RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ODEADOM

Titre : **Détermination des caractéristiques des prairies et des pratiques culturales pour lutter contre le puceron Sipha flava**

Date : 29/12/2021

Maitre d'œuvre : ARP

Mots clés : Ravageur / Lutte intégrée / Prairie / Itinéraire technique / La Réunion

---

Contexte

Le puceron jaune de la canne à sucre, Sipha flava, est un ravageur Il a été recensé pour la première fois à la Réunion en 2017.

Il est présent sur les Graminées, notamment les céréales (sorgho, blé, maïs, millet, riz), mais aussi la canne à sucre et les herbacées telles que les espèces fourragères (Kindler & Dalrymple. 1999). Ce ravageur engendre notamment des dégâts conséquents sur Kikuyu. A la Réunion, la part des prairies représente 25% de la SAU, soit 10 690 ha. Les parcelles en Kikuyu représentent plus de 8 000 ha, soit environ 75% des prairies (DAAF. 2016). Le Kikuyu étant l'une des deux espèces les plus sensibles à la Réunion (avec le Chloris), des attaques de pucerons sont donc extrêmement dommageables pour la production fourragère et l'alimentation des ruminants.

Les agriculteurs sont donc fortement touchés par la présence de Sipha flava. Or, ce ravageur peu connu est difficilement contrôlable, car peu de moyens de lutte ont été identifiés, car aucun insecticide efficace ne peut être utilisé. C'est pourquoi, l'objectif de cette étude est de déterminer les pratiques culturales et les conditions pédoclimatiques pouvant impacter la présence de ce puceron dans les prairies par le biais d'enquêtes et de prélèvements effectués chez des agriculteurs répartis sur l'ensemble de l'île.

Méthodologie

Au total, 53 agriculteurs ont été interrogés entre septembre et octobre 2020, et 77 parcelles ont été visitées. Les parcelles sont réparties selon les principaux secteurs fourragers, dont 26 à la Plaine des Cafres (PDC), 8 à St Joseph, 10 à St Pierre, 31 dans l'Ouest et 2 dans le Nord-Est

- Les caractères retenus pour la sélection des parcelles étaient les suivants :
- Le secteur fourrager : exploitations essentiellement réparties entre l'ouest et le sud (quelques occurrences dans le nord et l'est). Le gradient altitudinal réunionnais est bien représenté.
- La fertilisation : exploitations utilisant soit exclusivement des engrais chimiques ou des engrais organiques (lisier, fumier), soit la combinaison des deux, pour déterminer au mieux la part de chaque type de fertilisation dans l'infestation.
- L'espèce fourragère : exploitations en kikuyu pur, en tropicales, plusieurs en tempérées et en mélange tempérées-tropicales et quelques occurrences de couverts spontanés et d'association avec des Fabacées.
-

Résultats :

Sipha flava a été principalement recensé à basse altitude où les d'intensité d'attaques sont plus élevées. En effet, la présence du puceron semble corrélée avec des températures relativement douces, comprises entre 20 et 24°C et une pluviométrie faible.

Cette étude a montré que les variétés les plus sensibles significativement sont le Chloris et le Sorgho, en opposition au Brachiaria et aux mélanges d'espèces tempérées. Peu de parcelles de canne fourragère ont été suivies. Néanmoins, il apparait que plus les feuilles de canne sont velues, moins il y a de pucerons.

Un autre paramètre ayant un impact avéré sur le développement du puceron est le pH du sol. En effet, dans cette étude, un sol trop acide (pH <4.5) favorise la croissance des populations de pucerons, alors qu'un sol relativement basique (ph > 6.5) limite de manière significative l'infestation.

D'autre part, la notion de hauteur de végétation est à prendre en compte pour la gestion de la pression parasitaire. Sipha flava est plus fréquemment observé en parcelles de fauche qu'en pâtures. En fauche, la pression est plus basse lorsque l'herbe est fauchée en dessous du genou. En pâturage, la pression en pucerons est plus faible lorsque les animaux restent sur la parcelle minimum 110 jours par an.

Moins de pucerons sont observés lorsque du lisier est exclusivement épandu sur les parcelles. Le lisier peut permettre à la plante de gagner en vigueur et ainsi de faire face plus efficacement aux attaques de Sipha flava. Sa forme liquide peut potentiellement provoquer le lessivage du puceron. À l'inverse, les parcelles présentant de l'engrais sont plus sujettes à des variations imprévisibles dans la répartition du puceron. Des études ont révélé des attaques plus fortes lorsque les concentrations en azote sont trop élevées ou lorsque les quantités annuellement apportées en phosphore et potassium sont trop faibles (respectivement moins de 200 et de 700 kg/ha/an).

Le puceron provoque un jaunissement des feuilles, amenant à une nécrose progressive de la feuille. La taille des plantes est donc fortement réduite, impactant la biomasse produite. Les agriculteurs estiment leur perte entre 23 à 86% (avec en moyenne une diminution du rendement de la parcelle de 50% sur une fauche).

La qualité du fourrage est également impactée. La présence de pucerons dans les prairies fourragères peut entrainer une perte en richesse protéique atteignant 75 %.

Détermination des caractéristiques des prairies et des pratiques culturales pour lutter contre le puceron Sipha flava

Rapport d'étude :

Janvier 2021

Sommaire

Introduction....2

Protocole....3

1. Champ de l'étude....3
2. Typologie des exploitations....3
3. Période et déroulement des enquêtes....3
4. Matériel et méthodes....3

Résultats....5

1. Profil des exploitations....5
2. Etude de l'impact des conditions météorologiques....6
3. Etude de l'impact des pratiques culturales sur *Sipha flava*....7
    a. Impact de la localisation....7
    b. Impact des pratiques de gestion des prairies....7
    c. Impact de la fertilisation....9
    d. Bilan des pratiques....10
4. Etude de l'impact des systèmes sol et plante sur *Sipha flava*....10
    a. Impact du pH du sol....10
    b. Impact de la fibrosité des plantes....11
    c. Impact de la richesse protéique des plantes....12
5. Présence d'auxiliaires....13

Discussion et conclusions....15

1. L'impact de la gestion des prairies sur *Sipha flava*....15
2. Les dégâts causés par *Sipha flava* sur les prairies....17

Bibliographie....19

Introduction

Le puceron jaune de la canne à sucre, *Sipha flava*, est un ravageur des cultures originaire d'Amérique du Nord. Son aire de répartition s'est progressivement étendue dans les zones intertropicales du monde entier. Il a été recensé pour la première fois à la Réunion en 2017, peu de temps après avoir été localisé à l'île Maurice.

Sipha flava est présent sur les Graminées, notamment les céréales (sorgho, blé, maïs, millet, riz), mais aussi la canne à sucre et les herbacées telles que les espèces fourragères (Kindler & Dalrymple. 1999). Ce ravageur engendre notamment des dégâts conséquents sur Kikuyu, connu pour être fortement touché à Hawaï (Cullinay et al. 2003).

A la Réunion, la part des prairies représente 25% de la SAU, soit 10 690 ha. Les parcelles en Kikuyu représentent plus de 8 000 ha, soit environ 75% des prairies (DAAF. 2016). Le Kikuyu étant l'une des deux espèces les plus sensibles à la Réunion (avec le Chloris), des attaques de pucerons sont donc extrêmement dommageables pour la production fourragère et l'alimentation des ruminants.

D'un point de vue économique, les agriculteurs sont donc fortement touchés par la présence de *Sipha flava*. Or, ce ravageur peu connu est difficilement contrôlable car peu de moyens de lutte ont été identifiés, notamment car aucun insecticide efficace ne peut être utilisé. C'est pourquoi, l'objectif de cette étude est de déterminer les pratiques culturales et les conditions pédoclimatiques pouvant impacter la présence de ce puceron dans les prairies par le biais d'enquêtes et de prélèvements effectués chez des agriculteurs répartis sur l'ensemble de l'île.

Protocole

1. Champ de l'étude

Cette enquête vise à identifier les variables impactant les infestations de *Sipha flava* sur les pâturages. Son objectif est de fournir aux éleveurs des méthodes de lutte intégrée et d'orienter d'éventuels essais futurs. L'enquête se déroule au travers de visites sur à la fois des prairies de pâture et de fauche réparties sur l'ensemble du territoire réunionnais, avec une large majorité de parcelles accueillant des vaches (allaitantes ou laitières).

2. Typologie des exploitations

La plupart des parcelles prospectées dans cette étude l'ont été au préalable par la FDGDON en 2019. Certains éleveurs ont été ajoutés au listing de 2019 afin d'avoir une plus grande diversité de secteurs géographiques et de pratiques de gestion des prairies. Le but était de sélectionner les parcelles de manière à couvrir le maximum de zones fourragères et de pratiques culturales, en respectant le plus fidèlement possibles les proportions des différents phénotypes des prairies réunionnaises.

Les caractères retenus pour la sélection étaient les suivants :

- **Le secteur fourrager :** exploitations essentiellement réparties entre l'ouest et le sud (quelques occurrences dans le nord et l'est). Le gradient altitudinal réunionnais est bien représenté.
- **La fertilisation :** exploitations utilisant soit exclusivement des engrais chimiques ou des engrais organiques (lisier, fumier), soit la combinaison des deux, pour déterminer au mieux la part de chaque type de fertilisation dans l'infestation.
- **L'espèce fourragère :** exploitations en kikuyu pur, en tropicales, plusieurs en tempérées et en mélange tempérées-tropicales et quelques occurrences de couverts spontanés et d'association avec des Fabacées.

Observer des couverts avec des mélanges d'espèces fourragères permet de comparer les tendances pour une même exploitation (avec les même pratiques). Cela donnera un aperçu des préférences alimentaires du puceron et d'éventuelles résistances de la part des graminées face à l'infestation.

3. Période et déroulement des enquêtes

Les mois de septembre et octobre ont été consacrés aux enquêtes. Les exploitations ont été préalablement choisies et localisées (Annexe 1). Les analyses SPIR et pH sont effectuées au fur et à mesure des prélèvements.

4. Matériel et méthodes

Matériel de terrain

- Fiches de terrain (1 questionnaire par exploitation et 1 feuille de prélèvement par parcelle),
- Sac à dos
- Entomologie : aspirateur à bouche, filet Fauchoir, pots d'échantillonnage
- Prélèvements sol : tarière, sacs de congélations
- Prélèvements fourrage : cerceaux (quadrat), micro-tondeuse, sacs microperforés, balance
- Autres : appareil photo, marqueur, scotch, glacière.

Protocole de terrain

- Remplir le questionnaire avec l'agriculteur (Annexe 2)
- Rechercher *Sipha flava*, noter sa proportion sur la parcelle. Identifier les auxiliaires présents dans la zone infestée par le puceron. Des prélèvements (filet fauchoir et aspirateur à bouche) et/ou photos d'espèces non identifiées seront effectués si besoin.
- Réaliser quatre quadrats, 2 à 3 en zone infestée et 2 à 3 en zone saine. Noter l'infestation en pucerons propre à chaque quadrat et relever les coordonnées GPS de la parcelle. Prélever un échantillon d'herbe (pour analyses NPK) et de sol (pour pH). Chaque échantillon d'herbe est pesé afin d'avoir un poids sec.
- Prospecter les abords (haies, friches, cultures attenantes) avec relevés floristiques des espèces principales (mellifères ou refuge) et identification des insectes présents (pucerons et autres).

Matériel de laboratoire entomologie

- Loupe binoculaire
- Tubes Eppendorf
- Quelques tubes à essai pour les gros spécimens
- Alcool à 90°

Protocole de laboratoire

- **Pour les échantillons d'herbe :** Les échantillons de fourrage sont conservés au congélateur. Ils sont ensuite placés à l'étuve à 70°C pendant 48h. Leur poids sec est relevé. Puis, chaque échantillon est broyé finement et analysé au SPIR (Spectromètre Proche Infra Rouge). Les données sont ensuite transférées dans le catalogue PRO qui associe chaque donnée SPIR aux caractéristiques propres de chaque échantillon, permettant ainsi de calculer les données concernant la qualité du fourrage.
- **Pour les échantillons de terre :** Les échantillons de terre sont conservés à température ambiante, en conditions aérées. Pour chaque échantillon, 3 doses de sol sont mélangées avec 3 doses d'eau déminéralisée. Le pH-mètre est plongé dans chaque mélange, une valeur de pH est associée à chaque échantillon.
- **Partie entomologie :** Seules les espèces non identifiées sont prélevées et conservées dans des tubes Eppendorf dans de l'alcool à 90°. Elles font ensuite l'objet d'observations à la loupe binoculaire dans le but de se rapprocher au maximum de l'espèce. Les espèces d'intérêt (hyménoptères, potentiellement des parasitoïdes) sont envoyées au laboratoire du 3P du Cirad pour barcoding et identification précise du genre.

Résultats

1. Profil des exploitations

Au total, 53 agriculteurs ont été interrogés entre septembre et octobre 2020, et 77 parcelles ont été visitées. Les parcelles sont réparties selon les principaux secteurs fourragers, dont 26 à la Plaine des Cafres (PDC), 8 à St Joseph, 10 à St Pierre, 31 dans l'Ouest et 2 dans le Nord-Est (Figure 1).

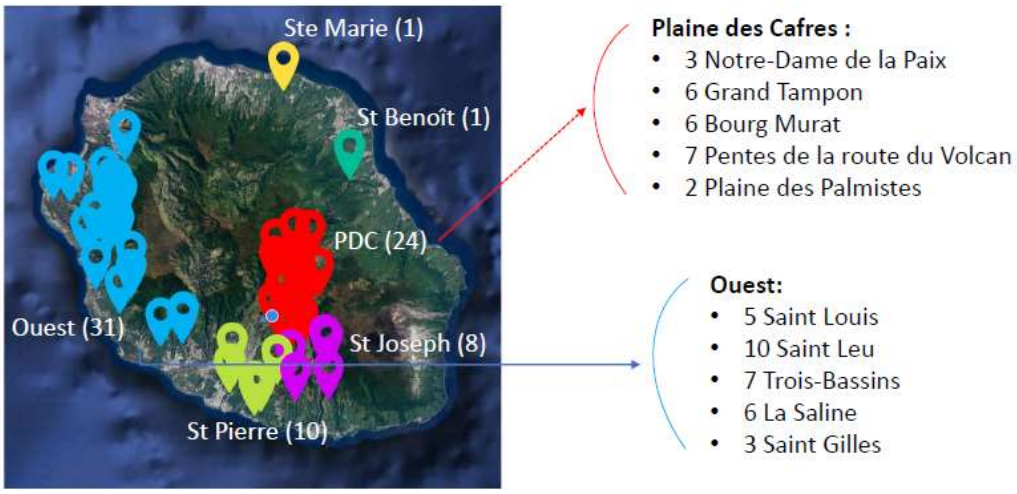


Figure 1 : Diversité de la localisation géographique du parcellaire enquêté

Les deux principaux bassins de production, l'Ouest et la Plaine des Cafres, sont respectivement représentés à 40.3 et à 33.8% (Figure 2). Ces parcelles sont réparties sur l'ensemble du secteur fourrager, dispersées des côtes du littoral jusque dans les Hauts, atteignant une altitude maximale de 2016m (EARL Piton Misère, Plaine des Cafres). La majorité des parcelles visitées sont situées entre 0 et 400m (24.7%) d'altitude et entre 1000 et 1300m d'altitude (28.6%).

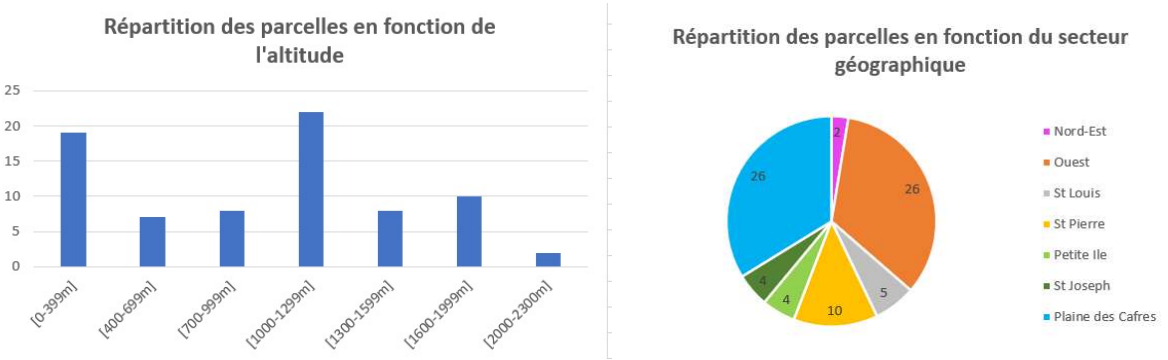


Figure 2 : Répartition du parcellaire

Les parcelles de pâturage représentent 37.7%, alors que les parcelles de fauche 59.7%. Une seule parcelle cultivée a été suivie. Il s'agit d'une parcelle de Sorgho, située à Ste Marie.

La gestion des parcelles est différente en fonction de chaque agriculteur et de chaque particularité et fonction de la parcelle. La diversité du parcellaire analysé dans cette enquête permet de couvrir l'ensemble des types possibles d'exploitations des prairies, concernant la fertilisation et l'irrigation

notamment (Figure 3). Six parcelles ne reçoivent aucune fertilisation. 22%, 27% et 42% reçoivent respectivement de la matière organique, de l'engrais ou une combinaison des deux.

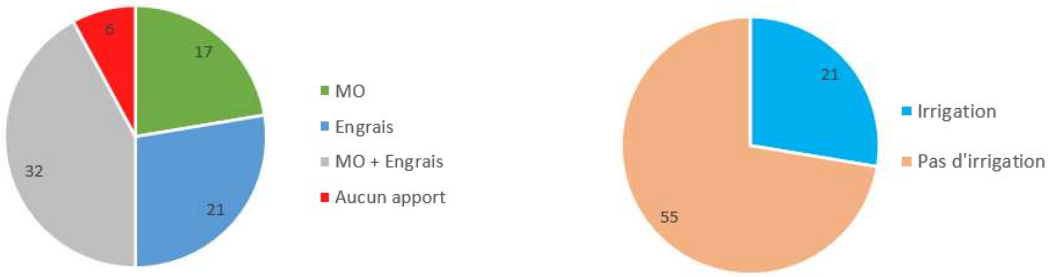


Figure 3 : Répartition du parcellaire en fonction du type de fertilisation (gauche) et de l'irrigation (droite)

Enfin, 8 parcelles sont en canne fourragère pure, 15 sont en Chloris pur, 14 en Kikuyu pur, 1 en *Brachiaria*, 1 en Sorgho. 37 parcelles sont composées d'un mélange d'espèces, tempérées et/ou tropicales, dont 16 d'entre elles possèdent également des légumineuses dans leur mélange.

2. Etude de l'impact des conditions météorologiques

Lors de l'enquête réalisée auprès des agriculteurs, il leur a été demandé si le puceron avait été recensé sur leurs parcelles en 2018, en 2019 et en 2020. La réponse est donc binaire (1 présence de pucerons au cours de l'année X, 0 absence de pucerons). Puis, en fonction des coordonnées GPS des parcelles, les relevés météorologiques quotidiens ont été téléchargés par triangularisation des trois stations météo les plus proches du point, d'après l'application SMARTIS®. Plusieurs données pouvant avoir un impact sur le développement de *Sipha flava* ont été choisies : la pluviométrie totale annuelle, la pluviométrie totale concentrée sur la période hivernale (juin – juillet – aout), le nombre de jours sur l'année où la pluviométrie journalière a excédé 10mm, la température moyenne annuelle et le nombre de jours dans l'année où la température minimale journalière a été inférieure à 5°C.

Dans un premier temps, les paramètres de pluviométrie et de températures ont été analysés séparément par Anova en fonction de la note attribuée à l'année. Aucune différence significative ni tendance particulière n'a été mise en évidence concernant la relation entre les caractéristiques de pluviométrie et la note.

En revanche, des tendances apparaissent concernant la température. Le puceron a été observé plus fréquemment lorsque les tepératures moyennes annuelles sont supérieures à 25°C ; *Sipha flava* a été peu recensé lorsque les températures moyennes annuelles sont inférieures à 15°C. D'autre part, des différences significatives ont été observées entre la note et la nombre de jours où la température minimale est inférieure à 5°C sur l'année ($F=2.991$; $p=0.02$*). En effet, moins de pucerons ont été vus sur les parcelles lorsque les températures journalières ont chuté en dessous de 5°C pendant plus de 100 jours et, à contrario, pendant moins de 40 jours.

Enfin, l'effet combiné du nombre de jours où la pluviométrie journalière est supérieure à 10mm et du nombre de jours où les températures minimales sont inférieures à 5°C impacte sur la présence de pucerons sur les parcelles. De ce fait, moins de pucerons sont observés par les agriculteurs lorsqu'il est noté plus de 80 jours de fortes pluies (>10mm) et plus de 100 jours de gel dans l'année (Tmin < 5°C). Le facteur clé semble être la puissance des pluies : plus il y a de jours dans l'année où la pluviométrie excède les 10mm, moins il y a de pucerons ($F=2.682$; $p=0.0161$*).

3. Etude de l'impact des pratiques sur *Sipha flava*

a. Impact de la localisation

L'impact de la localisation des parcelles sur l'intensité d'attaques des pucerons est étudié pour l'année 2020 par le biais de deux facteurs : le secteur géographique et l'altitude. Trois variables sont analysées : la note maximale d'attaque sur la parcelle, le pourcentage de la superficie de la parcelle où le puceron a été observé, et la note au prorata de la parcelle (note en fonction de la superficie associée à la note).

Aucune différence significative n'a été observée. Le secteur géographique et l'altitude n'impactent pas significativement la présence du puceron. Néanmoins, des tendances sont visibles, le recoupement des écarts-type ne permettant pas de les confirmer. Les attaques les plus intenses sont observées entre 0 et 400 m d'altitude (Figure 4).

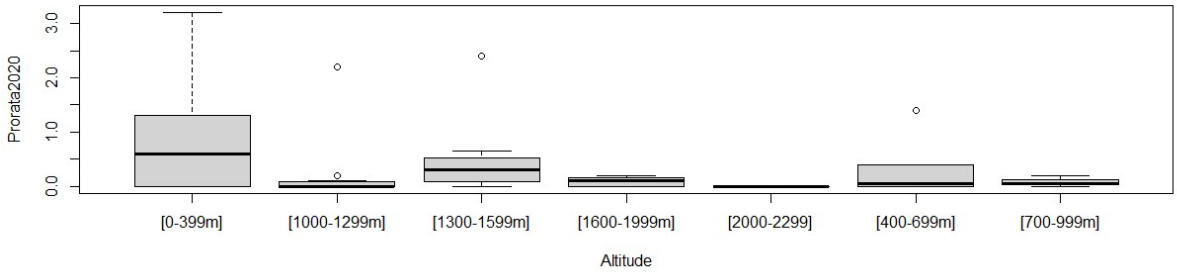


Figure 4 : Boite à moustache de la variabilité des notes au prorata obtenues à la suite des enquêtes en fonction de l'altitude

Pour l'année 2020, les secteurs du Nord-Est, du Grand Tampon et de Saint-Louis sont les plus impactés par la présence du puceron. En revanche, la Plaine des Cafres, St Joseph et les Hauts de l'Ouest ont eu moins d'attaques de pucerons, notamment à Grand Coude où la plupart des agriculteurs disent n'avoir jamais vu ce pathogène sur leurs prairies.

b. Impact des pratiques de gestion des prairies

L'incidence de la gestion prairiale sur l'intensité d'attaques des pucerons est étudié pour l'année 2020 par le biais de deux facteurs : le type de parcelle et les espèces végétales utilisées. De même que précédemment, trois variables sont analysées : la note maximale d'attaque sur la parcelle, le pourcentage de la superficie de la parcelle où le puceron a été observé, et la note au prorata de la parcelle (note en fonction de la superficie associée à la note).

Concernant la sensibilité des variétés utilisées, des différences significatives sont constatées ($F=1.950$; $p=0.0815$). Le Sorgho et le Chloris ont significativement des notes d'intensité d'attaques plus élevées que les autres espèces. A l'inverse, le Brachiaria et les mélanges contenant des espèces tempérées ont des notes d'intensité relativement plus faibles (Figure 5).

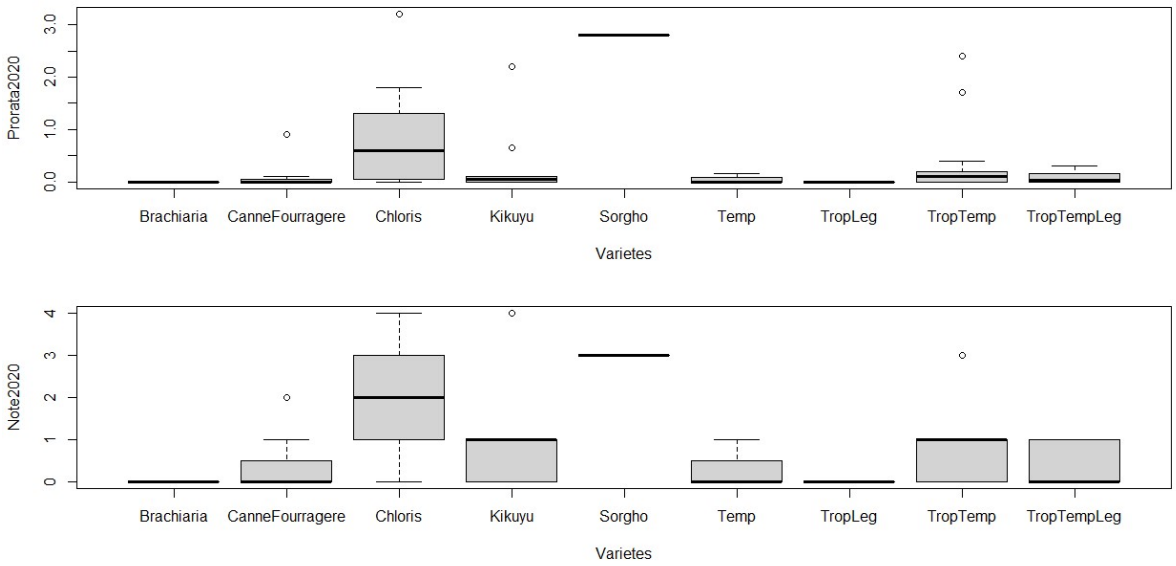


Figure 5 : Boite à moustache de la variabilité des notes d'intensité d'attaques (en haut valeurs au prorata, en bas valeurs maximales) en fonction des espèces végétales

D'autre part, le type de parcelle a un impact significatif sur la note d'intensité d'attaques des pucerons ramenée au prorata (F=6.654 ; p=0.0029**). En effet, l'unique parcelle cultivée (Sorgho) se distingue des parcelles de pâturage et de fauche. En revanche, les différents systèmes prairiaux ne sont pas significativement différents. Néanmoins, on constate que les notes sont plus étalées en parcelle de fauche (Figure 6). Il y a notamment plus de notes élevées traduisant une intensité d'attaques plus forte en fauche qu'en parcelle de pâture. Le recoupement des écarts type implique la non-significativité de ces résultats.

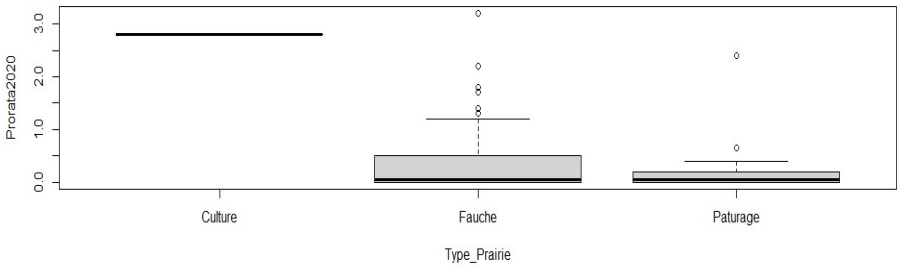


Figure 6 : Boite à moustaches de la diversité de notes au prorata en fonction du différent type de parcelles

Dans un premier temps, les données caractérisant les parcelles de fauche sont analysées. Les facteurs étudiés sont le nombre annuel de fauches et la hauteur d'herbe au moment de la fauche. Aucun effet significatif n'a été mis en évidence avec les notes maximales des parcelles, mais aussi avec la superficie attaquée par le puceron. En revanche, des différences significatives sont observées avec la note au prorata pour le nombre annuel de fauche (F=5.239 ; p=0.02702*), la hauteur de fauche (F=4.821 ; p=0.04079*) et l'interaction des deux (F=15.305 ; p=0.00265**). Les notes au prorata sont significativement plus élevées lorsqu'il y a entre 5.5 et 6.5 fauches / an ou lorsque l'herbe est fauchée au-dessus du genou. A contrario, les notes sont significativement plus basses lorsqu'il y a moins de 5 fauches / an ou lorsque l'herbe est fauchée à une hauteur atteignant mi-mollet.

Dans un second temps, les données caractérisant les parcelles de pâturage sont analysées. Les facteurs étudiés sont le chargement UGB, le nombre de jours sur l'année où la parcelle est pâturée (en fonction du cycle « nombre de jours pâturés / nombre de jours avant retour à la parcelle ») et la hauteur d'herbe

au moment du retour des animaux. Les Anova réalisées ne révèlent que peu de corrélations significatives. Néanmoins, des tendances apparaissent, notamment concernant le nombre de jours où les animaux restent sur la pâture. En effet, la pression en *Sipha flava* est supérieure lorsque les animaux pâturent moins de 80 jours sur l'année sur la parcelle, et la pression est inférieure lorsqu'ils restent au minimum 110 jours par an sur la parcelle. Pas d'effet du chargement UGB à l'hectare sur l'intensité des attaques. En revanche, plus les animaux restent longtemps (allongement du temps de pâture et diminution du nombre de rotations) sur la pâture plus la pression en ravageurs diminue.

Enfin, d'après l'Anova réalisée, l'irrigation n'a pas d'effet significatif sur la note d'intensité d'attaques de *Sipha flava* évaluée par les agriculteurs sur les trois dernières années (à partir de 2018). Les notes moyennes pour chaque catégorie indiquent tout de même que des parcelles non irriguées présentent moins de pucerons (note moyenne de 0.69) que les parcelles irriguées (notes moyennes de 0.85). L'irrigation par le biais d'un enrouleur semble d'autant plus propice au développement des colonies de pucerons, comparé à une irrigation par aspersion. Statistiquement, les agriculteurs favorisant les installations de systèmes d'irrigation sont ceux situés dans des secteurs où la pluviométrie totale hivernale est inférieure à 250mm (F=3.210 ; p=0.00837**) et où il est recensé moins de 50 jours de fortes pluies par an (F=3.455 ; p=0.00295**).

c. Impact de la fertilisation

L'impact que peut potentiellement avoir la gestion de la fertilisation des prairies sur l'intensité d'attaques des pucerons est étudié pour l'année 2020. La fertilisation sur chaque parcelle est connue grâce aux informations communiquées par les agriculteurs au cours des entretiens. Il leur était demandé le type d'apport (type d'engrais et/ou type de matière organique), le tonnage épandu à l'hectare pour chaque type d'amendement et le nombre de fois au cours de l'année où le même produit était apporté sur les parcelles.

Dans un premier temps, l'impact du type d'apport et de la quantité épandue par parcelle sur l'intensité d'attaques du puceron est étudié. D'après les Anova réalisées, le nombre d'apports par an n'a pas d'impact significatif sur la présence de *Sipha flava*. En revanche, le type d'apport a un impact significatif à la fois sur la note maximale de la parcelle (F=3.005 ; p=0.0409*), sur le pourcentage de la superficie impactée sur la parcelle (F=2.041 ; p=0.0344*) et sur la note au prorata (F=2.050 ; p=0.0454*). En effet, le puceron est peu présent voir absent des parcelles sur lesquelles du lisier est exclusivement et régulièrement épandu, notamment le lisier de bovin, le lisier de canard et le lisier de porc. En revanche, les notes maximales d'intensité sont observées sur les parcelles où il est apporté à la fois du fumier de poule et de l'engrais, ou encore de la vinasse et de l'engrais. Certains types d'apports engendrent une forte variabilité dans la présence du puceron, notamment l'apport d'engrais pur et l'apport combiné de lisier de porc et d'engrais, qui présentent chacun des notes d'intensité à la fois extrêmement élevées et très faibles.

Dans un second temps, via l'ensemble des données récoltées, il est possible d'estimer le nombre d'unités en Azote (N), Phosphore (P) et Potassium (K) apportées par an et par parcelle grâce à la fertilisation. Il a donc été recherché l'impact de la quantité d'N, P et K amandée sur la présence de *Sipha flava*. Les Anova réalisées ont mis en évidence une corrélation significative entre les valeurs P-K et la note d'intensité d'attaques (F=5.310 ; p=0.0030**), mais aussi avec la superficie de la parcelle attaquée (F=4.883 ; p=0.00169**). Les notes sont d'autant plus élevées que les quantités en Pet K sont faibles : Il y a significativement plus de pucerons lorsque les apports en P sont inférieurs à 200 U/ha/an et lorsque ceux en K sont inférieurs à 700 U/ha/an.

d. Bilan des pratiques

Une ACP (Analyse en Composantes Principales) a été réalisée afin de voir les différentes corrélations entre l'ensemble des paramètres étudiés séparément ou deux à deux dans les parties précédentes. Les axes F1 et F2 expliquent à 55% les corrélations observées sur le cercle (Figure 7). L'axe F1 est majoritairement représenté par le type de prairies (27%), ce qui implique le choix des variétés et l'altitude. La note n'est expliquée qu'à 3% par cet axe. L'axe F2 est majoritairement représenté par le secteur (30%), ce qui implique la corrélation avec l'altitude et le type de fertilisation. La note est expliquée à 7% par cet axe. La note est expliquée à 18% par l'axe F5 qui est majoritairement représenté par les variétés utilisées.

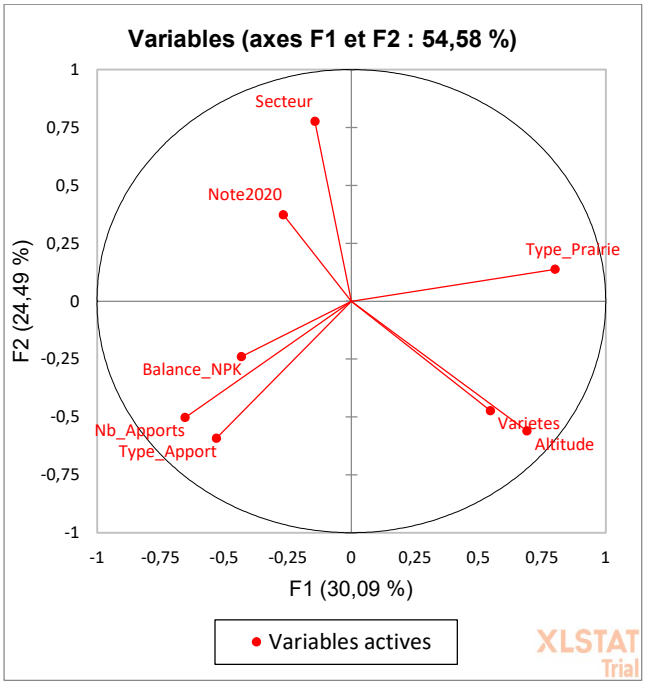


Figure 7 : Cercle des corrélations expliquant la relation entre la note d'intensité d'attaques de Sipha flava et les différents paramètres de gestion du parcellaire

Le cercle montre qu'il n'y a pas de corrélation entre la note attribuée à la parcelle et le type de prairie auquel elle correspond. En revanche, la note est anti-corrélée aux variétés utilisées et à l'altitude. D'autre part, les paramètres de fertilisation sont liés entre eux, mais indépendants du secteur géographique, de l'altitude et des variétés.

4. Etude de l'impact des systèmes sol et plante sur *Sipha flava*

a. Impact du pH du sol

Pour chaque quadrat, un prélèvement de sol a été effectué et une note d'abondance de pucerons a été attribuée. De ce fait, chaque échantillon de sol a été associé à une note. Au total, 241 prélèvements répartis sur les 77 parcelles ont été analysés à l'aide d'un pH-mètre.

Une Anova a été réalisée afin de déterminer si la note d'intensité d'attaque de pucerons est corrélée au pH du sol. Les analyses (F=2.113 ; p=0.0434*) révèlent que le pH du sol influe sur la présence de pucerons. En effet, un pH très acide (pH inférieur à 4.5) est significativement corrélée à une note d'infestsation en pucerons supérieure. A contrario, le puceron *Sipha flava* est significativement moins présent sur les parcelles dont le pH est supérieur à 6.5 (Figure 8).

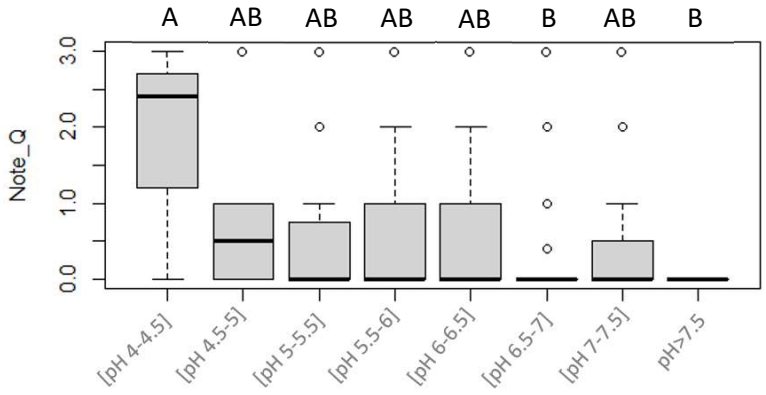


Figure 8 : Boite à moustache représentant la diversité des notes en fonction des différentes classes de pH

Le pH est plus acide et a des variations moins importantes en parcelles paturées comparé aux parcelles de fauche. Les parcelles de pâturage sont donc plus exposées à des risques d'attaques de pucerons.

b. Impact de la fibrosité de la plante

Pour chaque quadrat, un prélèvement de plante a été effectué et une note d'intensité de présence de pucerons est attribuée. Au total, 200 échantillons de fourrage, chacun associé à une note, ont été analysés au SPIR. Afin d'étudier l'impact de la fibrosité des espèces fourragères sur la présence des pucerons, quatre paramètres ont été analysés : la Cellulose, la NDF (Neutral Detergent Fiber), l'ADF (dosage de la lignocellulose) et l'ADL (dosage de la lignine).

En premier lieu, l'Anova effectuée indique que la note d'intensité en pucerons est significativement corrélée à la valeur de la cellulose (F=2.441 ; p=0.036*). En effet, l'intensité d'attaques est supérieure lorsque le taux de cellulose est supérieur à 30% et est inférieure lorsque le taux de cellulose est inférieur à 25%.

L'Anova met également en évidence la corrélation entre la note d'intensité en pucerons et la valeur de l'ADF (F=3.025 ; p=0.0191* ; notes d'intensité plus faibles si ADF<25) ; ainsi qu'entre la note d'intensité en pucerons et la valeur de l'ADL (F=3.813 ; p=0.036* ; notes d'intensité plus faibles si ADL<4). La fibrosité a donc un impact sur le puceron (Figure 9).

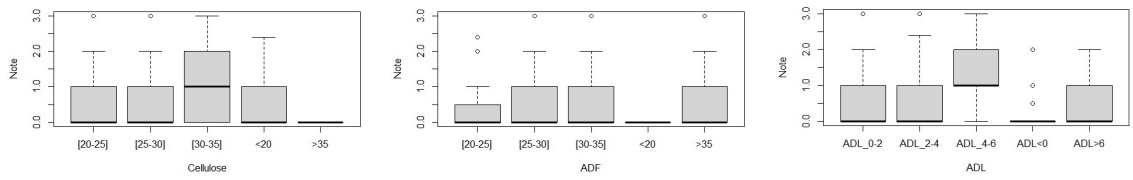


Figure 9 : Boites à moustaches de la variation des notes d'intensité en fonction des classes de cellulose (gauche), d'ADF (centre) et d'ADL (droite)

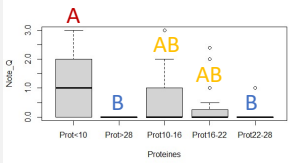
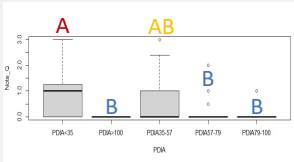
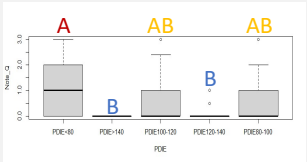
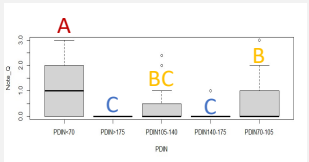
Néanmoins, une ACP (Analyse des Composantes Principales) indique que la note n'est expliquée qu'à 4% par ces quatres paramètres caractérisant la fibrosité des plantes. De nombreux autres paramètres interviennent donc pour expliquer la note d'intensité d'attaques.

c. Impact de la richesse protéique de la plante

Suite aux analyses SPIR réalisées sur 200 échantillons de fourrage associés à une note, l'impact de la richesse protéique des plantes sur la note d'intensité d'attaques est recherché. Quatre paramètres caractérisant la richesse protéique ont été sélectionnés : protéines brutes (en % de matière sèche), PDIA (protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire), PDIE (protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie) et PDIN (protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote).

Les Anova réalisées sur chacun de ces paramètres indique une forte corrélation entre la teneur protéique de la plante et la note d'intensité d'attaques du puceron (Tableau 1). En effet, lorsque la quantité protéique contenue dans les pantes est trop faible (PB < 10 ; PDIA < 35 ; PDIE < 80 ; PDIN < 70), la note est significativement plus élevée. A l'inverse, lorsque la quantité protéique du fourrage est très élevée (PB > 22 ; PDIA > 57 ; PDIE > 120 ; PDIN > 140), aucun puceron n'a été identifié.

Tableau 1 : Résultats des Anova révélant la significative corrélation entre valeurs protéiques et notes

Protéines Brutes	PDIA	PDIE	PDIN
F = 12.41	F = 5.491	F = 5	F = 10.56
P = 5.95e^{-09}***	P = 0.000338***	P = 0.000756***	P = 1.01e^{-07}***
			

La valeur en Protéines Brutes diminue considérablement avec l'augmentation de la note d'intensité des attaques (Tableau 2). Une ACP (Analyse en Composances Principales) réalisée met en évidence le fait que les caractéristiques liées à la fibrosité de la plante sont anti-corrélées avec celles liées à leur teneur protéique (Figure 10). En effet, l'axe F1 est expliqué à presque 90% par ces paramètres. Les données concernant la qualité fourragère sont donc fortement corrélées. En revanche, la note n'est expliquée qu'à 3% par l'axe F1, et donc par ces paramètres. La fibrosité et la valeur protéique des fourrages ont donc un lien avec la note d'intensité d'attaques de *Sipha flava*, mais ne constituent pas la seule explication.

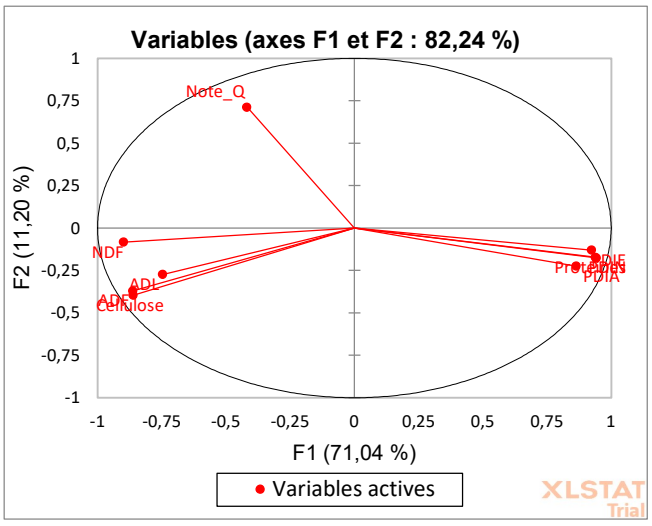


Figure 10 : Cercle des corrélations expliquant la note d'intensité à 3% par l'ensemble des caractéristiques de fibrosité (gauche) et de protéines (droite)

Tableau 2 : Valeurs moyenne, minimale et maximale de la Protéine Brute sur l'ensemble des individus pour chaque classe de note

	PB MOY	PB MIN	PB MAX
NOTE : 0	18.23	6.6	34.94
NOTE : 0.5	15	10.36	19.3
NOTE : 1	13.89	5.35	23.68
NOTE : 1.5	8.78	7.5	10.05
NOTE : 2	11.95	6.33	20.84
NOTE : 3	9.56	6.12	12.84
NOTE : X	12.79	9.38	19.19

notes

PB moyen

5. Présence d'auxiliaires

Des auxiliaires ont été cherchés sur les parcelles. Certains ont été identifiés à la vue, d'autres ont été fauchés à l'aide du filet Fauchoir et ont été prélevés et conservés pour identification au laboratoire.

D'après les observations à la vue, des syrphes ont été trouvées sur 6 parcelles différentes et des chrysopes sur une parcelle. En outre, ces insectes étaient au stade adulte, or seulement la larve est aphidiphage. Aucun prélèvement de ces insectes n'ayant été effectué, il n'est pas possible de certifier qu'il s'agit bien d'espèces prédatrices de *Sipha flava*. De nombreuses coccinelles ont également été observées, notamment *Cheilomenes sulphurea* sur 18 parcelles différentes et C*occinella septempuntata* sur 21 parcelles différentes, mais aussi *Exochomus laeviusculus* et *Chilocorus nigritis* (Tableau 3).

Au total pour les 77 parcelles étudiées, la note de X a été attribuée pour 14 parcelles, c'est-à-dire que les symptômes causés par *Sipha flava* ont été formellement identifiés mais aucun puceron n'a été vu. Parmi ces 14 parcelles, sur 5 d'entre elles des auxiliaires ont été observés, ce qui peut supposer que les auxiliaires présents ont permis de réagir de manière conséquente face à l'infestation passée.

En suivant le même raisonnement, des auxiliaires ont été observés sur 8 parcelles dont la note de 0 a été attribuée, ce qui signifie qu'aucun puceron ni aucun symptôme n'ont été vus. Parmi ces 8 exploitations, pour quatre d'entre elles l'agriculteur a indiqué avoir eu de nombreux pucerons sur ces parcelles quelques mois plus tôt, entravant le rendement de la prairie. La même conclusion que pour X peut donc s'appliquer, une fauche pouvant expliquer une bonne repousse par la suite et l'absence de symptômes visibles. En revanche, les 4 autres agriculteurs disent n'avoir jamais vu le puceron sur leurs prairies.

Une analyse statistique a été effectuée afin de mettre en évidence si la présence des auxiliaires est corrélée à la note d'intensité d'attaques des pucerons sur les parcelles. L'Anova réalisée ($F=2.772$; $p=0.0373$**) a ainsi révélé que plus la note est élevée, plus il y a de chances de trouver des auxiliaires sur la parcelle, notamment des Coccinelles et l'association Coccinelles et Chrysopes.

Des prélèvements ont été effectués sur les différentes parcelles. Parmi eux, deux insectes ont été identifiés comme étant des Hyménoptères. Les deux échantillons ont été transférés au Pôle de Protection des Plantes, au CIRAD de St Pierre, afin de confirmer l'identification de la famille et de réaliser un Barcoding pour déterminer avec précision s'il s'agit d'un parasitoïde. Les analyses sont en cours.

Concernant les autres insectes prélevés, l'ordre de chaque insecte a été déterminé. Une identification plus précise de la famille doit être effectuée.

Pour conclure, des cicadelles ont été régulièrement repérées sur les parcelles, notamment lorsque le puceron *Sipha flava* est également présent.

Tableau3 : Caractéristiques principales des parcelles où chaque auxiliaire a été repéré (entre parenthèses le nombre de parcelles concernées)

	Nbre parcelles	Localisation	Altitude	Type de prairie	Fertilisation	Irrigation	Note Sipha flava
Cheilomenes sulphurea	18	PDC (4) Ouest (11) St Pierre (3)	[100-1568m] Moy 852m	Fauche (13, KIK CHLO) Pature (5, KIK)	Aucun apport (2) Engrais (2) MO (2) Engrais + MO (12)	Irriguées (5)	Prorata [0-2,2] Note de X (4) Note de 0 (3)
Coccinella septempuntata	21	PDC (10) Ouest (8) St Pierre (2) St Joseph (1)	[100-2016m] Moy 1186m	Fauche (8, CHLO) Pature (13, KIK)	Engrais (8) MO (5) Engrais + MO (8)	Irriguées (5)	Prorata [0-2,4] Note de X (2) Note de 0 (5)
Chilocorus nigritis	1	Ouest	1243m	Pature (KIK)	Engrais+MO	0	Prorata 0 Note de 0
Exochomus laeviusculus	2	Ouest (2)	[1223-1396m] Moy 1310m	Pature (2, KIK)	Engrais (1) Engrais + MO (1)	0	Prorata [0-0,4] Note de 0 (1)
Larves de coccinelles	2	Ouest (1) St Pierre (1)	[220-605m] Moy 412m	Fauche (2, CHLO)	MO (1) Engrais+MO (1)	Irriguées (2)	Prorata [0,4-0,7]
Crysope adulte	1	PDC	1568m	Pature	Engrais+MO	0	Prorata 0.65
Syrphe adulte	6	PDC (1) Ouest (3) St Pierre (1) St Joseph (1)	[120-1656m] Moy 896m	Fauche (5, KIK) Pature (1, KIK CHLO)	Engrais (1) MO (1) Engrais+MO (4)	Irriguées (2)	Prorata [0-0,4] Note de X (1) Note de 0 (2)

Discussion

1. L'impact de la gestion des prairies sur *Sipha flava*

Au total, 77 parcelles ont été visitées, réparties sur l'ensemble de l'île et regroupant les principaux types de gestion des prairies (38% de pâturages, 60% de fauche). Cette année, le secteur géographique ne semble pas influer sur la présence du puceron. En revanche, *Sipha flava* a été principalement recensé à basses altitudes où les notes d'intensité d'attaques sont plus élevées. Cette constatation semble corrélée aux conditions météorologiques particulières de cette année. En effet, l'étude met en évidence le fait que de fortes pluies et des températures froides à répétition diminuent la pression en pucerons. Des études passées corroborent ces constatations et montrent que la présence du puceron semble corrélée avec des températures relativement douces, comprises entre 20 et 24°C (Hentz & Nuessly. 2004 ; Machado et al. 2012 ; Auad et al. 2015) et une pluviométrie faible (Medina Gaud et al. 1967). Or, cette année, dans les Hauts de l'île (Hauts de l'Ouest et Plaine des Cafres), malgré une période de sécheresse extrêmement longue au cours de l'hiver, le froid a été particulièrement marqué, limitant considérablement la pousse de l'herbe, notamment du Kikuyu sensible au gel, et entravant potentiellement le développement du pathogène.

De plus, le Chloris est la variété prédominante dans les Bas de l'île. Or, cette étude a montré que les variétés les plus sensibles significativement sont le Chloris et le Sorgho, en opposition au Brachiaria et aux mélanges d'espèces tempérées. Ces dernières sont d'ailleurs représentées majoritairement dans les Hauts de l'Île. Néanmoins, la littérature, ainsi que l'enquête menée en 2019 par la FDGDON, indiquent que le Kikuyu est également extrêmement sensible à *Sipha flava*. Le Kikuyu, situé dans les Hauts, ne s'étant pas développé cet hiver à cause du froid, il n'a été possible de confirmer cette donnée que par le biais des dires des agriculteurs. Peu de parcelles de canne fourragère ont été suivi. Néanmoins, il apparait que plus les feuilles de canne sont velues, moins il y a de pucerons, malgré la proximité géographique des parcelles de différentes variétés.

Ces deux paramètres (conditions météorologiques et choix des espèces végétales) expliquent donc la forte pression en pucerons dans les Bas de l'île cette année. Un autre paramètre ayant un impact avéré sur le développement du puceron est le pH du sol. En effet, dans cette étude, un sol trop acide (pH < 4.5) favorise la croissance des populations de pucerons, alors qu'un sol relativement basique (ph > 6.5) limite de manière significative l'infestation. Or, lorsque le pH du sol est trop acide, la capacité d'absorption des minéraux du sol par la plante est fortement amoindrie (Tableau 3). La plante est donc moins riche, plus affaiblie, et donc potentiellement plus sensible aux maladies et ravageurs.

Tableau 2 : Capacité d'absorption des minéraux par la plante (en %) en fonction des variations du pH du sol

	PH 4.5	PH 5	PH 5.5	PH 6	PH 6.5
AZOTE	40%	55%	70%	85%	100%
PHOSPHORE	30%	47%	65%	82%	100%
POTASSIUM	40%	60%	80%	100%	100%

De plus, des études ont montré que les variations des conditions du milieu (notamment pH et potentiel redox) influent sur le pH et la flore intestinale des insectes phytophages, ce qui joue sur leur capacité d'absorption des végétaux et donc sur leur régime alimentaire et leur adaptation au milieu (Johnson & Felton. 1996). Un travail sur l'impact du pH et du potentiel redox sur les populations de pucerons pourrait ainsi être approfondi, le rôle de ces paramètres ayant déjà été démontré chez les bactéries, les champignons et les virus (Husson. 2012 ; Bousset et al. 2019).

D'autre part, même si aucune tendance claire n'a été mise en évidence, *Sipha flava* est plus fréquemment observé en parcelles de fauche qu'en pâtures. Or, la gestion du parcellaire est différente, que ce soit concernant la fertilisation, mais aussi les pratiques. En fauche, la pression est plus basse lorsque l'herbe est fauchée en dessous du genou. En pâturage, la pression en pucerons est plus faible lorsque les animaux restent sur la parcelle minimum 110 jours par an, impliquant ainsi une hauteur d'herbe moindre, que lorsque les animaux restent moins de 80 jours par an. Le temps de retour et la gestion du pâturage tournant semblent donc décisifs sur les attaques de pucerons.

Le Sorgho s'est révélée être une plante extrêmement sensible à *Sipha flava*. En effet, malgré la forte infestation de la parcelle de Sorgho, les parcelles de canne à sucre et de maïs, pourtant accolées à celle de Sorgho, étaient exemptes de toute attaque. Les bords de parcelles, composés de différentes espèces adventices herbacées, étaient également saines. Le Sorgho semble donc être une plante-piège extrêmement attractive pour ce puceron.

L'irrigation n'a pas d'effet significatif sur l'intensité des attaques de *Sipha flava* sur les parcelles. La tendance est même plutôt opposée à ce qui pourrait être attendu : il y a plus de pucerons sur les parcelles irriguées. Néanmoins, parmi les 17 parcelles irriguées, 16 sont situées dans les Bas de l'Ouest, entre St Pierre et St Paul, à une altitude inférieure à 600m ; et 12 sont sur des parcelles de Chloris. Les parcelles irriguées sont donc quasi exclusivement à la fois sur des secteurs « sensibles » (car conditions météorologiques favorables uniquement dans cette zone cette année) et sur des espèces sensibles. Ces résultats sont donc biaisés. De plus, les résultats obtenus précédemment en fonction des conditions météorologiques indiquent que plus il y a de jours dans l'année où la pluviométrie est supérieure à 10mm, moins il y a de pucerons. Le débit et la quantité d'eau apportés par jour sur ces parcelles sont donc potentiellement insuffisants pour « lessiver » le puceron des feuilles. En effet, certains éleveurs disent doubler (voir plus) la quantité d'eau amenée quotidiennement sur la parcelle et ainsi limiter l'infestation. Des essais menés dans cette direction permettraient d'étayer ces premières constatations.

Moins de pucerons sont observés lorsque du lisier est exclusivement épandu sur les parcelles, que ce soit du lisier de porc, de canard ou de bovin. Le lisier, connu pour être riche en éléments minéraux, peut permettre à la plante de gagner en vigueur et ainsi de faire face plus efficacement aux attaques de *Sipha flava*. Sa forme liquide peut potentiellement provoquer le lessivage du puceron, entravant son adhérence sur la plante. En effet, il a déjà été prouvé par le passé l'impact d'un épandage de lisier sur des populations d'insectes (Bertrand & Lumaret. 1984 ; Bolger & Curry. 1980). En outre, les parcelles où les apports combinent engrais et matière organique ou uniquement de l'engrais sont plus sujettes à des variations imprévisibles dans la répartition du puceron, avec notamment des notes d'intensité plus élevées.

Lorsque les quantités en N, P et K apportées annuellement sur les parcelles sont analysées, il n'est étrangement pas constaté d'effet de l'azote sur la présence du puceron dans les pairies. Des études ont pourtant révélé des attaques plus fortes lorsque les concentrations en azote sont trop élevées (Miyasaka et al. 2007). Cette constatation serait due à des préférences alimentaires de la part du puceron, un excès d'azote leur permettant d'assurer une alimentation plus riche (car plus d'acides aminés nécessaires à leur développement) et de meilleures conditions de reproduction.

En revanche, un équilibre dans la balance P-K semble nécessaire à l'implantation du puceron dans un milieu. Les attaques sont plus importantes lorsque les quantités annuellement apportées en Phosphore et Potassium sont trop faibles (respectivement moins de 200 et de 700 kg/ha/an). Chaque élément permet d'améliorer le développement de la plante : l'Azote est le principal facteur de croissance de la plante (développement des feuilles) et joue également sur sa qualité protéique ; le

Phosphore favorise l'accroissement racinaire ; et le Potassium maintient le port des plantes et améliore la qualité de la valeur fourragère. Chaque élément permet ainsi à la plante d'être plus vigoureuse, plus riche, et de faire plus facilement face aux attaques des bio-agresseurs. La balance P-K joue donc un rôle dans l'accroissement des populations de *Sipha flava*.

Enfin, la vie biologique sur les prairies s'est fortement développée ces dernières années. D'après les récits des agriculteurs, en peu de temps, beaucoup plus d'insectes sont visibles sur les parcelles, notamment des coccinelles, mais aussi quelques syrphes et chrysopes potentiellement aphidiphages, des araignées et des insectes butineurs. Les coccinelles les plus largement recensées sont *Cheilomenes sulphurea* et *Coccinella septempuntata*. Cette dernière, arrivée que récemment sur l'île, a vu sa population exploser en très peu de temps. Ces populations semblent réguler, à une moindre échelle, les populations de pucerons. Des aménagements pourraient être tester afin de valoriser des niches écologiques favorables au développement et au maintien de ces auxiliaires à proximité des parcelles.

2. Les dégâts causés par *Sipha flava* sur les prairies

Les intensités d'attaques de pucerons sur ces parcelles sont extrêmement variables : 24 parcelles ne présentent aucun puceron visible ni symptôme ; 25 parcelles ont reçu une note au prorata comprise entre 0 et 1 ; 5 sont comprises entre 1 et 2 ; 4 ont une note supérieure à 2 ; 14 parcelles ont des symptômes apparents, mais aucun puceron identifié (X).

Il a été demandé aux agriculteurs de chiffrer l'impact des dégâts causés par le puceron. En effet, le puceron provoque un jaunissement des feuilles, amenant à une nécrose progressive de la feuille. La taille des plantes est donc fortement réduite, impactant considérablement la biomasse produite sur les prairies. De par la difficulté d'évaluer l'intensité des dommages en parcelle de pâturage, les parcelles de fauche sont privilégiées avec une estimation du nombre de bottes fauchées en hiver sur une année normale et sur une année où le puceron a sévi. A noter que le puceron étant présent en hiver principalement, il impacte une fauche dans l'année, deux fauches au maximum. Néanmoins, l'hiver étant la période de l'année ou l'herbe se fait la plus rare, l'éleveur perd en autonomie fourragère, ce qui est également moins avantageux d'un point de vue économique. Les résultats sont variables. Certains agriculteurs disent ne pas avoir observé de différences notables, certains ont effectué une fauche en moins dans l'année à cause du puceron. 18 agriculteurs ont pu réellement chiffrer ces pertes, qui s'étalent de 23 à 86% (avec en moyenne une diminution du rendement de la parcelle de 50% sur une fauche).

En plus d'impacter le rendement des prairies, *Sipha flava* altère la qualité du fourrage. Dans un premier temps, cette étude a montré que le puceron est moins présent lorsque les caractéristiques liées à la fibrosité du fourrage sont basses (CB < 25% ; ADF < 25% ; ADL < 4%). La CB correspond à la teneur en parois végétales alors que l'ADF est la proportion en fibres lentement dégradée par le rumen. Pour chacune de ces teneurs, plus elles sont élevées, moins le fourrage et les fibres sont digestibles et énergétiques. De ce fait, le puceron préfère un fourrage moins fibreux. En parallèle, cette étude a montré que le puceron est plus présent sur les espèces fourragères ayant des valeurs protéiques basses (PB < 10 ; PDIA < 35 ; PDIE < 80 ; PDIN < 70). A contrario, il est absent des prairies aux valeurs protéiques élevées (PB > 22 ; PDIA > 57 ; PDIE > 120 ; PDIN > 140).

Il est alors possible de se questionner sur la chronologie de ces paramètres : Le puceron est-il allé préférentiellement sur des fourrages ayant une faible fibrosité et une faible valeur protéique ? Ou est-ce qu'une infestation de pucerons sur le fourrage a provoqué une diminution de la fibrosité et de la valeur protéique de ce fourrage ? En effet, d'après des études menées, la qualité du fourrage est

fortement altérée par le puceron. Par exemple, à Porto Rico et dans les îles vierges des Etats-Unis, la présence de pucerons dans les prairies fourragères peut entrainer une perte en richesse protéique atteignant 75% (Akbar et al. 2010). Il se pourrait donc que les différences significatives repérées entre des fourrages sains et des fourrages attaqués soient plutôt la conséquence d'une dégradation de la qualité fourragère à cause des attaques de pucerons.

Pour conclure, de nombreux facteurs semblent donc influer sur la présence de *Sipha flava* dans les prairies de la Réunion. Des études complémentaires menées par la suite permettraient de confirmer et d'étayer ces premiers résultats. Il serait notamment intéressant de voir si une correction du pH du sol et des amendements plus équilibrés en P et K permettraient de diminuer la pression en pucerons. Un suivi régulier de différentes parcelles permettrait également de voir l'impact des pratiques sur le comportement des populations de *Sipha flava*, et sa vitesse de réponse après chaque opération menée sur les prairies. Une étude plus précise de la niche écologique du puceron pourrait être étudiée, notamment les proportions optimales de chaque espèce en mélange permettant de limiter au maximum l'implantation du puceron et/ou de pérenniser l'établissement de certains auxiliaires.

Bibliographie

Akbar W, Showler A, Reagan T, White W. 2010. Categorizing Sugarcane cultivar resistance to the sugarcane aphid and yellow sugarcane aphid. Entomological Society of America, 103(4):1431-1437p.

Auad A.M, Silva S.E.B, Santos J.C, Vieira T.M. 2015. Impact of fluctuating and constant temperatures on key life history parameters of *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). *Florida entomologist*, 98(2):424-429p.

Bertrand M, Lumaret J.P. 1984. Réaction des populations de microarthropodes à l'enfouissement des fèces de mouton par les insectes Scarabaeidae en milieux à fortes contraintes climatiques. *Pedobiologia*, 27:51-66p.

Bolger T, Curry J.P. 1980. Effects of cattle slurry on soil Arthropods in grassland. *Pdobiologia*, 20:246-253p.

Bousset L, Ermel M, Soglonou B, Husson O. 2019. A method to measure redox potential and pH in agar media and plants shows that fungal growth is affected by and affects pH and Eh. Fungal Biology, 123:117-124p.

Cullinay T, Nagamine W, Teramoto K. 2003. Introductions for biological control in Hawaii 1997-2001. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 36:145-153p.

DAAF. 2016. Présentation: production, superficies, marché, cadre structurel. *Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt*. http://daaf.reunion.agriculture.gouv.fr/Presentation-production

Hentz M, Nuessly G. 2004. Development, Longevity, and Fecundity of Sipha flava (Homoptera: Aphididae) Feeding on Sorghum bicolor. Environmental Entomology, 33(3):546–553p.

Husson O. 2012. Redox potential (Eh) and pH drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Plant soil.

Johnson K. & Felton G. 1996. Potential influence of midgut pH and redox potential on protein utilization in insect herbivores. *Insect Biochemistry and Physiology*, 32:85-105p.

Kindler S.D, Dalrymple R.I. 1999. Relative susceptibility of cereals and pasture grasses to the Yellow Sugarcane Aphid (Homoptere: Aphididae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology,* 16(2):113-122p.

Machado A, Fonseca M.G, Resende T.T, Maddalena I.S.C.P. 2012. Effect of climate change on longevity and reproduction of Sipha flava. Florida entomologist, 95(2):433-444p.

Medina Gaud S, Martorell L.F, Bonilla Robles R. 1965. Notes on the biology and control of the yellow aphid of sugarcane, Sipha flava (Forbes) in Puerto Rico. Entomology, 1307-1320p.

Miyasaka S.C, Hansen J.D, McDonald T.G, Fukumoto G.K. 2007. Effects of nitrogen and potassium in kikuyu grass on feeding by yellow sugarcane aphid. *Crop protection*, 26:511-517p.