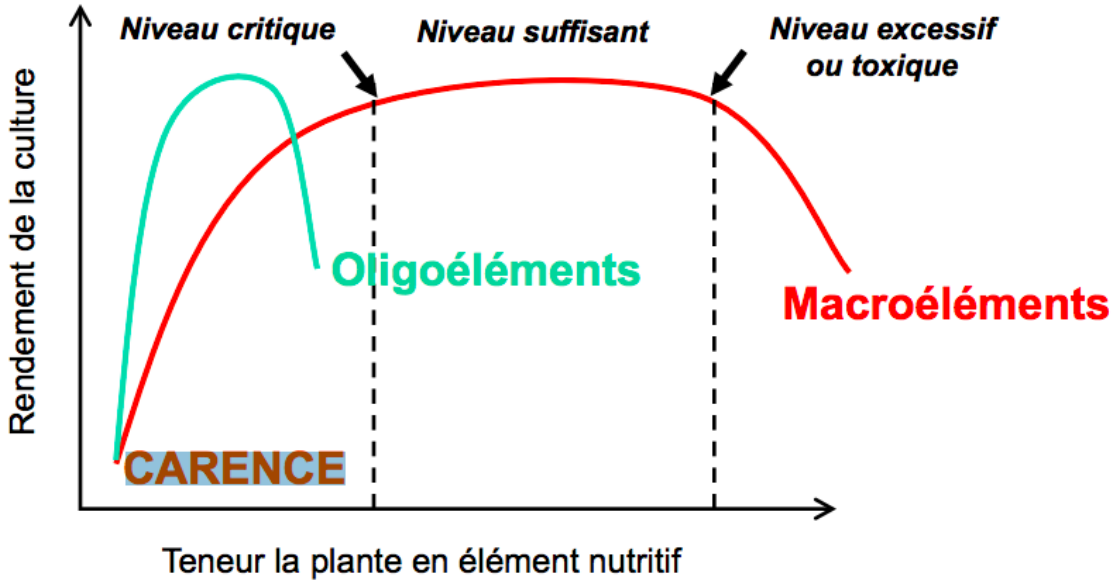


Figure 6 : Relation entre teneur en élément nutritif et le rendement (Verbruggen, 2017)

a. Matériel et méthode

Les biostimulants

Les quarte différents biostimulants testés par l'Assofwi sont décrit ci-dessous. Les doses d'application ont toutes été calculée à l'aide du « Guide d'utilisation des produits phytosanitaires » de GREPP (Groupe Régional d'Etudes des Pollutions par les produits Phytosanitaires).

1. Myr Bore : Engrais liquide à base de bore, d'azote et d'acides aminés.

Le bore est essentiel dans l'action des hormones de croissance, dans l'élongation des cellules et dans le métabolisme des acides nucléiques (Verbruggen, 2017). De plus, une plante enrichie en bore permet une meilleure nouaison et une meilleure maturation des fruits. Une carence en bore se manifeste par une croissance ralentie ; les organes les plus jeunes et particulièrement les bourgeons terminaux pourrissent. Cette carence est fréquente dans la plupart des sols et mène à une nécrose des méristèmes et des jeunes feuilles (Moreau, 2018).

Cet engrais est à base d'acide borique naturel et d'acides organiques. Il est destiné à couvrir les carences en bore en rendant le bore aisément assimilable et mobile pour le végétal (Moreau, 2018).
Son utilisation se fait à 1-3 litres/ha comme indiqué sur l'étiquette et il est conseillé d'appliquer avant la floraison par pulvérisation foliaire
Composition : B : 64 g/l ; N : 51 g/l ; Acides aminés

2. Myr Zinc-Manganèse : Engrais liquide à base de zinc, de manganèse, d'azote et d'acides aminés

Tous les deux bénéfiques pour la croissance de l'arbre et pour l'absorption de l'eau et de la lumière, le zinc et le manganèse ont aussi séparément des actions différentes sur les végétaux :

- Le zinc est indispensable à la formation de vitamines et d'enzymes essentielles au métabolisme végétal tel que l'auxine, l'alcool-déshydrogénase et L'anhydrase carbonique. Une carence en zinc se traduit par une petite taille et une Réduction de la synthèse des protéines. On peut observer une déformation et une nécrose interveinal des nouvelles feuilles ainsi qu'un développement des bourgeons faible (Parent, 2018).
- Le manganèse est un activateur d'enzymes qui participent à la formation de la chlorophylle, à la photosynthèse, à l'élaboration des protéines et de la vitamine C. Une carence en manganèse se caractérise par une croissance diminuée et un ralentissement de la synthèse des sucres et des protéines. On peut observer des taches claire et isolées sur les feuilles âgées.

Cet engrais est destiné à couvrir les carences en zinc et en magnésium en rendant ces éléments aisément assimilable et mobile pour le végétal (Moreau, 2018).
Son utilisation se fait à 1-3 litres/ha comme indiqué sur l'étiquette, il est conseillé d'appliquer avant la floraison.
Composition Mn :39 g/l - Zn : 26 g/l, N : 39 g/l Acides aminés

3. Myr Auxym : Engrais liquide à base d'oligo-éléments (B, Cu, Fe, Mn, Zn), d'acides aminés d'origine végétal, de vitamines, de substances humiques et de facteurs de croissance végétaux (auxines et cytokinines).

Ces éléments agissent ensemble sur les principales voies métaboliques de la plante et régulent la synthèse et la distribution des composés clés tel que les enzymes et les sucres. Cet engrais aurait une triple action : la gestion des stress biotiques et abiotiques, la phytostimulation, la nutrition. L'action de phytostimulation se traduit par l'altération de la communauté microbienne défavorable au végétal. Cette action aura finalement pour effet de stimuler les défenses naturelles de l'arbre et d'augmenter la teneur en chlorophylle (Droby and Wisniewskib, 2018).
Son utilisation se fait à 1-3 litres/ha comme indiqué sur l'étiquette et il est conseillé d'appliquer avant la floraison.
Composition : Fe : 7 g/l, Mn : 7 g/l, B : 4 g/l, Zn : 4 g/l, Cu : 2 g/l, acides aminés d'origines végétal, des vitamines, des substances humiques et des facteurs de croissance végétaux (auxines et cytokinines).

4. Myr micro : engrais liquide à base d'oligoélément (Mn, Zn, Fe, N, B), d'acides aminés et de matière organique.

MYR MICRO est un engrais liquide spécialement conçu pour prévenir et traiter les micros-excroissances et améliorer le développement et la qualité de la production en faisant intervenir les oligo-éléments les plus importants. Son efficacité provient du fait que les micro-éléments (Boro, Ferro, Zinc et Manganèse) sont chélates avec de l'acide gluconique et des acides aminés de lévogyre d'origine végétale, ce qui les rend assimilable et mobile à l'intérieur de la plante.

Son utilisation se fait à 1-2 litres/ha comme indiqué sur l'étiquette et il est conseillé d'appliquer avant la floraison par pulvérisation foliaire.

Composition : Mn : 43 g/l, Zn : 33 g/l, Fe : 32 g/l, N : 13 g/l, B : 8 g/l, acides aminés d'origine végétale, matière organique.

Photo des 4 biostimulants

Les préparations naturelles peu préoccupantes

Les préparations naturelles peu préoccupantes (PNPPs) ne sont pas des produits phytopharmaceutiques et peuvent être utilisées pour un usage phytosanitaire. Ce sont des substances naturelles à usage biostimulant qui présente une alternative aux produits phytosanitaires chimiques tels que les pesticides. Les couts agricoles peuvent être fortement réduit lorsque le producteur fabrique lui-même ces PNPPs.

Les quatre PNPPs testés sur les parcelles d'orangers sont confectionnés à l'Assofwi. L'approche globale, à la base de ces essais de PNPPs, s'appuie sur les pratiques de producteurs adhérents à l'Assofwi. Selon eux, certains végétaux agiraient comme fongicide et/ou insecticide ou encore comme stimulateur de défenses naturelles. Les fabrications des quatre PNPPs expérimentés à l'Assofwi sont décrites ci-dessous :

1. PNPP à base de bambou et piper amalago :

Confection : pour 100 L d'eau on rajoute 2Kg de feuilles de bambou découpées et 500g de feuille de piper amalago également découpées. On rajoute en plus 3 Kg de bouse de vache, ce qui permettra de bien nourrir les feuilles. Le tout est laissé à macérer pendant 4 à 6 jours. La

mixture obtenue est filtrée et on récupère le jus. Pour l'application, il faut diluer à 20% dans de l'eau.
Dilution : Pour 10 arbres, on ajoute 750ml de PNPP dans 3l d'eau et 150ml d'un agent mouillant (oviphyt). Appliquer en pulvérisation foliaire

2. PNPP à base de ti thym (thym Guyane) et gros thym (Plectranthus ambonicus) :

Confection : mélanger 75g de feuilles de gros thym écrasées et 75g de feuilles de ti thyms écrasés. Mettre les feuilles dans 1,5l d'eau et porter à ébullition. Laisser infuser quelques heures tout en laissant refroidir).
Dilution : pour 10 arbres, on ajoute 1,5l de PNPP dans 3l d'eau et 100 ml d'un agent mouillant (oviphyt). Appliquer en pulvérisation foliaire

3. Huile essentielle de Timus Vulgaris (matière active Thymol) :

Dilution : la dilution de l'huile se fait à 0,2 % selon Patrice Marchand, expert en substance naturelle à l'ITAB. Pour 10 arbres, on ajoute 5 ml d'huile essentielle dans 2,5 litres d'eau et 100ml d'un agent mouillant (oviphyt). Appliquer en pulvérisation foliaire

4. Jus de lombricompost :

Confection : un lombricompost est constitué de matière organique végétale ou animal et de vers de terre. Ces derniers vont transformer les résidus de matière organique en un amendement riche en nutriments. Le jus de lombricompost peut être utilisé comme engrais liquide très riche en azote et en bactérie bénéfique.
Dilution : Pour 10 arbres, 300ml de PNPPs dans 3l d'eau (dilution à 10%). Appliquer en pulvérisation foliaire.

Application de l'essai de biostimulant et PNPPs
Les 8 produits sont confectionnés et dilués la veille de leurs applications. Au total trois applications seront réalisées sur chaque parcelle avec un intervalle de 2 semaines selon les protocoles. En annexe1, le protocole de l'expérience sur la parcelle du Bouchu. Ci-dessous le schéma d'application des produits sur la parcelle expérimentale situé à Vieux Habitants.

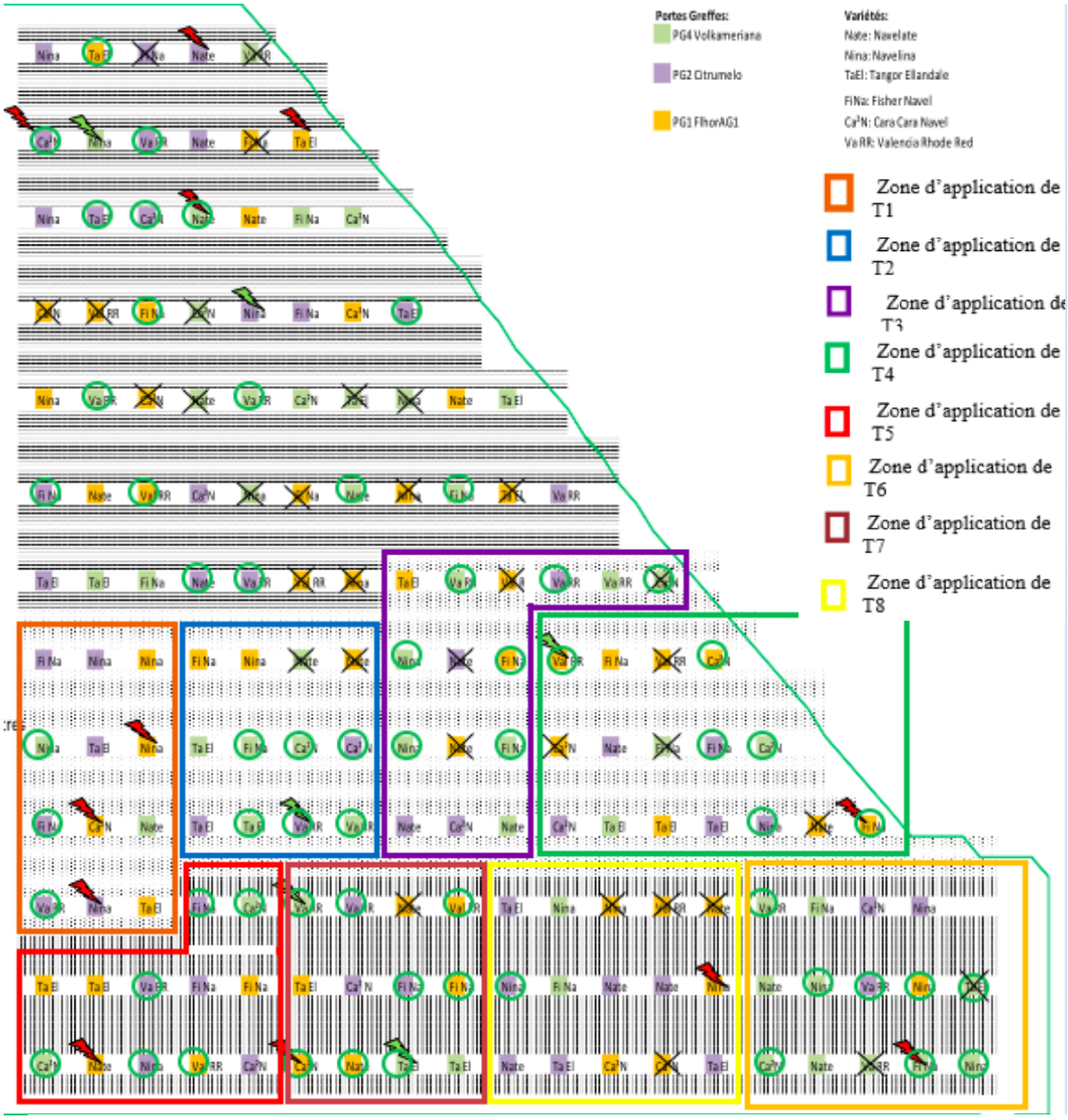


Figure 7 : Schéma de la parcelle expérimentale d'orangers du Bouchu, situé à Vieux Habitants.

ID	Biostimulants et PNPP testés
T1	Oviphyt + Auxyme
T2	Oviphyt + Myr Bore
T3	Oviphyt + Myr Zinc-Mg
T4	Oviphyt + MyrMicro(Fe, Br, Zn, Mg)
T5	PNPP à base de bambou et piper amalago
T6	PNPP à base de ti thym (thym Guyane) et gros thym
T7	Huile essentielle de TimusVulgaris (matière active Timol)
T8	Jus de lombricompost

Des suivis de l'état de chaque arbre sont effectués toutes les 2 semaines. Les paramètres relevés sont 1) la présence de ravageurs et des maladies, 2) l'abondance des symptômes des maladies phytophtora et HLB, 3) l'état général des arbres, 4) le niveau d'infestation des psylles, et 5) le nombre de jeunes feuilles (de flushs). Ci-dessous les opérations effectuées sur la parcelle du Bouchu en fonction des semaines, au cours de l'expérience.

Date	**Opérations**	**Commentaires**
30/08/18	Réalisation des suivis	Ajout de la quantité de flushs au suivi normal
07/09/18	Application des substances à tester Prise des mesures SPAD	Pas de piper amalago dans la PNPP à base de purin de bambou
19/09/18	Suivis	
21/09/18	Application des substances à tester Prise des mesures SPAD	
02/10/18	Suivis Prise des mesures SPAD	
05/10/18	Application des substances à tester	Léo, Céline
19/10/18	Suivis Prise des mesures SPAD	

b. Résultats et discussion

On s'intéresse à l'évolution des orangers selon différents critères, 1) le niveau d'infestation au phytophtora, 2) le niveau d'infestations au HLB, 3) l'état général des arbres et 4) la présence ou non de ravageurs.

Parcelles expérimentales du Bouchu.

La figure 7 ci-dessous, reprend pour chaque traitement les moyennes de l'évolution des symptômes de Phytophtora et de HLB et les moyennes de l'évolutions de l'état générale des arbres (avec T0 les arbres témoins). L'évolution est calculée à partir de mesures relevées entre le 30 août (avant le début de l'essai) et le 19 octobre (apres la fin de l'essai).

Il semblerait que tous les traitements à l'exception de T0 et de T2, ont un effet positif sur les symptômes de phytophtora et de HLB, c'est-à-dire que la maladie se serait développée davantage avec l'application des produits.

De même, il semblerait que l'état général des arbres soient tous en évolution négative mais plus particulièrement sur les arbres témoins (T0) non traités.

	Nbre arbres	DIFF_PHY	DIFF_HLB	DIFF_ETAT

T0	38	-0,1621621	0,054054	-0,30
T1	9	0,33	0,00	-0,13
T2	9	-0,22	-0,375	-0,11
T3	10	0,2727273	0,181818182	-0,1
T4	10	0,4	0,125	-0,2
T5	11	0,5	0,36	-0,1666666
T6	11	0,5	0,18	-0,0909090
T7	9	0,4444444	0,22	-0,11
T8	11	0,2727273	0,73	-0,09

Figure 8 : évolution des symptômes de Phytophtora, HLB et de l'état générale des arbres en fonction de leur traitement

Les nombres DIFF_PHY et DIFF_HLB sont la différence des moyennes obtenue entre le début et la fin de l'expérience réciproquement pour les symptômes de phytophtora et de HLB. Ils nous donne une première idée de l'évolution des symptômes.

Cependant, une analyse des résultats est effectuée à l'aide d'un test de Student pour évaluer la significativité des données obtenues. Tout d'abord la statistique T est obtenue à l'aide de la table de Student (voir annexe2) avec une fiabilité 1-γ de 0,9 et un degré de liberté k de 10. La statistique T trouvée vaut 1,372. La figure 8 reprend les tests de Student calculés pour chaque critère évalué. Les détails des calculs sont repris à l'annexe 3. Ce test évalue si les effets obtenus, sur le développement des arbres, par l'application des produits, sont significatifs par rapport au développement des arbres témoins.

traitement	Student_PHY	Student_HLB	Student_ETAT
T1	0,222599434	-0,058236266	-0,18990816
T2	-0,042216249	-0,494983128	-0,156019153
T3	0,220800453	0,139176426	-0,038835563
T4	0,356404297	0,089904263	-0,101953684
T5	0,295148252	0,306572859	-0,078151495
T6	0,34535872	0,115101799	-0,083871833
T7	0,337171569	0,17278384	-0,045161328
T8	0,212706635	0,764799573	-0,119057003

Figure 9 : Test Student pour chaque traitement.

Tous les résultats obtenus sont inférieurs en valeur absolue à la statistique T. Les effets des traitements n'ont donc pas de différence significative par rapport au témoin. Les maladies phytophtora et HLB n'ont donc pas un effet significatif sur l'état général des arbres.

Ceci paraît plus logique, car les effets sur une maladie ne s'observent pas sur une période aussi courte ; d'autant plus que la plupart des arbres avaient initialement été contaminés au HLB et/ou au phytophtora de façon irréversible. Or les traitements ne permettaient pas de « guérir » les arbres infectés. Pour ce qui est de l'état général des arbres, l'affaiblissement des arbres

témoins semble plus important que sur les arbres traités, cependant cette différence est non significative.

En revanche, les résultats quant à l'évolution des carences et ravageurs paraissent plus concluants. La figure 9 montre le nombre d'arbres touchés par des carences, par les ravageurs suivants : fourmis, charançons, fumagine, mineuses des agrumes, cochenilles, pucerons et par les coccinelles (auxiliaire des agrumes) pour chaque traitement. Lorsque nous estimons que l'arbre est atteint par des carences ou par des ravageurs nous notons cet arbre comme positif (1). Si c'est arbre n'est que très peu atteint proportionnellement à sa taille ou non atteint, nous notons cet arbre négatif (0). Ensuite, une comparaison des sommes des arbres positifs pour chaque ravageur ou pour les carences est effectué entre les groupes d'arbres (1 groupe = 1 traitements). Contrairement aux nombres d'arbres carencés qui restent plus ou moins constants, une légère réduction de l'ensemble des ravageurs est observable chez les arbres traités. Cette réduction est plus importante pour la fumagine et les cochenilles.

	Carences	fumagine	fourmi	charançon	mineuse	puceron	cochenille	coccinelle	psylle	tot arbres
T0 30 aout	30	16	10	1	3	0	9	7	20	38
T0 19 octobre	33	15	8	0	1	2	16	3	29	
T1 30 aout	8	5	1	1	2	2	3	0	3	9
T1 19 octobre	7	0	1	0	1	4	0	1	3	
T2 30 aout	9	0	3	0	3	0	4	0	6	9
T2 19 octobre	9	0	0	0	1	1	0	0	0	
T3 30 aout	7	3	1	0	4	1	4	1	3	10
T3 19 octobre	9	0	1	1	1	0	1	1	1	
T4 30 aout	9	0	2	0	2	2	1	1	7	10
T4 19 octobre	9	0	1	0	2	2	1	2	6	
T5 30 aout	10	3	7	1	3	1	5	0	6	11
T5 19 octobre	10	0	2	2	2	2	1	0	3	
T6 30 aout	7	3	6	2	6	2	6	1	7	11
T6 19 octobre	8	0	0	0	3	0	0	2	10	
T7 30 aout	7	4	4	1	3	0	3	0	6	9
T7 19 octobre	5	0	0	0	5	0	0	0	3	
T8 30 aout	10	4	6	2	2	1	2	1	4	11
T8 19 octobre	6	0	1	0	0	0	0	1	3	

Figure 10 : nombre d'arbres touchés par carences, ravageurs et coccinelles selon le traitement.

Finalement, on s'aperçoit que les traitements effectués ont un effet plus direct sur les ravageurs que sur le développement des arbres. Il serait intéressant de rallonger l'expérience pour observer les résultats à long terme, surtout dans le cas des PNPPs qui agissent lentement et ont

besoin de nombreuses applications pour améliorer significativement le développement des arbres. En ce qui concerne les biostimulants, une utilisation plus adaptée aux besoins du sol et/ou des cultures, permettrai d'obtenir des meilleurs résultats. En effet, il convient de prendre connaissance des carences de la culture ou du sol pour adapter les pratiques agricoles aux besoins réels pour obtenir une efficience idéale.

De plus, les suivis se faisaient parfois par différentes personnes, ceci a pu fausser les résultats. En effet, chacun a un jugement différent sur l'état d'un arbre ou sur niveau d'infestation d'une maladie.

iii. Teste de la qualité des agrumes

Dans le cadre du projet Parade HLB, il est nécessaire d'analyser la qualité des petits agrumes et des oranges produites sur les parcelles expérimentales de l'Assofwi et du Cirad. Les objectifs de cette étude sont 1) d'évaluer le potentiel des différentes variétés testées afin d'en tirer les variétés attractives pour les consommateurs Guadeloupéens et 2) d'étudier l'évolution de la qualité des différentes variétés au cours d'une saison de production pour connaitre la meilleure période de maturité des fruits (période à laquelle récolter). Pour cela, tout au long de la période de production de fruits, des récoltes et analyses ont été effectuées toutes les deux semaines.

a. Matériel et méthode

Durant les récoltes, minimum 3 fruits par arbre sont cueillis. Tous les fruits récoltés ne sont pas encore arrivés en fin de maturité. C'est au cours de la maturation que s'élaborent les caractéristiques organoleptiques des fruits (accumulation du sucre, production d'arôme, modification de la texture…). De plus, lors de la récolte, les arbres ne se trouvent pas tous au même stade de végétation. Par conséquent, nous répétons les récoltes toutes les deux semaines afin d'étudier la qualité et la maturité des fruits tout au long de la saison de production.

Le lendemain, les mesures de la qualité des fruits sont relevées au laboratoire du Cirad. Elles sont les suivantes :

1. Le poids.
2. La circonférence.
3. La couleur de la peau : déterminée à l'aide du barème de couleur.
4. La teneur et la couleur du jus : déterminées à l'aide d'un extracteur de jus, d'un bécher gradué et d'un barème de couleur.
5. Le taux de sucre : déterminé à l'aide d'un réfractomètre.
6. Le nombre de pépins.
7. L'acidité : déterminée à l'aide d'un titrage.
   Il faut noter que l'acidité, obtenue par titrage, n'a pas pu être mesurée pour tous les fruits récoltés étant donné le manque de base titrant (NAOH).
8. Un test gustatif est effectué pour tous les fruits (l'acidité et l'amertume goutés sont notés séparément sur une échelle allant de 0 à 5).
9. Une photo est effectuée pour chaque variété.

Cette étude étant encore en cours à ce jour, les résultats ne sont pas encore accessibles. Il faudra attendre la fin de la saison de production des agrumes et rassembler les données avec celles du CIRAD pour pouvoir finaliser l'analyse de la qualité et l'évolution de la maturité des différentes variétés. En annexe 4, les photos prises des variétés d'orangers.

Analyse sensorielle :
Afin d'obtenir une analyse sensorielle, un atelier de dégustations a été réalisé le 5 octobre 2018. Cet atelier débutait par une présentation des différentes variétés d'agrumes du Bouchu à 16 adhérents/producteurs de l'Assofwi et était suivi d'un atelier de dégustation. Lors de cet atelier, les gouteurs évaluent 5 variétés de petits agrumes ;

1. Mandarine Fallglo
2. Mandarine Temple
3. Tangelo Nova
4. Tangelo Jackson
5. Tangelo Triumph

ainsi que 3 variétés d'oranges :

1. Valencia Rhode Red
2. Cara Cara Navel
3. Fisher Navel

Figure 11 : photo prise à l'atelier de dégustation

Les fruits sont notés selon l'acidité, le sucre, l'amertume, l'aspect, la quantité de jus et l'épaisseur de l'épluchure suivant le descripteur sensoriel en annexe 5. Finalement, chaque gouteur attribue à chaque fruit une note globale sur une échelle allant de zéro à dix

b. Résultats et discussion

Pour ce qui est de l'atelier de dégustation, les deux graphiques ci-dessous (figure 12 et 13) montrent les appréciations de chaque variété d'agrume.

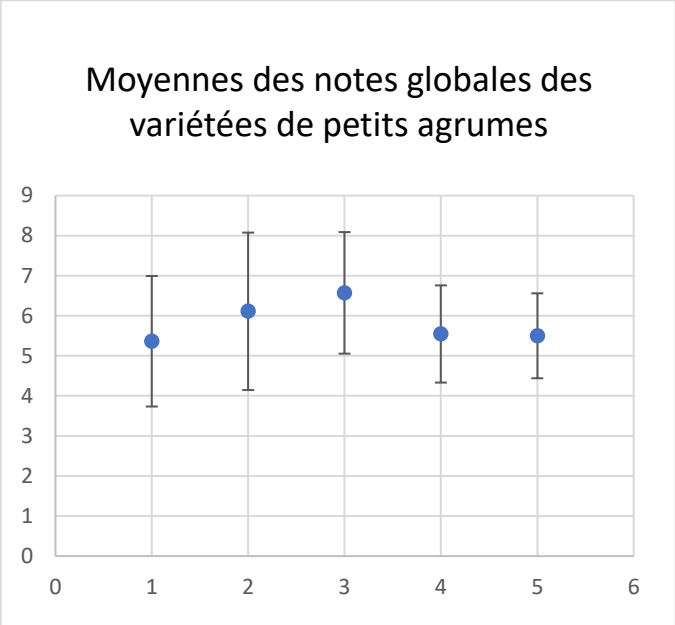


Figure 12 : Moyennes des notes globales des petits agrumes

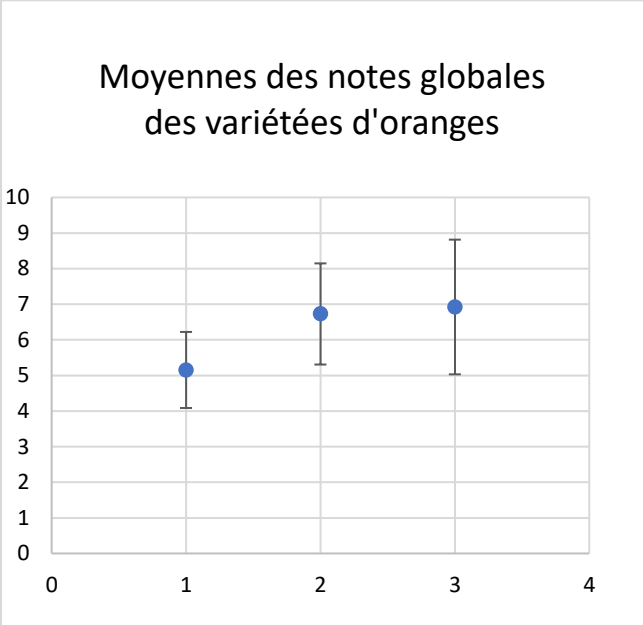


Figure 13 : Moyennes des notes globales des variétées d'oranges

Il semble que les variétés de petits agrumes les plus appréciés soient Mandarine Temple et Tangelo Nova avec comme moyenne de note globale respectivement 6,1 et 6,6 sur 10. Ces deux variétés étaient bien notées pour leur gout sucré et leur bonne teneur en jus contrairement à la variété Mandarine Fallglo, peu sucrée, très acide et amer, avec une note moyenne globale de 5,3. Cependant, lors des analyses qualitatives en laboratoire, la Mandarine Fallglo est la mieux quotté. Quant aux variétés d'oranges, on s'aperçoit que Fisher Navel et Cara Cara Navel sont les plus appréciées avec comme notes respectivement 6,9 et 6,7 sur 10. Toutes les deux étaient jugées bien sucrées.

Cependant, il est important de répéter ces ateliers de dégustation. En effet, les différentes variétés ne sont pas matures à la même période. Par conséquent, cette unique analyse gustative n'est pas représentative et significative pour en faire ressortir les variétés les plus attractives pour les consommateurs.

iv. Identification d'insectes hôtes alternatif du HLB

L'Assofwi travaille également sur le projet international TROPICSAFE. Ce projet vise à renforcer les stratégies de lutte contre trois maladies infectieuses des zones tropicales et subtropicales. Le jaunissement mortel des palmiers, les jaunisses de la vigne et le huanglongbing (HLB) des agrumes sont de graves maladies, associées à des procaryotes transmis par insectes, qui affectent considérablement le commerce de produits et de matériaux agricoles dans le monde entier. Piloté par l'université de Bologne, TROPISAFE rassemble 22 partenaires de 12 pays différents.

Les objectifs du projet sont les suivants :

- Obtenir des données et des informations à jour sur les maladies du jaunissement mortel (LY), du hunglongbing (HLB) et de la jaunisse de la vigne (GY) * dans les pays sélectionnés.
- Générer des connaissances nouvelles et approfondies sur les cycles épidémiologiques des maladies étudiées dans les zones subtropicales et tropicales.
- Développer des stratégies élaborées et novatrices de lutte intégrée contre les maladies. De connaissances seront également acquises sur la sensibilité / tolérance du germplasm.
- Développer des méthodes rapides et fiables pour détecter les agents pathogènes et identifier les insectes vecteurs afin de réduire les coûts et l'impact environnemental des mesures de contrôle phytosanitaires
- Évaluer la durabilité socio-économique et la faisabilité des nouvelles technologies

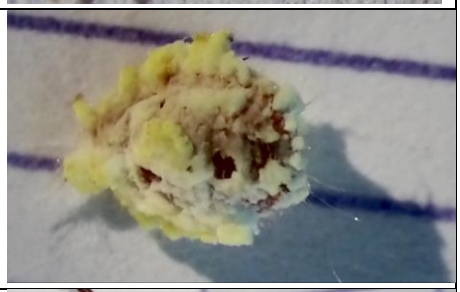
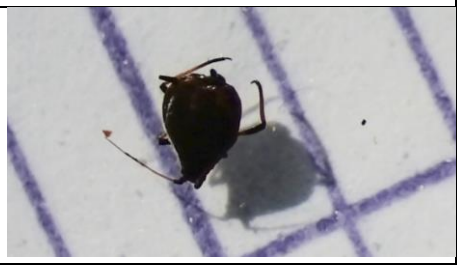
L'Assofwi travaille dans le but de générer des connaissances nouvelles et approfondies sur les cycles épidémiologiques huanglongbing. A ce jour, seul les deux espèces de psylles, Diaphorina citri originaire d'Asie et Trioza arytreae originaire d'Afrique, sont capables d'acquérir la bactérie *Candidatus* Liberibacter et de la transmettre. La spécificité va encore plus loin, chacun des deux psylles ne transmettrait qu'une seule espèce de *C.* Liberibacter selon Philippe Ryckewaert, chercheur au Cirad, spécialiste en entomologie. Liberibacter parmi les trois connues. Un autre psylle et une cochenille sont également connus comme capable d'acquérir la bactérie mais pas de la transmettre. Il est cependant important, de s'assurer qu'il n'existe pas d'autres insectes porteurs et capables de transmettre la maladie. Par conséquent, et dans le cadre du projet TROPICSAFE, l'Assofwi, en partenaire avec le CIRAD, tente d'identifier les insectes hôtes alternatifs du HLB. Les insectes positifs au test seront utiles dans le futur pour déterminer un mode de lutte biologique contre la maladie.

a. Matériel et méthode

Tout d'abord, le prélèvement d'insecte a lieu sur une parcelle contaminée au HLB, à l'aide de petites boîtes en plastique transparentes et de pièges à limaces (cartons collants) sur la parcelle d'orangers du Bouchu, Vieux Habitants. Les insectes sont ensuite plongés dans de l'alcool à 90 degrés pour leur conservation. Ensuite il nécessite d'identifier les insectes prélevés ; pour cela

une photographie de chaque insecte est réalisée à l'aide d'un binoculaire. Pour l'identification, les photos sont envoyées à Philippe Ryckewaert.

Ci-dessous, le tableau reprenant la liste des insectes prélevés sur la parcelle du Bouchu avec leurs photos :

Nom commun	Nom scientifique Ordre, sous ordre, genre/famille/nom	Photo
Cochenille virgule	*Hemiptera Sternorrhyncha Lepidosaphes ulmi*	
Cochenille des seychelles	*Homoptere Sternorrhyncha Icerya seychellarum*	
Diaprepes	*Coleoptera Polyphaga Diaprepes*	
Charancon vert des agrumes	*Coleoptera Polyphaga Polydrusus impressifrons*	
Puceron brun	*Hemiptera Aphididae Toxoptera citricidus*	

Flatide	*Hémiptère Auchenorrhynque Flatidae*	
Drosophile 1	*Diptera Brachycera Drosophila*	
Drosophile 2	*Diptera Brachycera Drosophila*	
Cicadelle	*Hémiptère Auchenorrhynque Cicadellidae*	
Fourmi noir	Himenoptera Apocrita Formicidae	
Psylle asiatique	*Hemiptera Sternorrhyncha Diaphorina citri*	

Une fois les photos prise, la manipulation de détection de la bactérie *Candidatus* Liberibacter peut débuter. L'identification des insectes porteurs de la bactérie est réalisée à l'aide de l'Amplifire et du kit de détection pour le pathogène HLB. Le mécanisme d'identification se base sur une PCR Lamp : s'il y a fluorescence, il y a eu amplification et on a donc présence de la bactérie (test positif). Les démarches à suivre sont les suivantes.

Préparation des échantillons :
La manipulation doit se faire de façon stérile pour éviter toute contamination de l'extérieur. Par conséquent, il est nécessaire d'allumer la hotte 10 minutes avant de débuter et de nettoyer la paillasse à la javel. Ensuite, il convient de suivre les étapes suivantes :

- Verser 250µl de MB1 Extraction Buffer dans un tube d'extraction. Extraction Buffer est compris dans le kit.
- Faire évaporer l'éthanol en laissant reposer deux minutes les insectes sur du papier.
- Placer chaque espèce d'insectes séparément dans les tubes d'extraction contenant le buffer. Le nombre d'insectes pouvant être introduit dépend de sa taille. Par exemple, maximum dix psylles pourront être introduit dans un tube.
- A l'aide d'un pilon bleu, écraser les insectes dans le buffer. Changer de pilon pour chaque espèce d'insecte (pour chaque tube).
- Mélanger doucement les tubes et laisser reposer minimum trois minutes.
- Allumer l'Amplifire, scanner le code-barre de la pochette du kit de détection et rentrer les informations liées à la démarche d'identification.
- Retirer les tubes Master Mix de la pochette aluminium et tapoter doucement pour que la poudre blanche se retrouve en bas du tube.
- Verser 50µl de la solution d'extraction obtenue directement dans les 8 tubes Master Mix (compris dans le kit). Bien fermer les tubes et tapoter pour éviter les bulles d'air. Faire bien attention à la numérotation des tubes.
- Poser les tubes dans le bon sens dans l'Amplifire, refermer et appuyer sur start.
- Après quinze minutes, l'appareil rapport les résultats de l'analyse qui seront interprétés soit négatif (-), positif (+) ou invalide (!).
- Retirer délicatement les tubes, les réintroduire dans la pochette aluminium et jeter le tout dans la poubelle.

Figure 14 : photos de la préparation des échantillons et de Amplifire

b. Résultats et discussion

Les résultats obtenus étaient négatifs pour tous les insectes à l'exception de 3 d'entre eux : le psylle asiatique, les cochenilles virgules et la drosophile1. Sachant que les insectes ont été collectés sur une parcelle contaminées au HLB, il est logique que le psylle soit positif au test. Pour ce qui est de la cochenille, il est nécessaire de répéter la manipulation pour vérifier le résultat positif obtenu. Cependant, il faut des insectes piqueurs suceurs, car la bactérie n'est présente que dans le phloème. C'est donc impossible pour des drosophiles d'être positif au test, il y a dû y avoir une contamination pour l'échantillon de drosophile1 positif.

Une deuxième récolte/manipulation d'insectes a été faite pour vérifier les premiers résultats : des cochenilles virgules, des psylles asiatiques et des drosophiles. Malheureusement les résultats de la deuxième manipulation étaient incohérents. Tous les insectes étaient négatifs, y compris les psylles. Par conséquent d'autres récoltes et manipulations devront être réalisées pour poursuivre la recherche et vérifier les résultats de la première collecte.

IV. Perspectives et conclusion

Depuis 2012, la maladie « huanglongbing » s'est installée en Guadeloupe et impacte fortement l'agrumiculture du pays. En effet, la production d'agrume est passée de 5.781 à 1.597 tonnes de 2010 à 2015. Aucune méthode curative n'a encore été découverte à ce jour et la lutte préventive reste très peu efficace.

Ce stage m'a permis d'accompagner les techniciens de l'Assofwi dans leurs démarches et de travailler sur la problématique de l'huanglongbing dans le cadre des projets PARADE HLB et Tropicsafe. Différents travaux ont été réalisés dans le but d'expérimenter de nouvelles pratiques culturales innovantes et d'approfondir les connaissances sur la maladie HLB ainsi que sur les nouvelles variétés d'agrumes.

En ce qui concerne les expériences de biostimulants et PNPPs, tous les tests statistiques se sont révélés non significatifs. Pourtant les traitements semblent avoir un impact sur le nombre de ravageurs ainsi que sur l'état général des arbres. Ces différents produits pourraient aider à limiter le nombre de psylles asiatiques présent sur une parcelle et par conséquent, limiter la dispersion de la maladie huanglongbing. Il serait donc intéressant de répéter l'expérience pour approfondir l'effet à long terme des différents traitements en faisant attention de garder la même personne pour suivre l'évolution des arbres.

Les analyses qualitatives des variétés d'agrumes ainsi que les ateliers de dégustations sont à continuer. Elles permettraient de préciser la période optimale de récolte de chaque variété. A ce jour, les variétés Mandarine Temple, mandarine Fallglo et Tangelo Nova pour les petits agrumes, Fisher navel et Cara Cara Navel pour les oranges, sont les plus appréciées. Il faut encore attendre les résultats de rendement et de qualité pour décider quelles variétés seront sélectionnées. Ces ateliers de dégustations permettent également de communiquer les nouvelles connaissances et variétés aux producteurs et futures producteurs d'agrumes. Ceux-ci sont souvent peu informés des avancées dans les domaines agricoles notamment dans l'agrumiculture.

Pour ce qui est des insectes porteurs alternatifs du HLB, aucun insecte n'a encore été confirmé comme tel. Il faut donc continuer les recherches de ce côté. Les connaissances nouvelles et approfondies sur les cycles épidémiologiques de huanglongbing seront utiles dans le futur pour déterminer un mode de lutte biologique contre la maladie.

On ne peut pas encore dire, aujourd'hui que l'agrumiculture constitue une culture durable et de rente pour les producteurs guadeloupéens. Celle-ci étant encore trop impactée par le Citrus Greening, il convient de poursuivre les recherches dans ce domaine. Par ailleurs des itinéraires techniques doivent être mis en place. Ceux-ci devraient profiter aux producteurs afin d'assurer une production durable et de qualité. Dans cette perspective, les variétés en cours d'évaluation constituent un espoir pour les chercheurs et producteurs.

Cependant, en sortant du cadre de mon stage, j'ai pu faire la visiter d'exploitations menées en polyculture. Dans ces exploitations, les agrumes n'étaient pas porteurs de la maladie HLB (ou les symptômes n'étaient en tout cas pas présents). C'est ainsi que je me suis interrogée sur la viabilité et la durabilité de la culture d'agrumes en monoculture. En effet, il serait intéressant de comparer ces deux méthodes d'agriculture pour les agrumes.

V. Ressentis personnels

La réalisation de ces trois travaux a constitué, sur le plan personnel, mes premières expériences scientifiques menées du début à la fin. Vis-à-vis d'Assofwi, ces expériences représentent une bonne contribution à l'avancée de leurs actions dans le domaine de l'agrumiculture.

Lors de mon arrivée à l'Assofwi, je ne connaissais rien de l'agriculture tropicale et très peu les méthodes d'entretien et de suivi de parcelles. Aujourd'hui je mesure ma réelle avancée tant dans les connaissances sur ces sujets que dans la mise en œuvre pratique de compétences dans l'arboriculture. J'ai pris conscience que ma formation de quatre années en bioingénieur ma apportée un bagage de connaissances essentiellement théoriques que j'ai pu confronter à une réalité pratique avec de vrais défis. Je me suis toujours sentie à l'aise sauf vis-à-vis de certaines pratiques fondamentales du monde des agriculteurs que j'ai découvert à leur contact. Un autre aspect qui a été bénéfique pour ma formation touche mes compétences de communication écrites. En effet, la rédaction répétée de documents de cinq à une vingtaine de pages (protocoles, description de maladies, rapport de stage) m'a obligé à faire des efforts de structures et de synthèses (ce qui a toujours été difficile pour moi). Cela aussi fait partis des apprentissages et des progrès dans mes savoir-faire scientifiques.

Au-delà de l'expérience professionnelle je me suis épanouie sur le plan humain en prenant davantage confiance en moi-même et grâce aux nombreuses rencontres et partages d'expériences avec différents agriculteurs.

Ce stage a été une expérience enrichissante tant du point de vue de ma vie privée que du point de vue de ma formation. J'ai beaucoup aimé l'environnement naturel de Basse terre. Grâce aux relations humaines simples, spontanées et de qualité, je me suis déployée avec aisance dans un rythme de travail régulier et détendu. J'ai particulièrement appréciée le cadre naturel exceptionnel de cette flore tropicale, riche en diversité. Je pense bien que ce séjour restera une période inoubliable de mon cursus d'étudiante en bioingénieur. Je suis reconnaissant aux personnes qui m'ont amenée à prendre contact avec l'Assofwi.

VI. Bibliographie

Agreste (2017). *Mémento de la statistique agricole*. [online] Guadeloupe: Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Available at: http://daaf.guadeloupe.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/editionmemento2017-2_cle05edb3.pdf

Assofwi (2012). *Le Citrus Greening : détection et moyen de lutte envisageable.*

Bsv-reunion. (2016). *La maladie du Huanglongbing (HLB)*. [online] Available at: http://www.bsv-reunion.fr/wp-content/uploads/2016/12/greening-final-2410-compr.pdf

Cirad, (2009). *Huanglongbing*. TIRE A PART, N°168 7.

DAAF (2015). *Vingt ans de commerce extérieur : 1995 - 2015*. [online] Guadeloupe. Available at: http://daaf.guadeloupe.agriculture.gouv.fr/Vingt-ans-de-commerce-exterieur?id_rubrique=46

Droby, S. and Wisniewskib, M. (2018). *Postharvest biology and biotechnology*. Food & Nutrition Press - volume 140, pp.107-112.

Ministère Département du développement de l'agriculture - Service du développement rural - (2016). *Fiche technique la culture des agrumes*. INRA, CIRAD.

Moreau, J. (2018). *Engrais liquides - Extraits de plantes*. [online] Symbiose-nrj.fr. Available at: http://symbiose-nrj.fr/JacquesMOREAU/Produits/EngraisliquidesExtraitsdeplantes.aspx

National Academy of Science (2010). Strategic planning for the Florida citrus industry addressing Citrus Greening Disease.

Parent, S. (2018). *Rôle du zinc en horticulture*. [online] Pthorticulture.com. Available at: https://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/role-du-zinc-en-horticulture/ [Accessed 11 Oct. 2018].

Parfonry R. (2001). *Plantes à fruits*. In : Raemaekers H., Agriculture en Afrique tropicale, Direction générale de la Coopération internationale, Bruxelles.

Ramadugu, C., Keremane, M. L., Halbert, S. E., Duan, Y. P., Roose, M. L., Stover, E., and Lee, R. F. (2016). *Long-term field evaluation reveals huanglongbing resistance in Citrus relatives*. Plant Dis. 100:1858-1869.

University of Florida, (2018). *UF/IFAS Citrus Extension: Plant Pathology*. [online] Available at: http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/greening/symptoms.shtml

Verbruggen, N. (2017). *Plant physiologie - chapitre 1. Transport de l'eau et des nutriments*.

Xu, C. F, Y. H. Xia et al (1988). *further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid*, Diaphorina citri kuwayama. Timmer, L. W., Garnsey, S. M, and L. N., Proceedings of the 9th Conference of international Organization of Citrus Virologists. International Organization of Citrus Virologists, Valencia.

VII. Annexes

Annex 1. Protocole d'expérimentation de biostimulants et PNPPs de la parcelle du Bouchu, Vieux Habitants :

RESEAU d'INNOVATIONS TECHNIQUES et de TRANSFERT AGRICOLES Projet PARADE HLB		
RITA Réseau d'innovation et de transfert agricole dans les DOM	ASSOFWI Producteurs de fruits • Guadeloupe	cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT
PROTOCOLE		
Date de publication : Août 2018	**Version** : 1	**Page(s)** : **Annexe(s)** :
Effet de PNPP et de biostimulants sur la santé général des pieds d'orange en terrain plat		
Parcelle Orange Assofwi Le bouchu, Vieux Habitants	**Responsable essai : Maeva MARCIN (ASSOFWI)** **Responsable entretien/suivi : Maeva MARCIN + Equipe terrain ASSOFWI** **Coordination multi-site : Youri UNEAU (ASSOFWI)**	

OBJECTIF PRINCIPAL

Evaluer le comportement de différentes variétés d'orangersface à l'application de PNPP et de biostimulants.

Détails de l'Objectif

→Etudier les réponses des orangers à l'application des produits

→Comparer les effets des différents produits

→ Evaluer l'effet de la localisation et de l'environnement de l'essai sur la réponse des arbres face aux différents produits par rapport à la parcelle orange du Bouchu à Vieux Habitants.

→ Vérifier l'impact des applications sur les ravageurs et maladies

MISE EN PLACE

Actions responsable essai :
Céline Loubières, stagiaire à l'ASSOFWI, accompagnée par Maéva MARCIN et Youri UNEAU, mettra en place l'expérimentation : fabrication des PNPP et application sur les arbres.

Actions responsable entretien/suivi :
Le responsable du suiviMaéva Marcinveillera à ce que l'essai se fasse dans les bonnes conditions agricoles et expérimentales. Il passera régulièrement effectuer les opérations culturales, suivis nécessaires en collaboration avec l'équipe terrain ASSOFWI.La récolte de données en vue de leur traitement informatique est gérée par les techniciens ASSOFWI.

Actions communication :
L'ASSOFWI, en tant que coordinateur de l'essai et responsable de la communication, aura en charge de rassembler les données récoltées et d'organiser les comités techniques. L'ASSOFWI se chargera également de mettre en place une plateforme d'échanges, accessible à l'ensemble des partenaires, ainsi que de la sauvegarde des données.

DISPOSITIF

Données générales :
- Lieu : Bouchu-Vieux Habitants.

- Altitude : 50m.

- Surface de plantation :162 arbres x 20m² = 3240 m²

- Densités de plantation : 5m x 4m

- Type de sol : Alluvionnaire

- Précédent cultural : Friche

-Fertilisation
Urée tous les 6 mois
Engrais organique tous les 3 mois

- Gestion de l'enherbement :
Paillage sous la frondaison de l'arbre (BRF, bagasse tonte d'herbe)
Désherbage mécanique sur l'inter-rang (Gyrobroyeur) – 6 fois par an
Désherbage mécanique sur le rang (Débrousailleuse)-6 fois par an

- 6 Variétés : Orange Valencia Rhode Red, Orange Navelina, Orange Navelate, Orange Fisher Navel, Orange Cara Cara Navel, Tangor Ellendale.

- 3 Portes greffes : Flhorag1 + Citrumelo 4475 2x + Citrus Volkameriana 2x.

- Date de plantation des arbres : Juillet 2015

Biostimulants et PNPP testés:

ID	Biostimulants et PNPP testés	Fabrication	Effet attendu	Application
T1	Oviphyt + Auxyme	Industrielle	Nutrition Redémarrage rapide de l'arbre	- Pour 10 arbres : 5 ml d'Auxyme+ 3 L d'eau + 75 ml oviphyte - Appliquer en pulvérisation foliaire
T2	Oviphyt + Myr Bore	Industrielle	Nutrition Meilleure absorption de l'eau et de la lumière (Bore bloqué par le HLB)	- Pour 10 arbres : 7 ml de Myr Bore + 3 L d'eau + 75 ml oviphyte - Appliquer en pulvérisation foliaire
T3	Oviphyt + Myr Zinc-Mg	Industrielle	Nutrition Meilleure absorption de l'eau et de la lumière	- Pour 10 arbres : 7 ml de Zinc-Mg + 3 L d'eau + 75 ml oviphyte - Appliquer en pulvérisation foliaire
T4	Oviphyt + MyrMicro(Fe, Br, Zn, Mg)	Industrielle	Disponibilité des micro-éléments bloqués par le HLB	- Pour 10 arbres : 7 ml de Micro + 3 L d'eau + 75 ml oviphyte - Appliquer en pulvérisation foliaire
T5	PNPP à base de bambou et piper amalago	- 100 L d'eau - 2kg feuilles de bambou	- Nutrition de la plante, renforcement de la plante,	- Dilution à 20 %

		- 500g feuilles de piper amalago*(zeb aplomb)(fongicide et insecticide naturel)* - *Feuilles balais 11h (renfoncement de la plante)* - 3 kg bouse de vache Le tout laissé macérer pendant minimum 6 jour et mélangé tous les jours. 1kg plantes pour 10 l d'eau	fongicide et insecticide	- Pour 10 arbres : 750 ml de PNPP pour 3 L d'eau + 150 ml d'un agent mouillant (oviphyt) - Appliquer en pulvérisation foliaire
T6	PNPP à base de ti thym (thym Guyane) et gros thym	- 150g de feuilles de gros thym écrasées - 75 g de feuilles de ti thym écrasées - Mettre les feuilles dans 2,25L d'eau et porter à ébullition - Laisser infuser quelques heures (laisser refroidir)	- Nutrition de la plante, redémarrage rapide de l'arbre (fushs), résistance aux insectes et maladies	- Mettre 2.25L de PNPP dans 4.5L d'eau + 100 ml d'oviphyt - Appliquer en pulvérisation foliaire
T7	Huile essentielle de TimusVulgaris (matière active Timol)	Industrielle	- Renforcement des défenses naturelles de la plante	- Dilution à 0,2 % - Pour 10 arbres : 5 ml d'huile essentielle dans 2,5 litres d'eau - Appliquer en pulvérisation foliaire
T8	Jus de lombricompost	Récupération du jus de lombricompost de fumier de boeuf	- Nutrition - Renforcement des défenses	- Dilution à 10 %

			naturelles de la plante	- 700 ml dans 7 litres d'eau - Appliquer en pulvérisation foliaire

Fréquence des traitements :
Pour, chaque traitement, trois applications seront réalisées avec un intervalle de 2 semaines.

Modalités testées :

Etat général des arbres testés :
→ Niveau d'infestation des arbres par les ravageurs et maladies
→ Abondance des symptômes de carences
→ Nombre de flushs
→ Etat de verdure des feuilles (mesurée grâce à l'outil SPAD) + photos

SUIVIS

Paramètres suivis :

- ✓ **A-**Régulation des ravageurs : Présence dediaprepes, psylle, cochenille, pucerons, fourmis, fumagine, auxiliaires, etc.

- ✓ **B**- Symptômes visibles de HLB, phytophtora et autres maladies

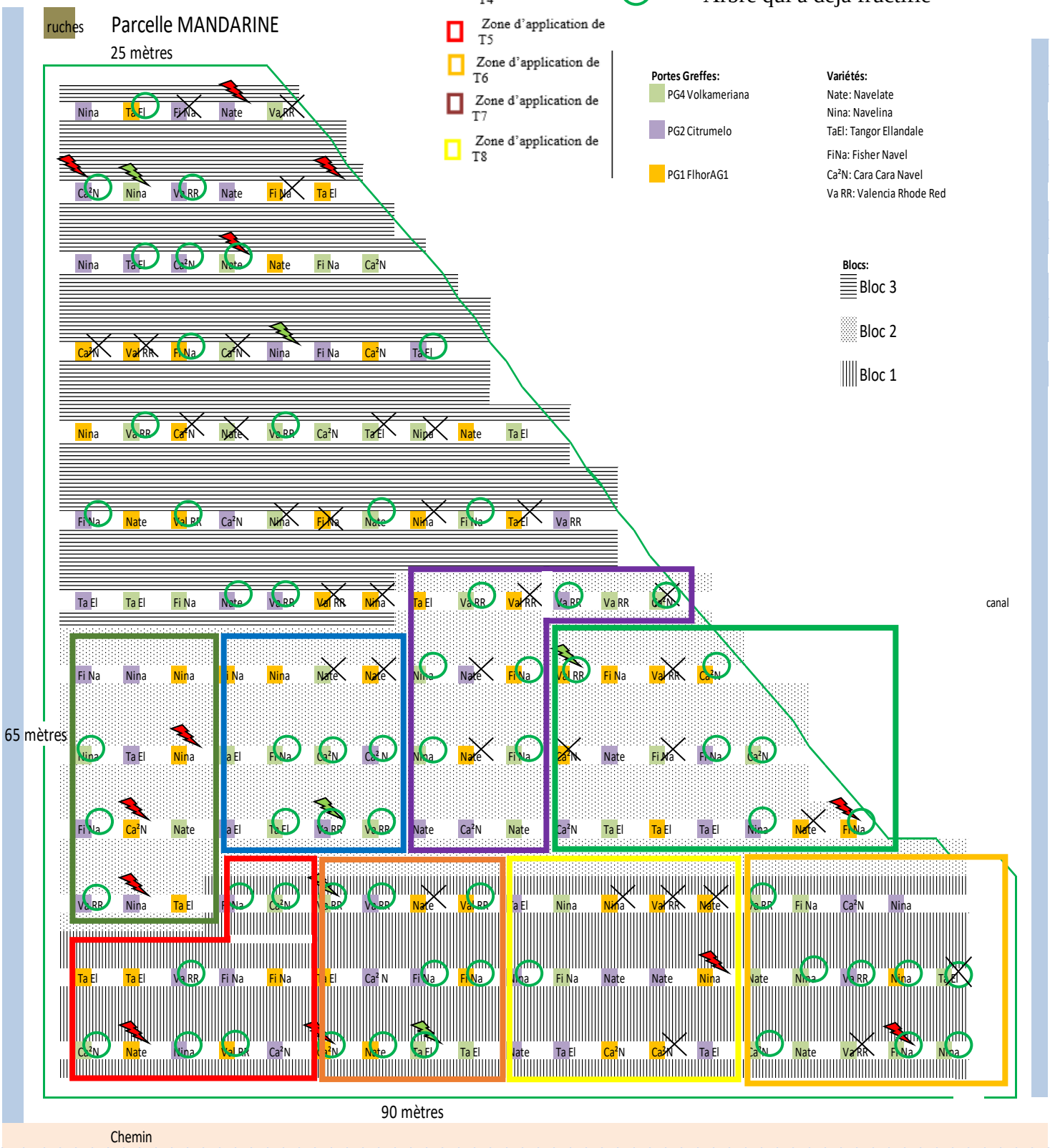
- ✓ **C-** Etat général de l'arbre : port, canopée, port des feuilles, couleur, quantité taille et état des feuilles…

- ✓ **D**- Main d'œuvre et coûts : Mesure des temps de travail et références technico-économiques.

- ✓ **E-** Nombre de flushs
- ✓ **F-** Etat de verdure des feuilles (mesurée grâce à l'outil SPAD) + photos

Plan du dispositif :

Parcelle Orange- Le Bouchu



Annexe 2. Table de Student

LOI DE STUDENT AVEC k DEGRÉS DE LIBERTÉ
QUANTILES D'ORDRE $1-\gamma$

	γ										
k	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005	0.0025	0.0010	0.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

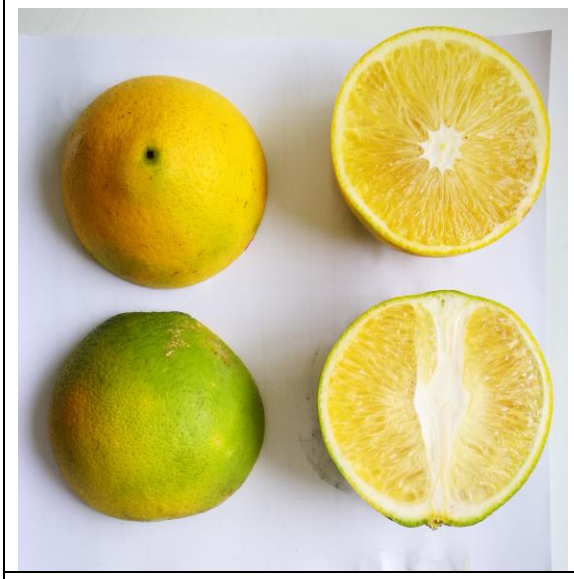
Annexe 3. Capture d'écran du test de student

K19 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		nbre d'arbres	DIFF_PHY	DIFF_HLB	DIFF_ETAT	ECTYP_PHY	ECTYP_HLB	ECTYP_ETAT	N	
2	T0	38	-0,16216216	0,05405405	-0,30	0,60154955	0,46820852	0,463373192		
3	T1	9	0,33	0,00	-0,13	1	0,8660254	0,83452296	0,370711344	
4	T2	9	-0,22	-0,375	-0,11	0,44095855	0,91612538	0,78173596	0,370711344	
5	T3	10	0,27272727	0,18181818	-0,1	0,79	0,8738629	0,316227766	0,355409327	
6	T4	10	0,4	0,125	-0,2	0,51639778	0,99103121	0,421637021	0,355409327	
7	T5	11	0,5	0,36	-0,166666667	0,90	0,81	0,389249472	0,342381192	
8	T6	11	0,5	0,18	-0,090909091	0,70710678	0,75	0,53935989	0,342381192	
9	T7	9	0,44444444	0,22	-0,11	0,73	0,83	0,333333333	0,370711344	
10	T8	11	0,27272727	0,73	-0,09	0,78624539	0,90	0,70064905	0,342381192	
11										
12										
13		ECTYP2_PHY	ECTYP2_HLB	ECTYP2_ETA	S_PHY	S_HLB	S_ETAT	Student_PHY	Student_HLB	Student_ETAT
14	T0	0,36186186	0,21921922	0,21471471						
15	T1	1	0,75	0,69642857	0,825185392	0,69613907	0,67496048	0,222599434	-0,058236266	-0,18990816
16	T2	0,19444444	0,83928571	0,61111111	0,527402269	0,7274974	0,642583	-0,042216249	-0,494983128	-0,156019153
17	T3	0,61818182	0,76363636	0,1	0,7000156	0,70101911	0,39668294	0,220800453	0,139176426	-0,038835563
18	T4	0,26666667	0,98214286	0,17777778	0,560592779	0,77503615	0,44299689	0,356404297	0,089904263	-0,101953684
19	T5	0,81818182	0,65454545	0,15151515	0,768128791	0,66097075	0,42791931	0,295148252	0,306572859	-0,078151495
20	T6	0,5	0,56363636	0,29090909	0,656453297	0,6256419	0,50280404	0,34535872	0,115101799	-0,083871833
21	T7	0,52777778	0,69444444	0,11111111	0,666948139	0,67589336	0,40362472	0,337171569	0,17278384	-0,045161328
22	T8	0,61818182	0,81818182	0,49090909	0,7000156	0,72020866	0,59397972	0,212706635	0,764799573	-0,119057003

Annexe 4. Photos des variétés d'oranger et de la variété de tangor

Cara Cara Navel	Fisher Navel

Navelate 	Valencia Rhode Red
Navelina 	Tangor Ellendale

Annexe 5. Descripteur sensoriel pour les agrumes

Descripteurs sensoriels

FRUIT N°

DESCRIPTEUR	DEFINITION	NOTATION
	Odeur	
Intensité odorante globale	Intensité odorante globale du quartier d'agrume perçue par la voie orthonasale	
	Vue	
Forme générale	Aspect général du fruit, régularité de la forme du fruit et des quartiers	
Epluchage	Facilité d'épluchage	
Peau	Epaisseur de la peau	
Peau	Huiles essentielles de la peau	
Intensité de la coloration de la pulpe	Faible intensité→ blanc/beige Forte intensité→ orange/rouge	
	Texture	
Juteux	Quantité de jus libérée en bouche	
Fibrosité	Quantité de fibres présentes lors la mastication	
Pépins	Quantité de pépins dans les fruits	
	Saveurs	
Sucré	Intensité de la saveur sucrée perçue en bouche	
Acide	Intensité de la saveur acide perçue en bouche	
Amer	Intensité de la saveur amère perçue en bouche	
Citron	Intensité aromatique de la note « citron »	
Orange	Intensité aromatique de la note « orange »	
Pamplemousse	Intensité aromatique de la note « pamplemousse »	
Mandarine	Intensité aromatique de la note « mandarine »	
NOTE GLOBALE	**/10**	