



Rapport de stage du master 2
Gestion Intégrée des maladies
animales tropicales

La loque américaine à Tahiti : voies de transmission, capacité de détection et réponses des apiculteurs face à la maladie

Effectué à la direction de
l'agriculture de la Polynésie
française sous la direction de
M. Christophe Giraud,
vétérinaire en charge de
l'élevage, du 6 janvier 2020
au 5 juin 2020



Présenté par Mlle. Marie
ITHURBIDE le 10 juin 2020

Table des matières

Résumé	2
Abstract	2
Impact de la pandémie du Covid-19 sur le présent rapport	3
Acronymes	3
Introduction	4
1- Synthèse bibliographique	4
1.1- Généralités	4
1.2- Epidémiologie de la loque américaine	5
1.3- Diagnostic.....	5
1.4- Lutte contre la loque américaine.....	6
1.5- Contexte général en Polynésie française	6
1.6- L'apiculture en Polynésie française	7
1.7- La loque américaine en Polynésie française.....	8
2- Matériels et méthodes	8
2.1- Démarche	8
2.3- Cartographie	10
2.4- Données calculées ou recodées	10
2.5- Analyse statistique	11
3- Résultats	12
3.1- Nombre de réponses.....	12
3.2- Description des résultats de l'enquête	13
3.2.1- Description des ruchers de Tahiti	13
3.2.2- Des apiculteurs novices	15
3.2.3- Observation de la loque américaine à Tahiti	16
3.2.4- Les voies de circulation de la loque à Tahiti : de nombreux échanges de colonies	17
3.2.5-Attitude des apiculteurs face à la loque américaine	21
3.3- Détermination de différents profils d'apiculteurs.....	24
1- Discussion	30
Conclusion	32
Bibliographie	34
Annexes	36

Mots clés

Loque américaine
Polynésie française
Epidémiologie
Apiculture
Etude KAP

Résumé

La loque américaine est une maladie sévère affectant l'abeille mellifère. Bien que sa présence sur l'île de Tahiti soit avérée depuis les années 2000, le manque de données concernant sa circulation rend nécessaire de dresser un tableau des voies de circulations potentielles de la maladie sur le territoire ainsi que de la capacité des apiculteurs à reconnaître ses symptômes et à agir afin de limiter sa propagation. Le niveau de connaissances de la loque américaine, les pratiques favorisant sa propagation et la réponse des apiculteurs de Tahiti face à la maladie ont été évaluées à l'aide d'un questionnaire téléphonique effectué auprès de quatre-vingt-quatre apiculteurs. Une analyse factorielle de données mixtes (AFDM) et une classification ascendante hiérarchique (CAH) ont identifié trois groupes d'apiculteurs : le premier groupe, constitué des apiculteurs les plus novices est caractérisé par une faible connaissance de la maladie et par la confiance dans les services vétérinaires. Le second groupe regroupe les apiculteurs possédant le moins de ruches, ils ont une connaissance limitée de la maladie mais sont peu enclins à faire appels aux services vétérinaires. Les apiculteurs du troisième groupe possèdent plus de ruches, connaissent mieux la maladie et brûleraient les ruches atteintes s'ils observaient des symptômes évocateurs, mais ne contacteraient pas les services vétérinaires dont ils jugent l'aide inutile. La vente d'abeilles est courante au sein de ces trois groupes (1.23 ventes par rucher en 2019), ceci constitue un risque de transmission de loque américaine entre les ruchers. De plus l'analyse des données GPS des ruchers de Tahiti montre une forte densité de ruchers concentrés sur la zone habitable de l'île (1.5 ruchers par km²), notamment autour de Papeete (capitale de la Polynésie française) et Afaahiti. Une meilleure connaissance de la population apicole de Tahiti pourra permettre aux différents services vétérinaires d'adapter au mieux leurs interventions auprès des apiculteurs dans le but d'optimiser la gestion de la maladie.

Key words

American
foulbrood
French polynesia
Epidemiology
HoneyBee
KAP study

Abstract

American foulbrood is a severe disease affecting the honey bee. Although its presence on the island of Tahiti has been proven since the 2000s, the lack of data concerning its circulation makes it necessary to describe the potential circulation routes of American foulbrood in Tahiti as well as the capacity of beekeepers to recognize the symptoms of the disease and to act to limit its spread. The level of knowledge of American foulbrood, the practices favoring its spread and the attitude of beekeepers in Tahiti towards the disease were assessed via a phone survey carried out with 84 beekeepers. Factorial analysis of mixed data (FAMD) and hierarchical clustering analysis (HCA) identified three groups of beekeepers: the first group was characterized by novice beekeepers, a low knowledge of the disease and a good confidence in veterinary services. The second group includes beekeepers with the fewest hives, they have limited knowledge of the disease but are not likely to call on veterinary services. The third group was characterized by beekeepers who own numerous hives, good knowledge of the disease, they would burn the hives if they observed any suggestive symptoms, but would not contact the veterinary services which they considered to be of unnecessary help. The sale of bees is common among these three groups (1.23 sales per apiary in 2019), this constitutes a risk of transmission of American foulbrood between apiaries. In addition, the analysis of the GPS data of the apiaries of Tahiti shows a high density of apiaries on the habitable area of the island (1.5 apiaries per km²), especially gathered around Papeete and Afaahiti. A better knowledge of the beekeeping population of Tahiti will allow veterinary services to better adapt their interventions with beekeepers in order to optimize the management of the disease.

Impact de la pandémie du Covid-19 sur le présent rapport

A Tahiti le premier cas de Covid 19 a été confirmé le 9 mars 2020. La population a été confinée du 25 mars au 11 mai. Le déroulement du stage objet du présent rapport en a été perturbé. Ce dernier présente les résultats d'une enquête téléphonique effectuée auprès des apiculteurs installés sur l'île de Tahiti. L'étude devait initialement être réalisée directement auprès d'un échantillon sélectionné aléatoirement des apiculteurs de Tahiti et de Moorea, et s'accompagner d'une visite de leur rucher, de l'évaluation de leur niveau sanitaire, ainsi que d'un prélèvement de couvain afin de rechercher la présence de spores de loque américaine, ceci avec l'appui d'un technicien d'élevage en apiculture. Les prélèvements devaient être envoyés au laboratoire de référence de Sophia-Antipolis et être analysés par bactérioscopie, méthode diagnostique validée par l'organisation internationale des épizooties (OIE, 2011).

Huit apiculteurs ont ainsi été rencontrés les 11 et 12 mars à Moorea et un apiculteur de Tahiti le 18 mars. Un prélèvement de couvain operculé par apiculteur a été réalisé et conservé par congélation. Ces visites ont été accompagnées par M. Giraud, vétérinaire de la DAG, et M. Schmit, technicien apicole de la DAG. Les mesures de confinement prises suites à l'apparition des premiers cas de Covid-19 à Tahiti n'ont pas permis de poursuivre les visites. Notre étude s'est donc limitée à un questionnaire téléphonique des apiculteurs de Tahiti comme expliqué ci-dessous. Le statut des ruchers de Tahiti concernant la loque américaine n'a donc pas pu être déterminé. La visite des ruchers aurait également permis de décrire l'état sanitaire des ruchers ainsi que le niveau technique des apiculteurs, facteurs importants dans la propagation de la loque américaine sur un territoire.

Effectuer ce questionnaire par téléphone a cependant présenté des avantages : un plus grand nombre d'apiculteurs ont pu être contactés. En effet la durée du stage et les disponibilités des apiculteurs et des techniciens apicoles encadrant ces visites n'auraient pas permis de rencontrer plus de 40 apiculteurs, alors que 84 apiculteurs ont été contactés par téléphone. De plus, plusieurs questions concernaient l'opinion des apiculteurs sur les différents services vétérinaires de Tahiti, et la présence d'un technicien de la DAG et/ou du vétérinaire de la DAG aurait pu influencer leurs réponses.

Acronymes

AFDM : analyse factorielle de données mixtes

Anses : agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

CAH : classification ascendante hiérarchique

DAG : direction de l'agriculture

DBS : direction de la biosécurité

DGAL : direction générale de l'alimentation

KAP : knowledge, attitude and practices (connaissances, attitudes et pratiques)

LA : loque américaine

Max : Maximum

Med : médiane

Min : minimum

Moy : moyenne

OIE : Organisation internationale des épizooties

Introduction

La loque américaine, causée par la bactérie *Paenibacillus larvae*, est une des maladies les plus sévères touchant l'abeille mellifère et peut entraîner des pertes économiques considérables pour l'apiculteur et la filière apicole. L'apiculture à Tahiti est le secteur d'élevage qui compte le plus grand nombre d'exploitants. La loque américaine (LA) a été pour la première fois observée en Polynésie dans les années 1990 et a été officiellement déclarée présente sur les îles de Tahiti et de Moorea en 2000 sur la base de diagnostic clinique (Réglementation : Arrêté n° 1382 CM du 3 octobre 2000 déclarant infestées de LA les îles de Tahiti et Moorea). La maladie a depuis été détectée dans plusieurs îles de la Polynésie française et sa présence a été confirmée à Tahiti par des tests de terrain (kit ELISA : Vita AFB test) entre 2017 et 2019. Aujourd'hui la surveillance de la loque américaine en Polynésie française est uniquement basée sur une surveillance événementielle. Le nombre de déclarations de cas de LA par les apiculteurs reste très faible. Ainsi la prévalence de la maladie et son impact sur la filière apicole sont mal connus.

Aujourd'hui la Direction de l'agriculture en charge de fournir une aide technique aux apiculteurs a besoin de corréler ces informations afin d'orienter au mieux ses actions auprès des apiculteurs, à savoir : i) quantifier les différentes voies de circulation de la LA entre les ruchers, ii) évaluer la capacité des éleveurs à reconnaître un cas de LA, iii) déterminer les freins à la déclaration des cas, et iv) évaluer la réaction qu'ils auraient s'ils étaient confrontés à une infection symptomatique de leur rucher.

L'étude présentée se base sur une enquête téléphonique réalisée auprès de 84 apiculteurs de Tahiti. Le questionnaire aborde les problématiques citées ci-dessus afin de déterminer les différents profils d'apiculteurs de Tahiti en regard de la LA, ceci dans le but d'aider les différents services vétérinaires à organiser leurs actions de détection et de gestion de la maladie.

1- Synthèse bibliographique

1.1- Généralités

La LA est une des maladies les plus sévères touchant actuellement l'abeille mellifère (*Apis mellifera*). Cette maladie, largement répandue à travers le monde, cause des pertes économiques importantes dans le cheptel apicole (Genersch 2008) et fait partie des maladies à déclaration obligatoire à l'Organisation Internationale des Epizooties (OIE). En France, l'arrêté du 29 juillet 2013 place la LA au sein de la liste des dangers sanitaires de première catégorie. La LA est due à la bactérie Gram-positif *Paenibacillus larvae* qui est présente sous deux formes : le stade végétatif non invasif et le stade sporulé (Grady *et al.* 2016). La forme sporulée peut survivre 35 à 40 ans dans le milieu extérieur, plus d'un an dans le miel, à la congélation, pendant 8 heures à 100°C de chaleur sèche (Hasemann 1961). Cependant, elles sont détruites avec de l'eau de javel à 1,5%, de la soude caustique à 1,5% (Hansen et Brødsgaard 2015), en 30mn à 130°C de chaleur sèche, par les rayons gamma et enfin au chalumeau bien que son usage ne soit pas efficace, à 100%.

On distingue quatre souches de *Paenibacillus larvae* nommées respectivement ERIC I à ERIC IV. Les souches ERIC III et ERIC IV sont moins virulentes et rarement retrouvées sur des colonies présentant des symptômes de LA. La souche II est la plus virulente, elle présente une LT100 (temps au bout duquel toutes les larves de la colonie sont mortes) de 7 jours (Krska *et al.* 2015) contre 12 jours pour la souche ERIC I (Marvin Djukic, *et al.* 2014). La souche ERIC I est la plus largement répandue géographiquement et notamment dans le Pacifique Sud (Morrissey *et al.* 2015).

Paenibacillus larvae n'infecte que les larves d'abeilles âgées de moins de 36 heures. Lorsque la larve d'abeille est nourrie avec des aliments infectés par des spores, celles-ci germent au niveau de l'intestin moyen de la larve, entraînant sa mort (Yue *et al.* 2008). Dix spores peuvent suffire à entraîner la mort de la larve d'abeille (Brødsgaard *et al.* 1998). La propagation de la maladie au sein de la colonie se manifeste par un couvain operculé hétérogène, dit « mosaïque ». Les débris de larves ont un aspect noir et visqueux (larves dites « filantes »), ce matériel peut contenir des milliards de spores et participe à la propagation de la maladie.

1.2- Épidémiologie de la loque américaine

La propagation de la maladie au sein d'un rucher est conditionnée par la résistance des spores ainsi que par l'activité des abeilles (Wilson-Rich *et al.* 2009). Les abeilles, via leur comportement hygiénique, permettent la diffusion de la maladie au sein du couvain (Genersch 2010). L'organisation sociale complexe des abeilles rend difficile l'étude de la dynamique de propagation d'un pathogène au sein de la colonie. Concernant la LA il semble que le bénéfice associé au comportement hygiénique des abeilles ne compense pas le rôle de ce comportement dans la dissémination des spores, ainsi une colonie plus nombreuse est associée à une prévalence plus forte (modèle SIR classique) (Stephan *et al.* 2020). Il semble qu'il existe une corrélation positive entre le nombre de spores retrouvées par bactérioscopie sur les abeilles ouvrières et l'observation de symptômes caractéristiques de la loque (Goodwin *et al.* 1996, Forsgren *et al.* 2014). L'évolution clinique de la colonie est d'abord lente, inapparente pour l'apiculteur (Datta *et al.* 2013), puis s'accélère avec la diminution du rapport entre le nombre d'abeilles et le nombre de larves, entraînant la chute de la colonie (Stephan *et al.* 2020), d'où l'apparente soudaineté de la maladie (Jatulan *et al.* 2015).

La propagation de la LA sur un territoire se fait généralement de manière enzootique. Une étude a montré qu'environ 25% des ruchers où des spores ont pu être détectées par analyses de laboratoires ne présentaient aucun symptôme (Gillard, *et al.* 2008). Ces colonies asymptomatiques peuvent générer d'importantes quantités de spores et jouer un rôle majeur dans la diffusion de la maladie. Les mouvements naturels des abeilles, notamment le pillage et l'essaimage sont une première voie de propagation des spores de LA d'un rucher à un autre (Goodwin *et al.* 1994, Fries *et al.* 2006). Il semble cependant que ce mode de transmission joue un rôle moins important que celui lié à l'activité de l'apiculteur (Fries *et al.* 2001, Locke *et al.* 2019, von Büren *et al.* 2019).

Outre le commerce d'abeilles, notamment de reines, qui représente une importante voie de propagation de la maladie, les spores de LA se retrouvent dans le miel, le pollen, la gelée royale, la propolis, la cire d'abeille, et sur tout autre matériel apicole en contact avec les abeilles (ruche, cadre, hausse...). La réglementation du commerce de produits apicoles, notamment le miel et la cire, est un levier majeur de lutte contre l'introduction de LA sur un territoire. Les traitements thermiques ne sont pas envisageables pour la stérilisation du miel, ceux-ci dénaturant sa qualité. Concernant la cire d'abeille, sa préparation nécessite un chauffage à 70°C, ne permettant pas la destruction des spores de *Paenibacillus larvae*. Un chauffage à 130°C, nécessaire pour la destruction des spores, rend très délicate la manipulation ultérieure de la cire d'abeille. Bien qu'un traitement ionisant permette de détruire les spores au sein du miel et de la cire d'abeille, ces procédés ne sont pas systématiques et nécessitent des installations coûteuses (Mortureux 2011).

1.3- Diagnostic

Le diagnostic clinique est souvent le principal moyen de détection de la LA. Mais l'apparition de symptômes est souvent tardive et ne permet pas la mise en place de mesures de gestion de la maladie optimales. Le diagnostic précoce des ruchers infectés, avant toute apparition de symptômes représente un pan important de la lutte contre la LA (Datta *et al.* 2013, Locke *et al.* 2019).

Historiquement la méthode de choix pour le diagnostic de laboratoire de la maladie était la culture bactérienne sur couvain (Delaplane *et al.* 2013). Plusieurs méthodes PCR classiques et de PCR quantitatives ont récemment été mises au point pour la détection du stade végétatif et de spores de *Paenibacillus larvae* (Ryba *et al.* 2009), sur divers substrats : couvain, abeilles adultes, larves, miel (Lindström *et al.* 2005), pollen (Andrade *et al.* 2019).

Il semble que la culture bactérienne sur abeille adulte soit la méthode présentant la meilleure valeur pronostique de déclaration de symptômes de LA au sein de la colonie (Nordström *et al.* 2002, Forsgren *et al.* 2014). En revanche, lorsque le but d'une enquête est de déterminer la prévalence de *Paenibacillus larvae* indépendamment de tous signes cliniques, la PCR sur débris de couvain est la méthode la plus

sensible. Depuis peu, un test immunologique permettant une confirmation rapide sur le terrain se trouve sur le marché (Vita Europe), ce test n'est cependant pas reconnu par l'OIE (OIE 2011).

Bien qu'il existe une corrélation positive entre le nombre de spores dénombrées par abeille adulte et la probabilité d'apparition de symptômes cliniques (Stephan *et al.* 2020), il est délicat de déterminer une charge infectieuse seuil engendrant l'apparition de symptômes dans la colonie. En effet de nombreux autres facteurs influencent l'émergence de la maladie au sein du couvain : les précédents épisodes cliniques de LA, la présence d'autres pathogènes, la qualité technique de l'apiculteur, l'environnement, la génétique des abeilles (Locke *et al.* 2019).

1.4- Lutte contre la loque américaine

Bien que la tylosine, la lincomycine, et l'oxytetracycline permettent de diminuer les symptômes associés à la LA (Reynaldi *et al.* 2008), aucun traitement antibiotique ne permet d'éliminer la totalité des spores d'une ruche infectée (Locke *et al.* 2019). Ils n'empêchent donc pas la propagation de la maladie. De plus, la grande stabilité des résidus antibiotiques dans le miel a poussé la plupart des pays européens à interdire leur utilisation bien qu'ils soient couramment utilisés aux Etats-Unis et au Canada. On observe depuis quelques années une augmentation des résistances de *Paenibacillus larvae* envers ces antibiotiques (Grady *et al.* 2016). Aujourd'hui, le moyen de lutte le plus efficace est l'incinération des ruchers atteints de LA.

De nombreuses recherches ont été conduites ces dernières années visant des méthodes alternatives de luttes contre l'agent de la LA. Par exemple l'huile essentielle de *Laurus nobilis* semble avoir un effet positif contre le développement du pathogène (Fernández *et al.* 2019). Les bactériophages actifs contre *Paenibacillus larvae* sont décrits depuis les années 1950. Pourtant ce n'est que récemment qu'ils ont été étudiés. Le phage phiIBB_P123 sécrète une endolysine (PlyP123) qui présente un fort pouvoir antimicrobien *in vitro* (Oliveira *et al.* 2015) et n'affecte pas la viabilité des larves d'abeilles *in vivo* (Tsourkas 2020).

Devant la difficulté de lutter contre la LA, des méthodes de gestion apicole visant à diminuer la charge globale de spores et l'incidence de la maladie sont envisagées. A ce jour la plupart des campagnes de lutte contre la LA se basent exclusivement sur l'incinération des ruchers présentant des symptômes cliniques de la maladie, stade tardif du développement des spores dans la colonie. Il semble que le diagnostic précoce de présence de *Paenibacillus larvae* au sein de colonies asymptomatiques (Datta *et al.* 2013) par culture bactérienne sur abeilles adultes, associé au transvasement des colonies infectées dans des ruches neuves et à la mise en quarantaine de ces colonies (c'est-à-dire l'arrêt de tout échange d'abeilles, de matériel, ou d'utilisation des mêmes ustensiles entre les colonies infectées et les colonies saines) permettent de diminuer largement le nombre de ruches infectées en 5 ans, ainsi que de prévenir la déclaration de nouvelles formes cliniques de la maladie (Locke *et al.* 2019). De plus, l'utilisation de lignées d'abeilles mellifères au comportement hygiénique adapté et contrôlé est un levier d'action supplémentaire permettant d'augmenter la résilience des colonies et de diminuer la probabilité d'apparition d'un épisode clinique de LA (25).

1.5- Contexte général en Polynésie française

La Polynésie française est un pays d'outre-mer, bénéficiant d'un statut d'autonomie lui octroyant de nombreuses compétences propres et ainsi une large autonomie par rapport au gouvernement métropolitain. La Polynésie française s'étend sur une zone d'environ 5,5 millions de km². Les terres émergées n'occupent que 3 521 km² réparties sur 118 îles regroupées en 5 archipels : l'archipel de la Société (Îles du vent et îles Sous-Le-Vent), l'archipel des Marquises, l'archipel des Australes, l'archipel des Tuamotu et l'archipel des Gambier.

En 2012 la surface agricole utilisée s'élevait à 39 159 ha, dont 29 015 ha de cocoteraie (Greliche et Nivelles, 2012). Tahiti fait partie de l'archipel de la Société, et est l'île la plus étendue et la plus peuplée de la Polynésie française. Avec ses 1 045 km² Tahiti abrite deux tiers de la population polynésienne. En

raison de son intérieur extrêmement montagneux (le mont Orohena culmine à 2 241 mètres), l'île est majoritairement habitée le long d'une étroite bande longeant le bord de mer. On estime ainsi que sur les 1 045 km² de l'île, seuls 150 km² sont habités et exploités (Greliche et Nivelles 2012). Le climat est de type tropical maritime humide composé de deux grandes saisons : la saison humide, de novembre à avril (l'été austral), et la saison sèche, de mai à octobre (l'hiver austral).

1.6- L'apiculture en Polynésie française

L'apiculture dans cette région d'outre-mer commence avec l'introduction des premiers essaims provenant d'Europe par les colonisateurs. Par la suite et cela jusqu'en 2002, furent introduites des reines fécondées provenant essentiellement de Nouvelle-Zélande et d'Hawaï. On retrouve deux sous espèces d'abeilles mellifères en Polynésie française (Fert et Gómez Pajuelo 2012):

- ❖ Une abeille dominante jaune, *Apis mellifera ligustica* (à l'origine venant d'Italie) plus ou moins croisée avec *Apis mellifera carnica* et *Apis mellifera caucasica*, du même type que l'abeille élevée en Australie, à Hawaï et en Nouvelle-Zélande d'où elles proviennent.
- ❖ Une abeille noire, *Apis mellifera mellifera* majoritairement présente jusqu'en 2009 sur l'île de Tubuai. D'origine d'Europe de l'Ouest, elle fut introduite au début du 20ème siècle. Elle a un mauvais comportement hygiénique, ce qui explique peut-être la forte prévalence de la LA à Tubuai entre 2009 et 2013.

L'apiculture en Polynésie française est aujourd'hui une filière en plein essor. Elle bénéficie d'un environnement sanitaire favorable, l'archipel étant à ce jour indemne de Varroase (*Varroa destructor*), de frelons asiatiques (*Vespa velutina*) et de syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles qui ont fortement impacté l'apiculture en Europe et aux Etats Unis.

La déclaration annuelle des apiculteurs et de leurs ruchers est rendue obligatoire par la modification en 2010 de l'arrêté ministériel du 11 août 1980. Bien qu'en progression, les données officielles du recensement permettent de constater une sous-déclaration des ruchers. On compte en 2019 170 apiculteurs déclarés en Polynésie française dont 58 à Tahiti d'après les données actuelles du Système d'information agricole (SIA) de la DAG. Jusqu'en 2011, le marché du miel était approvisionné par la production locale et par les importations, avec un taux de couverture de 81 %. Cette même année, le renforcement des mesures de biosécurité aux frontières (modification de l'arrêté n°651 CM du 7 mai 1998 réglementant les conditions zoo sanitaires et hygiéniques de l'importation des produits d'origine animale en Polynésie française) a débouché sur l'arrêt des importations de miel depuis 2012. L'autosuffisance en miel semble déficitaire, la production annuelle s'élevant entre 80 et 100 tonnes, on estime le besoin des consommateurs polynésiens à 125 tonnes par an.

L'importation d'abeilles et des autres produits de la ruche est également interdite, à moins que le produit importé ait subi un traitement permettant la destruction des spores de *Paenibacillus larvae*. Ainsi l'importation de cire d'abeille ayant subi un traitement ionisant est autorisée. Le contrôle de l'ensemble des flux d'importations, que ce soit par des professionnels ou des touristes, est cependant délicat et des importations illégales de miel, cire d'abeilles, et abeilles vivantes sont à posteriori constatées ou rapportées.

Depuis une dizaine d'années l'apiculture a bénéficié du soutien du gouvernement au travers d'aides à la formation et à l'installation induisant une forte augmentation du nombre d'apiculteurs. En 2012, 70 apiculteurs étaient déclarés en activité en Polynésie française (Greliche et Nivelles 2012) contre 170 apiculteurs en 2019 (SIA 2019). Ce phénomène a cependant augmenté la proportion d'apiculteurs peu formés à l'apiculture et ne possédant qu'un petit nombre de ruches. L'apiculture représente souvent un complément de revenus, avec une part importante de commerce informel.

1.7- La loque américaine en Polynésie française

La LA a été pour la première fois observée en Polynésie dans les années 1990 (rapport du DEL n°276/DEL/SDR du 25/10/2015) et a été officiellement déclarée présente sur les îles de Tahiti et de Moorea en 2000 sur la base de diagnostic clinique (Réglementation : Arrêté n° 1382 CM du 3 octobre 2000 déclarant infestées de LA les îles de Tahiti et Moorea.). Le premier cas de LA confirmé par analyse de laboratoire a été prélevé sur l'île de Tubuai en 2009 suite à des constats de mortalités de colonies d'abeilles signalées par les apiculteurs. Les premières mesures prises ont visé la protection des îles alentours supposées indemnes par l'interdiction d'exportation d'abeilles, de miel, de produits ou de matériel apicole provenant de Tubuai (modification de l'arrêté n° 354 CM du 19 mars 2010). L'accompagnement des apiculteurs de l'île s'est limité à l'apport de conseils d'hygiène visant à empêcher la dispersion de la maladie au sein de l'île. En 2012, la situation sanitaire à Tubuai s'étant largement dégradée, 100% des ruchers étaient alors atteints avec 50% des ruches présentant du couvain atteint. La destruction d'un maximum de ruches infectées a été entreprise (destruction de 83 ruches et 40 essaims sauvages). Un repeuplement avec des lignées d'abeilles sélectionnées pour leur comportement hygiénique a ensuite été initié.

Une enquête sur tous les archipels a alors été menée. Elle permit la détection officielle de la maladie dans d'autres îles comme l'île de Huahine. Puis, l'extension de la LA fut mise en évidence progressivement dans les îles de Raivavae, Rurutu et Tahaa. La Polynésie française a été déclarée infectée en 2016 à l'Organisation Internationale des Epizooties (OIE) de LA sur l'ensemble de son territoire, ne pouvant justifier des conditions nécessaires à une compartimentation même par Archipels. Aujourd'hui le statut de nombreuses îles reste toujours incertain faute de retour d'information liée à l'étendue du territoire. Dans le cas de Tahiti la concentration des échanges vers les autres îles de la Polynésie française a toujours poussé le gouvernement à maintenir le statut d'île infectée de LA : les exportations d'abeilles, de miel ou d'autres produits apicoles vers les îles déclarées indemnes par le gouvernement sont officiellement interdits.

Entre 2017 et 2019 la visite de ruchers par les services vétérinaires polynésiens sur demande d'apiculteurs a permis d'identifier 8 ruchers présentant des signes cliniques caractéristiques de LA sur lesquels des prélèvements ont été testés positivement pour la LA (kit rapide ELISA, Vita AFB test). L'appel aux services vétérinaires pour des symptômes évocateurs de LA est donc rare et un défaut de remontée d'informations de la part des apiculteurs semble probable.

2- Matériels et méthodes

2.1- Démarche

Cette étude visait à décrire la population des apiculteurs de Tahiti dans l'optique de pouvoir adapter au mieux les actions des services vétérinaires polynésiens concernant la LA. Pour cela une enquête téléphonique auprès des apiculteurs de Tahiti a été menée afin de : décrire les savoirs, attitudes et usages des apiculteurs de Tahiti concernant la LA, dégager des différents profils d'apiculteurs grâce à une méthode d'analyse multidimensionnelle, quantifier la production et la commercialisation de miel et quantifier les échanges entre apiculteurs d'abeilles et de matériels et produits apicoles potentiellement sources de contaminations entre élevages.

Le questionnaire abordait les sujets suivants : description de l'activité globale de l'apiculteur, quantification de la production de miel et circuits de commercialisation, quantifier et localiser les échanges d'abeilles et matériels apicoles potentiellement contaminant entre les communes de Tahiti, entre les îles Polynésiennes et vers l'étranger, évaluer les connaissances, pratiques et croyances des apiculteurs concernant la loque. Pour ceci plusieurs thèmes ont été traités : capacité des apiculteurs à reconnaître la LA, perception de la maladie, attitude en cas d'observation de symptômes caractéristiques et niveau de confiance dans les services vétérinaires. La proximité des ruchers de Tahiti a également été étudiée en se basant sur la géolocalisation des ruchers fournie par la direction de l'agriculture.

2.2- Récolte de données

Elaboration du questionnaire

Afin de décrire au mieux les pratiques des apiculteurs pouvant contribuer à la circulation de la LA sur l'île et vers l'ensemble du territoire polynésien un premier questionnaire a été élaboré en concertation avec M. Giraud, vétérinaire de l'élevage de la direction de l'agriculture, et M. Schmit, technicien en apiculture dont le rôle est de fournir un appui technique aux apiculteurs sur le terrain.

Huit apiculteurs sélectionnés aléatoirement ont ensuite été rencontrés sur Moorea les 11 et 12 mars 2020. Ceci a permis d'observer l'état des ruchers, de prendre connaissance des pratiques apicoles rencontrées majoritairement et de tester le questionnaire. Des modifications ont ensuite été apportées à ce questionnaire lorsque les réponses semblaient trop influencées par la formulation de la question. Le questionnaire a été allégé concernant le conditionnement du miel afin de limiter la durée du questionnaire.

Population enquêtée

La population ciblée par l'enquête était les apiculteurs de Tahiti. En 2019, 58 apiculteurs étaient inscrits au SIA. Etant donnée que la déclaration d'activité des apiculteurs est partielle nous avons contacté une première fois par téléphone les 160 apiculteurs ayant été inscrits au SIA au moins une fois depuis 2001 afin de savoir s'ils étaient encore en activité et pour indiquer qu'une enquête serait bientôt effectuée auprès des apiculteurs de Tahiti. Ceci a permis de retirer de notre liste 21 apiculteurs déclarant avoir cessé leur activité. Les apiculteurs n'ayant pas pu être joints par téléphone ont été conservés.

Détails du questionnaire

Le questionnaire était organisé en deux parties : la première partie porte sur différentes données de l'élevage et des pratiques de l'apiculteur. La seconde partie était une enquête KAP (Knowledge Attitude and Practices : connaissances, attitudes et pratiques) centrée sur la LA. Les questions étaient préférentiellement de type fermé : réponse Oui/Non, choix d'une ou plusieurs réponses parmi des listes préremplies. Lorsqu'il semblait possible qu'un apiculteur apporte une réponse ne correspondant à aucune des réponses pré-listées une réponse « autre » débouchant sur une plage de réponse ouverte est ajoutée.

La première partie du questionnaire comporte de 15 à 33 questions selon les pratiques de l'apiculteur, dont 6 groupes répétés. Les questions portaient sur les techniques d'élevage apicoles et résultats de production en 2019. Un premier groupe de questions cherchait à décrire l'activité apicole globale : nombre et localisation des ruches, date de l'installation, prix de vente du miel. Puis des questions sur le nombre, la destination et la provenance des échanges de matériel potentiellement vecteur de LA étaient posées : commercialisation du miel, provenance de la cire utilisée, échange d'abeilles, de ruches usagées ou d'autres matériel apicole d'occasion. Il était également demandé si l'apiculteur pratiquait du nourrissage avec du miel, et si oui la provenance du miel était demandée. Enfin les questions ont porté sur la fréquence observée des phénomènes de pillage, d'essaimage et l'apparition de problème de santé des ruches en 2019.

La seconde partie du questionnaire comportait de 17 à 20 questions selon les réponses de l'apiculteur. Les questions visaient à décrire le niveau de connaissance de l'apiculteur sur la LA : symptômes et modes de transmission connus, présence en Polynésie française, maladie déjà observée, démarche en cas de suspicion de LA. Puis différentes questions étaient posées évaluant les facteurs potentiels influençant la déclaration d'un cas de LA.

Une décision résulte de l'intégration de plusieurs moteurs conditionnant un comportement (Ajzen 1985) : croyances dans l'efficacité du comportement, croyances dans les conséquences du comportement, pression sociale, motivation pour se conformer aux normes sociales, croyances dans la capacité de

réaliser ce comportement. Ainsi ces différents champs ont été explorés : déclaration pensée obligatoire ou non, croyance dans l'utilité de la déclaration, peur des mesures sanitaires et économiques pouvant être prises suite à la déclaration, peur de la pression sociale, difficulté des démarches à entreprendre. Pour évaluer les attitudes et les croyances les questions étaient présentées sous la forme d'échelle de Likert : « tout à fait d'accord », « d'accord », « pas d'accord », « pas du tout d'accord » ou « indispensable », « utile », « peu utile », « inutile ». Des choix neutres n'ont pas été proposés afin de pousser l'apiculteur à prendre position.

Collecte des données

Les 139 apiculteurs ont ensuite été contactés par téléphone entre le 27 mars et le 8 avril 2020 afin de répondre à un questionnaire téléphonique. En début d'appel le sujet de l'enquête était indiqué. Il était précisé que le traitement des données se ferait de manière anonyme. L'ensemble des appels a été effectué en français, par le même opérateur. Les réponses récoltées étaient directement centralisées en ligne grâce au logiciel KobotoolBox®. Lorsque l'apiculteur ne décrochait pas au téléphone, celui-ci était rappelé une seconde fois les jours suivants.

2.3- Cartographie

Le traitement des informations géographiques et leur représentation cartographique s'est faite sur le logiciel QGIS 3.4 madeira®.

Points GPS des ruchers

La direction de l'agriculture de la Polynésie française dispose des points GPS des ruchers recensés. La géolocalisation des ruchers de Tahiti nous a été fournie. Etant donné la forte hétérogénéité de la répartition de l'habitat au sein d'une même commune, la densité d'apiculteurs a été estimée en calculant le nombre moyen de ruchers situés à moins d'un kilomètre d'un rucher donné.

Echanges entre les ruchers

Lors du questionnaire les noms des communes de départ et d'arrivée des échanges d'abeilles, de matériels apicoles et de déplacement de ruches (transhumance) au cours de l'année 2019 ont été renseignés. Ainsi ces mouvements ont pu être représentés par des flèches entre les différentes communes. Lorsque soit la commune d'arrivée, soit la commune de départ de l'échange était inconnue, il a été décidé d'attribuer arbitrairement un point « NA » sur la carte, situé au large de la côte, afin de représenter ces informations partielles. L'épaisseur des flèches a été modulé en fonction du nombre d'abeilles, de matériels ou de ruches vendus ou déplacés entre les communes.

2.4- Données calculées ou recodées

Quantification des échanges

Etant donné la forte proximité des ruches au sein d'un même rucher, le nombre d'échange d'abeilles entre les ruches, et le fait que la désinfection du matériel, comme le lève cadre, entre la visite des ruches d'un même rucher est peu courante en Polynésie française (Fert *et al.* 2012), le rucher a été considéré comme l'unité épidémiologique. Ainsi le nombre d'échanges d'abeilles, de matériels apicoles, de transhumances et d'essaimage ont été rapportés au nombre de ruchers détenus par l'apiculteur.

Simplification des échelles de Likert

Afin de limiter le nombre de variables incluses dans l'analyse statistique, les variables ordonnées de types : « Tout à fait d'accord », « D'accord », « Pas d'accord » ou « Pas du tout d'accord » ont été simplifiées ainsi : les réponses « Tout à fait d'accord » et « D'accord » ont été recodées en « D'accord », et les réponses « Pas d'accord » et « Pas du tout d'accord » ont été recodées en « Pas d'accord »

2.5- Analyse statistique

Les données ont été rassemblées sur un tableur Excel©datasheet puis analysée à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2017).

Tableau 1: Description des 20 variables incluses dans l'AFDM et des 6 variables supplémentaires. Les variables supplémentaires sont indiquées par une *.

Variable	Description	Type de variable	Valeurs prises
<i>annee_activ</i>	Nombre d'années d'activité	Quantitative	[1 : 46]
<i>n_tot_ruche</i>	Nombre de ruches possédées	Quantitative	[1 : 180]
<i>nbr_sympt</i>	Nombre de symptômes caractéristiques de la loque cités	Quantitative	[0 : 3]
<i>I_peur_declaration</i>	Nombre de questions concernant la peur des conséquences d'une déclaration d'un cas de LA à la DBS auxquelles l'apiculteur a répondu « D'accord » ou « Tout à fait d'accord »	Quantitative	[0 : 3]
<i>nbr_transm</i>	Nombre de voies de transmission de la loque cités	Quantitative	[0 : 3]
<i>Reac_brûler</i>	Brûler la rucher atteinte fait partie des réactions citées face à des symptômes de LA	Qualitative	Brûler_O Brûler_N
<i>Reac_DBS</i>	Appeler la DBS fait partie des réactions citées face à des symptômes de LA	Qualitative	DBS_O DBS_N
<i>reac_api</i>	Appeler un autre apiculteur fait partie des réactions citées face à des symptômes de LA	Qualitative	reac_api_O reac_api_N
<i>reac_attendre</i>	Attendre fait partie des réactions citées face à des symptômes de LA	Qualitative	Reac_attendre_O Reac_attendre_N
<i>suivi_dag</i>	Déclare recevoir des visites régulières d'un agent de la DAG	Qualitative	Suivi_dag_O Suivi_dag_N
<i>present_pf</i>	Pense la LA présente en Polynésie	Qualitative	Loque_pf_O Loque_pf_N Loque_pf_NSP
<i>present_tahiti</i>	Pense la LA présente à Tahiti	Qualitative	Loque_tahiti_O Loque_tahiti_N Loque_tahiti_NSP
<i>Loque_vue</i>	A déjà vu un cas clinique de LA	Qualitative	Loque_vue_O Loque_vue_N
<i>declar_obligatoire</i>	Pense obligatoire la déclaration de symptômes évocateur de LA	Qualitative	Declar_obli_O Declar_obli_N
<i>menace</i>	Importance de la menace associée à la LA pour son activité apicole	Qualitative	Menace_majeure
<i>discuss_ap</i>	Fréquence de discussion au sujet de la loque avec d'autres apiculteurs	Qualitative	Discuss_an
<i>besoin_dbs</i>	Utilité de l'aide de la DBS en cas d'infection du rucher par la LA	Qualitative	DBS_utile DBS_inutile
<i>Declar_difficile</i>	Difficulté à contacter la DBS	Qualitative	Declar_dur_Dac Declar_dur_Pas_dac Decalr_dur_NSP
<i>transmiss_technique</i>	Maladie essentiellement considérée comme causée par une mauvaise maîtrise technique de l'apiculteur et une colonie affaiblie	Qualitative	Transmiss_technique_O Transmiss_technique_N
Variables supplémentaires			
<i>N_ach_ab_rucher *</i>	Nombre de colonies et de reines achetées divisé par le nombre de ruchers	Quantitative	[0 : 20]
<i>N_vente_ab_rucher *</i>	Nombre de colonies et de reines vendues divisé par le nombre de ruchers	Quantitative	[0 : 20]
<i>Nb_ech_mat_rucher*</i>	Nombre de matériels apicoles vendus ou achetés divisé par le nombre de ruchers	Quantitative	[0 : 9]
<i>Nb_trans_rucher *</i>	Nombre de ruches déplacées par apiculteurs divisé par le nombre de ruchers	Quantitative	[0 : 37]
<i>Nourriss *</i>	L'apiculteur pratique le nourrissage	Qualitative	Nourriss_O Nourriss_N
<i>Nourriss_miel *</i>	L'apiculteur pratique le nourrissage avec du miel	Qualitative	Nourriss_miel_O Nourriss_miel_N
<i>prod_par_ruche *</i>	Production moyenne de miel en kg/ruche	Quantitative	[0 : 37.5]

Recherche de groupes d'apiculteurs

Dans le but de former des groupes d'apiculteurs présentant des ressemblances au niveau de leurs croyances, connaissances et attitudes concernant la LA une analyse factorielle de données mixtes (AFDM) a été effectuée suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH). L'analyse multivariée a été effectuée avec le package « FactoMineR » (Lê *et al.* 2008).

L'AFDM est une méthode d'analyse exploratoire qui permet une étude multidimensionnelle de variables catégorielles et quantitatives continues (Pagès 2004). L'information est représentée sous forme de nuage de points dans un espace multidimensionnel pour pouvoir être résumée par projection sur un nombre donné d'axes maximisant la qualité de représentation du nuage de points. La proximité entre deux points représente la force de leur association.

L'AFDM a été effectuée sur 6 variables quantitatives actives, 14 variables qualitatives actives, 4 variables quantitatives supplémentaires et 2 variables qualitatives supplémentaires. Le détail de variables actives et supplémentaires de l'AFDM est présenté dans le **Tableau 1**. Les 30 autres variables ont été écartées pour différentes raisons : absence de variabilité entre les réponses (5), valeurs manquantes, manque de pertinence de la valeur (25). Seuls les individus ne présentant pas de valeurs manquantes pour ces 26 variables ont été inclus dans l'analyse, soit 80 apiculteurs.

La CAH permet de rassembler des individus selon un critère de ressemblance. La matrice de distance obtenue en comparant les individus deux à deux et en affectant une distance d'autant plus grande que les individus sont dissemblables permet ensuite rassembler les individus de manière itérative, en minimisant la perte de variabilité inter-groupe, afin de produire un dendrogramme ou arbre de classification. En découpant cet arbre à une hauteur choisie, on produira la partition désirée.

Choix du regroupement de certaines variables

Une première AFDM a permis de mettre en lumière la forte corrélation entre certaines variables qualitatives. En effet il est apparu que les différentes variables détaillant les symptômes de loques connus par l'apiculteurs participaient de manière similaire aux différents axes. Afin de simplifier l'interprétation de l'analyse et de ne pas accorder un trop grand poids à cette information par rapport aux autres, il a été décidé de rassembler les réponses : couvains mosaïque, larves filantes et odeur nauséabonde en un seul indice « Nbr_symp » allant de 0 à 3 et comptant le nombre de symptômes caractéristique de LA cité.

De même les réponses à la question concernant les modes de transmission de la loque ont été rassemblées en un index : « Nbr_transm » allant de 0 à 3. Cette question comportait cependant une option « autre », et plusieurs réponses ont été recueillies indiquant que l'apiculteur considérait que la loque n'était pas une maladie transmissible mais une maladie uniquement due à une mauvaise gestion des ruchers. Ces réponses ont été conservées sous la variable qualitative « transmiss_technique » et n'ont pas été regroupées avec les autres.

Un index « I_peur_declaration » a été créé regroupant de la même façon le nombre de réponses « d'accord » aux trois questions évoquant l'appréhension de l'apiculteur vis-à-vis des conséquences d'une déclaration d'un cas de loque à la DBS sur son activité apicole, ses relations avec les autres apiculteurs et l'obligation de devoir brûler certaines de ses ruches.

3- Résultats

3.1- Nombre de réponses

Un total 83 apiculteurs ont pu être joints par téléphone, 47 n'ont pas pu être contactés soit parce qu'ils n'ont pas répondu à l'appel, soit parce que le numéro de téléphone dont nous disposions n'était pas à jour, 4 apiculteurs avaient cessé leur activité lors de notre appel, 4 ont refusé de répondre au questionnaire. Parmi les 83 apiculteurs ayant répondu au questionnaire, un a raccroché entre la première

et la seconde partie du questionnaire, nous avons décidé de conserver ses réponses pour la partie description de l'activité apicole.

Le 18 mars 2020 un apiculteur a fait appel à M. Giraud, vétérinaire en charge de l'élevage, pour mortalité anormale au sein de 3 de ses ruches. L'éleveur faisant partie des 139 apiculteurs listés, nous lui avons fait remplir le questionnaire sur place. Au total 84 apiculteur ont répondu à la partie « description de l'activité apicole » de notre enquête, dont 83 ont répondu à la partie « knowledge attitude and practices ».

3.2- Description des résultats de l'enquête

3.2.1- Description des ruchers de Tahiti

Une majorité de petits apiculteurs

Le nombre moyen de ruchers détenus par apiculteur est de 2.8 (minimum =1, médiane =1, maximum = 30, n=84). Le nombre moyen de ruches détenues par apiculteur est de 27 (minimum =1, médiane =10.5, maximum = 180, n=84). La répartition du nombre de ruches possédées par apiculteur est présentée en **Figure 1**.

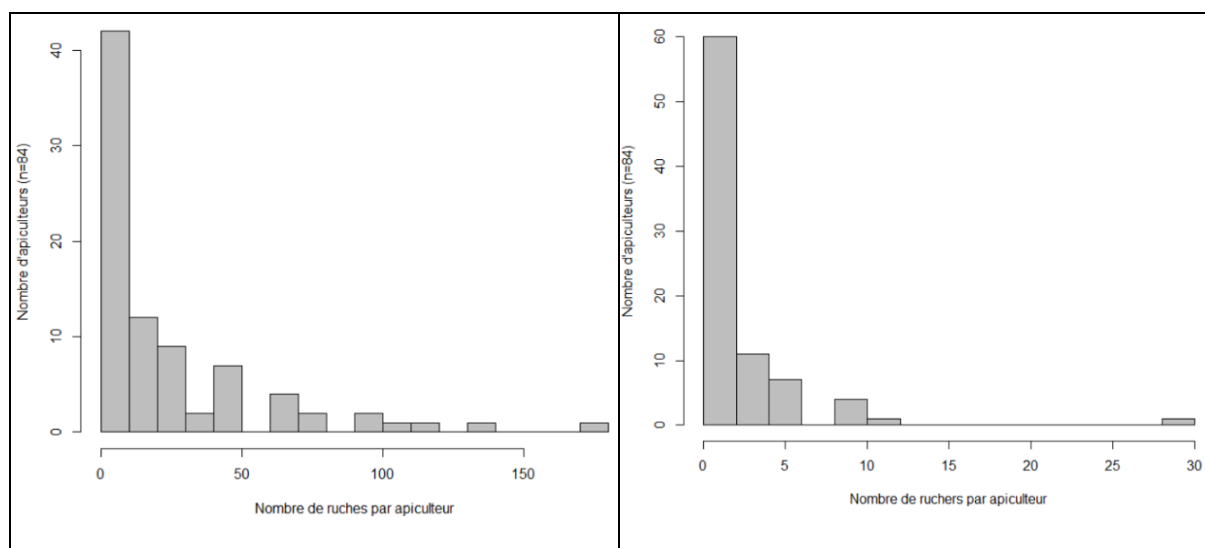


Figure 1 : répartition du nombre de ruches et ruchers possédés par apiculteurs (n=84). La majorité (60%) des apiculteurs interrogés possèdent moins de 20 ruches.

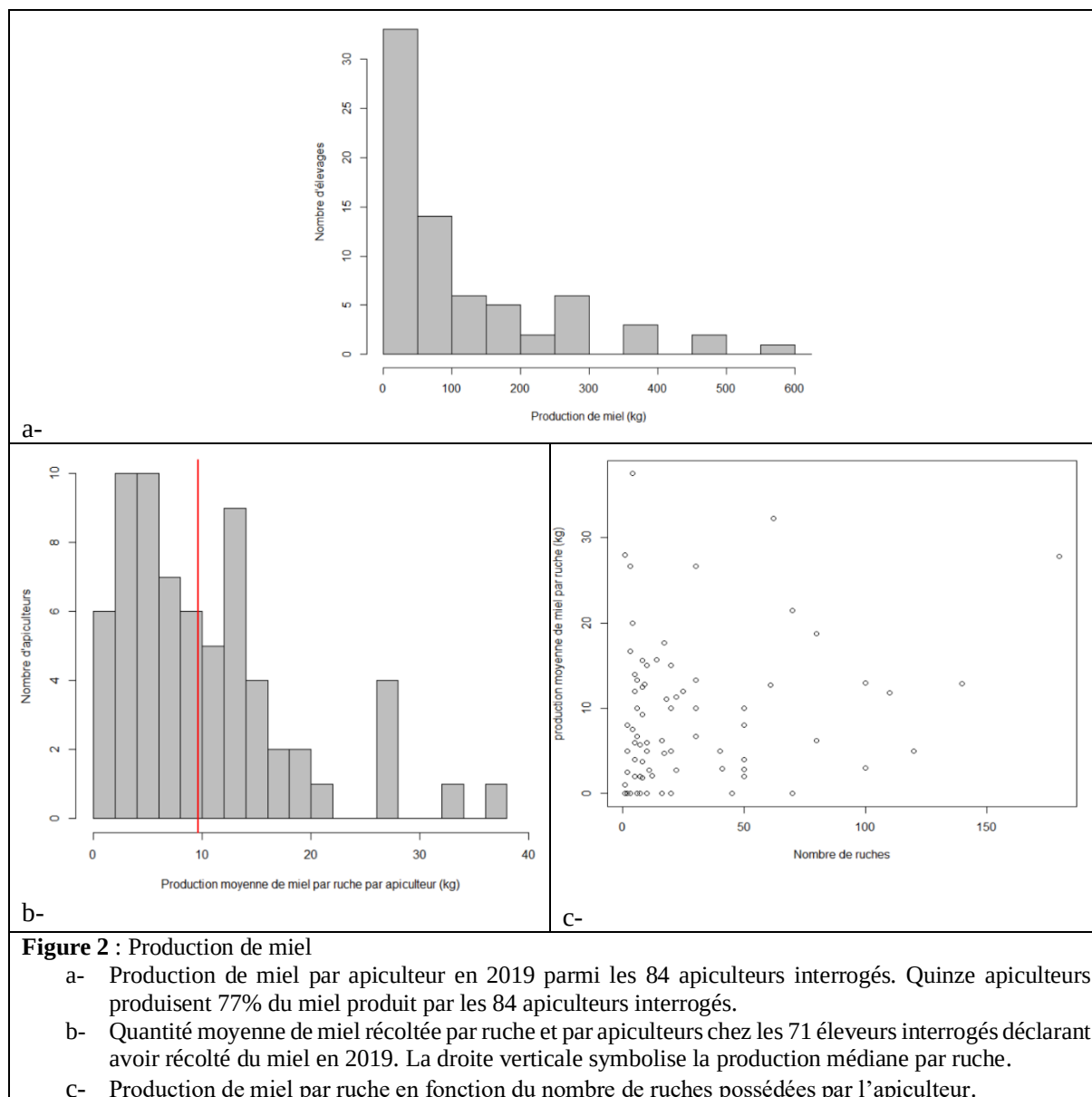
Les petits apiculteurs possédant moins de 20 ruches représentent 60% des apiculteurs interrogés (50 apiculteurs). Le rassemblement d'un grand nombre de ruches sur un même rucher est un facteur favorisant la transmission de LA (Datta *et al.* 2013) ainsi la circulation de LA pourrait être diminuée au sein de petits ruchers. Le contrôle de nombreux petits apiculteurs par les services vétérinaires est cependant plus difficile que celui d'un nombre réduit de grands apiculteurs.

Une production moyenne de miel inférieure à 9kg par ruche

En 2019 la production moyenne de miel par apiculteur était de 302 kg (minimum =0, médiane =80, maximum = 5000, n=84). La répartition des productions de miel en 2019 est présentée dans la **Figure 2.a**. En 2019, 13 apiculteurs parmi les 84 enquêtés n'ont pas récolté de miel.

La production moyenne par ruche est calculée en divisant la production totale de miel en 2019 par le nombre de ruches détenues par l'apiculture. Parmi les apiculteurs ayant récolté du miel en 2019, la production moyenne par ruche est de 8.8 kg de miel par ruche (minimum =1, médiane =9.6, maximum = 37.5, n=71). Ceci correspond à une production faible, en comparaison en 2014 en France métropolitaine la production de miel par ruche était de 13.4kg (Allain 2015). Il ne semble pas y avoir

de corrélation entre le nombre de ruches possédées par l'apiculteurs et la production moyenne de miel par ruche (**Figure 2.c**). Ceci pourrait être révélateur d'une augmentation de la taille des ruchers des apiculteurs non accompagnée d'une augmentation suffisante de technicité.



Commercialisation du miel : un circuit informel englobant presque la moitié de la production

L'autoconsommation de miel et le don ont été quantifiés dans notre étude. Parmi les 71 apiculteurs ayant récolté du miel en 2019, 52 ont commercialisé tout ou partie de leur production (commerces, restauration ou particuliers). Quatorze apiculteurs ont déclaré vendre leur miel dans plusieurs circuits de commercialisation, 56 vendaient la totalité de leur miel dans un seul circuit.

Le détail du commerce de miel est présenté dans le **Tableau 2**. Le commerce informel représente une grande part de l'activité des apiculteurs à Tahiti. En effet 46% de la production de miel des apiculteurs interrogés sont donnés ou vendus à des particuliers. Le prix moyen du kilogramme de miel est de 2447 CFP (20.4€), il oscille entre 1500 et 3000 CFP.

Tableau 2 : Détails des circuits de commercialisation du miel produits par les 71 apiculteurs enquêtés qui ont déclaré avoir récolté du miel en 2019

	Nombre apiculteurs	Production (kg) totale de miel	Production (kg) moyenne de miel par apiculteur (min – max)	Valeur totale en CFP (€)	Prix moyen par apiculteur (CFP/kg) (min-max)
Auto-consommation	18	594	33 (1.0-100)	0	0
Dons	9	558	62 (40-150)	0	0
Vente à des particuliers	45	10 845	241 (4-1450)	26 667 855 (222 975)	2459 (1500-3000)
Commerces à Tahiti	10	8 900	890 (50-5000)	21 805 000 (182 316)	2450 (2000-3000)
Commerces hors de Tahiti	2	3260	1630 (1260-2000)	7 987 000 (66 780)	2450 (2400-2500)
Restauration à Tahiti	1	500	500	1 250 000 (10 451)	2500
Total	71	24657	347.3 (1-5000)	57 709 855 (482 524)	2340 (0 – 3000)

Nourrissage des abeilles

Le nourrissage des abeilles lorsque les ressources naturelles deviennent plus rares permet de maintenir une colonie forte toute l'année. Le nourrissage se fait en général avec du sucre. Cependant certains apiculteurs nourrissent avec du miel, en transvasant du miel d'une de leur colonie forte vers une colonie faible. Cette pratique peut participer à la propagation de la LA au sein d'un même rucher. Parmi les apiculteurs interrogés, 49 ont déclaré nourrir leurs abeilles dont 23 avec du miel.

3.2.2- Des apiculteurs novices

La surveillance de la LA à Tahiti étant essentiellement basée sur la surveillance événementielle et la détection de la maladie par les apiculteurs, leur capacité à reconnaître un cas clinique de LA est un point clé dans la surveillance de la maladie.

La quasi-totalité des apiculteurs interrogés connaissaient l'existence de la LA, seul un apiculteur a déclaré ne jamais avoir entendu parler de cette maladie. Lorsqu'il a été demandé aux apiculteurs de lister les symptômes qui leur feraient suspecter la LA dans leur ruche, 19 apiculteurs (23%) ont cité les trois symptômes les plus caractéristiques de la LA à savoir le couvain mosaïque, l'odeur putride et les larves filantes. Vingt-deux ont cité 2 symptômes (26%), 18 ont cité un seul symptôme (21%) et 24 apiculteurs n'ont pas su répondre (29%). La baisse de production étant un symptôme de LA très peu caractéristique, car pouvant être due à de nombreuses causes différentes, elle n'a pas été comptabilisée dans le nombre de symptômes caractéristiques cités. Le détail des symptômes cités par les 83 apiculteurs enquêtés est listé dans le **Tableau 3**.

Tableau 3 : Nombre d'apiculteurs ayant cité les différents symptômes caractéristiques de LA à la question « Quels sont les symptômes qui vous feraient suspecter la LA ? » (n=83)

Symptôme	Couvain mosaïque	Odeur putride	Larves filantes	Baisse de production
Nombre d'apiculteurs	41 (49%)	35 (42%)	43 (51%)	7 (8%)

Les apiculteurs considérant la maladie présente sur le territoire sont plus susceptible de penser à la LA s'ils observent des symptômes évoquant la maladie. Ainsi 68 apiculteurs interrogés (81%), considèrent la maladie présente en Polynésie française et 34 la considèrent présente à Tahiti (41%). Le détail des réponses est présenté dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Répartitions des réponses aux questions « Pensez-vous que la LA soit présente à Tahiti ? » et « Pensez-vous que la LA soit présente en Polynésie française ? » (n=83)

LA présente à Tahiti	LA présente en Polynésie française				Total
		OUI	NON	NSP	
	OUI	34	0	0	
	NON	15	1	5	
	NSP	19	0	9	
	Total	68	1	14	83

3.2.3- Observation de la loque américaine à Tahiti

Lorsqu'il a été demandé aux apiculteurs s'ils avaient déjà observé un cas clinique de LA à Tahiti, chez eux ou chez un autre apiculteur, 18 éleveurs ont répondu oui (22%) contre 65 non (78%). La date de la dernière observation de LA par les apiculteurs a été renseignée : **Figure 3**. La date la plus ancienne est 1990, la plus récente est 2020, 75% (15/20) des dates citées se situent entre 2015 et 2019. On remarquera que cette information est soumise à un fort biais de mémorisation, les dates indiquées ne peuvent être interprétées qu'à titre indicatif.

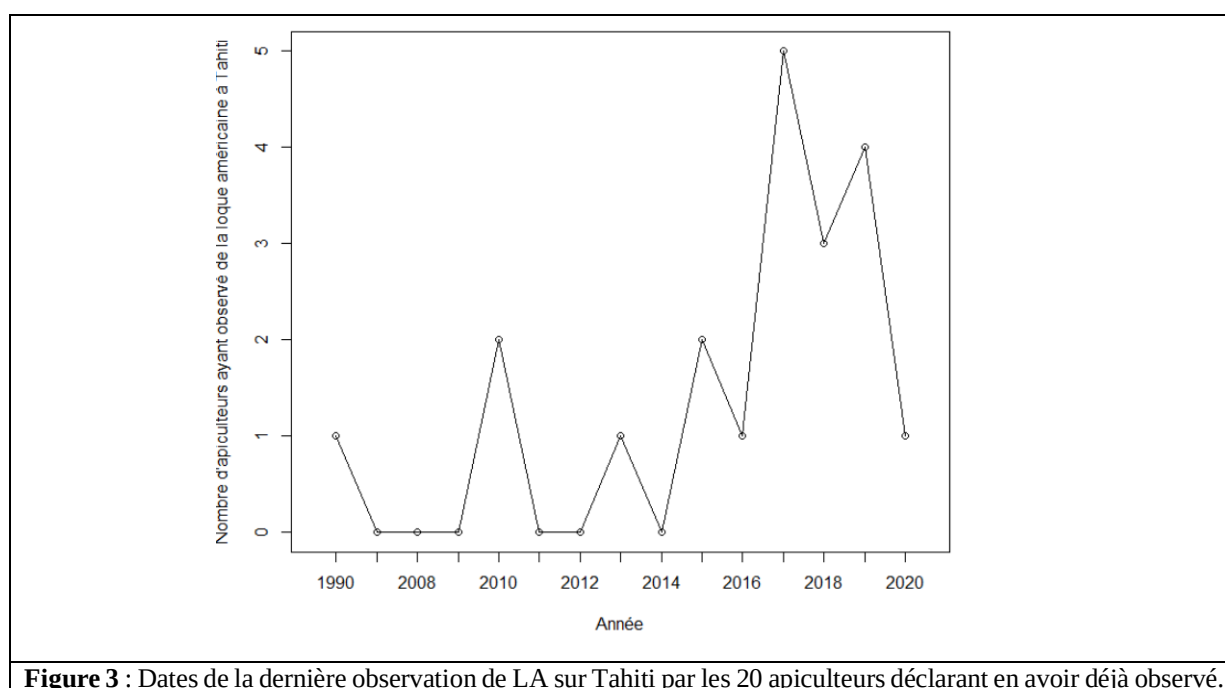


Figure 3 : Dates de la dernière observation de LA sur Tahiti par les 20 apiculteurs déclarant en avoir déjà observé.

Ces déclarations ne peuvent pas être objectivées, leur fiabilité dépend de la capacité de l'apiculteur à suspecter cliniquement la LA. Le **Tableau 5** représente le nombre d'apiculteurs capables de citer au moins deux symptômes caractéristiques de LA parmi les apiculteurs déclarant avoir déjà observé un cas clinique de LA (60%), et ceux déclarant n'en avoir jamais observé (16%). Ceci est en faveur d'accorder une certaine crédibilité aux apiculteurs déclarant avoir déjà observé un cas de LA (Test de Chi², p= 0.00281, **Annexe 6.a**).

Tableau 5 : Tableau croisé comparant le nombre d'apiculteurs déclarants avoir observé un cas de LA et le nombre d'apiculteurs ayant cités au moins deux symptômes caractéristiques de LA.

	Au moins 2 symptômes cités	Moins de 2 symptômes cités	Total
Loque observée	3	15	18
Loque non observée	39	26	65
Total	42	41	83

3.2.4- Les voies de circulation de la loque à Tahiti : de nombreux échanges de colonies

Déplacements de ruches, beaucoup de ruches déplacées par un petit nombre d'apiculteurs

La transhumance est une pratique commune en Europe qui consiste à déplacer les ruchers près des plantes mellifères au moment de leur floraison afin d'allonger la durée de la période de récolte des abeilles. Bien qu'ils soient rarement saisonniers, on retrouve également des déplacements de ruches en Polynésie française. Parmi les apiculteurs interrogés, 15 ont déclaré avoir déplacé au moins une ruche en 2019. Chacun de ces apiculteurs a effectué 1 à 3 déplacements (moyenne = 1.4) et ont déplacé entre 2 et 75 ruches (moyenne = 12.1) en 2019. Au total 181 ruches ont été déplacées par ces apiculteurs, en 2019. Les déplacements de ruches entre les différentes communes sont représentés dans la **Figure 4**.

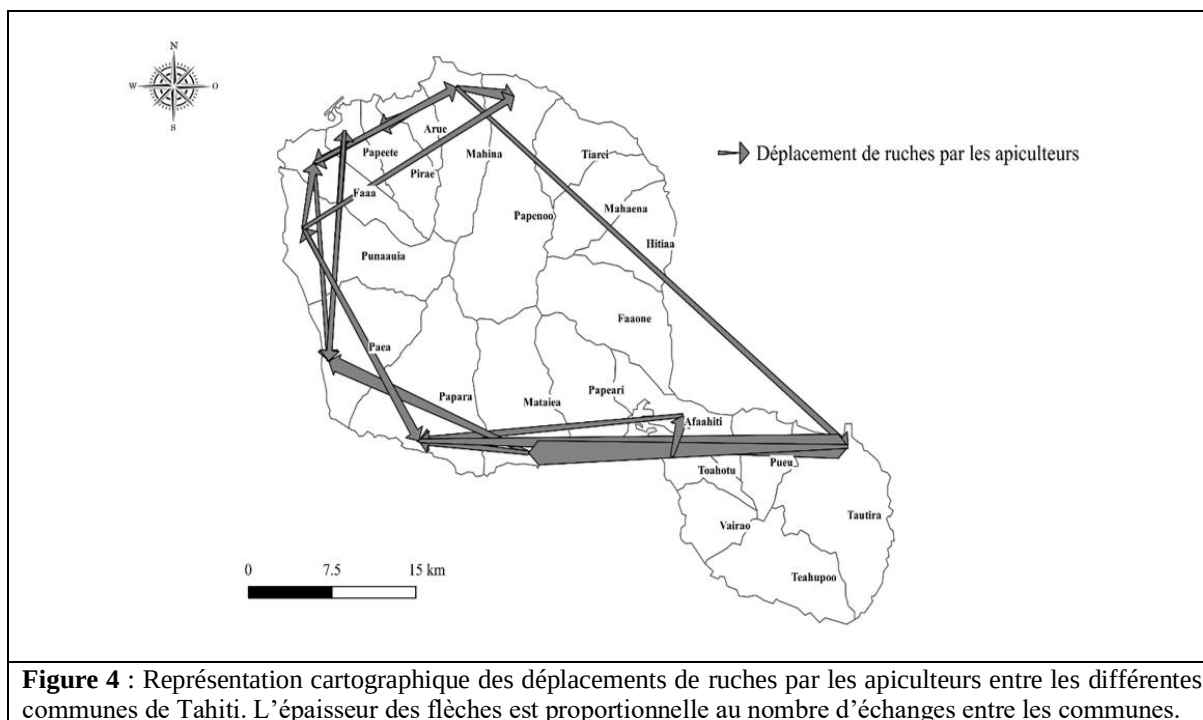


Figure 4 : Représentation cartographique des déplacements de ruches par les apiculteurs entre les différentes communes de Tahiti. L'épaisseur des flèches est proportionnelle au nombre d'échanges entre les communes.

Bien que seul 18% des apiculteurs déclarent avoir déplacé des ruches en 2019, le grand nombre de ruches déplacées par certains apiculteurs rend cette voie de circulation de la LA sur le territoire particulièrement importante. Cette pratique concourt dans un premier temps à la circulation de la maladie entre les ruchers d'un même apiculteur, mais aussi à sa diffusion vers de nouveaux apiculteurs, en créant une proximité avec des apiculteurs différents risquant d'être contaminés par le mouvement des abeilles autour des ruches.

Provenance de la cire utilisée, un auto-renouvellement majoritaire

La majorité des apiculteurs interrogés ne se procurent pas de cire d'abeille hors de leurs ruchers (58 apiculteurs sur 84 soit 70%), 7 (8%) apiculteurs se fournissent dans le commerce, 17 (20%) achètent leur cire chez d'autres apiculteurs, 2 (2%) se fournissent à la fois chez d'autres apiculteurs et dans le commerce.

Parmi les apiculteurs se procurant leur cire chez d'autres apiculteurs, 2 déclaraient l'importer depuis les Marquises, un des Tuamotu. De plus, un des apiculteurs se fournissant dans le commerce déclarait que la cire était importée de France. Ces importations sont légales à condition que la cire subisse un traitement ionisant. Les échanges de cire d'abeilles et de matériel apicole entre les différentes communes sont représentés dans la **Figure 5**.

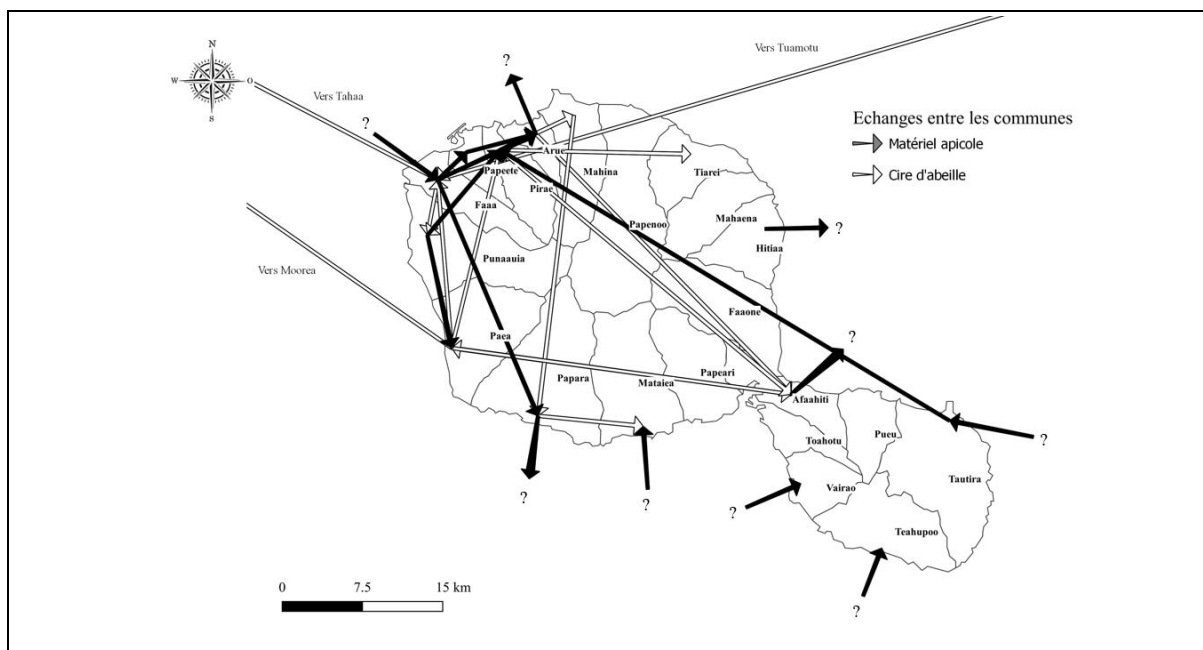


Figure 5 : Représentation cartographique des échanges de cire d'abeille et de matériel apicole entre les différentes communes de Tahiti. L'épaisseur des flèches est proportionnelle au nombre d'échanges entre les communes. Les points d'interrogations désignent les échanges où les apiculteurs ne se souvenaient plus des communes d'origine ou de destination de l'échange.

Commerce et échanges de matériel apicole usagé, une pratique minoritaire

En 2019, parmi les 84 apiculteurs enquêtés, 2 déclarent avoir acquis du matériel apicole usagé (respectivement ruche et petit matériel). De même, 6 apiculteurs déclarent avoir cédé (vente ou don) du matériel apicole usagé, et un apiculteur déclare avoir prêté du petit matériel apicole.

Au total en 2019, 43 matériels apicole ont été échangés (acquises ou cédées) par les 84 apiculteurs interrogés. Lors des échanges de matériel apicole, entre 1 et 10 ruches ou petit matériels apicoles sont échangés (moyenne = 4.3, $n=10$). Ces échanges se sont uniquement effectués entre les éleveurs de Tahiti, aucun échange interinsulaire de matériel apicole n'a été rapporté. La quantité de matériel et de cire échangés est représentée dans la **Figure 6**.

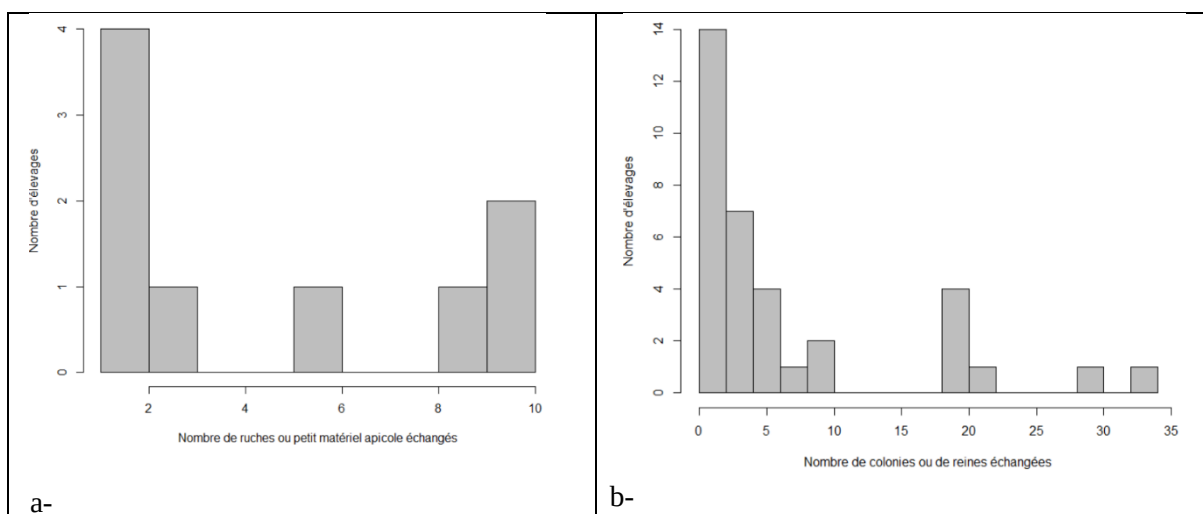


Figure 6 : Échanges de colonies et de matériel apicole entre les apiculteurs

a- Nombre de ruches ou petit matériel apicole échangés en 2019 par les éleveurs en ayant échangé ($n=9$).

b- Nombre de colonies ou de reines échangées en 2019 par les éleveurs en ayant échangé ($n=35$).

Le nombre de colonies vendues au total est de 83, 44 ont été vendues par des apiculteurs possédant moins de 20 ruches et 39 par des apiculteurs possédant plus de 20 ruches. Le nombre de colonies achetées au total est de 49, 20 ont été achetées par des apiculteurs possédant moins de 20 ruches et 29 par des apiculteurs possédant plus de 20 ruches. Le commerce de colonies d'abeilles entre les apiculteurs semble être la voie de circulation principale de matériel potentiellement vecteur de LA. La diffusion de colonies se fait depuis les apiculteurs possédant beaucoup de ruches comme depuis les petits apiculteurs.

Le nombre de ruchers présents dans un rayon de 1 km semble plus élevé dans les communes comptant un plus grand nombre de ruchers (**Figure 9**). La proximité entre les ruchers est un facteur favorisant la transmission de LA par mouvements d'abeilles, notamment par les phénomènes de pillage et d'essaimage (Fries et Camazine 2001). Le nombre d'essaimage noté par l'apiculteur a été renseigné lors du questionnaire. En moyenne 2.2 essaimages par rucher ont été observés en 2019 (min=0, med=0.6, max=7, sd=6.0, n=84). De même la fréquence d'observation du pillage a été renseigné : 50 apiculteurs déclarent n'en avoir jamais observé en 2019, 13 déclarent ce phénomène rare, 10 occasionnel, et 11 ont fréquemment observé du pillage en 2019.

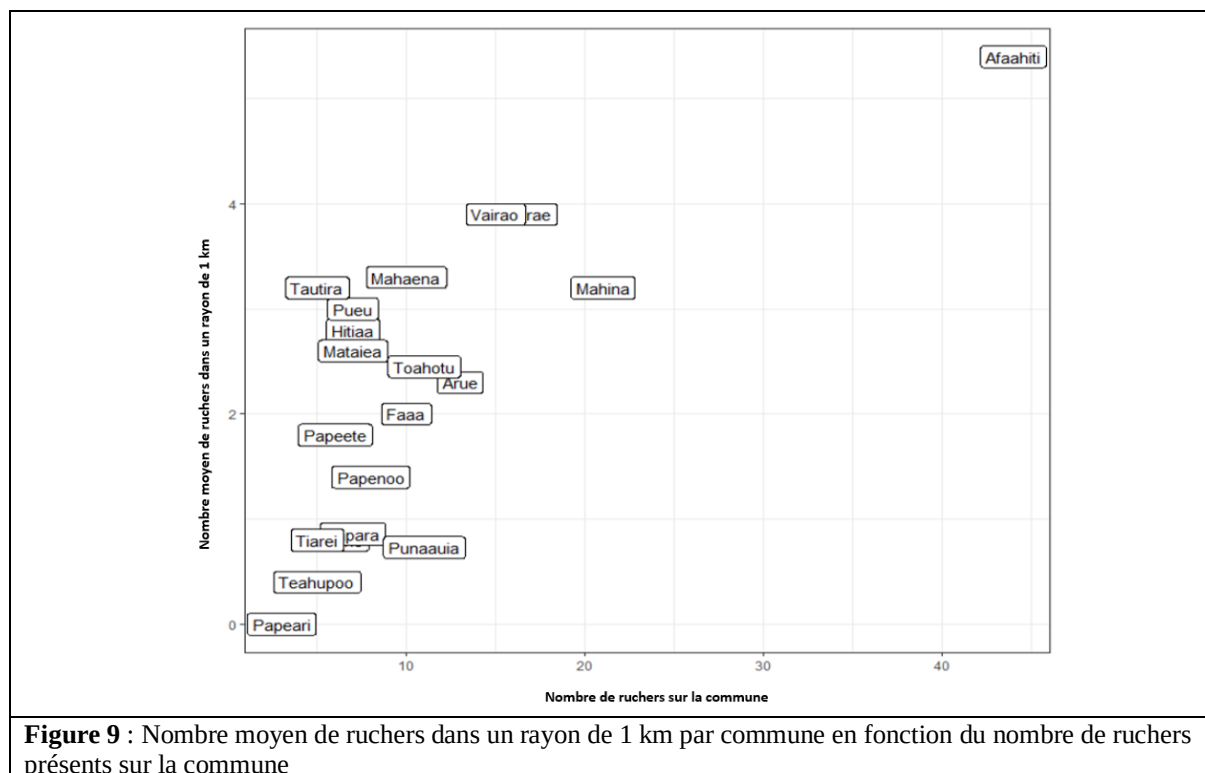


Figure 9 : Nombre moyen de ruchers dans un rayon de 1 km par commune en fonction du nombre de ruchers présents sur la commune

Perception du risque de transmission de la loque américaine par les apiculteurs

La connaissance des voies de transmissions de la LA par les apiculteurs conditionne les précautions prises. Quatre modes de transmissions effectivement décrits pour la LA ont été cités : les mouvements ou échanges d'abeilles, le matériel, le miel et la cire. Le détail des réponses citées par les apiculteurs est précisé dans le **Tableau 6**. Une section « autre » était disponible pour cette question. Deux apiculteurs ont déclaré penser que la LA se transmettait par l'air (ce qui n'a jamais été décrit), tandis que 11 apiculteurs ont déclaré considérer que la LA était d'avantage une maladie technique, uniquement due à une mauvaise gestion d'élevage, qu'une maladie contagieuse.

Les deux modes de transmissions majoritairement connus par les apiculteurs sont les mouvements et échanges d'abeilles et de matériel apicole. Il semble que ces voies de transmissions soient effectivement majeures à Tahiti. Ceci illustre une perception cohérente des apiculteurs du risque de contamination par la LA. Cependant trop d'apiculteurs ne connaissent qu'un seul ou aucun mode de contamination (49%).

Tableau 6: Nombre d'apiculteurs ayant cité les modes de transmission de la LA à la question « Quels sont à votre avis les modes de transmission de la LA ? » (n=83)

Mode de transmission	Abeilles	Matériel	Miel	Cire
Nombre d'apiculteurs	49 (59%)	38 (46%)	15 (18%)	14 (17%)

Ainsi la forte proximité entre les ruchers à Tahiti et le grand nombre d'échanges et de déplacements de colonies tout autour de l'île sont autant de facteurs favorisant la transmission de la LA.

3.2.5-Attitude des apiculteurs face à la loque américaine

Perception de la maladie : une disparité entre les apiculteurs installés récemment et les anciens

Les mesures prises par l'apiculteur face à une maladie dépendent de la menace que représente pour lui la maladie. Ainsi 34 apiculteurs ont déclaré que la LA représentait pour leur élevage une menace « majeure », 23 ont répondu « moyenne », 22 ont répondu « mineure » et 4 ont déclaré ne pas savoir

(**Figure 10.a**). Ces réponses réparties de manière assez homogènes montrent une forte hétérogénéité dans la perception de la LA parmi les apiculteurs de Tahiti. Il semble que les apiculteurs considérant la loque comme une menace majeure possèdent en moyenne moins de ruches que les apiculteurs considérant la maladie comme une menace mineure (**Figure 10.b**) : 13.4 ruches contre 55.2 ruches en moyenne (Test de Wilcoxon : $p=1.546e-06$, **Annexe 6.c**).

La fréquence de discussion de la LA avec les autres apiculteurs dépend de la préoccupation de l'apiculteur de la maladie et de son intégration personnelle dans un réseau d'apiculteurs. Ainsi, 59 apiculteurs ont répondu ne « jamais » discuter de la LA avec d'autres apiculteurs, 20 répondent « une fois par an », 4 répondent « une fois par mois ». Ceci montre globalement une faible collaboration des apiculteurs de Tahiti autour de ce problème. De plus il est possible que la LA soit un sujet plus ou moins tabou, et que la peur que son exploitation soit considérée infectée dissuade les apiculteurs de parler de ce sujet. Enfin, ceci pourrait signifier que la LA n'est pas une préoccupation des apiculteurs de Tahiti.

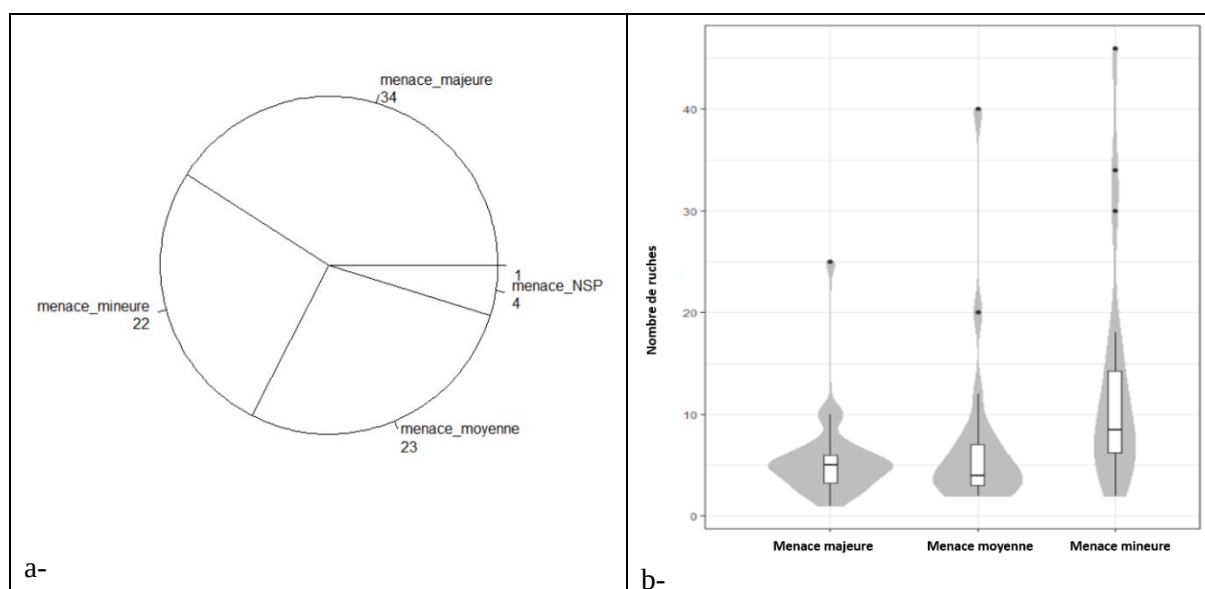


Figure 10 : Evaluation de la menace associée à la LA par les apiculteurs pour leurs ruches

- Répartition des réponses parmi les 83 apiculteurs.
- Nombre de ruches possédées par l'apiculteur parmi les apiculteurs considérant la LA comme une menace majeure, moyenne et mineure.

Démarche en cas de suspicion d'un cas de loque américaine

La réaction des apiculteurs lorsqu'ils observent des symptômes évocateurs de LA détermine la persistance de la maladie dans les ruchers et sa propagation entre les ruchers. Ainsi 32 apiculteurs déclarent qu'ils contacteraient la DBS, 51 déclarent qu'ils brûleraient leur ruche atteinte. Considérant qu'un apiculteur qui aurait contacté la DBS serait amené à brûler sa ruche atteinte, au total 69 apiculteurs (83%) brûleraient leur ruche atteinte s'ils suspectaient un cas de LA (**Tableau 7**). Ce pourcentage semble encourageant cependant il est probable que ces déclarations soient surestimées par l'envie des apiculteurs de donner la réponse attendue par les services vétérinaires. De plus ces réactions ne sont valables que si l'apiculteur est capable de suspecter la LA à partir de ses symptômes caractéristiques.

Tableau 7 : Réponses des apiculteurs à la question « Quelle serait votre réaction si vous suspectiez la LA au sein d'une de vos ruches ? »

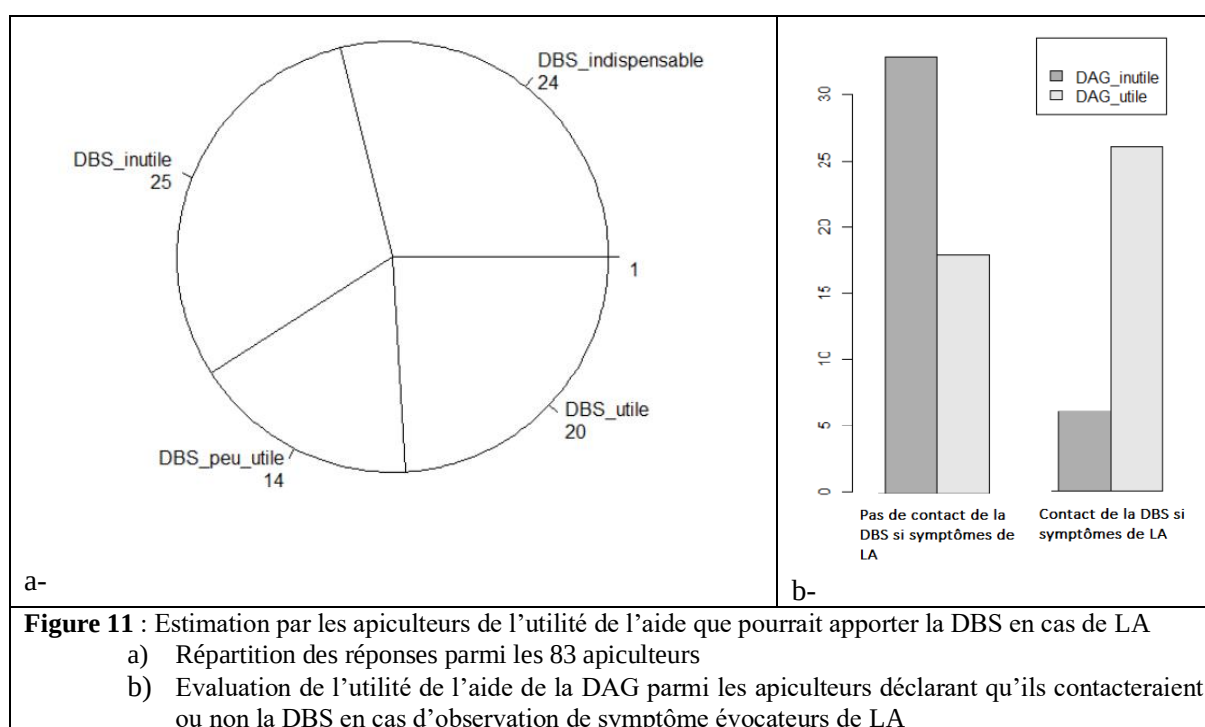
Réaction	Appel à la DBS	Brûler la ruche	Appel apiculteur	Attendre
Nombre d'apiculteurs	32 (39%)	51 (61%)	7 (8%)	8 (10%)

Déclaration des cas de loque américaine à la DBS : un manque d'aide des services vétérinaires perçu

A ce jour l'absence de déclarations de LA à Tahiti, sa détection récente par analyse de laboratoire sur des îles proches et la description de cas cliniques rassemblant les symptômes caractéristiques de la maladie laisse supposer une sous-déclaration de la maladie. Différents freins à la déclaration de la LA ont fait l'objet d'une investigation et sont représentés dans les **Figure 11** et **12**.

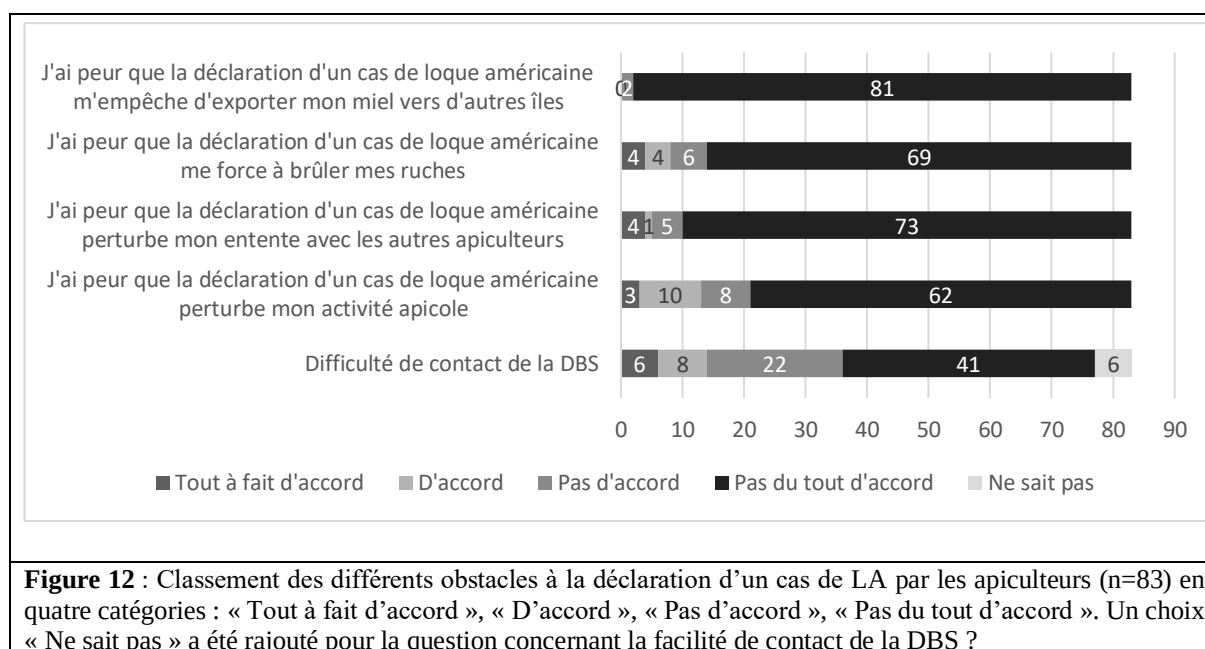
Il semble que l'obligation réglementaire de la déclaration des symptômes évocateurs de LA soit connue par les apiculteurs : 69 apiculteurs ont répondu que cette déclaration était obligatoire, 1 non et 13 apiculteurs ont répondu ne pas savoir. Il est cependant possible que la connaissance de cette obligation soit surestimée par la formulation de la question.

Le suivi régulier par un technicien de la DAG dénote une certaine confiance dans l'administration. De plus ces apiculteurs sont susceptibles d'avoir été informé sur la marche à suivre en cas d'observation de symptômes caractéristiques de LA par le technicien de la DAG. Parmi les 83 éleveurs interrogés, 24 déclarent être régulièrement suivi par un membre de la DAG, soit 29%.



La déclaration d'un cas de LA à la DBS pourrait s'accompagner d'une aide de la DAG à l'apiculteur touché afin de mettre en œuvre s'il le désire les recommandations de la DBS. La perception de l'utilité de cette aide peut influencer la déclaration de l'apiculteur. Ainsi 53% des apiculteurs interrogés considèrent cette aide indispensable ou utile tandis que 47% la considère peu utile ou inutile (**Figure 11.a**). Parmi les apiculteurs considérant l'aide de la DAG utile ou indispensable 59% contacteraient la DBS en cas de suspicion de LA contre 15% parmi ceux considérant l'aide de la DAG peu utile ou inutile (**Figure 11.b**, test de χ^2 : $p=1.1 \times 10^{-5}$, **Annexe 6.b**).

Plusieurs questions ont évalué la crainte des différentes conséquences qu'une déclaration d'un cas de LA à la DBS pourraient avoir (**Figure 12**). La difficulté de contacter la DBS et la peur de voir son activité apicole perturbée à la suite d'une déclaration de LA sont les points les plus souvent considérés problématiques, bien que ceci concerne tout de même une minorité d'apiculteurs (respectivement 14 et 13 apiculteurs). Il est



3.3- Détermination de différents profils d'apiculteurs

Analyse factorielle de données mixtes

L'analyse factorielle de données mixtes (AFDM) a été effectuée en utilisant les 5 premières dimensions, résumant 42.5% de la variabilité de notre échantillon. Les 5 premiers axes représentent 42.5 % de l'inertie totale de notre jeu de données (**Tableau 8**). Cette valeur assez faible est expliquée par le grand nombre de variables et modalités incluent dans l'AFDM. La représentation graphique des individus sur les deux premiers axes est présentée dans la **Figure 13.b**. Le détail des contributions de chacune des variables aux différents axes est présenté en **Tableau 9** et **Annexe 4**.

Tableau 8 : Description des valeurs propres des 5 premiers axes de l'AFDM. Le pourcentage d'inertie correspond au pourcentage de variance de l'échantillon décrit par l'axe.

Dimension	Valeur propre	Pourcentage d'inertie	Pourcentage cumulé d'inertie
Dim.1	4,02	14,88	14,88
Dim.2	2,10	7,77	22,65
Dim.3	1,94	7,19	29,84
Dim.4	1,86	6,88	36,72
Dim.5	1,55	5,75	42,47

L'inertie associée au premier axe est de 14.9%. Il oppose des apiculteurs possédant de nombreuses ruches, en activité depuis plus longtemps, connaissant bien les différents symptômes de la loque américaine, déclarant avoir déjà vu un cas clinique et ayant une production de miel par ruche supérieure de celle des apiculteurs plus novices, possédant moins de ruches (**Figure 14.a**). Les apiculteurs possédant plus de ruches ont aussi tendance à considérer la LA comme une menace mineure pour leur élevage, ce serait plus une maladie résultant d'une mauvaise gestion de la part de l'apiculteur qu'une maladie contagieuse et déclarent que leur réaction face à des symptômes évocateurs de loque américaine serait de brûler les ruches symptomatiques sans contacter la DBS, ils craignent davantage les conséquences d'une déclaration d'un cas de loque américaine à la DBS, tandis que les apiculteurs novices considèrent plutôt la LA comme une menace majeure, considèrent que l'aide de la DAG leur serait utile face à cette maladie et déclarent qu'ils contacterait la DBS s'ils observaient des symptômes de LA. Ces derniers connaissent cependant moins de symptômes de loque américaine et considèrent plus souvent qu'elle est absente de Tahiti et de la Polynésie française.

Tableau 9 : Pourcentage de contribution des variables aux différents axes de l'AFDM. Le pourcentage est écrit en gras lorsqu'il est supérieur au pourcentage moyen attendu sous hypothèse d'indépendance des variables.

Variable	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
annee_activ	7,02	2,01	1,65	9,3	1,53
besoin_dag	4,73	0,4	14,38	5,85	0,43
Declar_difficile	1,36	9,98	5,02	21,55	1,31
declar_obligatoire	1,08	5,35	7,56	11,53	21,55
discuss_ap	0,64	10,22	4,33	11,16	15,83
I_peur_declaration	2,86	3,39	0,76	7,83	1,16
Loque_vue	8,65	1,96	3,99	3,25	2,2
menace	9,81	3,61	4,98	10,48	16,56
n_tot_ruche	9,68	3,4	0,91	2,59	0,03
nbr_sympt	12,61	0,9	0,37	0,05	2,06
nbr_transm	1,06	8,92	0,62	1,25	2,86
present_pf	7,53	1,9	3,2	1,35	7,54
present_tahiti	13,03	18,81	0,26	8,79	0,36
reac_api	1,08	15,43	2,55	0,14	15,51
reac_attendre	0,26	0,53	6,32	2,29	6,05
Reac_brûler	9,12	7,12	1,85	1,23	0,94
Reac_DBS	3,46	0,02	26,36	0,51	2,03
suivi_dag	0,25	3,29	14,2	0,42	0,82
transmiss_technique	5,77	2,77	0,69	0,43	1,22

L'inertie associée au second axe est de 7.8%. Il oppose des apiculteurs plus ou moins entourés dans le milieu apicole : d'une part des apiculteurs suivis par un technicien de la DAG, discutant régulièrement de la LA avec d'autres apiculteurs, d'autre part les apiculteurs non suivis par la DAG et ne discutant jamais de la LA avec d'autres apiculteurs. Les premiers déclarent qu'ils contacteraient préférentiellement un autre apiculteur s'ils observaient des symptômes de LA tandis que les second brûleraient leurs ruches. Ces derniers redoutent également davantage les conséquences d'une déclaration à la DBS et considèrent qu'il est difficile de joindre la DAG.

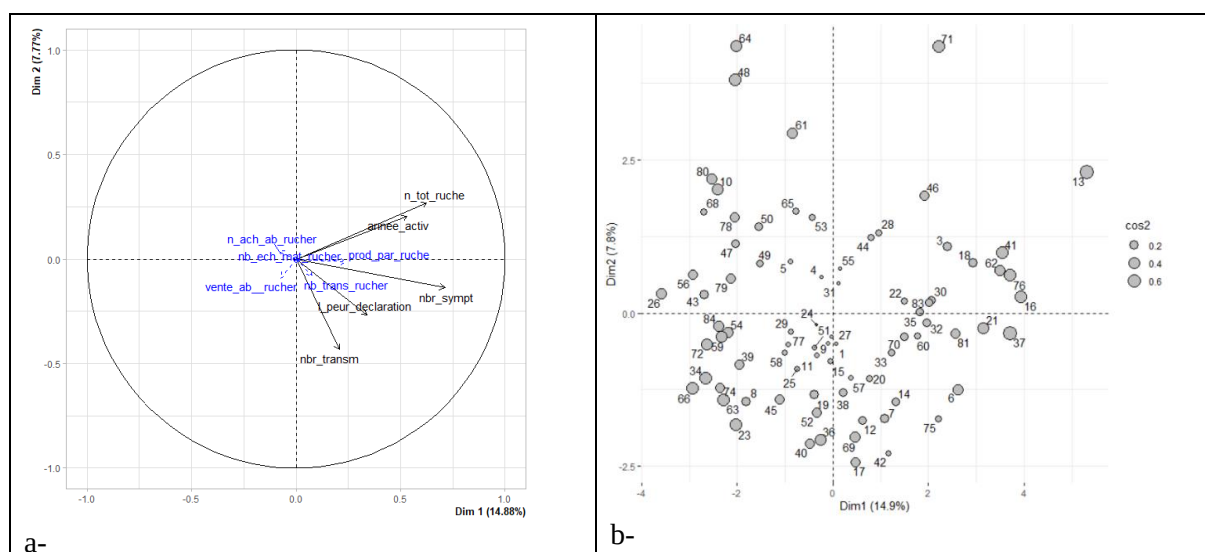
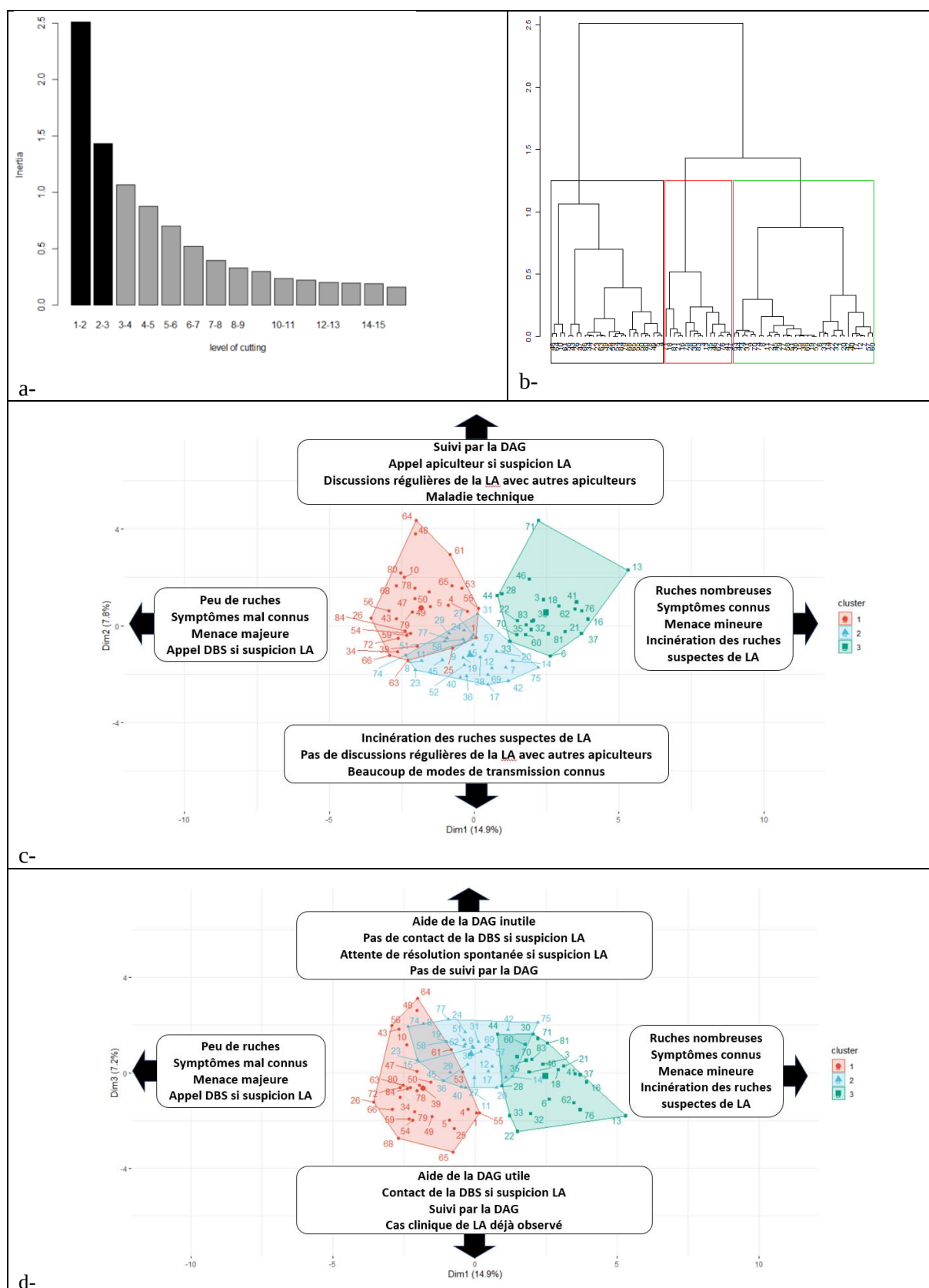


Figure 13 : Représentations graphiques des individus et des variables quantitatives sur les axes 1 et 2.

- a- Cercle de corrélation des variables quantitatives. Les variables supplémentaires sont représentées en bleu.
- b- Graphique des individus. Les individus dont la qualité de représentation est meilleure sur le plan principal sont représentés par des cercles de diamètre supérieur.



L'inertie associée au troisième axe est de 7.2%. Il oppose des apiculteurs plus ou moins confiants par rapports aux services vétérinaires. D'une part des apiculteurs considérant que l'aide de la DAG face à la LA serait utile, ils déclarent qu'ils contacteraient la DBS en cas d'observation de symptômes de LA, ces apiculteurs ont généralement déjà observé un cas de LA. D'autre part des apiculteurs considérant l'aide de la DAG inutile, et qui ne sont pas suivi par la DAG, ne contacteraient pas la DBS en cas de symptômes de LA mais auraient tendance à attendre pour voir l'évolution de la maladie. Ces apiculteurs sont également plus nombreux à ne pas savoir si la déclaration de symptômes évocateurs de LA est obligatoire.

Classification ascendante hiérarchique

La perte d'inertie intergroupe associée au passage des 3 à 2 classe est de 1.5, tandis que celle associée au passage de 4 à 3 classe est de 1 (**Figure 14.a**). On observe un décrochage de la qualité du partitionnement lors du passage de 3 à 2 classes. Le partitionnement de notre échantillon s'est fait en 3 groupes. La répartition des variables qualitatives et quantitatives dans les trois groupes est détaillée dans les **Tableau 11** et **Tableau 10**. La répartition des individus des 3 groupes sur les trois premiers axes principaux est présentée dans les **Figure 14.c** et **15.d**. Le détail de la description des trois groupes par les différents axes issus de l'AFDM est présenté en **Annexe 5**.

Groupe 1 : Des apiculteurs novices faisant confiances aux différents services vétérinaires

Le groupe 1 regroupe 29 apiculteurs (36%). Ces apiculteurs possèdent en moyenne moins de ruches (moy=14.5, moy_globale = 27, $p=0.01$) et sont en activité depuis un plus petit nombre d'années (moy=5.0, moy_globale = 8, $p=0.01$). Ce groupe se caractérise par une faible connaissance globale de la LA, avec un nombre de symptômes caractéristiques de la loque cité inférieur à ceux de l'ensemble des groupes. Plus d'individus du groupe 1 déclarent penser que la LA est absente de Tahiti que ceux des autres groupes (52 % du groupe 1 contre 25% de l'ensemble de la population, $p=6 \times 10^{-5}$), et ne savent pas si elle est présente en Polynésie Française. Ces apiculteurs ont tendance à considérer la LA comme une menace majeure (55% contre 40%, $p=4 \times 10^{-2}$).

Ce groupe se caractérise par une bonne confiance dans les services vétérinaires, ils sont d'avantage suivi par la DAG que les autres apiculteurs (45% contre 30%, $p=3 \times 10^{-2}$), considèrent l'aide de la DBS utile en cas de suspicion de LA (90% contre 50%, $p=3 \times 10^{-7}$) et feraient davantage appel à elle dans ce cas (69% contre 37%, $p=1.7 \times 10^{-5}$), en revanche ils sont moins enclin à déclarer qu'ils brûleraient d'eux même les ruches suspectées et sont également plus nombreux à déclarer qu'ils feraient appel à un autre apiculteur (20% contre 9%, $p=0.008$). Ces apiculteurs représentent donc une tranche de la population faiblement professionnalisée, ayant une faible connaissance de la LA, mais ayant globalement une bonne confiance dans les services vétérinaires. Bien que ces apiculteurs connaissent l'existence de LA, leur faible capacité à associer la maladie à ses symptômes, ajouté au fait qu'ils pensent souvent la maladie absente de Tahiti, rend cette tranche de la population faiblement apte à reconnaître une éventuelle infection de leur rucher.

Groupe 2 : Des petits apiculteurs isolés des autres acteurs de la filière

Le groupe 2 regroupe 28 apiculteurs (35%). Ce groupe compte les apiculteurs possédant le plus petit nombre de ruches (moyenne : 10, moyenne globale 27, $p=0.001$) se caractérise par un certain isolement par rapport aux autres membres de la filière apicole. En effet ce groupe est majoritairement caractérisé par l'axe 2 de l'AFDM (**Annexe 5**). Ces apiculteurs sont moins suivis par la DAG (3.6% contre 30%, $p=6.6 \times 10^{-5}$). Leur réaction face à la loque serait majoritairement de brûler les ruches symptomatiques (82% contre 61%, $p=0.005$), ils sont en revanche moins nombreux que le reste des apiculteurs à faire appel à un autre apiculteur (0% contre 8.8%, $p=0.004$) ou à la BDS (18% contre 37%, $p=0.008$). Ils sont aussi moins nombreux à avoir déjà observé un cas clinique de LA (7% contre 22%, $p=0.01$) et déclarent majoritairement ne pas savoir si la maladie est présente à Tahiti (60% contre 33%, $p=3 \times 10^{-4}$). Ils ont cependant cité un nombre plus important de modes de transmission de la LA que le reste des apiculteurs

(moyenne : 2, moyenne globale 1.6, $p=0.02$). Ces apiculteurs sont également moins nombreux à pratiquer le nourrissage des abeilles (42.9% contre 58%, $p=0.04$).

Les apiculteurs du groupe 2 représente une grande partie des apiculteurs de Tahiti, possédant peu de ruches, qui n'est pas en lien avec les services vétérinaires et ne bénéficient pas de l'appui technique que peut fournir la DAG pour le développement des petits apiculteurs. Ceci peut se traduire par l'ignorance de la présence de la LA sur Tahiti ou par le faible nombre d'apiculteurs pratiquant le nourrissage, qui est une pratique souvent recommandée par les techniciens de la DAG. Le faible nombre d'apiculteurs ayant déjà observé un cas clinique de LA peut traduire le fait que plusieurs de ceux en ayant déjà observé l'avait fait via des formations organisées par la DAG, une incapacité à la reconnaître malgré un nombre de symptômes cités plus grand que parmi le premier groupe, ou une plus faible occurrence de cas parmi ce groupe. Il a déjà été décrit que le rassemblement de nombreuses ruches sur la même zone est un facteur de risque pour la LA. Le faible nombre de ruches possédées par les apiculteurs de ce groupe pourrait constituer un facteur protecteur contre la maladie. De même, ces apiculteurs citaient en moyenne un plus grand nombre de facteurs de transmissions de LA que ceux des autres groupes. Ceci pourrait traduire une meilleure connaissance et observance des mesures de biosécurité de la part de l'apiculteur.

Tableau 10 : Moyennes des variables quantitatives associées à chacun des trois groupes issus de la CAH. Les p-values associées au test de Student comparant les moyennes d'un groupe à la moyenne dans la population totale sont représentée par une * si elle est comprise entre 5% et 1%, par ** si elle est comprise entre 1% et 0.1% et *** si elle est inférieure à 0.1%

	Groupe 1 (n=29)		Groupe 2 (n=28)		Groupe 3 (n=23)		Total (n=80)
	Moyenne	p value	Moyenne	p value	Moyenne	p value	Moyenne
<i>Nombre de ruches</i>	14,55	*	10,39	**	65,39	***	27,71
<i>Années d'activité</i>	5,07	*	6,11		14,09	***	8,03
<i>Nombre de modes des transmission cités</i>	1,07	**	2,00	*	1,78		1,60
<i>Nombre de symptômes cités</i>	0,62	***	1,61		2,30	***	1,45
<i>Nombre de conséquences d'une déclaration de LA craintes par l'apiculteur</i>	0,10	*	0,39		0,52		0,33
<i>Production moyenne de miel par ruche (kg)</i>	8,32		7,61		11,26		8,92
<i>Nombre de colonie et reines achetées divisé par le nombre de ruchers</i>	1,07		0,44		0,12		0,58
<i>Nombre de colonie et reines vendues divisé par le nombre de ruchers</i>	1,89		0,54		1,25		1,23
<i>Nombre de matériel apicole usagé acheté ou vendu divisé par le nombre de ruchers</i>	0,36		0,16		0,38		0,30
<i>Nombre de ruches déplacées divisé par le nombre de ruchers</i>	1,31		0,50		1,99		1,22

Groupe 3 : Des apiculteurs professionnels agissant indépendamment des services vétérinaires

Le groupe 3 regroupe 23 apiculteurs (29%). Ces apiculteurs possèdent en moyenne plus de ruches (moyenne : 65, moyenne globale 27, $p=1 \times 10^{-9}$) et sont en activité depuis plus longtemps. Ce groupe se caractérise par une bonne connaissance de la LA, ils sont ceux citant le plus grand nombre de symptômes caractéristiques de la maladie. Davantage d'apiculteurs du groupe 3 déclarent avoir déjà observé un cas de LA (56% contre 22%, $p=1.5 \times 10^{-5}$) et sont également plus nombreux que dans les autres groupes à penser que la LA est présente en Polynésie française (100% contre 80%, $p=0.003$) et à Tahiti (87% contre 41%, $p=1.5 \times 10^{-7}$). Ils considèrent cette maladie comme une menace mineure pour leur activité (65% contre 28%, $p=5 \times 10^{-6}$) et souvent plus comme une maladie technique, causée par une mauvaise gestion d'élevage, que comme une maladie contagieuse à proprement parler (39% contre 14%, $p=1.4 \times 10^{-4}$). En cas d'observation de symptômes évocateurs de LA les apiculteurs de ce groupe seraient plus nombreux à incinérer les ruches symptomatiques que les autres (91% contre 61%, $p=3 \times 10^{-4}$). L'aide de la DAG dans cette situation leur semble majoritairement inutile (78% contre 47%, $p=5 \times 10^{-4}$). Ce

groupe représente la tranche la plus professionnelle de la profession à Tahiti. Bien que leur production de miel par ruche ne soit pas significativement supérieure à celle des autres groupes (11.2 kg contre 8.9 kg, $p=0.1$), ces apiculteurs produisent la majorité du miel de Tahiti : 86% du miel produit par les 80 apiculteurs inclus dans l'AFDM ont été produits par les apiculteurs du groupe 3.

Tableau 11 : Fréquences des modalités des variables qualitatives associées à chacun des trois groupes issus de la CAH. Les p-values associées au test de Chi² comparant les répartitions des modalités d'un groupe à la répartition dans la population totale sont représentées par une * si elle est comprise entre 5% et 1%, par ** si elle est comprise entre 1% et 0.1% et *** si elle est inférieure à 0.1%

	Groupe 1 (n=29)		Groupe 2 (n=28)		Groupe 3 (n=23)		Total (n=80)
	%	p value	%	p value	%	p value	%
Obligation réglementaire de déclaration de symptômes de LA							
Oui	79,3		85,7		87		83,75
Non	0		3,6		0		1,25
Ne sait pas	20,7		10,7		13		15
Loque présente en PF							
Oui	65,5	**	82,1		100	***	81,25
Non	3,4		0		0		1,25
Ne sait pas	31	*	17,9		0		17,5
Loque présente à Tahiti							
Oui	13,8	***	32,1		87	***	41,25
Non	51,7	***	7,1	**	13		25
Ne sait pas	34,5		60,7	***	0	***	33,75
Appel d'un apiculteur si symptômes de LA							
Oui	20,7	**	0	*	4,3		8,75
Non	79,3	**	100	*	95,7		91,25
Attente d'évolution spontanée si symptômes de LA							
Oui	10,3		10,7		8,7		10
Non	89,7		89,3		91,3		90
Incinération de la ou les ruches si symptômes de LA							
Oui	17,2	***	82,1	**	91,3	***	61,25
Non	82,8	***	17,9	**	8,7	***	38,75
Appel à la DBS si symptômes de LA							
Oui	69	***	17,9	**	21,7		37,5
Non	31	***	82,1	**	78,3		62,5
Menace perçue de la LA pour l'apiculteur							
Majeure	55,2	*	53,6		4,3	***	40
Moyenne	20,7		32,1		30,4		27,5
Mineure	10,3	**	14,3		65,2	***	27,5
Ne sait pas	13,8	*	0		0		5
Maladie perçue plus comme une maladie technique qu'une maladie contagieuse							
Oui	3,4	*	3,6		39,1	***	13,75
Non	96,6	*	96,4		60,9	***	86,25
Suivi régulier du rucher par un technicien de la DAG							
Oui	44,8	*	3,6	***	43,5		30
Non	55,2	*	96,4	***	56,5		70
Utilité de l'aide de la DAG en cas de LA							
Inutile	10,3	***	60,7		78,3	***	47,5
Utile	89,7	***	39,3		21,7	***	52,5
Facilité de Contact de la DBS							
Difficile	10,3		17,9		26,1		17,5
Facile	79,3		78,6		65,2		75
Ne sait pas	10,3		3,6		8,7		7,5
Fréquence de discussion de la LA avec autres apiculteurs							
1 par mois	10,3		0		4,3		5
1 par an	20,7		14,3		34		22,5
Jamais	69		82,1		60,9		71,25
NA	0		3,6		0		1,25
Observation d'un cas clinique de LA							
Non	89,7		92,9	*	43,5	***	77,5
Oui	10,3		7,1	*	56,5	***	22,5
Nourrissage des abeilles							
Oui	69		42,9	*	65,2		58,75
Non	31		57,1	*	34,8		41,25

1- Discussion

L'objectif de cette étude était de faire un état des lieux des connaissances, attitudes et pratiques des apiculteurs concernant la LA ainsi que de fournir plusieurs informations clés pour appréhender l'impact que la maladie pourrait avoir sur le territoire, l'étude a donc porté sur les critères suivants : la répartition spatiale des ruchers, le nombre d'échanges d'abeilles, de cire d'abeilles et de matériel apicole usagé entre les apiculteurs, la production et la commercialisation du miel, les échanges entre Tahiti et les autres îles, ou d'autres pratiques d'élevages comme le déplacement de ruches et le nourrissage avec du miel. La description de groupes d'apiculteurs se différenciant par leurs connaissances de la LA, leurs perceptions de la maladie, et leurs niveaux de confiance dans les services vétérinaires est innovante à Tahiti et pourra constituer une aide à l'orientation des actions des services vétérinaires polynésiens concernant la LA.

Cette étude présente plusieurs limites. Premièrement le recensement des apiculteurs n'est pas exhaustif et une part non négligeable de la population apicole, potentiellement des apiculteurs amateurs, a pu être mise de côté. Le taux de réponse des apiculteurs appelé est de 62%, 35% n'ayant pas décroché lors des deux appels, et 3% ayant refusé de participer à l'enquête. Bien que partiel, cet échantillon reste satisfaisant, incluant des apiculteurs de tous types, possédant d'une seule ruche à 180, ce qui recoupe tout le panel des apiculteurs décrits à Tahiti. Deuxièmement l'écart entre la réaction qu'un apiculteur adopterait en cas d'observation de symptômes évocateurs de LA et celle qu'il déclare rend l'interprétation de cette donnée délicate. De même il est possible que les réponses aux questions évaluant la réticence à la déclaration d'un cas de loque aient été sous-évaluées, par désir de fournir une réponse « correcte ». Ceci expliquerait le faible nombre d'apiculteurs déclarant appréhender une ou plusieurs des possibles conséquences d'une déclaration de LA (15 apiculteurs soit 18%).

Présence de la loque américaine à Tahiti

Lors de notre visite à la demande d'un apiculteur ayant observé une chute rapide de 3 de ses colonies le 18 mars nous avons pu observer des symptômes caractéristiques de LA : couvain mosaïque et larves filantes. Des prélèvements de couvain ont été effectués mais la fermeture des laboratoires d'analyses à cause de la pandémie du Covid-19 n'a pas permis d'avoir à ce jour confirmation du diagnostic. Etant donné les symptômes observés et l'évolution rapide de la maladie, détruisant totalement une colonie en 15 jours, la suspicion de LA est forte. De plus 17 apiculteurs (20% des apiculteurs interrogés) ont déclaré avoir déjà observé un cas clinique de LA entre 2010 et 2020, dont 15 entre 2015 et 2019 (18% des apiculteurs interrogés). Le nombre d'apiculteurs déclarant avoir observé un cas clinique de LA est plus important parmi les apiculteurs anciens, ayant une bonne connaissance de la LA et capables d'associer la maladie à ses symptômes caractéristiques. Ceci crédibilise la déclaration des apiculteurs ayant observé la maladie. On peut également suspecter que le faible nombre d'apiculteurs novices ayant déclaré avoir déjà observé un cas clinique de LA soit dû à leur incapacité à en reconnaître les symptômes. Par ailleurs 41% des apiculteurs interrogés considèrent que la maladie est actuellement présente sur le territoire. Malgré le faible nombre de cas de LA recensés par les services vétérinaires, ces informations sont en faveur d'une circulation active de LA sur le territoire. De plus la production de miel est faible (8.9 kg de miel par ruche en moyenne) même au sein des élevages les plus professionnels. Ceci pourrait être dû à un mauvais état sanitaire des ruchers de Tahiti, et possiblement à une atteinte importante de ceux-ci par la LA. Plus d'informations seraient cependant nécessaires pour conclure. Néanmoins les apiculteurs interrogés déclarent peu discuter de la LA avec d'autres apiculteurs (71% des apiculteurs n'en discutent jamais), ceci pourrait indiquer que la maladie n'est actuellement pas une préoccupation majeure des apiculteurs de Tahiti. Il est également possible que ceci soit dû à un faible contact entre les apiculteurs en général ou à une appréhension d'aborder ce sujet en particulier.

Transmission entre élevages

La transmission de la LA entre les ruchers peut se faire de proche en proche par mouvement des abeilles, pillage ou essaimage, et par l'activité de l'apiculteur par échange d'abeilles, de cire, ou de petit matériel apicole usagé. Le miel peut également être vecteur de spores, nous n'avons cependant pas décrit d'échange de miel entre les apiculteurs. Bien que 23 apiculteurs interrogés nourrissent leurs abeilles avec du miel, celui-ci provient de leurs ruches et ne concourt qu'à la transmission intra-rucher de la maladie. La transmission de la maladie par consommation de miel contaminé par des abeilles dans des décharges ou poubelles est cependant possible, la concentration des ruchers dans les deux zones urbaines de Tahiti pourrait favoriser ce mode de transmission.

Le commerce de colonies d'abeilles entre les apiculteurs représente l'échange le plus important décrit. Le nombre de colonies achetées ou vendues par rucher et par apiculteur n'est pas différent entre les trois groupes d'apiculteurs, tout comme le nombre de matériels échangés ou le nombre de ruches déplacées. Il semble que la vente de colonies d'abeilles se fasse en grande partie par des apiculteurs ayant moins de 20 ruches, moins expérimenté, et moins capable de reconnaître un cas de LA. Ceci majore le risque de diffusion de maladies entre les apiculteurs. De plus la diffusion de colonies d'abeilles par des apiculteurs novices est plutôt indicatrice d'un manque de travail de sélection d'abeilles. Plus d'informations concernant ces élevages seraient cependant nécessaires pour conclure. On remarque de plus que le nombre de colonies vendues est supérieur au nombre de colonies achetées dans les trois groupes interrogés. La quasi-totalité des échanges d'abeilles se faisant entre apiculteurs de Tahiti, cette information illustre la non-exhaustivité des informations recueillies dans ce domaine. On peut supposer une sous-déclaration des achats dans la population interrogée ou un grand nombre d'achat par rapport au nombre de vente dans la population qui n'a pas pu être interrogée. Quoi qu'il en soit un suivi des échanges d'abeilles et une orientation vers la professionnalisation des diffuseurs d'abeilles seraient des leviers concourant à la gestion du risque de diffusion de la LA à Tahiti.

La localisation des ruchers situés à moins d'un kilomètre de chacun des ruchers est une information utile pour établir un plan d'action en réponse à la détection d'un cas de LA. La probabilité de transmission de la maladie d'un rucher à un autre décroît avec l'augmentation de la distance les séparant (Datta *et al.* 2013). D'autres données comme le dénivelé, la végétation ou l'orientation du vent dominant sont également des données d'intérêt non documentées ici. Le manque de surface de terrain exploitable pour l'apiculture à Tahiti pousse à la concentration des ruchers. Sur les 150 km² habitables, la densité moyenne de ruchers est de 1.47 ruchers par kilomètre carré. En comparaison la densité décrite en Suisse, où la LA s'était rapidement propagée, était de 0.56 ruchers par kilomètre carré (von Büren *et al.* 2019). Les deux zones de grandes densités repérées sont les zones situées à proximité de Papeete et Afaahiti. Ces deux zones devraient faire l'objet d'une attention particulière dans la surveillance de la LA étant donné le risque de diffusion rapide de la maladie au sein de ces deux zones.

Détection des cas de loque américaine

Actuellement la surveillance de la LA à Tahiti se base sur la reconnaissance des cas par les apiculteurs. Une grande disparité de connaissance des symptômes caractéristiques de la maladie apparaît entre les éleveurs les plus professionnels, et les apiculteurs novices. En effet bien que les apiculteurs du groupe 1 soient régulièrement suivis par des techniciens de la DAG, et déclarent qu'ils contacteraient la DBS en cas de symptômes évocateurs de LA, ils sont les apiculteurs les moins aptes à détecter reconnaître un cas clinique de LA, et de surcroît ne savent souvent pas que la maladie est présente sur le territoire. Ceci montre la nécessité de former d'avantage cette tranche de la population apicole. Etant donné que la tranche de la population citant le plus grand nombre de symptômes de LA est aussi celle déclarant le plus avoir déjà observé un cas clinique de la maladie, il est possible qu'observer un cas permette à l'apiculteur de mieux mémoriser les symptômes caractéristiques de la maladie. Ceci pourrait orienter la formation dispensée par la DAG.

En parallèle, les apiculteurs du groupe 3, les plus capables de reconnaître un cas de LA, déclarent en général qu'ils ne contacteraient pas la DBS s'ils suspectaient la maladie. La principale raison de non-déclaration dans le groupe 3 est l'inutilité perçue de l'aide que pourrait leur fournir les services vétérinaires en réponse à cette déclaration. Le manque de déclaration des cas ne permet pas d'avoir une idée précise de la prévalence de la LA à Tahiti et d'accompagner les apiculteurs dans la gestion des cas de la maladie. Ainsi il semble nécessaire de proposer un dédommagement des apiculteurs pour l'incinération de leurs ruches, ce qui n'est à ce jour pas le cas en Polynésie française.

La détection précoce des cas de LA est un facteur clé dans la lutte contre cette maladie (Grady *et al.* 2016). La difficulté de reconnaître cliniquement un cas de LA, l'hétérogénéité des connaissances des apiculteurs de Tahiti à ce sujet, et le manque de volonté de déclaration des cas par une part importante de la population sont des arguments en faveur de la mise en place d'une surveillance programmée de la LA à Tahiti.

Gestion des cas de loque américaine

La majorité des apiculteurs interrogés déclarent qu'ils brûleraient les ruches atteintes s'ils observaient des symptômes caractéristiques de LA (61%) et 24 % contacteraient la DBS sans brûler d'eux-mêmes les ruches symptomatiques. Les services vétérinaires devraient alors conseiller de brûler les ruches atteintes. Ainsi au moins 15% des cas cliniques de LA reconnus par les apiculteurs resteraient non gérés. Il est cependant probable que ce pourcentage soit sous-estimé par l'envie des apiculteurs interrogés de donner la réponse qu'ils savent attendue des services vétérinaires.

L'incinération précoce des ruches présentant des signes cliniques de LA est aujourd'hui la mesure principalement conseillée contre la LA (Locke *et al.* 2019). A ce jour aucun dédommagement financier n'est prévu en Polynésie française pour les apiculteurs atteints de LA et amenés à brûler leurs ruches contrairement à ce qui est prévu en métropole (Dehaumont 2018). De même, aucun protocole sanitaire n'est défini en cas de déclaration de foyer d'un cas de LA. La DAG conseille aux apiculteurs de procéder à l'incinération systématique des ruches atteintes, sans transvasement, mais aucun fond n'est dégagé pour la mise en œuvre de ces mesures.

L'incinération des ruches symptomatiques est une mesure nécessaire mais la gestion d'un cas de LA doit également prendre en compte la surveillance rapprochée des ruches asymptomatiques du rucher, la mise en quarantaine du rucher et la gestion du miel et de la cire d'abeille produite (Franco 2013). Les ruchers situés à proximité du rucher infecté et ceux ayant potentiellement échangés des abeilles ou du matériels contaminés avec le rucher infecté devraient également faire l'objet d'une investigation. Ceci nécessite l'accompagnement des apiculteurs par les services vétérinaires, d'où la nécessité de mettre en avant l'utilité des services vétérinaires pour l'apiculteur afin de favoriser la déclaration des cas de LA.

Conclusion

Cette étude avait pour but de répondre à plusieurs questions : i) quantifier les différentes voies de circulation de la LA entre les ruchers, ii) évaluer la capacité des éleveurs à reconnaître un cas de LA, iii) déterminer les freins à la déclaration des cas, et iv) évaluer la réaction qu'ils auraient s'ils étaient confrontés à une infection symptomatique de leur rucher. Le questionnaire réalisé auprès de 84 apiculteurs de Tahiti a permis de mettre en avant plusieurs éléments de réponse. La forte densité de ruchers, notamment autour de Papeete et Afaahiti ainsi que le grand nombre d'échanges de colonies entre les apiculteurs sont des facteurs majeurs de risque de propagation de loque américaine sur le territoire. La capacité de reconnaissance de la loque américaine semble très hétérogène dans la population : les apiculteurs possédant un grand nombre de ruches étant plus à même d'associer la maladie à ses symptômes caractéristiques, alors qu'une grande part de la population apicole, possédant

un petit nombre de ruches, montre une faible connaissance de la maladie. Ceci pose un premier problème pour la détection et la gestion des cas de loque américaine à Tahiti. Les apiculteurs les plus novices sont ceux présentant le meilleur niveau de confiance dans les services vétérinaires et feraient appel à eux s'ils venaient à suspecter un cas de loque américaine au sein de leurs ruchers. Par contraste les apiculteurs plus anciens, et parmi eux les apiculteurs possédant un grand nombre de ruchers, déclarent qu'ils ne contacteraient pas les services vétérinaires dans ce cas, dont l'aide leur apparaît inutile. Si les apiculteurs novices se tourneraient vers les services vétérinaires devant un cas de loque américaine, à supposer qu'ils en reconnaissent les symptômes, les apiculteurs plus anciens quant à eux déclarent qu'ils brûleraient d'eux mêmes les ruches symptomatiques. Au total 85% des cas cliniques de loque américaine détectés par les apiculteurs seraient gérés, soit par les services vétérinaires, soit directement par l'apiculteur. Il est cependant probable que ce nombre soit largement surestimé par l'envie des apiculteurs de donner une réponse correcte lors du questionnaire. De plus, aucun protocole sanitaire n'étant défini pour la loque américaine, les services vétérinaires ne peuvent que se limiter à conseiller les apiculteurs, l'incinération restant à leur bon vouloir. Ce travail est le premier de ce type en Polynésie française et sera un appui aux différents services vétérinaires pour orienter leurs actions auprès des apiculteurs, en tenant compte des enjeux spécifiques aux différents types d'apiculteurs.

Remerciements

Je souhaite remercier M. Christophe Giraud, M. Maurice Wong, M. Victor Tom Sing Vien, M. Bruno Schmit, M. André Tetuira, Mme Eliane Garganta, Mme Marie Rose Chaussoy ainsi que l'ensemble de l'équipe de la cellule Recherche et Innovation pour leur chaleureux accueil et pour m'avoir permis d'effectuer ce stage. Je souhaite également remercier M. Timothé Vergne, M. Mattias Delpont, M. Jean Charles Sicard, M. Xavier Juanes, M. Stéphane Bertagnoli, M. David Chavernac et M. Fabien Corbière pour l'aide précieuse qu'ils ont fournie durant ce stage.

Bibliographie

- Ajzen, Icek. 1985. From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior . In *Action Control: From Cognition to Behavior*, édité par Julius Kuhl et Jürgen Beckmann, 11-39. SSSP Springer Series in Social Psychology. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Allain, Eric. 2015. La production française de miel et de gelée royale en France en 2014. *France AgriMer*.
- Andrade, Vicente Daniel Moreno, José Luis Hernández Flores, Miguel Angel Ramos López, Andrés Cruz Hernández, Sergio Romero Gómez, Rosa Paulina Medina Calvillo, Ana Gabriel Estrada Martínez, et al. 2019. Evaluation of the Presence of *Paenibacillus* Larvae in Commercial Bee Pollen Using PCR Amplification of the Gene for TRNACys . *Brazilian Journal of Microbiology* 50 (2): 471-80.
- Büren, Raphael S. von, Bernadette Oehen, Nikolaus J. Kuhn, et Silvio Erler. 2019. High-Resolution Maps of Swiss Apiaries and Their Applicability to Study Spatial Distribution of Bacterial Honey Bee Brood Diseases . *PeerJ* 7 (janvier): e6393
- Datta, Samik, James C. Bull, Giles E. Budge, et Matt J. Keeling. 2013. Modelling the Spread of American Foulbrood in Honeybees . *Journal of The Royal Society Interface* 10 (88): 20130650.
- Dehaumont, Patrick. 2018. Méthode de référence pour l'estimation du montant de l'indemnisation à verser lors de la destruction d'abeilles, de matériels, de denrées et/ou de produits sur ordre de l'administration .
- Delaplane, Keith S, Jozef van der Steen, et Ernesto Guzman-Novoa. 2013. Standard Methods for Estimating Strength Parameters of *Apis Mellifera* Colonies . *Journal of Apicultural Research* 52 (1).
- Fernández, N.J., Natalia Damiani, E.A. Podaza, et JF. Martucci. 2019. *Laurus Nobilis* L. Extracts against *Paenibacillus* Larvae: Antimicrobial Activity, Antioxidant Capacity, Hygienic Behavior and Colony Strength Elsevier Enhanced Reader . 2019.
- Fert, Gilles, et Antonio Gómez Pajuelo. 2012. Audit de l'apiculture en Polynésie française .
- Forfert, Nadège, Myrsini E. Natsopoulou, Eva Frey, Peter Rosenkranz, Robert J. Paxton, et Robin F. A. Moritz. 2015. Parasites and Pathogens of the Honeybee (*Apis Mellifera*) and Their Influence on Inter-Colonial Transmission . Édité par Olav Rueppell. *PLOS ONE* 10 (10): e0140337.
- Forsgren, Eva, et Ane T. Laugen. 2014. Prognostic Value of Using Bee and Hive Debris Samples for the Detection of American Foulbrood Disease in Honey Bee Colonies . *Apidologie* 45 (1): 10-20.
- Franco, Stéphanie. 2013. Réponse à la saisine n° 2012-SA-0267 et saisine liée n° 2013-SA-0087 de la DGAl Sous direction de la santé et de la protection animale Bureau de la santé animale relatives aux mesures de lutte contre la loque américaine et la loque européenne .
- Fries, Ingemar, et Scott Camazine. 2001. Implications of Horizontal and Vertical Pathogen Transmission for Honey Bee Epidemiology . *Apidologie* 32 (3): 199-214.
- Fries, Ingemar, Anders Lindström, et Seppo Korpela. 2006. Vertical transmission of American foulbrood (*Paenibacillus* larvae) in honey bees (*Apis mellifera*) . *Veterinary microbiology* 114 (juin): 269-74.
- Genersch, Elke. 2008. *Paenibacillus* larvae and American Foulbrood – long since known and still surprising . *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2010. American Foulbrood in Honeybees and Its Causative Agent, *Paenibacillus* Larvae . *Journal of Invertebrate Pathology* 103 Suppl 1 (janvier): S10-19.
- Gillard, M., J. D. Charriere, et L. Belloy. 2008. Distribution of *Paenibacillus* Larvae Spores inside Honey Bee Colonies and Its Relevance for Diagnosis . *Journal of Invertebrate Pathology* 99 (1): 92-95.
- Goodwin, R. M., J. H. Perry, et H. M. Haine. 1996. A Study on the Presence of *Bacillus* Larvae Spores Carried by Adult Honey Bees to Identify Colonies with Clinical Symptoms of American Foulbrood Disease . *Journal of Apicultural Research* 35 (3-4): 118-20.

- Goodwin, R. Mark, Joanne H. Perry, et Anton Ten Houten. 1994. The effect of drifting honey bees on the spread of American foulbrood infections. *Journal of Apicultural Research* 33 (4): 209-12.
- Grady, Elliot Nicholas, Jacqueline MacDonald, Linda Liu, Alex Richman, et Ze-Chun Yuan. 2016. Current knowledge and perspectives of *Paenibacillus*: a review . *Microbial Cell Factories* 15 (1): 203.
- Greliche, Agnes, et Loïc Nivelle. 2012. Recensement général de l'agriculture en Polynésie française .
- Hansen, H., et Camilla J. Brødsgaard. 2015. American foulbrood: a review of its biology, diagnosis and control: Bee World: Vol 80, No 1 . 2015.
- Hasemann, L. 1961. How long can spores of American foulbrood live? *Am Bee J* 101, 1961.
- Jatulan, Eduardo O., Jomar F. Rabajante, Charina Gracia B. Banaay, Alejandro C. Fajardo, et Editha C. Jose. 2015. A Mathematical Model of Intra-Colony Spread of American Foulbrood in European Honeybees (*Apis Mellifera* L.) . Édité par Wulfila Gronenberg. *PLOS ONE* 10 (12): e0143805.
- Krška, Daniel, Ravikiran Ravulapalli, Robert J. Fieldhouse, Miguel R. Lugo, et A. Rod Merrill. 2015. C3larvin Toxin, an ADP-Ribosyltransferase from *Paenibacillus* Larvae . *The Journal of Biological Chemistry* 290 (3): 1639-53.
- Lê, Sébastien, Julie Josse, et François Husson. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis . *Journal of Statistical Software* 25 (1): 1-18.
- Lindström, Anders, et Ingemar Fries. 2005. Sampling of adult bees for detection of American foulbrood (*Paenibacillus* larvae subsp. Larvae) spores in honey bees (*Apis mellifera*) colonies . *Journal of Apicultural Research* 44 (janvier): 82-86.
- Locke, Barbara, Matthew Low, et Eva Forsgren. 2019. An Integrated Management Strategy to Prevent Outbreaks and Eliminate Infection Pressure of American Foulbrood Disease in a Commercial Beekeeping Operation | Elsevier Enhanced Reader . 2019.
- Marvin Djukic , Elzbieta Brzuszkiewicz , Anne Fünfhaus, Jörn Voss, Kathleen Gollnow, Lena Poppinga, Heiko Liesegang, Eva Garcia-Gonzalez, Elke Genersch , et Rolf Daniel. 2014. How to Kill the Honey Bee Larva: Genomic Potential and Virulence Mechanisms of *Paenibacillus* larvae . 2014.
- Morrissey, Barbara J., Thorunn Helgason, Lena Poppinga, Anne Fünfhaus, Elke Genersch, et Giles E. Budge. 2015. Biogeography of *Paenibacillus* Larvae, the Causative agent of American Foulbrood, Using a New Multilocussequence Typing Scheme . *Environmental Microbiology* 17 (4): 1414-24.
- Mortureux, Marc. 2011. AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au risque d'introduction de loque américaine par la cire gaufrée en Polynésie française.
- Nordström, S., Eva Forsgren, et I. Fries. 2002. Comparative diagnosis of American foulbrood using samples of adult honey bees and honey 46 (novembre): 5-12.
- OIE. 2011. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2011 , 719-32.
- Oliveira, A, M Leite, LD Kluskens, SB Santos, LDR Melo, et J Azeredo. 2015. The First *Paenibacillus* larvae Bacteriophage Endolysin (PlyPl23) with High Potential to Control American Foulbrood . 2015.
- Pagès, J. 2004. Analyse factorielle de données mixtes . *Revue de statistique appliquée* 52 (4): 93-111.
- Reynaldi, Francisco, Graciela Albo, et Adriana Alippi. 2008. Effectiveness of tilmicosin against *Paenibacillus* larvae, the causal agent of American Foulbrood disease of honeybees . *Veterinary microbiology* 132 (juin): 119-28.
- Ryba, Stepan, Dalibor Titera, Marcela Haklova, et Pavel Stopka. 2009. A PCR Method of Detecting American Foulbrood (*Paenibacillus* Larvae) in Winter Beehive Wax Debris . *Veterinary Microbiology* 139 (1-2): 193-96.
- Stephan, Jörg G., Joachim R. de Miranda, et Eva Forsgren. 2020. American Foulbrood in a Honeybee Colony: Spore-Symptom Relationship and Feedbacks . *BMC Ecology* 20 (1): 15.

- Tsourkas, Philippos K. 2020. Paenibacillus Larvae Bacteriophages: Obscure Past, Promising Future . *Microbial Genomics* 6 (2).
- Wilson-Rich, Noah, Marla Spivak, Nina H. Fefferman, et Philip T. Starks. 2009. Genetic, Individual, and Group Facilitation of Disease Resistance in Insect Societies . *Annual Review of Entomology* 54: 405-23

Annexes

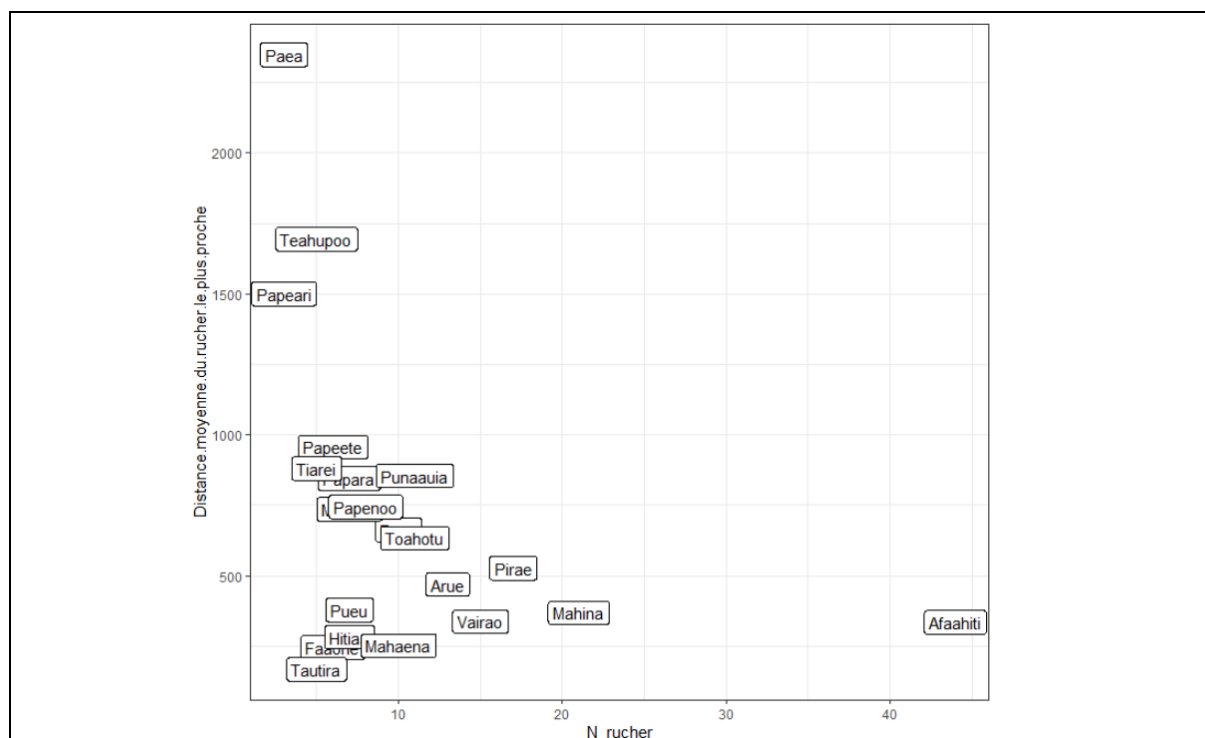
Annexe 1 : Nombre de ruchers géolocalisés par commune

Commune	Ruchers	Commune	Ruchers
Afaahiti	44	Mataiea	7
Mahina	21	Papara	7
Pirae	17	Pueu	7
Vairao	15	Faaone	6
Arue	13	Papeete	6
Punaauia	11	Tautira	5
Toahotu	11	Teahupoo	5
Faaa	10	Tiarei	5
Mahaena	10	Paea	3
Papenoo	8	Papeari	3
Hitiaa	7		

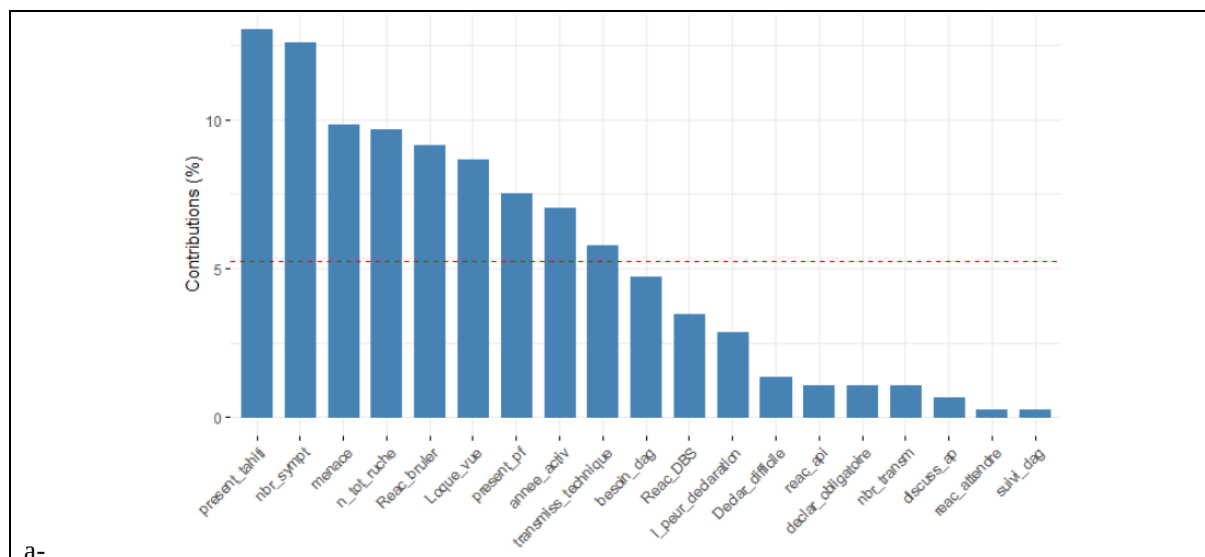
Annexe 2 : Distance moyenne du rucher le plus proche par commune

Commune	Distance moyenne du rucher le plus proche (m)
Afaahiti	334
Arue	468
Faaa	662
Faaone	246
Hitiaa	281
Mahaena	251
Mahina	368
Mataiea	735
Paea	2349
Papara	844
Papeari	1500
Papeete	956
Papenoo	744
Pirae	526
Pueu	378
Punaauia	854
Tautira	167
Teahupoo	1694

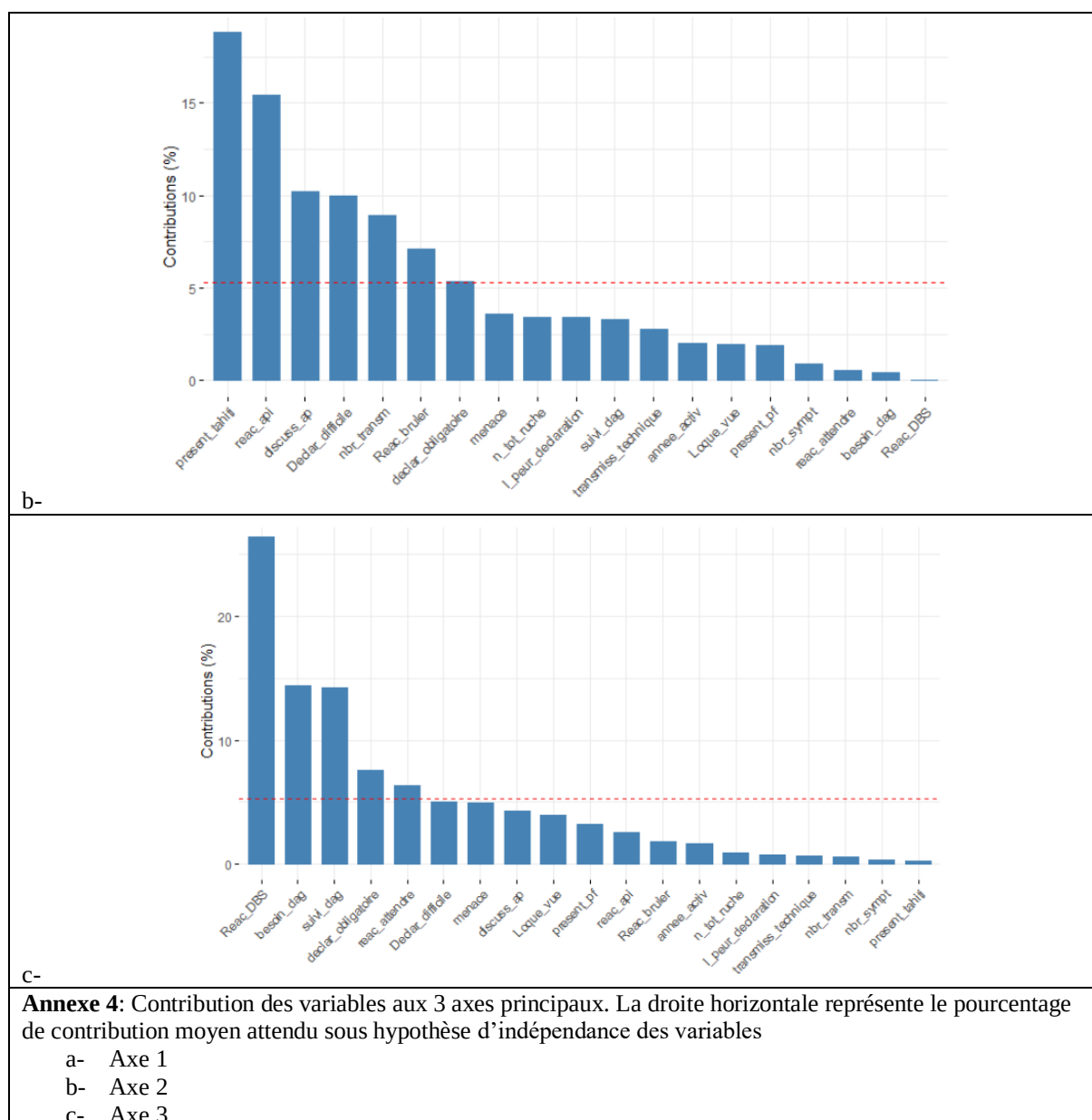
Tiareï	880
Toahotu	633
Vairao	337



Annexe 3 : Distance moyenne du rucher le plus proche par commune en fonction du nombre de ruchers localisés dans la commune. La faible distance séparant les ruchers de communes très peu peuplées en ruchers semble indiquer une tendance à l'agglutination des apiculteurs autour des mêmes zones.



a-



Annexe 5: Description des 3 groupes construits par CAH par les différents axes issus de l'AFDM

Groupe	Axe	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Groupe 1	Dim.2	3.453225	0.7462041	0	1.421562	1.448305	0.00055393
	Dim.3	-3.104995	-0.6454255	0	1.568256	1.393197	0.00190282
	Dim.1	-6.134442	-1.834703	0	0.9564182	2.004555	0
Groupe 2	Dim.3	3.66553	0.7829943	0	0.8835686	1.393197	0.00024683
	Dim.2	-5.474031	-1.21556	0	0.7116198	1.448305	4,00E-08
Groupe 3	Dim.1	6.998238	2.484659	0	1.077395	2.004555	0
	Dim.2	2.100998	0.5389466	0	1.157633	1.448305	0.03564114

Annexe 6 : Détails des tests statistiques univariés

- a- Nombre d'apiculteurs ayant cité au moins deux symptômes caractéristiques de LA parmi ceux déclarant en avoir déjà observé ou non

Tableau croisé comparant le nombre d'apiculteurs déclarants avoir observé un cas de LA et le nombre d'apiculteurs ayant cités au moins deux symptômes caractéristiques de la maladie.

	Au moins 2 symptômes cités	Moins de 2 symptômes cités	Total
Loque observée	3	15	18
Loque non observée	39	26	65
<i>Total</i>	42	41	83

Tableau d'effectifs théoriques. Tous les effectifs théoriques sont supérieurs à 5. Les conditions d'application du test de Chi² sont respectées.

	Au moins 2 symptômes cités	Moins de 2 symptômes cités	Total
Loque observée	9	9	18
Loque non observée	33	32	65
<i>Total</i>	42	41	83

H0 : Les proportions d'apiculteurs déclarant avoir observé un cas de LA sont égales parmi ceux citant au moins deux symptômes caractéristiques de LA et les autres.

H1 : Ces deux proportions diffèrent.

On rejette H0 au seuil de risque $\alpha=5\%$. Les proportions d'apiculteurs déclarant avoir observé un cas de LA parmi ceux citant au moins deux symptômes caractéristiques de LA et les autres diffèrent au seuil de risque $\alpha = 0.00281$.

b- Nombre d'apiculteurs déclarant qu'ils contacteraient la DBS s'ils observaient des symptômes caractéristiques de LA parmi ceux considérant l'aide de la DAG utile ou inutile

Tableau croisé comparant le nombre d'apiculteurs déclarants qu'ils contacteraient la DBS en cas d'observation de symptômes caractéristiques de LA et ceux considérant l'aide de la DBS utile (indispensable ou utile) et inutile (inutile ou peu utile).

	Contact de la DBS	Pas de contact de la DBS	Total
DAG utile	33	6	39
DAG inutile	18	26	44
<i>Total</i>	51	32	83

Tableau d'effectifs théoriques. Tous les effectifs théoriques sont supérieurs à 5. Les conditions d'application du test de Chi² sont respectées

	Contact de la DBS	Pas de contact de la DBS	Total
DAG utile	24	15	39
DAG inutile	27	17	44
<i>Total</i>	51	32	83

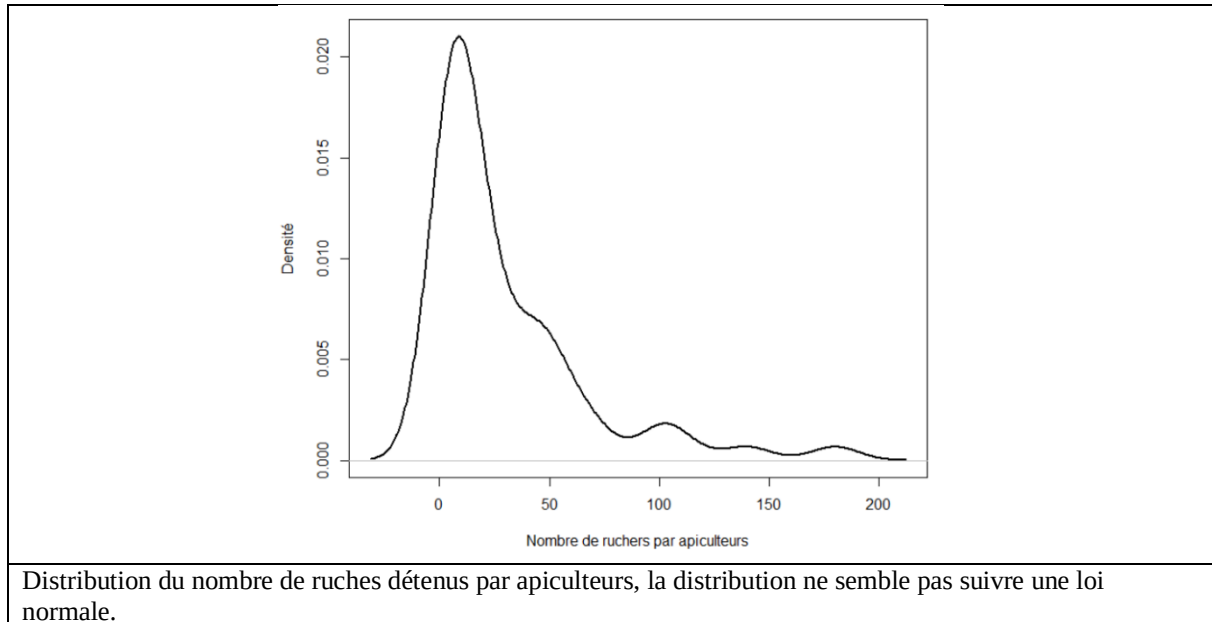
H0 : Les proportions d'apiculteurs contactant la DBS sont égales parmi ceux considérant l'aide de la DAG utile ou non.

H1 : Ces deux proportions diffèrent.

On rejette H0 au seuil de risque $\alpha=5\%$. Les proportions d'apiculteurs contactant la DBS parmi ceux considérant l'aide de la DAG utile ou non diffèrent au seuil de risque $\alpha = 0.0001147$.

c- Comparaison du nombre de ruches possédés par les apiculteurs considérant la LA comme une menace mineure ou majeure

Le nombre de ruches moyen parmi les apiculteurs considérant la LA comme une menace majeure est de 13.4 (sd=15.6, med=7.5, n=34) contre 55.2 pour les apiculteurs considérant la maladie comme une menace mineure (sd=45, med= 45.5, n=22).



Les variances des deux groupes ne sont pas égales, de plus la distribution du nombre de ruchers possédés par apiculteurs n'est pas normale. Nous effectuons un test de rang de Wilcoxon.

H0 : les distributions du nombre de ruches dans les 2 groupes sont semblables

H1 : les distributions du nombre de ruches dans les 2 groupes diffèrent

On rejette H0 au seuil de risque $\alpha=5\%$. Les distributions diffèrent significativement entre les 2 groupes au seuil de risque $\alpha= 1.546e-06$.

Mots clés

Loque américaine
Polynésie française
Epidémiologie
Apiculture
Etude KAP

Résumé

La loque américaine est une maladie sévère affectant l'abeille mellifère. Bien que sa présence sur l'île de Tahiti soit avérée depuis les années 2000, le manque de données concernant sa circulation rend nécessaire de dresser un tableau des voies de circulations potentielles de la maladie sur le territoire ainsi que de la capacité des apiculteurs à reconnaître ses symptômes et à agir afin de limiter sa propagation. Le niveau de connaissances de la loque américaine, les pratiques favorisant sa propagation et la réponse des apiculteurs de Tahiti face à la maladie ont été évaluées à l'aide d'un questionnaire téléphonique effectué auprès de quatre-vingt-quatre apiculteurs. Une analyse factorielle de données mixtes (AFDM) et une classification ascendante hiérarchique (CAH) ont identifié trois groupes d'apiculteurs : le premier groupe, constitué des apiculteurs les plus novices est caractérisé par une faible connaissance de la maladie et par la confiance dans les services vétérinaires. Le second groupe regroupe les apiculteurs possédant le moins de ruches, ils ont une connaissance limitée de la maladie mais sont peu enclins à faire appels aux services vétérinaires. Les apiculteurs du troisième groupe possèdent plus de ruches, connaissent mieux la maladie et brûleraient les ruches atteintes s'ils observaient des symptômes évocateurs, mais ne contacteraient pas les services vétérinaires dont ils jugent l'aide inutile. La vente d'abeilles est courante au sein de ces trois groupes (1.23 ventes par rucher en 2019), ceci constitue un risque de transmission de loque américaine entre les ruchers. De plus l'analyse des données GPS des ruchers de Tahiti montre une forte densité de ruchers concentrés sur la zone habitable de l'île (1.5 ruchers par km²), notamment autour de Papeete (capitale de la Polynésie française) et Afaahiti. Une meilleure connaissance de la population apicole de Tahiti pourra permettre aux différents services vétérinaires d'adapter au mieux leurs interventions auprès des apiculteurs dans le but d'optimiser la gestion de la maladie.

Key words

American
foulbrood
French polynesia
Epidemiology
HoneyBee
KAP study

Abstract

American foulbrood is a severe disease affecting the honey bee. Although its presence on the island of Tahiti has been proven since the 2000s, the lack of data concerning its circulation makes it necessary to describe the potential circulation routes of American foulbrood in Tahiti as well as the capacity of beekeepers to recognize the symptoms of the disease and to act to limit its spread. The level of knowledge of American foulbrood, the practices favoring its spread and the attitude of beekeepers in Tahiti towards the disease were assessed via a phone survey carried out with 84 beekeepers. Factorial analysis of mixed data (FAMD) and hierarchical clustering analysis (HCA) identified three groups of beekeepers: the first group was characterized by novice beekeepers, a low knowledge of the disease and a good confidence in veterinary services. The second group includes beekeepers with the fewest hives, they have limited knowledge of the disease but are not likely to call on veterinary services. The third group was characterized by beekeepers who own numerous hives, good knowledge of the disease, they would burn the hives if they observed any suggestive symptoms, but would not contact the veterinary services which they considered to be of unnecessary help. The sale of bees is common among these three groups (1.23 sales per apiary in 2019), this constitutes a risk of transmission of American foulbrood between apiaries. In addition, the analysis of the GPS data of the apiaries of Tahiti shows a high density of apiaries on the habitable area of the island (1.5 apiaries per km²), especially gathered around Papeete and Afaahiti. A better knowledge of the beekeeping population of Tahiti will allow veterinary services to better adapt their interventions with beekeepers in order to optimize the management of the disease.