



FEED ^{THE} FUTURE

The U.S. Government's Global Hunger & Food Security Initiative

DYNAMICS OF YELLOW APHID INFESTATION (*MELANAPHIS SACCHARRI*) ON SORGHUM AND SELECTION OF POTENTIAL BIOLOGICAL CONTROL AGENT AGAINST *M. SACCHARRI*

PILOT PROJECT REPORT JUNE 2020

BY ROMAIN EXILIEN

APPUI A LA RECHERCHE ET AU DEVELOPPEMENT AGRICOLE



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



AGREACH
AN ILLINOIS PROGRAM
FOR SMALLHOLDER EXTENSION +

UF | IFAS
UNIVERSITY of FLORIDA



Appui à la Recherche et au Développement Agricole (AREA)

Titre du projet : DYNAMIQUE D'INFESTATION DE PUCERON JAUNE (*MELANAPHIS SACCHARRI*) SUR LE SORGHO ET SÉLECTION D'AGENT DE CONTRÔLE BIOLOGIQUE POTENTIEL CONTRE *M. SACCHARRI*

DYNAMICS OF YELLOW APHID INFESTATION (*MELANAPHIS SACCHARRI*) ON SORGHUM AND SELECTION OF POTENTIAL BIOLOGICAL CONTROL AGENT AGAINST *M. SACCHARRI*

Rapport final

Soumis par : Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV)

Préparé par (Chercheur Principal) : Romain Exilien

Date : 30/06/2020

Table des matières

1. Contexte de la réalisation du projet de recherche	4
2. Planification des activités.....	5
3. Approches méthodologiques pour la réalisation des activités	5
3.1. Collecte des données dans les champs de sorgho	5
3.1.1- Visite exploratoire.....	5
3.1.2.- Critère de choix et conduite des parcelles.....	7
3.1.3.- Échantillonnage des plantes dans les parcelles sélectionnées	8
3.1.4.- Collecte des données et variables étudiées.....	9
3.2.- Élevage des ennemis naturels au laboratoire.....	11
3.2.1 Récolte des ennemis naturels	11
3.2.2 Collecte des données	14
3.2.3 Détermination de la capacité prédatrice des auxiliaires.....	14
3.3.- Dépouillement et analyses statistiques des données.....	14
4. Résultats	15
4.1 Effectif de pucerons dénombrés.....	15
4.2 Dynamique d'infestation de <i>M. sacchari</i>	16
4.3 Infestation des Champs.....	17
4.4 Inventaire des plantes hôte secondaires de <i>M. sacchari</i>	18
4.5 Inventaire des auxiliaires de <i>M. sacchari</i>	19
4.6 Evolution des ennemis naturels dans les champs.....	20
4.7 Évaluation du niveau de consommation des proies	21
4.8 Taux de mortalité.....	22
4.8 Capacité prédatrice des ennemis naturels.....	23
5. Contraintes	24
6. Conclusion.....	24
Annexes	27

Liste des figures

Figure 1 : Récolte de coccinelles (A) et des larves de syrpe (B) dans les champs

Figure 2 : dispositif d'élevage d'ennemis naturels au laboratoire

Figure 3) Effectif de *M. sacchari* dénombré

Figure 4 : Évolution des populations de *M. sacchari* dans les champs

Figure 5 : infestation des plantes dans les champs

Figure 6 : Infestation de *M. sacchari* sur sorgho (a,b,c) et melon d'eau (d)

Figure 7 : effectif des ennemis naturels sur les plantes (I et II)

Figure 8 : Consommation des proies par les auxiliaires

Figure 9 : Mortalité des auxiliaires

Figure 10 : Efficacité des prédateurs

1. Contexte de la réalisation du projet de recherche

Ce document constitue le rapport final du projet de recherche réalisé en conditions naturelles et de laboratoire dans le cadre d'une subvention accordée par le Projet d'Appui à la Recherche et au Développement Agricole (AREA) à la Faculté d'Agronomie et de Médecine vétérinaire (FAMV) de l'Université d'État d'Haïti (UEH). Ce projet vise à étudier la dynamique d'infestation de puceron jaune (*Melanaphis sacchari*) dans la région des Cayes qui est une grande zone de production de sorgho en Haïti et dresser un inventaire de ses ennemis naturels afin de préparer des réponses à moyen et long termes permettant de réduire de manière significative la présence de ravageurs et/ou d'analyser l'impact sur les variétés de sorgho cultivées. Plus spécifiquement, il vise à :

- a) Déterminer la période correspondante à la plus forte infestation dans les champs ;
- b) Dénombrer les populations de *M. sacchari* dans divers agroenvironnements : sorgho sensible, sorgho tolérant, hôtes alternatifs sauvages (*Pennisetum purpureum*, *Sorghum halepense* ou autres) ou cultivés (canne à sucre, maïs, riz ou autre) ;
- c) Identifier et dénombrer les ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes) de *M. sacchari* présents dans ces agroenvironnements ;
- d) Tester en condition de laboratoire les ennemis naturels potentiels ;
- e) Intégrer les données obtenues dans une évaluation de l'impact à long terme des méthodes génétiques et biologique de lutte sur les populations de *M. sacchari* et de ses ennemis naturels.

En conformité avec les objectifs du projet, la FAMV se propose essentiellement de :

- Collecter des données sur le terrain ;
- Sélectionner puis élever des ennemis naturels de *M. sacchari* inventoriés dans les champs;
- Analyser statistiquement les données et présenter les résultats.

Donc, ce rapport présente les résultats du projet allant de Juillet 2019 à Juin 2020. De manière spécifique, on y trouvera : le contexte de réalisation du projet, activités planifiées, réalisation des activités, résultats, contraintes et conclusion.

2. Planification des activités

Pour la réalisation de ce travail de recherche, l'ensemble d'activités ci-dessous a été planifié :

- a) Collecte des données dans les champs de sorgho ;
- b) Élevage des ennemis naturels au laboratoire ;
- c) Dépouillement et analyses statistiques des données.

3. Approches méthodologiques pour la réalisation des activités

Dans le cadre de ce travail de recherche, comme il a été clairement présenté dans le titre, on a collecté deux groupes de données : a) un groupe de données en rapport à l'évolution des populations de *M. sacchari* et de ses ennemis naturels dans les champs de sorgho ; et b) un groupe en rapport à l'élevage au laboratoire de deux espèces prédatrices (coccinelle et syrphes) de *M. sacchari*.

3.1. Collecte des données dans les champs de sorgho

3.1.1- Visite exploratoire

Deux semaines avant de débiter les travaux d'échantillonnage des parcelles, on a procédé à des visites pour le choix des localités d'étude. En effet, huit localités réputées comme des grandes zones de production de sorgho situées dans trois communes (Cayes, Tobeck et Camperin) ont été retenues, il s'agit de : Fonfred, Jouni, Lafresière, Beraud, Lougou, Charpentier, Massieu et Mersant.

1. Context of the realization of the research project

This document constitutes the final report of the research project carried out under natural and laboratory conditions within the framework of a grant granted by the Support Project for

Agricultural Research and Development (AREA) to the Faculty of Agronomy and Medicine. veterinarian (FAMV) of the State University of Haiti (UEH). This project aims to study the dynamics of yellow aphid infestation (*Melanaphis sacchari*) in the Cayes region which is a large sorghum production area in Haiti and to draw up an inventory of its natural enemies in order to prepare medium and long-term responses. terms that allow to significantly reduce the presence of pests and / or to analyze the impact on cultivated sorghum varieties. More specifically, it aims to:

- a) Determine the period corresponding to the heaviest infestation in the fields;
- b) Enumerate the populations of *M. sacchari* in various agro-environments: susceptible sorghum, tolerant sorghum, wild alternative hosts (*Pennisetum purpureum*, *Sorghum halepense* or others) or cultivated (sugar cane, maize, rice or other);
- c) Identify and count the natural enemies (predators and parasitoids) of *M. sacchari* present in these agroenvironments;
- d) Test in laboratory conditions for potential natural enemies;
- e) Incorporate the data obtained into an assessment of the long-term impact of genetic and biological control methods on populations of *M. sacchari* and its natural enemies.

In accordance with the objectives of the project, the FAMV essentially proposes to:

- Collect data in the field;
- Select and then breed natural enemies of *M. sacchari* inventoried in the fields;
- Statistically analyze the data and present the results.

Therefore, this report presents the results of the project going from July 2019 to June 2020. Specifically, we will find there: the context of the realization of the project, planned activities, realization of activities, results, constraints and conclusion.

2. Planning of activities

For the realization of this research work, the set of activities below has been planned:

- a) Data collection in sorghum fields;
- b) Rearing of natural enemies in the laboratory;
- c) Analysis and statistical analysis of data.

3. Methodological approaches for carrying out activities

As part of this research work, as it was clearly presented in the title, two groups of data were collected: a) one group of data relating to the evolution of populations of *M. sacchari* and its natural enemies in sorghum fields; and b) a group related to the laboratory rearing of two predatory species (ladybird and hoverfly) of *M. sacchari*.

3.1. Data collection in sorghum fields

3.1.1- Exploratory visit

Two weeks before starting the plot sampling work, visits were made to select the study locations. Eight localities known to be major sorghum production areas located in three municipalities (Cayes, Tobeck and Camperin) were selected, they are: Fonfred, Jouni, Lafresière, Beraud, Lougou, Charpentier, Massieu and Mersant .

3.1.2.- Critère de choix et conduite des parcelles

Pour réaliser l'étude, des enquêtes ont été effectuées au niveau des parcelles emblavées de la variété du sorgho « Pa pè pichon». Les parcelles ont été choisies en fonction de leur position géographique, de leur niveau d'entretien (pas de pesticides), de leur conduite et de la phénologie des plantes. En quelque sorte, elles ont été emblavées uniquement de sorgho et les plantes ont été à peu près au stade phenologique. Sur un effectif de 40 parcelles présélectionnées, on a retenu 24 qui ont répondu aux critères prédéfinis et ont été sélectionnées pour la prise des mesures.

3. Methodological approaches for carrying out activities

As part of this research work, as it was clearly presented in the title, **two groups of data were collected: a) one group of data relating to the evolution of populations of *M. sacchari* and its natural enemies in sorghum fields; and b) a group related to the laboratory rearing of two predatory species (ladybird and hoverfly) of *M. sacchari*.**

3.1. Data collection in sorghum fields

3.1.1- Exploratory visit

Two weeks before starting the plot sampling work, visits were made to select the study locations. **Eight localities known to be major sorghum production areas located in three municipalities (Cayes, Tobeck and Camperin) were selected, they are: Fonfred, Jouni, Lafresière, Beraud, Lougou, Charpentier, Massieu and Mersant .**

3.1.2.- Selection criteria and management of the plots

To carry out the study, surveys were carried out at the level of plots sown with the "Pa pè pichon" sorghum variety. The plots were chosen according to their geographical position, their level of maintenance (no pesticides), their management and the phenology of the plants. In a way, they were sown only with sorghum and the plants were roughly in the phenological stage. Out of a total of 40 preselected plots, **24 were retained which met the predefined criteria and were selected for the measurements.**

3.1.3.- Échantillonnage des plantes dans les parcelles sélectionnées

À l'intérieur de chaque parcelle, dix plantes ont été choisies de façon aléatoire. Ce qui entraîne qu'un effectif de 240 plantes a été retenu pour la prise des données. Ces plantes ont été identifiées à l'aide d'un ruban rouge au milieu de leur tige.

3.1.3.- Sampling of plants in the selected plots

Within each plot, ten plants were chosen at random. This means that a workforce of 240 plants was selected for the data collection. These plants have been identified with a red ribbon in the middle of their stems.

3.1.4.- Collecte des données et variables étudiées

La collecte effectuée durant la deuxième campagne agricole a été réalisée tous les 15 jours, depuis le stade de « 5 feuilles » jusqu'au stade de grain tendre. Les données ont été collectées sur les feuilles du sorgho. Des fiches de collecte ont été utilisées pour la conservation des données. Les variables qui ont été étudiées tout le long du processus de travail sont les suivantes :

a) Niveau de population de pucerons jaune dans les parcelles

Les pucerons aptères et ailés ont été dénombrés séparément par comptage visuel sur les plantes sélectionnées lors de l'échantillonnage. Pour les feuilles qui ont une très faible quantité de pucerons, le comptage a été effectué directement sur les feuilles. Cependant, pour celles qui présentent une très forte quantité de pucerons, un carré de densité a été effectué.

b) Inventaire et identification des ravageurs secondaires

Comme pour les pucerons, les autres ravageurs ont été identifiés puis dénombrés durant chaque sortie de terrain et sur les mêmes plantes qui ont servi d'échantillon, de façon à déterminer la répartition des populations, qui ne se retrouvent que sur les feuilles de sorgho, dans le temps et dans l'espace.

c) Évolution de la population de puceron dans le temps

Au cours des stades phénologiques, l'évolution de la population de puceron jaune et de ses ennemis naturels a été évaluée à l'aide des décomptes.

d) Inventaire et identification des ennemis naturels

Les mêmes plants retenus pour le comptage des pucerons ont été servis également pour recenser les différents prédateurs du puceron jaune. Comme pour les ravageurs, les données qui concernent ces derniers ont été prises chaque 15 jour, du stade de « 5 feuilles » au stade de grain tendre. Du fait de leur sensibilité aux perturbations externes, les ennemis naturels ont été inventoriés avant le dénombrement des pucerons. L'identification de ces derniers se fait à l'aide de leurs traits morphologiques. Les ennemis naturels les plus présents comme : i) Les coccinelles ont un corps court et très convexe ; ii) Les larves de syrphes sont dépourvues de pattes, et mesurent entre 8 à 15 mm de long. Elles sont de coloration pâle presque translucide ; iii) Les larves de cécidomyies sont colorées en rouge orangé et mesurent entre 1.5 et 2 mm de long ; iv)

Les chrysope adultes ont une longueur variée de 3 mm à plus de 10 cm selon les espèces ; v)
Les hémérobes sont colorés en brun pâle ou marron et mesure 1.5 cm de long. Le comptage des prédateurs se fait à l'œil nu, sur les feuilles directement. Car ils se trouvent en faible quantité sur les feuilles.

e) Taux d'infestation des plantes

Une plante est infestée si elle est attaquée par au moins un puceron. Donc le rapport entre la quantité de plantes infestées et la quantité totale des plantes échantillonnées, puis multiplié par 100 a permis de trouver le taux d'infestation des plantes dans les parcelles.

f) Inventaire des plantes hôtes secondaires du puceron jaune

L'inventaire de la gamme d'hôtes secondaires du ravageur (*Melanaphis sacchari*) est un procédé qui conduit à la recherche des plantes sauvages ou cultivées autres que le sorgho ayant servi d'hébergement pour le puceron jaune dans l'environnement parcellaire. En effet, ce travail a été effectué par observation directe des plantes situées aux alentours et à l'intérieur des parcelles de sorgho.

The collection carried out during the second crop year was carried out every two weeks, from the "5 leaf" stage to the tender grain stage. Data were collected on the leaves of sorghum. Collection forms were used for data retention. The variables that have been studied throughout the work process are as follows:

a) Population level of yellow aphids in the plots

Wingless and wingless aphids were enumerated separately by visual counting on plants selected during sampling. For leaves that have a very low amount of aphids, the count was done directly on the leaves. However, for those with a very high amount of aphids, a density square was performed.

b) Inventory and identification of secondary pests

As for aphids, the other pests were identified and then counted during each field trip and on the same plants that served as a sample, in order to determine the distribution of populations, which are only found on sorghum leaves, in time and space.

c) Evolution of the aphid population over time

During the phenological stages, the evolution of the yellow aphid population and its natural enemies was assessed using the counts.

d) Inventory and identification of natural enemies

The same plants selected for the aphid count were also used to identify the various predators of the yellow aphid. As for the pests, data for the latter were taken daily from the "5 leaf" stage to the tender grain stage. Because of their sensitivity to external disturbances, natural enemies were inventoried before the aphid count. These are identified by their morphological features. The most common natural enemies such as: i) Ladybugs have a short, very convex body; ii) Syrphid larvae are legless, and are 8 to 15 mm long. They are pale almost translucent in color; iii) Midge larvae are colored orange-red and die between 1.5 and 2 mm in length; iv) Adult lacewings vary in length from 3 mm to more than 10 cm depending on the species; v) Daylilies are colored pale brown or maroon and are 1.5 cm long. **Predator counts are done with the naked eye, on the leaves directly. Because they are found in small quantities on the leaves.**

e) Plant infestation rate

A plant is infested if it is attacked by at least one aphid. So the ratio of the amount of infested plants to the total amount of plants sampled, then multiplied by 100, found the rate of plant infestation in the plots.

f) Inventory of secondary host plants of the yellow aphid

The inventory of the secondary host range of the pest (*Melanaphis sacchari*) is a process which leads to the search for wild or cultivated plants other than sorghum which have served as housing for the yellow aphid in the field environment. Indeed, this work was carried out by direct observation of the plants located around and inside the sorghum plots.

3.2.- Élevage des ennemis naturels au laboratoire

3.2.1 Récolte des ennemis naturels

Les ennemis naturels, une fois identifiés dans les champs, sont récoltés à l'aide d'un flacon, puis ramenés au laboratoire d'entomologie. La récolte des ennemis naturels sur les feuilles de sorgho a été effectuée aux stades larvaire et adulte. Une fois arrivée au laboratoire, les adultes et les larves sont élevés sur un échantillon de population de puceron afin d'évaluer le taux de prédation. Seules les deux espèces ayant la plus grande répartition dans les champs ont été

sélectionnées puis récoltées pour être élevées au laboratoire (figure 1), il s'agit de l'espèce (*Episyrphus sp*) et de la coccinelle (*H. convergens*).

Ces dernières dans les études réalisées précédemment sont présentes dans les 4 grandes zones de production de sorgho (Plateau central, Ouest, Nippes et Sud).

3.2.1 Harvesting of natural enemies

Natural enemies, once identified in the fields, are harvested using a vial and then returned to the entomology lab. Harvesting of natural enemies from sorghum leaves was carried out at the larval and adult stages. Once in the laboratory, adults and larvae are reared on a sample of the aphid population to assess the rate of predation. Only the two species with the greatest distribution in the fields were selected and then harvested to be reared in the laboratory (Figure 1), namely the species (*Episyrphus sp*) and the ladybird (*H. convergens*).



Figure 1 : Récolte de coccinelles (A) et des larves de syrphé (B) dans les champs

L'élevage de ces auxiliaires a été effectué dans des cages (petite boîte) en présence de *M. sacchari*. Sur le terrain on a collecté des feuilles infestées et les a disposées dans des cages contenant les auxiliaires. En effet, 4 traitements ont été conçus de manière à tester l'efficacité prédatrice des auxiliaires sélectionnés. Ces traitements consistent en l'exposition d'un effectif de *M. sacchari* en présence d'un effectif d'auxiliaires. Ils sont décrits de la manière suivante :

T1 : 1 larves *H. convergens* VS 50 *M. sacchari*

T2 : 1 larves *Episyrphus sp* VS 50 *M. sacchari*

T3 : 1 adulte *H. convergens* VS 50 *M. sacchari*

T4 : 1 larves *H. convergens* +1 adulte *H. convergens*+ 1 larves *Episyrphus sp* VS 50 *M. sacchari*

T5 : 3 larves *H. convergens* VS 150 *M. sacchari*

T6 : 3 larves *Episyrphus sp* VS 150 *M. sacchari*

T7 : 3 adulte *H. convergens* VS 150 *M. sacchari*

T8 : 3 larves *H. convergens* + 3 adulte *H. convergens*+ 3 larves *Episyrphus sp* VS 150 *M. sacchari*.

Ces traitements ont été repartis aléatoirement à l'intérieur d'un bloc.

The rearing of these auxiliaries was carried out in cages (small box) in the presence of *M. sacchari*. In the field, infested leaves were collected and placed in cages containing the auxiliaries. In fact, 4 treatments have been designed to test the predatory efficacy of the selected auxiliaries. These treatments consist of the exposure of a workforce of *M. sacchari* in the presence of a workforce of auxiliaries. They are described as follows:

T1: 1 larvae *H. convergens* VS 50 *M. sacchari*

T2: 1 *Episyrphus sp* VS larvae 50 *M. sacchari*

T3: 1 adult *H. convergens* VS 50 *M. sacchari*

T4: 1 larvae *H. convergens* +1 adult *H. convergens* + 1 larvae *Episyrphus sp* VS 50 *M. sacchari*

T5: 3 *H. convergens* larvae VS 150 *M. sacchari*

T6: 3 larvae *Episyrphus sp* VS 150 *M. sacchari*

T7: 3 adult *H. convergens* VS 150 *M. sacchari*

T8: 3 *H. convergens* larvae + 3 adult *H. convergens* + 3 *Episyrphus sp* larvae VS 150 *M. sacchari*.

These treatments were distributed randomly within a block.

Thus, a system consisting of three blocks was put in place, and observation follow-ups were carried out regularly (Figure 2).

Ainsi, un dispositif constitué de trois blocs a été mise en place, et des suivis d'observation ont été effectués régulièrement (figure 2).



Figure 2 : dispositif d'élevage d'ennemis naturels au laboratoire

3.2.2 Collecte des données

La collecte des données est effectuée chaque jour pendant une semaine. Les données sont collectées sur le nombre de pucerons mangés par les ennemis naturels, et sur l'effet de cannibalisme entre les ennemis naturels. Des fiches de collecte sont utilisées pour la conservation des données.

3.2.3 Détermination de la capacité prédatrice des auxiliaires

La capacité prédatrice des auxiliaires dans ce travail réfère au nombre de pucerons que les auxiliaires peuvent consommer par jour.

3.3.- Dépouillement et analyses statistiques des données

Les données saisies concernant le ravageur (*M.sacchari*) et les ennemis naturels ont été reportées et sauvegardées dans une base de données Excel après chaque sortie de terrain. Elles ont été ensuite exportées sur le logiciel R (version 3.5.1). On a procédé d'une part au test de Kruskal-Wallis à 5% pour évaluer l'effet de la phénologie de la plante, des localités sur la dynamique de la population de *M.sacchari* et des ennemis naturels. L'analyse de variance (ANOVA à 5%) a été utilisée pour évaluer la capacité prédatrice de la coccinelle et du Syrphé.

4. Résultats

4.1 Effectif de pucerons dénombrés

Sur 103 182 pucerons jaunes qui ont été dénombrés durant toute la période de l'étude, 93670 aptères et 9512 ailés ont été identifiés (p -value $< 2.2e-16$). En termes de proportion, les pucerons aptères représentent 91% contre 9% de la population des pucerons ailés (figure 3).

4. Results

4.1 Number of aphids counted

Out of 103,182 yellow aphids that were counted throughout the study period, 93,670 wingless and 9512 winged were identified (p -value $< 2.2e-16$). In terms of proportion, wingless aphids represent 91% against 9% of the population of winged aphids (Figure 3).

3.2.2 Data collection

Data collection is carried out every day for a week. Data are collected on the number of aphids eaten by natural enemies, and the effect of cannibalism between natural enemies. Collection sheets are used for data retention.

3.2.3 Determination of the predatory capacity of auxiliaries

The predatory ability of the helpers in this job refers to the number of aphids that the helpers can consume per day.

3.3.- Analysis and statistical analysis of data

The data entered concerning the pest (*M.sacchari*) and the natural enemies were reported and saved in an Excel database after each field trip. They were then exported to R software (version 3.5.1). On the one hand, the 5% Kruskal-Wallis test was carried out to assess the effect of plant phenology, locations on population dynamics of *M.sacchari* and natural enemies. Analysis of variance (5% ANOVA) was used to assess the predatory ability of ladybugs and hoverflies.

4. Results

4.1 Number of aphids counted

Out of 103,182 yellow aphids that were counted throughout the study period, 93,670 wingless and 9512 winged were identified (p -value $< 2.2e-16$). In terms of proportion, wingless aphids represent 91% against 9% of the population of winged aphids (Figure 3).

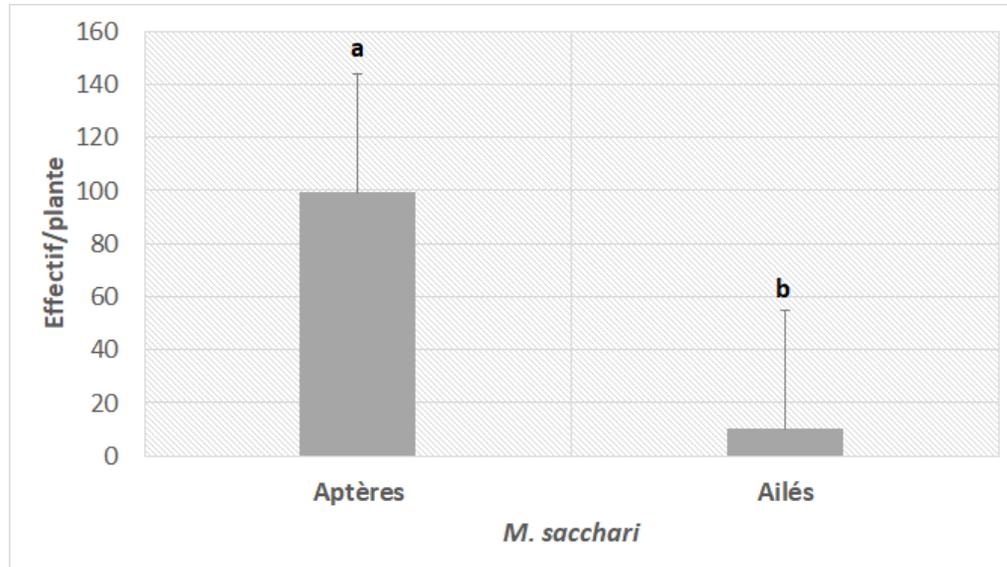


Figure 3) Effectif de *M. sacchari* dénombré

4.2 Dynamique d'infestation de *M. sacchari*

Pour évaluer l'effet des stades phénologiques du sorgho sur la population de puceron jaune, un test de « Kruskal-Wallis » a été effectué. Les résultats du test ont montré que l'effet des stades phénologiques de la plante sur la population de puceron jaune est significatif (P -value $< 2.2e-16$ ***). La phénologie joue donc un rôle important dans l'abondance de la population de puceron jaune dans les champs.

Dans les champs, comme cela apparaît dans la figure ci-dessous le pic d'abondance de la population de puceron jaune, s'observe au stade d'épiaison de la plante avec une moyenne de 204 pucerons par plante.

4.2 *M. sacchari* infestation dynamics

To assess the effect of the phenological stages of sorghum on the yellow aphid population, a "Kruskal-Wallis" test was carried out. The results of the test showed that the effect of the phenological stages of the plant on the yellow aphid population is significant (P-value <2.2e-16 ***). Phenology therefore plays an important role in the abundance of the yellow aphid population in fields.

In the fields, as shown in the figure below, the peak abundance of the yellow aphid population is observed at the heading stage of the plant with an average of 204 aphids per plant.

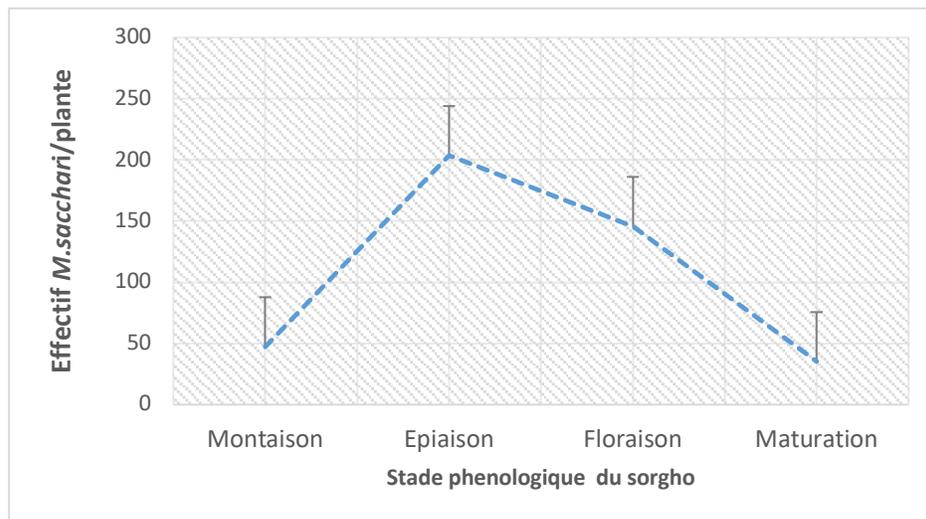


Figure 4 : Évolution des populations de *M. sacchari* dans les champs

4.3 Infestation des Champs

En moyenne, le taux d'infestation des champs s'élève à 60% avec une variation de 33% et 74% respectivement dans les zones Massieu et Fonfred (figure 5). L'infestation est observée uniquement au niveau de la face inferieure des feuilles de la plante. Contrairement à toutes les autres stades phenologiques du sorgho, l'infestation des champs est très marquée au stade de l'épiaison.

4.3 Field Infestation

On average, the infestation rate of fields amounts to 60% with a variation of 33% and 74% respectively in the Massieu and Fonfred zones (figure 5). The infestation is observed only on the

lower surface of the leaves of the plant. Unlike all the other phenological stages of sorghum, the infestation of fields is very marked during the heading stage.

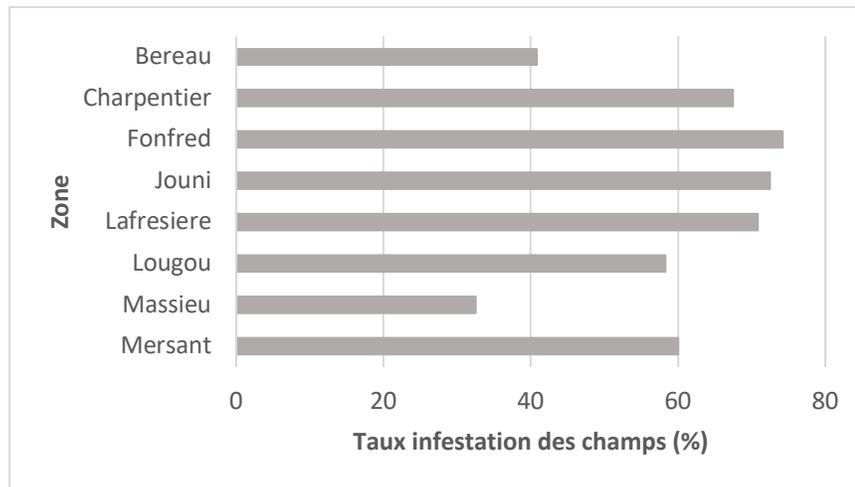


Figure 5 : infestation des plantes dans les champs

4.4 Inventaire des plantes hôte secondaires de *M. sacchari*

Le genre *Melanaphis* possède près d'une vingtaine d'hôtes qui sont principalement des graminées qui se concentrent aux genres *sorghum* (sorgho), *Saccharum* (cane à sucre), *Oryza* (Riz), *Panicum* et *Pennissetum* (CSAN Niger, 2017). Pendant la période d'échantillonnage, on a constaté que le peuplement végétal était constitué de plantes de la famille des Poaceae comme le Bambou (*Bambusa vulgaris*), le Maïs (*Zea mays*) et de d'autres familles de plantes comme Lauraceae, Cucurbitaceae etc. Ces plantes étaient situées à l'intérieure et aux alentours des parcelles de sorgho. Notre observation de terrain a permis de voir que seul le melon d'eau (curcubitaceae) situé aux alentours et à l'intérieur des parcelles de sorgho, héberge le *M.sacchari* (figure 6).

4.4 Inventory of secondary host plants of *M. sacchari*

The genus *Melanaphis* has nearly twenty hosts which are mainly grasses which are concentrated in the genera *sorghum* (sorghum), *Saccharum* (sugarcane), *Oryza* (Rice), *Panicum* and *Pennissetum* (CSAN Niger, 2017). During the sampling period, it was found that the plant stand consisted of plants of the Poaceae family such as Bamboo (*Bambusa vulgaris*), Maize (*Zea mays*) and other plant families such as Lauraceae, Cucurbitaceae etc. . These plants were located in and around the sorghum plots. Our field observation showed that only the watermelon (curcubitaceae), located around and inside the sorghum



Figure 6 : Infestation de *M. sacchari* sur sorgho (a,b,c) et melon d'eau (d)

4.5 Inventaire des auxiliaires de *M. sacchari*

Dans les champs, on a observé trois familles d'insectes prédateurs, il s'agit de la famille des Coccinellidae, pour laquelle on a identifié trois espèces, de la famille des Syrphidae et de la famille des Chrysopidae (tableau 1). En terme de présence dans le milieu, ces familles sont significativement différentes ($p\text{-value} < 2e-16$ ***). On a dénombré au total 536 d'ennemis naturels dont 455 Coccinelles, 65 Syrphes et 16 Chrysopes.

Tableau 1 : Espèces d'insectes d'ennemis naturels inventoriés dans les champs

4.5 Inventory of *M. sacchari* auxiliaries

In the fields, three families of predatory insects have been observed, namely the Coccinellidae family, for which three species have been identified, the Syrphidae family and the Chrysopidae family (Table 1). In terms of presence in the medium, these families are significantly different (p -value $< 2e-16$ ***). A total of 536 natural enemies have been counted, including 455 Ladybirds, 65 Syrphids and 16 Lacewing.

Table 1: Insect species of natural enemies inventoried in the fields

Nom commun	Nom scientifique	Famille	Pourcentage
Coccinelles	<i>Hippodamia convergens</i> , <i>Olla v-nigrum</i> et	Coccinellidae	85%
	<i>Cycloneda sanguinae limbifer</i>		
Syrphe	<i>Episyrphus balteatus</i>	Syrphidae	12%
Chrysope	<i>Chrysopa spp.</i>	Chrysopidae	3%

4.6 Evolution des ennemis naturels dans les champs

La dynamique de population des ennemis naturels est rythmée de façon similaire avec celle des populations de *M. sacchari* dans les champs (figures 7). Les résultats de l'analyse de variance ont montré que la croissance des ennemis naturels est significativement différente en fonction des stades phenologiques de sorgho (P -value $> 1.51e-05$ ***). Le maximum est donc atteint à l'épiaison avec un effectif moyen de 1,18 individu par plante. Il importe de dire que parmi les auxiliaires prédateurs de *M. sacchari*, observés dans les champs les coccinelles sont actives. Elles sont significativement présentes sur toutes les plantes qui ont une colonie importante de puceron jaune avec en moyenne 0.56 individu par plante.

4.6 Evolution of natural enemies in fields

The population dynamics of natural enemies are similarly paced with that of *M. sacchari* populations in the fields (Figures 7). The results of the analysis of variance showed that the growth of natural enemies is significantly different depending on the phenological stages of sorghum (P -value $> 1.51e-05$ ***). The maximum is therefore reached at heading with an average number of 1.18 individuals per plant. It is important to say that among the predatory

auxiliaries of *M.sacchari*, observed in the fields, ladybirds are active. They are significantly present on all plants which have a large colony of yellow aphid with an average of 0.56 individuals per plant.

Cependant, les syrphes (0.06 individu/plante) et les chrysopes (0.01 individu/plante) sont quasiment absents dans les champs.

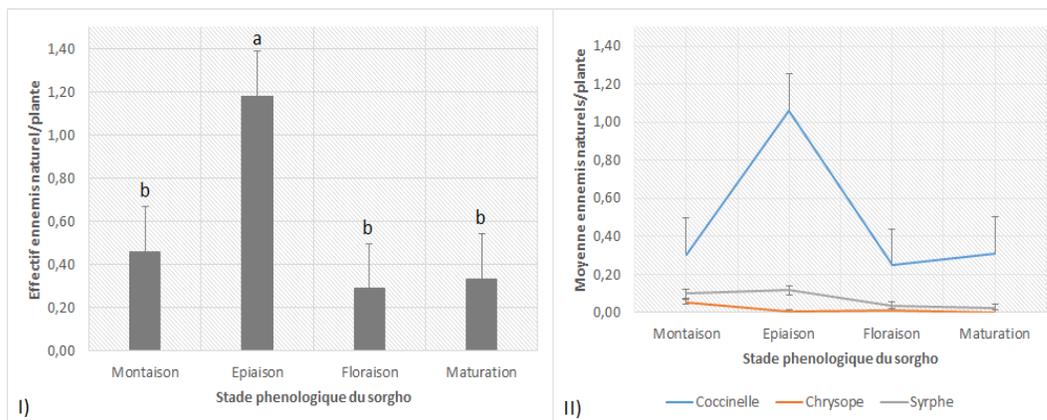


Figure 7 : effectif des ennemis naturels sur les plantes (I et II)

4.7 Évaluation du niveau de consommation des proies

Le nombre de proies consommées en moyenne est de 37,63 (figure 8). Le test de kruskal wallis à 5% montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements (p -value = 0.3191). Le pourcentage de proie consommée par les ennemis naturels est donc de 75,25%. Il faut signaler, en dépit qu'il n'y a pas de différence entre les traitements que les larves de coccinelles ont une plus grande aptitude pour la consommation des proies que les larves de Syrphé. Cela peut s'expliquer par le fait que les coccinelles à l'état larvaire sont beaucoup plus mobiles que les larves de syrphé.

4.7 Assessment of prey consumption level

The number of prey consumed on average is 37.63 (Figure 8). The 5% kruskal wallis test shows that there is no significant difference between the treatments (p -value = 0.3191). The percentage of prey consumed by natural enemies is therefore 75.25%. It should be noted, although there is no difference between the treatments that the larvae of ladybirds have a greater aptitude for consuming prey than the larvae of Syrphé. This may be explained by the fact that larval ladybirds are much more mobile than hoverfly larvae.

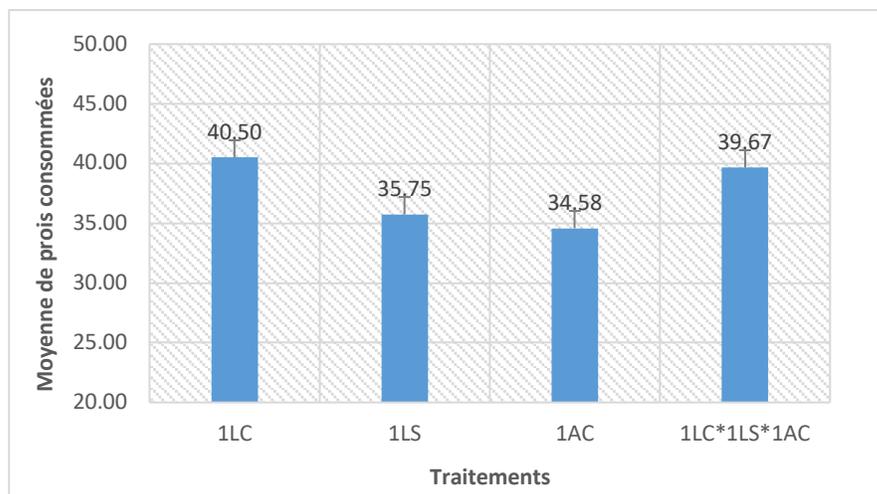


Figure 8 : Consommation des proies par les auxiliaires

4.8 Taux de mortalité

Le taux de mortalité des auxiliaires varie entre 4,44 pour les larves et adultes de coccinelle à 26,67 pour les larves de syrphé (figure 9). Il semblerait que les larves de syrphé soient plus sensibles au changement environnemental et à la manipulation que les coccinelles.

4.8 Mortality rate

The mortality rate of the auxiliaries varies between 4.44 for larvae and adults of ladybirds to 26.67 for larvae of hoverfly (figure 9). It appears that hoverfly larvae are more sensitive to environmental change and handling than ladybugs.

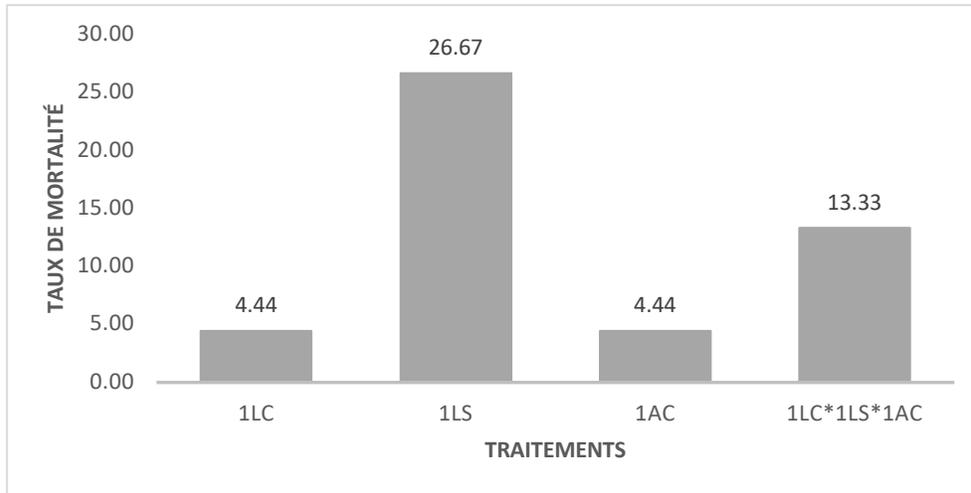


Figure 9 : Mortalité des auxiliaires

4.8 Capacité prédatrice des ennemis naturels

Quel que soit les auxiliaires considérés dans l'expérience, ils ont tous montré leur affinité pour le puceron jaune. Le nombre de proies restantes varie proportionnellement avec le pourcentage de proies consommées par les prédateurs (figure 10).

4.8 Predatory capacity of natural enemies

Regardless of the auxiliaries considered in the experiment, they all showed their affinity for the yellow aphid. The number of remaining prey varies proportionally with the percentage of prey consumed by predators.

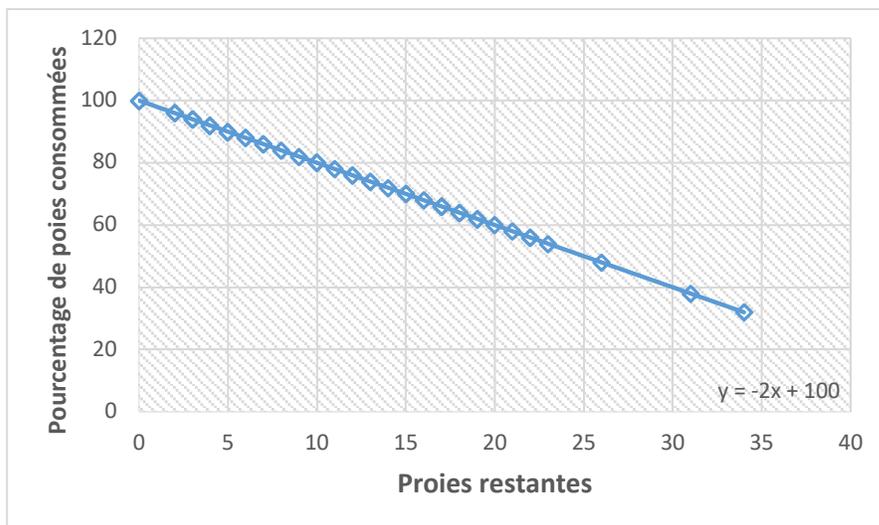


Figure 10 : Efficacité des prédateurs

5. Contraintes

Les principales difficultés rencontrées au cours de l'exécution de ce travail sont liées à la crise politique qui sévit le pays. Celle-ci a berné certaines de nos activités. Des déplacements sur le terrain à certaines étapes clés ont été vraiment difficiles et parfois impossibles. En conséquence, certaines données concernant la productivité végétale et l'infestation des panicules, n'ont pas été collectées.

6. Conclusion

Il ressort, au terme de ce travail, que le puceron jaune demeure le principal ravageur du sorgho avec un niveau d'infestation varié selon les stades phenologiques de la plante. En fait, le pic d'abondance des populations de *M. sacchari* dans les champs investigués se trouve aux stades d'épiaison et de floraison. Ces stades phenologiques correspondent à de fortes mobilisations des réserves de la plante.

Les observations ont confirmé que les feuilles représentent l'unique habitat des pucerons. Ils se concentrent, en particulier, sur la face inférieure des plus âgées. En plus du sorgho, le melon d'eau (*Citrillus lanatus*) qui est une plante cultivée ont servi d'hébergement pour le puceron jaune. Par conséquent, ces plantes constituent les principales plantes hôtes secondaires de puceron jaune dans les parcelles investiguées.

L'inventaire des ennemis naturels nous a permis de mettre en évidence trois espèces de prédateurs telles que : la coccinelle, le syrphe et chrysope qui représentent un potentiel non négligeable dans la régulation de la population des pucerons. Parmi ces prédateurs, les populations de coccinelle sont beaucoup plus importantes dans les champs. Ces derniers évoluent dans le milieu de façon proportionnelle avec le puceron jaune. L'expérience conduit au laboratoire a montré que la capacité prédatrice des espèces de coccinelle et de syrphe testées est similaire. Cependant, la larve de coccinelle montre une plus grande tolérance que celle de syrphe vis-à-vis des conditions d'élevage, elle peut être donc élevée plus facilement. En plus, la présence des coccinelles dans les champs est observée dès le premier foyer d'infestation des plantes.

En somme, la gestion active des populations de puceron jaune doit débiter dès le début du stade de montaison pour empêcher une forte infestation des parcelles. L'état sanitaire de l'environnement des parcelles doit être aussi pris en compte, cela va s'en dire que toute végétation, qu'elle soit naturelle ou cultivée considérée comme hôte secondaire et ou alterne de puceron jaune doit être judicieusement contrôlée. L'expérience réalisée au laboratoire a prouvé que le contrôle biologique pourrait se présenter comme une méthode alternative, cependant la technique d'élevage des auxiliaires doit être améliorée et maîtrisée davantage. La connaissance sur la biologie des auxiliaires doit être raffinée de manière à atteindre la cible efficacement.

The main difficulties encountered in carrying out this work relate to the political crisis in the country. This has fooled some of our activities. Travel in the field at some key stages was really difficult and sometimes impossible. As a result, some data regarding plant productivity and tassel infestation has not been collected.

6. Conclusion

At the end of this work, it emerges that the yellow aphid remains the main pest of sorghum with a level of infestation that varies according to the phenological stages of the plant. In fact, the peak abundance of *M. sacchari* populations in the fields investigated is at the heading and flowering stages. These phenological stages correspond to strong mobilizations of the plant's reserves.

Observations confirmed that the leaves are the only habitat for aphids. They focus, in particular, on the lower face of older people. In addition to sorghum, the watermelon (*Citrillus lanatus*) which is a cultivated plant has served as a habitat for the yellow aphid. Consequently, these plants constitute the main secondary host plants of yellow aphid in the plots investigated.

The inventory of natural enemies allowed us to identify three species of predators such as: ladybirds, hoverflies and lacewing, which represent significant potential in regulating the aphid population. Among these predators, ladybird populations are much more important in the fields. The latter evolve in the environment in a proportional way with the yellow aphid.

Experiment conducted in the laboratory showed that the predatory ability of the ladybird and hoverfly species tested is similar. However, the ladybug larva shows a greater tolerance than the hoverfly larva to rearing conditions, so it can be bred more easily. In addition, the presence of ladybugs in fields is observed from the first outbreak of plant infestation.

In short, active management of yellow aphid populations must begin at the start of the growing stage to prevent heavy infestation of the plots. The environmental health of the plots must also be taken into account, it goes without saying that all vegetation, whether natural or cultivated considered as a secondary host and or alternating yellow aphid must be judiciously controlled.

The experience carried out in the laboratory has shown that biological control could be presented as an alternative method, however the technique of breeding auxiliaries must be improved and mastered further. Knowledge about the biology of auxiliaries must be refined in order to reach the target effectively.

Annexes



Elevage des coccinelles



Travail de l'étudiant au laboratoire



Collecte d'échantillon par un étudiant stagiaire



Collecte des données par des étudiants stagiaires



Colonies de pucerons jaunes sur les feuilles de sorgho



Coccinelles sur les feuilles de sorgho

Analyses statistiques

```
kruskal.test(Effectif~Forme, data=lap)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Effectif by Forme

Kruskal-Wallis chi-squared = 358.64, df = 1, p-value < 2.2e-16

```
res=glm(PuceronTotal~Stade+Region ,data=lap, family=poisson)
```

```
> anova(res, test="Chisq")
```

Analysis of Deviance Table

Model: poisson, link: log

Response: PuceronTotal

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)
NULL		1478	887719		
Stade	4	48992	1474	838727	< 2.2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

> anov<-aov(Rdtha~ClassePente+ClasseN+Orientation,data=tomato)
> anov<-aov(TotalAuxiliaire~Stade,data=auxi)
> summary(anov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Stade   3  126  41.92   8.454 1.51e-05 ***
Residuals 956 4741   4.96
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> compar1<-LSD.test(anov,"Stade",df,MSerror,group=T)
> compar1
`$statistics`
      MSerror Df   Mean   CV t.value   LSD
4.959161 956 0.5583333 398.8509 1.962449 0.3989439

$parameters
      test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD   none Stade  4 0.05

$means
      TotalAuxiliaire std r   LCL   UCL Min Max Q25 Q50
Epiaison   1.1750000 3.674320 240 0.892904098 1.4570959  0 35  0  0
Floraison   0.2875000 1.008671 240 0.005404098 0.5695959  0  7  0  0
GrainTendre  0.3125000 1.334390 240 0.030404098 0.5945959  0 15  0  0
Montaison   0.4583333 1.880959 240 0.176237431 0.7404292  0 25  0  0
      Q75
Epiaison   1
Floraison   0
GrainTendre 0
Montaison   0

$comparison
NULL

$groups
      TotalAuxiliaire groups
Epiaison   1.1750000 a
Montaison   0.4583333 b
GrainTendre 0.3125000 b
Floraison   0.2875000 b

attr("class")
[1] "group"
> auxi<-read.table("auxil.txt",dec=".", header=TRUE)
> summary(auxi)
      Predateur  Taille
Chrysope :960 Min. : 0.0000
Coccinelle:960 1st Qu.: 0.0000
Syrphe :960 Median : 0.0000
      Mean : 0.1861
      3rd Qu.: 0.0000
      Max. :35.0000
> anov<-aov(Taille~Predateur,data=auxi)
> summary(anov)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Predateur  2  121  60.28  36.75 <2e-16 ***
Residuals 2877 4720   1.64
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> kruskal.test(PuceronMangé~Traitement, data=proie)

```

Kruskal-Wallis rank sum test

```
data: PuceronMangé by Traitement
Kruskal-Wallis chi-squared = 3.5128, df = 3, p-value = 0.3191
```

```
> kruskal.test(PuceronFinal~Traitement, data=proie)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: PuceronFinal by Traitement
Kruskal-Wallis chi-squared = 3.5128, df = 3, p-value = 0.3191
```

```
> anova<-aov(PuceronFinal~Traitement+Jour+Bloc, data=proie)
> summary(anova)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Traitement  3  302.4   100.81   1.600  0.205
Jour        3  212.7    70.92   1.125  0.351
Bloc        2  116.4    58.19   0.923  0.406
Residuals  39 2457.7    63.02
```

```
> proie<-read.table("test2.txt",dec=",", header=TRUE)
```

```
> summary(proie)
```

```
  Jour Bloc Trait  PuceronInt PuceronFinal  LCfinal
J1:12 B1:16 T1:12  Min. :150  Min. :0.00  Min. :0.0000
J2:12 B2:16 T2:12  1st Qu.:150  1st Qu.:9.00  1st Qu.:0.0000
J3:12 B3:16 T3:12  Median :150  Median :13.00  Median :0.5000
J4:12      T4:12  Mean  :150  Mean  :19.21  Mean  :0.9792
          3rd Qu.:150  3rd Qu.:26.00  3rd Qu.:2.0000
          Max.  :150  Max.  :85.00  Max.  :3.0000
  NCfinal  ACfinal  LSfinal  CoccAduMort
Min. :0.0000  Min. :0.000  Min. :0.000  Min. :0.00000
1st Qu.:0.0000  1st Qu.:0.000  1st Qu.:0.000  1st Qu.:0.00000
Median :0.0000  Median :0.500  Median :0.000  Median :0.00000
Mean :0.3958  Mean :1.354  Mean :0.375  Mean :0.08333
3rd Qu.:1.0000  3rd Qu.:3.000  3rd Qu.:0.000  3rd Qu.:0.00000
Max. :2.0000  Max. :3.000  Max. :3.000  Max. :2.00000
  LarveSyrMort  CocclarvMort  PuMort  NbreSyrMange
Min. :0.0000  Min. :0.0000  Min. :0.000  Min. :0.0000
1st Qu.:0.0000  1st Qu.:0.0000  1st Qu.:0.000  1st Qu.:0.0000
Median :0.0000  Median :0.0000  Median :0.000  Median :0.0000
Mean :0.9583  Mean :0.1458  Mean :0.625  Mean :0.1042
3rd Qu.:2.0000  3rd Qu.:0.0000  3rd Qu.:0.000  3rd Qu.:0.0000
Max. :3.0000  Max. :2.0000  Max. :22.000  Max. :3.0000
  NbreOeufsCocc
Min. :0
1st Qu.:0
Median :0
Mean :2
3rd Qu.:0
Max. :55
```

```
> kruskal.test(PuceronFinal~Trait, data=proie)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: PuceronFinal by Trait
Kruskal-Wallis chi-squared = 10.216, df = 3, p-value = 0.01682
```

```
> anova<-aov(PuceronFinal~Trait+Jour+Bloc, data=proie)
> summary(anova)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Trait  3  1472   490.6   1.811  0.1611
Jour    3  1938   646.1   2.385  0.0839
Bloc    2   611   305.3   1.127  0.3343
Residuals  39 10565   270.9
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
```

