



Open Access



Pratiques de gestion des facteurs de surmortalité des abeilles domestiques *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) et qualité sanitaire du miel dans la Commune cotonnière de Banikoara au Bénin

✉ Yélian A. Hervé KINDJI^{1*}, & ✉ Elisabeth YEHOUEYOU AZÉHOUN PAZOU²

¹Université d'Abomey-Calavi, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire « Espaces, Cultures et Développement », Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Laboratoire Pierre PAGNEY " Climat, Eau, Environnement et Dynamique des Ecosystèmes", 01BP526 Cotonou, Bénin.

²Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département du Génie de l'Environnement, Laboratoire de Recherches et d'Etude en Biologie Appliquée, 01BP 526 Cotonou, Bénin.

*Corresponding author, E-mail: kindjiherv@gmail.com

Copyright © 2025, KINDJI et al. | Published by LENAF/ IFA-Yangambi | [License CC BY-NC-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Received: 31 December 2024

Accepted: 02 April 2025

Published: 11 April 2025

RÉSUMÉ

Cette étude vise à déterminer les facteurs contribuant à la baisse de la population d'abeilles mellifères dans la Commune cotonnière de Banikoara, à recenser les méthodes utilisées pour prévenir ou traiter ces facteurs puis à évaluer la qualité sanitaire du miel. Pour cela, des enquêtes complètes ont été réalisées auprès de 241 apiculteurs et 31 groupements apicoles. De plus, les tests Charm II streptomycine et sulfonamides ainsi que des méthodes internes normalisées ont été déployés pour détecter et quantifier quatre catégories d'antibiotiques (chloramphénicol, streptomycine, sulfamides et tétracyclines) dans le miel. Entre 2020 et 2023, les taux de mortalité ont fluctué entre 20,8 % et 33,4 % avec une moyenne établie à 29,9 %. Les deux principales causes suspectées pour la surmortalité sont les maladies et les ennemis des abeilles (80,08 %), suivies par l'utilisation des pesticides chimiques synthétiques (70,12 %). La varroase et la fausse-teigne étaient les deux pathologies les plus répandues, présentant des taux de prévalences respectifs de 77,59 % et 50,21 %. Face à ces maladies, une majorité d'apiculteurs (61 %) n'a pas administré de traitement aux abeilles. Parmi ceux qui ont traité, 38 % ont opté pour des extraits botaniques et seulement 1 % a eu recours aux antibiotiques. Sur les 36 échantillons de miels examinés, aucun n'a révélé la présence des antibiotiques ciblés. Il est primordial de dispenser une formation continue aux apiculteurs pour garantir l'application stricte des bonnes pratiques apicoles, ce qui contribue à réduire les taux de mortalité et assure la qualité du miel.

Mots-clés : Abeilles mellifères, pesticides, varroa, loque européenne, test Charm II

ABSTRACT

Management practices of honey bee mortality factors *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) and honey sanitary quality in the Banikoara cotton Commune (Benin).

The aim of this study is to determine the factors contributing to the decline in the honeybee population in the Banikoara Cotton Commune, to identify the methods used to prevent or treat these factors, and then to assess the sanitary quality of the honey. To this end, comprehensive surveys were carried out among 241 beekeepers and 31 beekeeping groups. In addition, Charm II streptomycin and sulfonamide tests and standardized in-house methods were deployed to detect and quantify four categories of antibiotics (chloramphenicol, streptomycin, sulfonamides, and tetracyclines) in honey. Between 2020 and 2023, mortality rates fluctuated between 20.8% and 33.4%, with an average of 29.9%. The two main suspected causes of excess mortality were bee diseases and enemies (80.08%), followed by the use of synthetic chemical pesticides (70.12%). Varroasis and wax moth were the two most widespread diseases, with prevalence rates of 77.59% and 50.21%, respectively. A majority of beekeepers (61%) did not treat their bees for these diseases. Of those who did, 38% opted for botanical extracts and only 1% used antibiotics. Of the 36 honey samples examined, none showed the presence of the targeted antibiotics. Ongoing training of beekeepers is essential to ensure the strict application of good beekeeping practices, helping to reduce mortality rates and ensure honey quality.

Keywords: Honey bees, pesticides, varroa mite, European foulbrood, Charm II test

INTRODUCTION

L'abeille ne produit pas que du miel et autres produits de la ruche (gelée royale, pollen, propolis, cire...) utilisés par l'homme pour ses besoins alimentaires, nutritionnels,

thérapeutiques, cosmétiques, culturels et autres. Il rend aussi d'énormes services en agriculture à travers la pollinisation des cultures de plein champ et des arbres

fruitiers entomophiles. C'est l'un des meilleurs pollinisateurs (Michener, 2000). Grâce à ce rôle de pollinisation, les abeilles contribuent au maintien de la biodiversité dans le monde. Cet insecte hyménoptère est également un excellent bio-indicateur. La filière apicole avec ses nombreuses chaînes de valeur ajoutée (CVA miel frais, CVA gelée royale, CVA pollen, CVA propolis...) est une importante source de revenus monétaires pour certaines couches vulnérables (jeunes, femmes), surtout des localités rurales. Malgré tous ces bienfaits vitaux, il convient de souligner que certains facteurs constituent une menace grandissante pour les colonies d'abeilles à travers le monde depuis plusieurs décennies. En effet, plusieurs études ont révélé un grand nombre de facteurs contribuant aux pertes considérables subies par les colonies d'abeilles (Lamotte, 2004 ; Chiron et Hattenberger, 2008 ; Allier et Heidsieck, 2012 ; Marceau et Sauvajon, 2016). Dans cette optique, on évoque les virus pathogènes, les bactéries responsables de maladies telles que la loque américaine et la loque européenne, qui sont parmi les plus préoccupantes. S'ajoutent à cela les champignons pathogènes, ainsi que des parasites comme *Varroa destructor* qui causent des dégâts tant au niveau du couvain que chez les abeilles adultes. Des acariens tels que *Tropilaelaps* pourraient également causer des dommages dans les ruches. Enfin, il faut aussi noter que même les prédateurs d'abeilles contribuent aux pertes des colonies (Weissenberger, 2014). Les facteurs environnementaux, dont le climat et notamment les pesticides chimiques de synthèse, ne sauraient être négligés dans les causes contribuant au déclin des abeilles (Bourg, 2006). De mauvaises pratiques de gestion (prévention, lutte) de ces nuisances ont parfois des conséquences sur la qualité sanitaire du miel. Par exemple, les antibiotiques qui constituent les médicaments vétérinaires les plus utilisés pour traiter les maladies des abeilles ou les plants fruitiers dans les pays à forte tradition apicole ont été fréquemment détectés dans le miel par plusieurs études (Faucon et al., 2002). Sept classes d'antibiotiques y ont été identifiées : sulfamides, aminoglycosides, tétracyclines, amphénicols, macrolides, bêta-lactamines et métabolites du nitrofurane. Actuellement, on retrouve principalement au niveau mondial des sulfamides, de la streptomycine, des tétracyclines et du chloramphénicol. Les résidus de chloramphénicol et de nitrofurane sont extrêmement nocifs. Leur utilisation est donc strictement prohibée en Europe (Bogdanov, 2006). Les implications des résidus d'antibiotiques sur la santé publique se manifestent de deux manières. D'une part, ils peuvent induire une sélection favorable à l'émergence de certaines bactéries résistantes. D'autre part, la présence de ces résidus dans les produits alimentaires d'origine animale peut atteindre des niveaux toxiques pour le consommateur. Dans la plupart des recherches menées dans les pays occidentaux et ailleurs en Afrique, les pesticides et les pathologies

constituent les deux éléments déterminants de l'affaiblissement et de la mortalité accrue des abeilles. Ainsi, il convient d'observer avec une attention particulière l'action conjuguée de ces deux facteurs sur la santé des populations apicoles. La Commune de Banikoara, qui se distingue par son utilisation intensive de pesticides chimiques de synthèse sur les cultures cotonnières et sa grande production de miel, offre un cadre privilégié pour étudier ces interactions complexes. Cependant, au Bénin, les études concernant la surmortalité des abeilles mellifères demeurent rares. Les travaux scientifiques n'ont pas suffisamment exploré les causes sous-jacentes à cette situation critique telles que les multiples facteurs affectant ces insectes pollinisateurs ou encore leurs prédateurs potentiels. De même, peu d'attention a été accordée aux méthodes utilisées par les apiculteurs pour prévenir ou combattre ces fléaux émergents et aux potentielles répercussions sanitaires induites par ces pratiques sur la qualité du miel produit. Les recherches menées sur l'apiculture dans le pays se sont principalement focalisées sur les techniques apicoles (Paraïso et al., 2012), la morphométrie des abeilles (Paraïso et al., 2011), l'examen du pollen et des plantes mellifères (Azonwade et al., 2017), les aspects socio-économiques de l'apiculture (Ahouandjinou et al., 2016), les caractéristiques physicochimiques du miel (Djossou et al., 2013) ainsi que la contamination de celui-ci par des résidus de pesticides chimiques de synthèse (Kindji et Yehouenou Azehoun Pazou, 2024). Pourtant, de nombreuses questions restent encore sans réponse. La présente étude a pour objectif de combler une partie des lacunes identifiées en procédant tout d'abord à l'inventaire des causes de surmortalité des abeilles mellifères à Banikoara, puis en examinant les modes de gestion de ces facteurs par les éleveurs d'abeilles et enfin, en analysant la qualité sanitaire du miel en lien avec les pratiques de gestion de ces facteurs nuisibles des abeilles mellifères. Les résultats obtenus pourraient contribuer à garantir la durabilité de la filière apicole. En effet, il s'agit non seulement de lutter contre le déclin alarmant des populations d'abeilles, entraînant une diminution de la productivité du miel ainsi que des pertes économiques considérables, mais également de préserver l'excellente réputation qualitative dont jouissent les miels produits dans le nord du Bénin.

MATERIEL ET METHODES

Présentation succincte du milieu d'étude

L'étude s'est déroulée à Banikoara, une des vingt-sept (27) Communes du Nord Bénin. Elle est située entre 11°02' et 11°34' Latitude Nord puis entre 2°05' et 2°46' Longitude Est avec dix (10) arrondissements subdivisés en 112 villages administratifs (Figure 1).

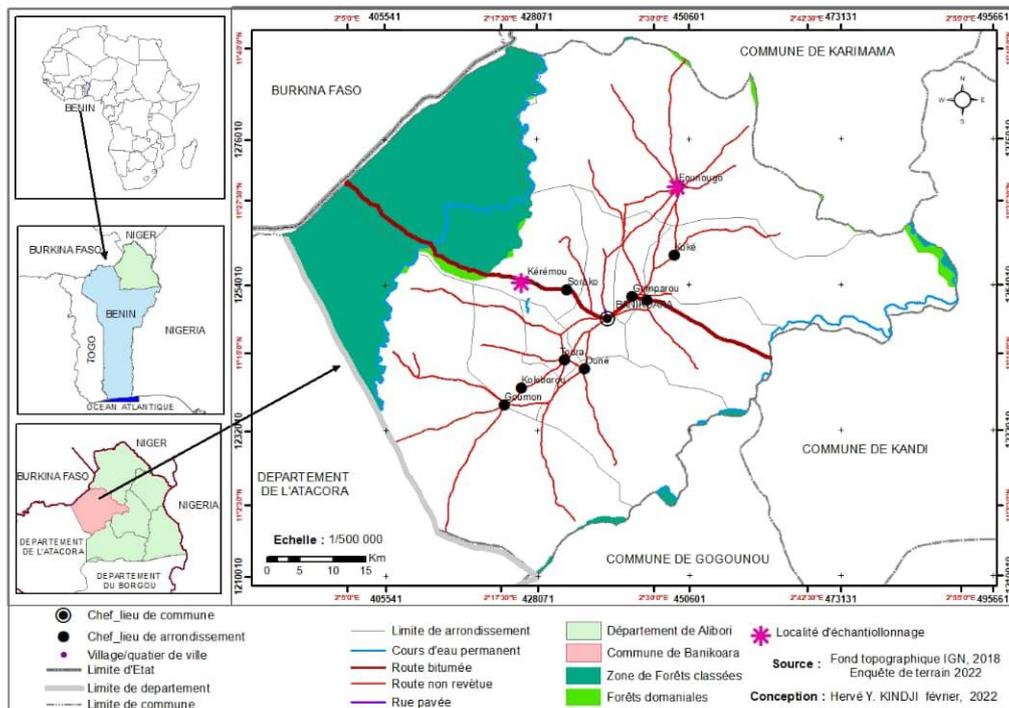


Figure 1. Localités d'échantillonnage dans la zone d'étude

La population totale de Banikoara est estimée à 246 575 habitants, dont 122 445 hommes et 124 130 femmes (INSAE, 2015). Cette Commune couvre une superficie de 4 383 km², dont environ 49 % de terres cultivables et 50 % d'aires protégées (forêts classées, forêts domaniales). Le relief est une péninsule avec la présence de différents types de sols. Le climat est de type sahélo-soudanien avec une saison pluvieuse et une saison sèche. Tous ces atouts naturels sont favorables à l'agriculture et au développement de formations naturelles de types savane arbustive à savane arborée à dominance d'espèces utiles telles que *Parkia biglobosa* Jacqu. Benth. Mimosaceae (néré), *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn Sapotaceae (karité), *Lannea microcarpa* Engl. et Krause Anacardiaceae (raisinier), *Tamarindus indica* L., Fabaceae (tamarinier) puis moyennement *Adansonia digitata* L. Bombacaceae (baobab) (PDC, 2017). Ces végétaux sont des espèces mellifères butinées par les abeilles pour leur pollinisation et la production du miel. La principale activité génératrice de revenus pratiquée par les populations majoritairement Bariba est l'agriculture, avec en tête la culture du coton conventionnel (MAEP, 2014). La Commune est la première en matière de production cotonnière au Bénin. Banikoara a battu tous les records depuis 2008 avec une production cotonnière qui s'est établie à 142 704 tonnes en 2017 contre 116 055 tonnes en 2016 (INSAE, 2020). L'usage excessif des intrants chimiques de synthèse (engrais et produits phytosanitaires homologués ou non) pour la cotonculture à Banikoara est source de contaminations diverses : eaux, sédiments, sols, ressources halieutiques, miel... (Adam, 2010 ; Agbohessi et al., 2011 ; Pelebe, 2019 ; Kindji et Yehouenou Azehoun Pazou, 2024). Outre l'agriculture, d'autres activités secondaires comme l'élevage, la pêche et l'apiculture sont pratiquées dans la Commune.

Matériels

Pour conduire l'étude, différents matériels ont été utilisés : (i) les questionnaires d'enquêtes et les guides d'entretiens : administrés aux parties prenantes (apiculteurs, groupements apicoles, encadrement technique) ; (ii) une grille d'observations ; (iii) matériels pour les travaux de terrain : moto HAOJUE XPRESS utilisée pour les déplacements sur le terrain lors de la collecte des données et des échantillons de miel frais ; (iv) matériels de conception de carte : fonds topographiques de l'Institut Géographique National et le logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) Arc GIS ; (v) matériels biologiques : échantillons de miel frais polyfloral récoltés dans trois différents ruchers et à différentes périodes (mars et novembre) en 2022 et 2023. Ils ont permis la recherche des antibiotiques ciblés et leur quantification au laboratoire ; (vi) matériels de prélèvement des échantillons de miel poly floral : les combinaisons intégrales, les gants et les bottes ont permis d'éviter les piqûres d'abeilles au cours des prélèvements du miel des ruches ; l'enfumeur dont la fumée a calmé les abeilles et limité leur agressivité pendant la récolte ; une brosse à abeilles ; un couteau à désoperculer les alvéoles ; des bouteilles en polyéthylène d'une contenance d'un litre dans lesquelles les échantillons de miel frais ont été prélevés et convoyés au laboratoire ; (vii) matériel, équipement et appareillage de laboratoire : réfrigérateur pour la conservation des échantillons ; vortex ; centrifugeuse Rotofix 32 A – Hettich ; balance analytique de résolution 0,1 mg pour faire les pesées ; verrerie usuelle (fioles jaugées ; béchers ; pipettes jaugées...) ; (viii) réactifs et solvants : eau distillée, comprimé blanc, comprimé noir, comprimé vert, comprimé orange, comprimé rose, comprimé « Ion Exchange Resin »

Méthodes

Entretien compréhensif pour la collecte de données

L'entretien compréhensif a été utilisé pour collecter des données auprès des 241 apiculteurs de la Commune et 31 groupements apicoles. Avec ce type d'enquête, on obtient des données plus précises et qualitativement plus riches. Les enquêtes compréhensives ont été menées au travers des entretiens individuels conduits sur les ruchers ou aux domiciles des apiculteurs. Ces entretiens individuels ont été complétés par des focus groups de 5 ou 10 apiculteurs avec l'aide d'un apiculteur-interprète. Le focus group a permis d'enrichir les informations recueillies lors des entretiens individuels (Lebel et al., 2002). Il a été réalisé à l'aide de discussions semi-dirigées et a fait usage d'un fil conducteur de questions-guides flexibles où de nouvelles questions ou pistes d'interrogations émergeaient tout au long de l'entretien. D'autres informations émanant de la Cellule Communale de l'Agence Territoriale de Développement de l'Agriculture (ATDA Pôle 2) ont permis d'étoffer les données collectées.

Identification des maladies des abeilles à partir de symptômes observés

La suspicion des maladies a été faite en exploitant le Code sanitaire des animaux terrestres de l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OMSA), anciennement connue sous l'appellation d'Office International des Epizooties (OIE). Ce code puis les fiches d'information générale sur les maladies ont été consultés en ligne le 20 janvier 2025 sur les sites www.oie.int/fr/normesinternationales/code-terrestre/acces-en-ligne/ et www.oie.int/fr/sante-animale-dans-le-monde/fiches-techniques/.

Evaluation du taux de perte/surmortalité des abeilles

La mortalité des colonies d'abeilles est un phénomène naturel qui se situe autour de 10 à 15 % par an (Wilkinson

et Smith, 2002). Au-delà de 15 %, elle devient préoccupante pour la survie économique des apiculteurs et pour l'ensemble de l'écosystème (pollinisation). La Commune de Banikoara compte cinquante-trois (53) ruchers répartis dans les dix (10) arrondissements. Sur chaque rucher, les nombres de ruches colonisées en début et en fin de saison ont été enregistrés en 2020-2021, 2021-2022 et 2022-2023. L'Equation 1 a permis de calculer le taux de mortalité à la fin de chaque saison apicole (ACPA, 2023) :

$$\text{Taux mortalité (\%)} = \frac{Y_0 - Y_1}{Y_0} * 100 \quad (1)$$

où Y_0 = Nombre de colonies en début de saison apicole et Y_1 = Nombre de colonies en fin de saison apicole

Interprétation : si $10 \leq \text{Taux de mortalité} \leq 15$ alors le taux est normal ; si Taux de mortalité > 15 il y a surmortalité.

Sélection des ruchers et des ruches pour l'échantillonnage du miel frais

Confrontés aux maladies et aux ennemis des abeilles mellifères dans le milieu d'étude, les producteurs de miel ont adopté diverses approches de traitements. En réalité, les apiculteurs de Banikoara ont recouru à trois méthodes distinctes pour soigner les maladies des abeilles de leur rucher. Parmi tous les apiculteurs utilisant la même méthode de traitement, c'est sur le parc apicole de celui qui a le plus grand nombre de ruches colonisées pour la récolte en cours que l'échantillonnage a été réalisé. Par conséquent, pour chaque rucher sélectionné, une ruche colonisée de chacun des trois types présents dans la Commune (kenyane, Dadant et traditionnelle) a été choisie au hasard.

Périodes et nombres de prélèvements des échantillons de miels frais

Le Tableau 1 présente une synthèse du nombre et des dates de collecte des échantillons sur les trois sites.

Tableau 1. Dates et nombres de prélèvements par récolte de 2022 à 2023.

	Dates de récolte des échantillons				Total des prélèvements par site pour les deux campagnes
	31 mars 2022	30 novembre 2022	26 mars 2023	28 novembre 2023	
Site 1	3	3	3	3	12
Site 2	3	3	3	3	12
Site 3	3	3	3	3	12
Total par récolte	9	9	9	9	36

Deux différentes récoltes de miel ont lieu au cours d'une année civile. La première, au mois de mars, est la grande récolte (principale miellée). La seconde, la petite récolte (petite miellée) en novembre se fait au cours de la production cotonnière. Pour chacune des deux récoltes d'une année, trois prélèvements ont été effectués sur chacun des trois sites apicoles retenus. Les prélèvements ont été réalisés sur 2 années (2022 et 2023).

Mode de récolte, codification et conservation des échantillons

Pour chacun des trois types de ruches choisies au hasard sur un rucher, l'apiculteur, équipé puis vêtu de

l'accoutrement de travail, a calmé les abeilles, ouvert la ruche et retiré 3 rayons de miel operculés à 80 % au moins. Ces rayons débarrassés des ouvrières et désoperculés ont été directement pressés dans des bouteilles en polyéthylène d'une capacité de 1 litre (ce qui équivaut à environ 1,42 kg de miel frais). Un code de trois lettres a permis d'identifier chaque bouteille. Les échantillons ainsi codifiés ont été conservés dans une glacière avec des glaçons puis transportés au Laboratoire Central de Contrôle de la Sécurité Sanitaire des Aliments (LCSSA) accrédité BELAC 568-Test-Norme ISO/CEI 17025 : 2005 où ils ont été stockés dans un réfrigérateur à une température de -20°C jusqu'à l'analyse.

Détection et quantification des antibiotiques dans les échantillons de miel

Les antibiotiques les plus couramment utilisés dans le traitement des maladies bactériennes et parasitaires des abeilles mellifères ont été ciblés (Reybroeck, 2003). Ainsi, il a été recherché les résidus du chloramphénicol, de streptomycine, de sulfonamides et de tétracycline dans les trente-six (36) échantillons de miel prélevés en 2022 et 2023.

Protocole de détermination des résidus des tétracyclines dans les échantillons de miel

La référence de la méthode interne qui a été utilisée est la MO_55. P.

Extraction des échantillons

Peser 5 g de miel et y ajouter 20 ml d'eau distillée. Homogénéiser et utiliser le surnageant pour l'analyse. Dans le cas où il y a présence de débris, centrifuger 5 min et utiliser le surnageant pour analyse.

Procédure d'analyse

Elle a comporté les 15 étapes résumées ci-dessous : (*Étape 1*) ajouter un comprimé vert au tube à essai vide ; (*Étape 2*) ajouter 300 ± 100 μ l d'eau distillée. Mélanger pendant 10 secondes pour dissoudre le comprimé. Prendre plus de temps additionnel si nécessaire ; (*Étape 3*) ajouter $5 \pm 0,25$ ml de miel dilué ou de contrôle. Utiliser un nouveau tips pour chaque échantillon. Agiter immédiatement au Vortex pendant 10 secondes ; (*Étape 4*) Incuber à $45 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 15 minutes ; (*Étape 5*) ajouter un comprimé orange, agiter immédiatement pendant 10 secondes. L'addition du comprimé et l'agitation devraient être terminées pendant 40 secondes ; (*Étape 6*) incuber à $45 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 5 minutes ; (*Étape 7*) ajouter un comprimé noir, agiter immédiatement pendant 10 secondes ; (*Étape 8*) centrifuger pendant 5 minutes à 33×100 tr/min sur la centrifugeuse. Pendant la centrifugation, préparer un nouveau tube et y ajouter un comprimé blanc dilué dans 100 μ L d'eau ; (*Étape 9*) renverser délicatement le surnageant dans le second tube. Attention à ne pas verser des débris noirs. Immédiatement agiter ; (*Étape 10*) incuber à $45 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 5 minutes ; (*Étape 11*) centrifuger 10 minutes à 33×100 tr/min sur la centrifugeuse ; (*Étape 12*) immédiatement jeter le surnageant ; (*Étape 13*) ajouter 300 ± 100 μ l d'eau distillée, puis mélanger pour dissoudre complètement le culot ; (*Étape 14*) ajouter $3,0 \pm 0,5$ ml du liquide de scintillation. Fermer et secouer le tube jusqu'à homogénéisation. Laisser reposer 60 secondes avant lecture ; (*Étape 15*) lire l'absorbance de l'extrait dans l'analyseur pendant 60 secondes. La limite de détection de la tétracycline avec cette méthode est de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Interprétation des résultats

Si l'absorbance lue est supérieure à celle du point de contrôle, l'échantillon est négatif. Si l'absorbance est inférieure ou égale à celle du point de contrôle, l'échantillon est initialement positif. Les résultats des tests de contrôle négatif et de contrôle positif doivent être compris dans le pourcentage d'acceptation.

Protocole de détermination des résidus du chloramphénicol dans les échantillons de miel

La référence de la méthode utilisée a été la MO_56. P.

Extraction des échantillons de miels

Peser 5 g de miel et y ajouter 15 ml d'eau distillée. Homogénéiser et utiliser le surnageant pour l'analyse. Dans le cas où il y a présence de débris, centrifuger avant analyse.

Procédure d'analyse

Elle s'est déroulée en 18 étapes que sont : (*Étape 1*) peser $5 \pm 0,1\text{g}$ de miel dans un tube à centrifuger (chauffer le miel dans de l'eau chaude en cas de cristallisation de sucre contenu dans l'échantillon) ; (*Étape 2*) ajouter 15 ml d'eau distillée. Agiter pour dissolution complète. Centrifuger 5 minutes en cas de troubles ; (*Étape 3*) ajouter $1,0 \pm 0,15$ ml d'extrait ou de contrôle. Utiliser un nouveau tips pour chaque échantillon ; (*Étape 4*) mettre un comprimé « Ion Exchange Resin » dans un tube vide ; (*Étape 5*) ajouter $5 \pm 0,25$ ml de surnageant de l'échantillon dilué. Agiter au Vortex ; (*Étape 6*) centrifuger pendant 5 minutes à 33×100 tr/min sur la centrifugeuse ; (*Étape 7*) dans un nouveau tube, faire dissoudre un comprimé rose en y ajoutant 300 μ l d'eau ; (*Étape 8*) renverser délicatement l'extrait centrifugé sur le réactif rose dissout. Agiter immédiatement au Vortex pendant 10 secondes ; (*Étape 9*) incuber à $50^\circ\text{C} \pm 2$ pendant 6 minutes ; (*Étape 10*) ajouter le comprimé vert. Agiter immédiatement au Vortex pendant 10 secondes. L'ajout du réactif et l'homogénéisation doivent être faits en 40 secondes ; (*Étape 11*) incuber de nouveau à $50^\circ\text{C} \pm 2$ pendant 3 minutes ; (*Étape 12*) ajouter le comprimé noir. Agiter immédiatement au Vortex pendant 10 secondes. L'ajout du réactif et l'homogénéisation doivent être faits en 40 secondes. (*Étape 13*) centrifuger pendant 5 minutes à 33×100 tr/min sur la centrifugeuse ; (*Étape 14*) dans un nouveau tube, faire dissoudre un comprimé blanc en y ajoutant 300 μ l d'eau ; (*Étape 15*) renverser délicatement l'extrait centrifugé sur le réactif blanc dissout ; (attention de ne pas verser le culot noir). Agiter immédiatement au Vortex pendant 10 secondes ; (*Étape 16*) centrifuger pendant 10 minutes à 33×100 tr/min sur la centrifugeuse ; (*Étape 17*) jeter immédiatement le surnageant de l'extrait. Utiliser un écouvillon en coton si nécessaire. Ajouter 3,0 $\pm 0,5$ ml du liquide de scintillation au culot. Fermer et secouer le tube jusqu'à homogénéisation. Laisser reposer 60 secondes avant lecture ; (*Étape 18*) lire l'absorbance de l'extrait dans l'analyseur pendant 60 secondes. La limite de détection du chloramphénicol avec cette méthode est de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Interprétation des résultats

Si l'absorbance lue est supérieure à celle du point de contrôle, l'échantillon est négatif. Si l'absorbance est inférieure ou égale à celle du point de contrôle, l'échantillon est initialement positif.

Détection et quantification des résidus des streptomycines dans les échantillons de miel

Les streptomycines sont analysées au moyen du Charm II Streptomycin Honey receptor assay, limite de détection :

15 µg/kg. Le test Charm II Streptomycin Honey est un test à récepteur microbien à labeling radioactif. Il fait usage d'un réactif de liaison composé d'une cellule microbienne qui contient un récepteur spécifique.

Détection et quantification des résidus des sulfamides dans les échantillons de miel

Au LCSSA, les sulfamides sont détectés dans le miel au moyen du Charm II Sulphonamides. La limite de détection en vigueur pour les sulfamides était de 10 µg/kg. Une procédure spéciale d'extraction est requise pour libérer les sulfas liés aux sucres dans le miel et éviter l'interférence de sulfa-analogues comme l'acide para-aminobenzoïque. En faisant appel à un récepteur (et non à des anticorps), toutes les substances faisant partie du groupe des sulfamides sont détectables au moyen de ce test à récepteur.

Méthode de confirmation des résultats d'analyse

La confirmation de la streptomycine, des tétracyclines et des sulfamides est faite par Chromatographie Liquide à Haute Performance (CLHP) avec détection par fluorescence ou soit par ultraviolet. La confirmation des échantillons de chloramphénicol est effectuée par Chromatographie Liquide combinée à la Spectrométrie de Masse (LC-MS). Toutes ces confirmations des résultats sont effectuées dans le même laboratoire (LCSSA).

Analyse des données

Les données collectées ont été codifiées pour une analyse fréquentielle avec le logiciel Microsoft Office Excel 2016. Pour un paramètre donné sa fréquence est le rapport exprimé en pourcentage du nombre d'apiculteurs ayant reconnu ce paramètre par le nombre total d'apiculteurs enquêtés (ACPA, 2023). Les statistiques différentielles n'ont pas pu être effectuées sur les données en raison de la présence de valeurs nulles pour les analyses d'antibiotiques.

RESULTATS ET DISCUSSION

Perceptions des apiculteurs au sujet de la perte/surmortalité des colonies d'abeilles

La collecte de données a été effectuée pendant trois saisons apicoles (2020-2021, 2021-2022, 2022-2023). Tous les 241 apiculteurs enquêtés (100 %) ont reconnu l'existence, tous les ans dans la Commune, de fortes pertes/mortalités de colonies d'abeilles mellifères. La diminution du nombre de ruches colonisées entre le début et la fin d'une campagne apicole a été considérée par la majorité de ces apiculteurs (97,10 %) comme le principal signe de la perte/mortalité des colonies. La baisse du volume de miel récolté, les difficultés à capturer les essaims d'abeilles, la taille ou densité des essaims capturés, les abeilles mortes observées dans différents endroits sont d'autres indicateurs de réduction de la population des abeilles notées respectivement par 92,95 %, 77,18 %, 43,98 %, 34,85 % des apiculteurs (Tableau 2).

Tableau 2. Indicateurs de dépopulation des abeilles évoqués par les apiculteurs

Indicateurs de surmortalité	Nombre d'apiculteurs	Pourcentage (%)
Diminution du nombre de ruches colonisées	234	97,10
Baisse du volume de miel récolté	224	92,95
Difficultés à capturer les essaims d'abeilles	186	77,18
Réduction de la taille des essaims capturés	106	43,98
Cadavres d'abeilles	84	34,85

Les fortes mortalités d'abeilles ont été remarquées essentiellement pendant deux périodes distinctes de l'année. La première période identifiée par 100 % d'apiculteurs est celle de la production du coton conventionnel, et le second moment de grande mortalité des abeilles indiqué par 80,5 % d'apiculteurs correspond aux mois de fortes températures (février, mars, avril)

(Tableau 3). Les éleveurs d'abeilles mellifères ont indiqué presque à proportion égale (51,04 % et 50,62 %), les champs et les ruchers comme étant les endroits où se retrouvaient le plus les abeilles mortes. Seulement quelques apiculteurs (12,03 %) ont repéré des abeilles mortes sur les voies ou dans les habitations (Tableau 3).

Tableau 3. Périodes de surmortalité des abeilles mellifères d'après les apiculteurs/Lieux de détection des abeilles mortes

Modalités	Nombre d'apiculteurs	Pourcentage (%)
Périodes de surmortalité des abeilles		
Mois de la production cotonnière	241	100,00
Mois de fortes températures	194	80,50
Lieux où on retrouve des abeilles mortes		
Champs	123	51,04
Ruchers	122	50,62
Autres endroits	29	12,03

La surmortalité des abeilles est une évidence constatée chaque année par les apiculteurs dans leurs ruchers ou dans les champs environnants. Cette surmortalité intervient au cours de la campagne cotonnière et aussi pendant les mois de forte chaleur. Ces résultats ne ressemblent pas à ceux de l'étude de Lamine (2020) qui a révélé que c'est 81,69 % des apiculteurs qui ont enregistré des pertes de colonies d'abeilles durant les périodes hivernale et automnale. La surmortalité observée dans la présente étude au cours de la période de production cotonnière pourrait s'expliquer par l'utilisation intensive de pesticides homologués ou non durant cette période (Zoclanclounon et al., 2017). C'est également une période

de forte humidité (juillet, août, septembre) préjudiciable aux abeilles. La proportion à part presque égale des abeilles mortes retrouvées dans les champs et les ruchers pourrait se justifier par le fait que les ruchers sont soit sur les exploitations cotonnières, soit mitoyens. La plus grande distance évaluée entre un champ de coton et un rucher étant d'à peine 3 km.

Quantification des pertes/mortalités d'abeilles mellifères dans le milieu d'étude

La Figure 2 illustre les taux de mortalité des abeilles sur trois (3) saisons apicoles (2020-2021, 2021-2022, 2022-2023) dans les dix (10) arrondissements de la Commune.

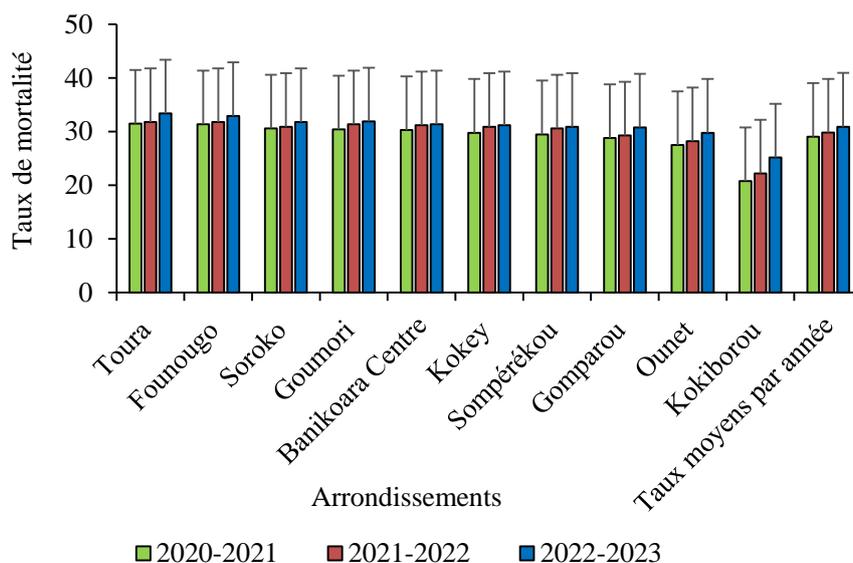


Figure 2. Taux de mortalité sur trois années dans les arrondissements

Ces taux ont fluctué en trois ans entre 20,8 % et 33,4 % entre les arrondissements. Dans chaque arrondissement, une augmentation a été notée d'une année à l'autre. Le taux moyen de mortalité pour la Commune était de 29,1 % en 2020-2021, puis ensuite de 29,8 % en 2021-2022 et enfin de 30,9 % en 2022-2023. Les écarts entre années étaient de 0,7 et 1,1. Pour les trois années réunies, le pourcentage moyen de mortalité des colonies d'abeilles dans la Commune était de 29,9 %, ce qui est au-dessus du taux considéré comme acceptable (10 à 15 %) (Wilkinson et Smith, 2002). Ces résultats sont semblables à ceux observés dans l'étude de Anonyme (2003) qui a conclu à la disparition chaque année d'au moins 30 % des colonies d'abeilles. Il en est de même de l'Espagne et de l'Italie qui ont enregistré chacune des mortalités d'environ 30 % (Baaklini, 2010). Par contre, dans certains pays, le taux est relativement plus bas que celui de Banikoara. C'est le cas du Canada, où la mortalité hivernale a été de 21,3 % entre 2009 et 2010 (Boucher, 2009), et du Japon, avec 25 % de colonies qui meurent chaque année (Neumann et Carreck, 2010). Dans le même temps, certaines recherches ont ressorti des taux de mortalité plus élevés que ceux de la présente étude. Ainsi, selon les résultats de l'enquête menée en 2023 au Canada, le pourcentage de pertes hivernales de colonies, y compris les colonies non viables, s'était chiffré à 32,2 % à l'échelle nationale, variant entre 11,7 % et 46,2 % selon les provinces (ACPA,

2023). Aussi, pour la saison 2009-2010, la mortalité des colonies américaines a été de 33,8 % (Van Engelsdorp et al., 2010). Haubruge et al. (2006) ont rapporté des pertes de 40 % en moyenne en Autriche, en Belgique et en Suisse. Dans quelques wilayas (divisions territoriales) du centre d'Algérie, les mortalités devant les ruches ont été enregistrées à un taux de 60,56 %, qui est un taux très élevé (Lamine, 2020). Il faut toutefois signaler que ces comparaisons pourraient comporter des biais. D'abord, ce sont des taux nationaux qui ont été comparés à un taux communal (celui de Banikoara). Ensuite, dans ces pays, l'apiculture représente une véritable industrie. Le nombre de ruches colonisées par apiculteurs, les volumes de miel récoltés, les pratiques apicoles n'ont rien à voir avec ce qui se fait à Banikoara. De plus, ces chiffres sont approximatifs, car ils ne proviennent pas d'observations directes mais d'estimations réalisées par les apiculteurs. La seule certitude ici est qu'il y a une surmortalité des abeilles mellifères constatée et décrite par les apiculteurs de la Commune. Quelles peuvent en être les causes probables ?

Principales causes de surmortalité des abeilles mellifères suspectées par les apiculteurs

La perte/surmortalité des abeilles mellifères dans la Commune de Banikoara serait engendrée selon les apiculteurs, par sept (7) causes essentielles, à savoir les

maladies et ennemis des abeilles, les pesticides chimiques de synthèse, la chasse au miel, les feux de brousse, les

pratiques apicoles, le climat et la raréfaction des ressources nectarifères (Tableau 4).

Tableau 4. Principales causes de surmortalité des abeilles identifiées par les apiculteurs

Facteurs de surmortalité suspectés par les apiculteurs	Nombre d'apiculteurs	Pourcentage (%)
Maladies et ennemis des abeilles	193	80,08
Pesticides chimiques de synthèse	169	70,12
Chasse au miel	77	31,95
Feux de brousse	68	28,22
Pratiques apicoles	55	22,82
Climat	27	11,20
Aliments	12	4,98
Ne sait pas	2	0,83

Les maladies et ennemis des abeilles mellifères puis les pesticides chimiques de synthèse ont été considérés par respectivement 80,08 % et 70,12 % des éleveurs d'abeilles comme les deux principales causes du déclin de ces insectes dans la Commune de Banikoara. Ensuite viennent, dans des proportions non insignifiantes, la chasse au miel (31,95 %), les feux tardifs de végétation (28,22 %), les pratiques apicoles (22,82 %) et les influences du climat (11,20 %). Une part marginale d'apiculteurs (4,98 %) a estimé que la raréfaction des ressources nectarifères et pollinifères constitue la cause de la forte disparition des abeilles. Tous ces facteurs menaçant, d'après les apiculteurs, la survie des abeilles ont été également les mêmes qui furent soulevés dans bien d'autres études, sauf que ce n'est ni dans la même priorisation ni dans les mêmes proportions.

Surmortalité probablement liée au climat

Globalement, dans les pays occidentaux, le climat (hiver) est la première cause de surmortalité des abeilles. Il est suivi des pathologies et prédateurs de l'abeille (Lamine, 2020 ; ACPA, 2023). Le climat dans la présente étude s'entend non pas en termes de période froide (hiver) comme pour les pays occidentaux, mais en tant que forte humidité et forte température. Les fortes humidités des mois de juillet, août et septembre sont nuisibles aux abeilles et aux produits de la ruche. Il en est de même des températures très élevées (février, mars, avril). La Commune de Banikoara connaît une hausse de la température moyenne qui est passée de 27,57 à 28,41°C, soit 0,84°C de plus. Elle est soumise à un réchauffement climatique (Adougan et al., 2021) préjudiciable à la vie des abeilles, surtout lorsque les ruches ne sont pas posées dans des endroits un peu ombragés ou lorsqu'elles sont sans toiture. La promotion du reboisement surtout en essences à hautes valeurs nectarifères et mellifères pourrait constituer une approche de solution.

Maladies et prédateurs suspectés dans le dépeuplement des abeilles

Les maladies et prédateurs des abeilles sont très nombreux. Les apiculteurs dans le milieu d'étude ne sont pas formés pour les identifier tous, les prévenir ou les traiter efficacement. Dans ces conditions, lorsqu'une maladie ou un prédateur survient, il ravage tout sur son passage.

Déclin des abeilles dû aux pesticides chimiques de synthèse

En dehors des maladies et des prédateurs, les apiculteurs ont cité parmi les causes possibles de dépopulation des abeilles les produits phytosanitaires utilisés lors des épandages dans les champs pour protéger les cultures de la destruction par les insectes (surtout le cotonnier qui est la culture phare). En effet, la cotonculture dépend en grande partie de l'abeille qui est le principal pollinisateur du cotonnier (Vaissière, 2005), mais aussi et de plus en plus de l'utilisation de nombreux insecticides, lesquels représentent un danger réel pour cet insecte pollinisateur. Le risque n'est pas nouveau, mais il est en constante évolution : l'apparition constante de nouvelles molécules et techniques d'applications bouleverse les données et suscite de nouvelles craintes. Les doses d'insecticides utilisées au Bénin en protection des cultures sont en général supérieures à celles recommandées (Agbohessi et al., 2011). Seize familles de résidus de pesticides chimiques ont été récemment détectées dans le miel Banikoara. Les plus représentatives étaient les organophosphorés (17,14%), les pyréthrinoides (17,14%), les triazoles (14,29%), les triazines (11,43%) et les néonicotinoïdes (8,57%) (Kindji et Yehouenou Azehoun Pazou, 2024). Il est fort évident que les abeilles mellifères dans ces conditions aient été intoxiquées. L'intoxication peut être aiguë ou chronique. Trois classes de pesticides sont capables de nuire à la santé des abeilles. Les pesticides de la classe I (dieldrin, parathion) sont hautement toxiques pour les abeilles, ont un fort pouvoir résiduel et tuent encore les abeilles 24 heures après épandage. Les pesticides de la classe II (Trichlorfon) sont moins toxiques que les premiers, mais tuent encore 12 heures après leur application. Les pesticides de la classe

III (pyréthrinoides, oxyde de cuivre) ne sont pas dangereux s'ils sont utilisés dans les conditions normales. Par ailleurs, les pesticides des classes suscitées, présentés sous forme de microcapsules, sont stockés dans les ruches comme le pollen et entraînent une intoxication à long terme. Les herbicides peuvent, dans certains cas, présenter de grands risques pour les abeilles (Zoclanclounon et al., 2017). De nouveaux pesticides appelés néonicotinoïdes sont suspectés d'avoir un effet imprévu sur la capacité des abeilles à s'orienter et à mémoriser leur chemin. Sans cette mémoire, l'abeille ne peut pas rentrer à la ruche, et la colonie, dans son ensemble, risque de s'effondrer (Tirado et al., 2013). Les travaux réalisés par Toudert (2012) ont montré qu'une interdiction en Italie de certains insecticides en 2008 a joué un rôle dans la baisse de la mortalité des abeilles. Des mesures similaires seront salutaires pour la Commune de Banikoara, dans laquelle des études ont révélé une contamination de différents compartiments environnementaux, des animaux aquatiques, de l'eau de boisson (Adam, 2010). Les procédures pour l'homologation des pesticides devront être revues pour tenir compte des effets de synergie entre pesticides et des effets de très faibles doses qui ne tuent pas les abeilles en 24 ou 48 h, mais perturbent par exemple leur sens de l'orientation. Les pratiques agricoles d'utilisation des pesticides doivent mieux intégrer les notions de lutte raisonnée et de seuil de nuisibilité pour aller vers la lutte intégrée, l'agriculture biologique ou l'agriculture écologiquement intensive. La mise à l'échelle de la production de coton biologique implémentée depuis plusieurs années par Helvetas Swiss Intercooperation dans la Commune sont quelques pistes pour réduire les tonnes de pesticides chimiques de synthèse annuellement déversées dans la localité. Aussi, le moment du traitement est primordial. Il faut favoriser les applications en l'absence des butineuses, c'est-à-dire le soir ou très tôt le matin. Le moment optimal de l'application dépend aussi de la rémanence : certains produits persistent quelques heures seulement et, en cas de traitement de nuit, auront disparu le matin suivant. Les épandages aériens favorisent une grande dispersion ; ils doivent être réalisés obligatoirement en l'absence des butineuses. Les pulvérisateurs doivent être correctement réglés. L'emplacement de certains ruchers est tout aussi un enjeu majeur, car ils sont situés au cœur des exploitations cotonnières ou les jouxtent. Dans ces conditions, les abeilles reçoivent de plein fouet dans la ruche les produits phytosanitaires.

La chasse au miel comme cause possible de forte mortalité des abeilles

La chasse au miel, ou encore désignée par cueillette du miel, est une pratique qui consiste à l'utilisation du feu ou à l'abattage des arbres pour la collecte du miel dans les troncs ou sur les arbres. Cette pratique décime des colonies d'abeilles, altère la qualité du miel et a aussi des conséquences sur l'environnement et la biodiversité.

Les feux de brousse suspectés comme cause de grande mortalité des abeilles

Dans la Commune de Banikoara, les feux tardifs de brousses ou « feux incontrôlés » sont mis par les agriculteurs pour l'extension de leurs superficies culturales, par les chasseurs pour traquer la faune sauvage (gibiers) ou par les pasteurs pour reverdir les pâturages. Ces feux, qui sont allumés à un moment où la végétation herbacée est complètement desséchée, occasionnent souvent des incendies de forêts ou de plantations qui sont les habitats naturels d'essaims d'abeilles et autres pollinisateurs.

Les pratiques apicoles supposées comme facteur de surmortalité des abeilles

Les mauvaises pratiques apicoles telles que l'absence d'entretien du rucher et de ses alentours, le manque de contrôle régulier des ruches ont aussi été considérées comme des facteurs de risque d'installation des maladies. La fréquence de contrôle/suivi des ruchers est très faible. Une grande majorité d'apiculteurs, une fois la ruche colonisée, ne reviennent que pour la récolte. Aucun des facteurs de risque cités par les apiculteurs de Banikoara et appartenant aux agents chimiques (intoxications par des produits phytopharmaceutiques), aux agents biologiques (bactéries, virus, champignons, parasites et prédateurs), à l'environnement des colonies d'abeilles (climat, ressources alimentaires, diminution de biodiversité liée à l'agriculture intensive) et aux pratiques apicoles (mauvaise tenue du rucher) pris individuellement ne peut expliquer les surmortalités de colonies observées. Il semblerait qu'une approche multifactorielle de ces fortes mortalités des colonies soit plus représentative. Il est plus probable que soient impliquées des interactions entre différents pesticides, entre différents agents pathogènes, entre pesticides et agents pathogènes, entre paysages agricoles et pratiques apicoles (Le Conte et Pitrat, 2016).

Maladies suspectées chez les abeilles mellifères par les apiculteurs

Les apiculteurs de la Commune ont noté dans l'exercice de leur activité apicole de fréquentes désertions et des mortalités élevées de couvain ou d'abeilles adultes. Ces constats ont été attribués en grande partie à des maladies présentées dans le Tableau 5. Dans la zone d'étude, les principaux symptômes de maladies observés et décrits par les apiculteurs ont permis de soupçonner l'existence de six (6) différentes affections qui relèvent soit du domaine parasitaire (50 %), bactérien (33,33 %) ou fongique (16,67 %). Parmi celles-ci figurent la varroase, la fausse teigne, la nosérose, les loques américaine et européenne et l'acariose. La varroase s'est révélée être la pathologie la plus fréquemment constatée par les apiculteurs. Ces derniers étaient 77,59 % à avoir remarqué sa présence dans leurs ruches. Ensuite vient la fausse-teigne (Figure 3), qui a été signalée par 50,21 % des producteurs de miel enquêtés. La Figure 3 montre que tous les rayons de cire portés par les lattes dans cette ruche ont été détruits. Il n'y subsiste qu'une masse de fil de soie et une grande quantité de bâtonnets noirs représentant les excréments du parasite adulte. Quant à la nosérose, elle a été identifiée sur 44,81 % des exploitations apicoles étudiées.

Tableau 5. Maladies des abeilles mellifères dans la Commune de Banikoara

Principaux signes de maladies observés et rapportés par les apiculteurs	Fréquence de citation (%)	Maladies suspectées	Types de maladies
Présence de parasite ressemblant à un minuscule crabe brun collé au corps de l'abeille ; Abeille agitée ; Forte mortalité dans la ruche	77,59	Varroose ou varroase	Parasitaire
Présence de toiles soyeuses ; Déjections noires sur le fond de la ruche	50,21	Fausse-teigne	Parasitaire
Beaucoup d'excréments liquides, jaune-brunâtre sur les planches d'envol, les cadres ou les lattes ; Abeilles sombres et rampantes	44,81	Nosérose	Fongique
Opércules affaissés ou percés ; Larves gluantes : quand on plonge une brindille de balai dans une alvéole, on retire un long fil gluant ; Odeur très puante des larves mortes.	18,26	Loque américaine	Bactérienne
Forte mortalité des larves du couvain non operculé ; Larves mortes sous forme de masses molles de couleur jaunâtre ou brun-noirâtre repliées en C au fond des alvéoles ; Odeur aigre.	9,96	Loque européenne	Bactérienne
Ailes perpendiculaires au corps de l'abeille ; Vol court et lent ; Grande mortalité.	4,98	Acariose	Parasitaire



Figure 3. Dégâts causés par le passage de la fausse teigne dans une ruche à Banikoara centre

Les apiculteurs enquêtés ont remarqué la présence de la loque américaine et européenne respectivement à hauteur de 18,26 % et 9,96 %. Pour ce qui est de l'acariose, elle semble être peu fréquente dans les ruchers, n'étant constatée que par 4,98 % des apiculteurs actifs de la Commune. Ces résultats en ce qui concerne le varroa sont similaires à ceux rapportés par Witters (2003), qui a signalé que l'acarien *Varroa destructor* détruit un million de ruches chaque année en Espagne. Cette situation a entraîné une augmentation du travail autour des ruches ainsi qu'une hausse des frais liés au traitement. La présence de *Varroa destructor* et les techniques de lutte contre ce parasite sont souvent considérées comme les principaux facteurs de risque dans les études multifactorielles sur la surmortalité des abeilles, notamment en Angleterre (Brown, 2000), en France (Faucon et al., 2002), en Allemagne (Rosenkranz, 2004), au Canada (Boucher et Desjardins, 2005), en Belgique (Bruneau, 2005), en Suisse (Imdorf et al., 2007) et aux Etats-Unis (Burgett et al., 2009). Les travaux réalisés par Bruneau (2009) vont également dans le sens du rôle de

premier plan joué par la varroose dans le déclin des populations d'abeilles. Celui-ci a souligné que plusieurs enquêtes menées dans divers pays européens ont confirmé que la varroase demeure la maladie la plus préjudiciable pour le domaine apicole, inscrite sur la liste des affections à signaler obligatoirement. La présence du varroa dans un pays constitue une bien triste nouvelle pour sa filière apicole, car ce parasite ne se contente pas seulement d'attaquer les abeilles, il agit également en tant que vecteur, multiplicateur et activateur de nombreux virus. Le varroa n'est pas confiné aux seuls pays occidentaux. Les recherches menées par Adjlane et Doumandji (2011) ainsi que par Lamine (2020) ont démontré qu'il s'imposait comme la principale cause de mortalité des abeilles en Algérie. Les ravages causés par cet acarien au sein des ruchers de ce pays sont considérables (ils touchent près de 94,36 % des ruchers étudiés), malgré les efforts déployés par les apiculteurs pour le combattre. En effet, plus de la moitié des ruchers ont présenté un taux d'infestation du couvain en varroas supérieur au seuil tolérable établi à 15 % au sein d'une colonie saine selon Wilkinson et Smith (2002). Les résultats obtenus au sujet de la fausse teigne sont comparables à ceux de Atmane et Moucer (2017). Ils ont trouvé que la fausse teigne constitue avec la varroase les deux principales menaces pour les colonies d'abeilles dans la région de Tizou-Ouzou en Algérie. Ces auteurs n'ont néanmoins pas indiqué dans leur étude dans quelles proportions ces deux maladies étaient les plus importantes. Le pourcentage de présence de la nosérose dans les ruchers du milieu d'étude (44,81 %) est nettement supérieur à celui de Adjlane et al. (2012) dans le cadre de leur recherche en Algérie sur les facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. Ces auteurs ont rapporté que les symptômes typiques de la nosérose ont été observés dans environ 17 % des ruchers visités. Les analyses de laboratoire ont confirmé la présence des spores de *Nosema sp.* Sprague, 1965. Les loques ont occasionné, d'après les apiculteurs de Banikoara, environ 28,22 % de surmortalité des

abeilles. Ce taux se rapproche de celui de Lamine (2020), qui était de 30,95 % à l'issue de ses travaux sur la contribution à l'évaluation des mortalités des abeilles dans quelques wilayas du centre d'Algérie. Dans ce même pays, il y a quelques années, les symptômes cliniques de la loque américaine ont été observés dans environ 20 % des ruchers analysés par Adjlane et al. (2012). Ces chercheurs ont réalisé des tests en laboratoire sur des échantillons d'abeilles adultes prélevés. Les résultats ont révélé que 45 % des abeilles étaient infectées par la bactérie *Paenibacillus larvae* (White, 1906) Ash et al., 1994 (agent causal de la loque américaine) dans les cinq zones étudiées. Cela confirme, tout comme le démontre cette étude actuelle, une augmentation du taux de mortalité des abeilles d'une campagne apicole à une autre. Plusieurs études menées dans divers pays d'Afrique et du monde ont révélé l'existence de maladies parasitaires, bactériennes ou virales qui n'ont pas été identifiées dans les ruchers de la Commune de Banikoara, mais qui pourraient néanmoins s'y trouver. Parmi celles-ci figurent l'infestation par le petit coléoptère des ruches (*Aethina*

tumida Murray, 1867), l'invasion par l'acarien *Tropilaelaps* (Le conte, 2015) ; le virus des ailes déformées (DWV), le virus du couvain sacciforme (SBV), le virus de la paralysie chronique de l'abeille (CBPV) ou encore la maladie noire (Atmane et Moucer, 2017). Par conséquent, il serait nécessaire d'affiner le diagnostic en procédant à des examens cliniques afin d'identifier toutes les pathologies présentes dans cette région.

Principaux prédateurs des abeilles ou de leurs produits à Banikoara

Outre les maladies, les abeilles sont victimes de parasites ou de prédateurs divers. Ces derniers s'intéressent aux produits de la ruche (notamment le miel, la cire ou la gelée royale) ou aux abeilles elles-mêmes. Les ennemis (prédateurs ou parasites) des abeilles, souvent rencontrés par les apiculteurs dans les ruchers, leurs alentours immédiats ou même les ruches, sont énumérés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Prédateurs des abeilles et produits apicoles à Banikoara

Prédateurs	Classes	Modes de prédation observés et décrits par les apiculteurs	Fréquence de citation (%)
Fourmis	Insecte	Attaquent les ruches et se nourrissent du miel, de larves et d'abeilles	73,44
Lézards/Margouillats	Reptile	Se mettent autour des ruches et happent au passage les butineuses	71,78
Araignées	Arachnide	Piègent les abeilles dans les toiles de fils de soie et les consomment	44,40
Souris/Rats	Mammifère	Pillent le miel lorsqu'ils ont accès à la ruche	40,25
Crapauds/Grenouilles	Batracien	Se mettent autour des ruches et happent au passage les butineuses	35,27
Termites	Insecte	Attaquent les ruches et se nourrissent du miel, de larves et d'abeilles	22,82
Serpents	Reptile	Se mettent autour des ruches et happent au passage les butineuses	20,33
Oiseaux	Oiseau	Capturent et mangent les abeilles au niveau des ruches ou en plein vol	10,79
Musaraignes	Mammifère	Pillent le miel lorsqu'ils ont accès à la ruche	9,54
Caméléons	Reptile	Se mettent autour des ruches et happent au passage les butineuses	9,13
Guêpes	Insecte	Couper les abeilles en deux et partent avec l'abdomen	5,39
Mantes religieuses	Insecte	Déploient leurs pattes avant et attrapent les abeilles assez rapidement et la dévorent	4,56
Écureuils	Mammifère	Pillent le miel lorsqu'ils ont accès à la ruche	4,56
Singes	Mammifère		4,15

Les prédateurs d'abeilles retrouvés dans le milieu d'étude appartiennent à six (6) différentes classes, à savoir les insectes (28,57 %), les mammifères (28,57 %), les reptiles (21,44 %), les arachnides (7,14 %), les batraciens (7,14 %) et les oiseaux (7,14 %). Les fourmis, les lézards/margouillats, les araignées, les souris/rats et les crapauds/grenouilles sont les prédateurs et déprédateurs de l'abeille et des produits de la ruche les plus rencontrés dans la Commune de Banikoara. Ils sont cités respectivement par 73,44 %, 71,78 %, 44,40 %, 40,25 % et 35,27 % des apiculteurs enquêtés. Les termites (22,82

%), les serpents (20,33 %), les oiseaux (10,79 %), les musaraignes (9,54 %), les caméléons (9,13 %), les guêpes (5,39 %), les mantes religieuses (4,56 %), les écureuils (4,56 %) et enfin les singes (4,15 %) sont également des animaux prédateurs cités par relativement peu d'apiculteurs. L'environnement forestier dans lequel se trouvent certains ruchers explique bien la présence de ces ennemis de l'abeille. Ces résultats ressemblent dans une moindre mesure à ceux de Lamine (2020) qui a aussi cité les guêpes et les fourmis comme ennemis des abeilles en Algérie. Dans plusieurs travaux ayant étudié les ennemis

d'abeilles, les types de prédateurs, leur importance relative (fréquence) dans la prédation ne sont pas identiques à ceux des ruchers de Banikoara. Ces auteurs ont énuméré des prédateurs qui ne sévissent pas dans la Commune de Banikoara. Ceux qui sont les plus cités sont le frelon asiatique (*Vespa velutina* Lapeletier, 1836), le frelon européen (*Vespa crabo* Linnaeus, 1758), le guêpier d'Europe (*Merops apiaster* Linnaeus, 1758). Des pratiques curatives et de prévention contre les nuisibles des abeilles existent dans le milieu d'étude.

Mesures préventives et traitements curatifs apportés par les apiculteurs aux abeilles mellifères face aux maladies et ennemis

Face aux maladies et aux prédateurs, les éleveurs d'abeilles de la Commune ont adopté diverses mesures de prévention et curatives.

Pratiques prophylactiques adoptées par les apiculteurs

Les mesures préventives ont pour but de prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation d'une maladie. Les actions réalisées par les apiculteurs et qui participent de la mise en œuvre de ces mesures prophylactiques sont énumérées dans le Tableau 7. La survenance de n'importe quelle pathologie dans une ruche engendre un déclin de la population des abeilles et, par ricochet, une baisse parfois drastique de la production de miel.

Tableau 7. Mesures de prévention et contre la propagation et l'aggravation des maladies

Mesures préventives utilisées	Nombre d'apiculteurs	Pourcentage (%)
Nettoyage et désinfection du matériel apicole	241	100
Brulage des ruches et colonies atteintes suivi de leur ensevelissement	161	66,80
Nettoyage des alentours du rucher	128	53,11
Posage des ruches sur des supports	123	51,04
Renouvellement fréquent des lattes et cadres	51	21,16
Autres (affolants, pièges à rongeurs, ...)	30	12,45

Pour éviter d'en arriver là, différentes mesures préventives ont été implémentées par les apiculteurs dans leur exploitation apicole. Le respect strict des mesures d'hygiène, qui passe entre autres par le nettoyage et la désinfection du matériel apicole, est la plus prédominante des mesures préventives. En effet, 100 % des apiculteurs ont effectué le nettoyage, le grattage et la désinfection (eau de javel, flamme nue) du matériel apicole (lève-cadre, cadre, gants...). Cette pratique permet de détruire d'éventuels spores de germes et d'empêcher ainsi la dissémination de la maladie ou de l'ennemie. La destruction totale par le feu des ruches, des barrettes, des rayons et des abeilles des colonies atteintes, suivie de l'ensevelissement des matériaux brûlés, est pratiquée par 66,80 % des apiculteurs. Quoiqu'une telle mesure amoindrisse le cheptel d'abeilles et soit coûteuse pour l'apiculteur moyen, elle représentait, selon ceux qui la pratiquaient, la solution la plus sûre pour préserver les sujets encore indemnes et se débarrasser de la maladie sans risque de récurrence. Cette pratique est d'ailleurs alignée avec les travaux de Faucon (2013) qui recommande que les colonies très fortement attaquées soient détruites par le feu et le matériel sera désinfecté. Le nettoyage périodique du rucher et de ses alentours immédiats était pratiqué par 53,11 % des éleveurs d'abeilles. La propreté du rucher et de son voisinage réduit la présence des prédateurs/déprédateurs comme les insectes rampants, quelques mammifères et les reptiles. Elle évite même la destruction des ruches par les feux de brousse tardifs. Environ la moitié des producteurs de miel (51,04 %) plaçaient leurs ruches sur des supports de hauteurs variables. Les pieds de ces socles en parpaing, en

bois ou en acier plongés dans de petites boîtes contenant de l'huile de vidange servaient à protéger les abeilles des insectes rampants et autres parasites qui pourraient les visiter. Ils permettaient de plus à l'apiculteur de travailler à la bonne hauteur et de ne pas se fatiguer le dos. Pour les apiculteurs ne disposant pas de grands moyens pour se faire fabriquer des supports en acier ou en bois, ils utilisaient des pneus usagés non réutilisables de voiture, de grosses pierres ou de vieilles bassines (Figures 4, 5, 6, 7). Ces pneus constituaient parfois un refuge chaud et idéal pour les serpents. Aussi, pour éviter de multiplier les moustiques, quelques trous y étaient prévus pour l'évacuation de l'eau. Outre le rôle de protection contre les nuisibles que jouaient les supports, ils préservaient également les ruches contre l'humidité. Le renouvellement fréquent des barrettes ou lattes et des cadres est la méthode préventive utilisée par 21,16 % des apiculteurs. Un nombre restreint d'apiculteurs (12,45 %) utilisaient d'autres méthodes telles que la mise en quarantaine des ruches infestées et des sujets malades, l'utilisation des épouvantails ou affolants dans les ruchers pour dissuader les oiseaux, des pièges à insectes, des pièges avec des appâts empoisonnés pour les rongeurs, la réduction de l'entrée de la ruche, l'introduction des poules près des ruches pour picorer les insectes, surtout ceux rampants, le brulage de piment sec dont l'odeur est supposée repousser les serpents. Une partie de ces résultats ressemblent à ceux de Lamine (2020) qui a fait ressortir dans son étude que le changement en moyenne de $2,19 \pm 0,49$ des cadres de cire des colonies par campagne représentait le principal moyen préventif utilisé par les apiculteurs dans les régions du centre d'Algérie.



Figure 4. Ruche kenyane en bois portée par un support métallique à Banikoara centre



Figure 5. Ruche kenyane en ciment posée sur un pneu usagé à Yambourakorou



Figure 6. Ruche kenyane en ciment posée sur une bassine à Founougo



Figure 7. Ruche kenyane en ciment posée sur des pierres latéritiques à Kakourougou

Traitements curatifs apportés aux abeilles mellifères par les apiculteurs

En dépit des précautions préventives prises par les apiculteurs aux fins de prévenir les pathologies, certains agents pathogènes parvenaient néanmoins à infester les abeilles. Recours est alors fait à différentes méthodes de traitement. La Figure 8 rend compte des méthodes curatives adoptées par les apiculteurs pour tenter de venir à bout des maladies.

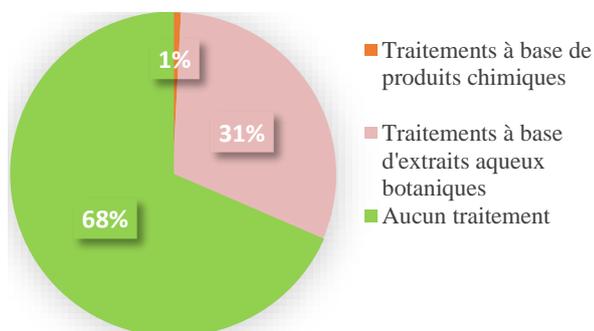


Figure 8. Soins curatifs donnés aux abeilles à Banikoara.

La majorité des apiculteurs (68 %) n'administrait aucun traitement aux abeilles infestées de leurs ruchers. Les raisons qui sous-tendent cette absence de traitement étaient variées. Pour certains, c'était l'inexistence au niveau local de médicaments vétérinaires adaptés. Pour d'autres, c'était leur faible niveau technique lié au manque ou à l'insuffisance des renforcements de capacités. Ils ne

connaissent pas les traitements adaptés aux pathologies des abeilles (Apistan, Apivar, Varromed, MAQS, Oxybee...). Même si ces produits étaient disponibles localement, le coût prohibitif aurait dissuadé plus d'un apiculteur. Pour d'autres, c'est leur faible niveau technique qui explique cette abstinence dans l'utilisation de produits médicamenteux dans leur rucher. Selon d'autres encore, les abeilles élevées dans leurs ruches sont capturées "gratuitement" dans la nature, elles ne leur ont rien coûté, comme cela aurait été le cas pour l'achat d'autres animaux d'élevage tels que les volailles, les caprins, bovins... Pourquoi donc dépenser des ressources en médicaments pour leur soin ? Celles qui meurent sont gratuitement remplacées par la nature. Le fait donc que l'abeille soit un animal capturé librement dans la nature ne contraint pas les apiculteurs à se soucier de leur santé. S'il fallait déboursier de fortes ressources financières pour acquérir, par exemple, des reines d'abeilles auprès d'apiculteurs spécialisés, comme c'est le cas dans les pays occidentaux, l'attitude des apiculteurs aurait certainement été plus regardante vis-à-vis des pathologies. Certains apiculteurs enfin s'abstiennent d'appliquer des traitements chimiques aux abeilles malades parce qu'ils estiment que les produits chimiques ne sont efficaces que pendant un temps (ils évoquaient ainsi les phénomènes de résistance).

Parmi les producteurs apicoles qui apportaient des traitements aux abeilles infectées, 31 % utilisaient des extraits botaniques (huile de graines de neem ; décoction

de feuilles de neem + ail ; décoction de feuilles de neem + savon palmida ; décoction de feuilles de tabac mélangée à de l'ail ou du savon palmida ; décoction de feuilles de neem mélangée à la poudre du petit piment) pour parvenir à leurs fins, tandis que seulement 1 % se rabattaient sur les produits chimiques de synthèse qui étaient des antibiotiques comme la tétracycline qu'ils achetaient dans les pharmacies vétérinaires ou au marché central de la Commune. Cette catégorie d'apiculteurs qui apportaient des soins aux abeilles employaient deux techniques d'application des produits (Figure 9).

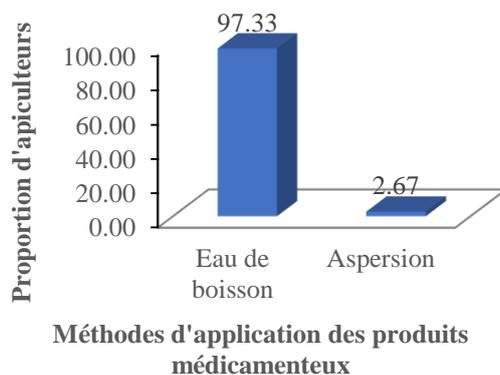


Figure 9. Modes d'administration des médicaments

En effet, la majorité de ce groupe de producteurs de miel (97,33 %) a eu recours à l'administration des produits via l'eau fournie aux abeilles dans les ruchers (Figure 10). Seul 2,67 % de ce groupe d'apiculteurs utilisaient l'application de leurs médicaments par pulvérisation directement sur les gâteaux de miel dans la ruche. Il n'y avait pas de dosage standard défini. Chacun de ces apiculteurs utilisait la quantité qui lui semblait appropriée et au moment qu'il avait choisi.



Figure 10. Abreuvoir de fortune contenant des produits médicamenteux servis aux abeilles dans un rucher à Bouhanrou

L'efficacité de ces traitements reste inconnue en raison de l'absence d'études sur les modes d'utilisation de ces produits naturels et leur efficacité contre les maladies. Ces

résultats sur le traitement curatif des maladies et ennemis des abeilles ne sont pas similaires à ceux d'une étude menée par Lamine (2020) en Algérie, un des plus grands pays producteurs de miel en Afrique. Cet auteur, contrairement à Banikoara, a mentionné que les apiculteurs dans leur ensemble (92,95 %) s'orientaient plus vers les médicaments chimiques que les plantes médicinales (7 %). Les antibiotiques tels que le bayvarol, l'apivar et l'apistan sont les plus souvent utilisés pendant toute l'année et à n'importe quel moment, avec le risque de présence des substances chimiques dans les produits de la ruche et d'une augmentation de l'apparition de résistances. Par manque d'information, certains éleveurs d'abeilles utilisent divers autres produits chimiques dont l'Ectaz, un produit pourtant connu pour être particulièrement dangereux et cancérigène. Le traitement par les antibiotiques n'est pas une solution, car les antibiotiques ne détruisent que la forme végétative des bactéries et ne sont pas efficaces sur les spores. Les produits naturels utilisés dans ce pays pour combattre les agents pathogènes ne sont également pas les mêmes qu'à Banikoara. On peut citer l'ail rouge, le romarin, l'absinthe, le thym sauvage, le citron, la cannelle et les huiles essentielles (thymol, menthol, eucalyptol...). Toutes ces plantes odoriférantes étaient utilisées en fumigation ou en fumée, contrairement à celles de la zone d'étude qui passent par l'eau de boisson ou l'aspersion.

Teneurs en résidus de quelques antibiotiques dans des échantillons de miels

Aucune limite maximale de résidu (LMR) n'a été fixée pour les antibiotiques dans les normes du miel au Bénin, ce qui signifie de facto que tout miel contenant le moindre résidu d'antibiotique est impropre à la consommation et à la commercialisation. Le Tableau 8 reflète l'état sanitaire du miel de Banikoara du point de vue de quatre antibiotiques. Tous les trente-six (36) échantillons prélevés au cours des deux campagnes apicoles 2022 et 2023, puis testés, se sont révélés négatifs en ce qui concerne la présence des médicaments vétérinaires, notamment les antibiotiques. En effet, aucune trace de résidus de la tétracycline, de la streptomycine, du chloramphénicol et du sulfamide n'a été détectée dans les prélèvements de miel analysés. Ces résultats sont comparables à ceux de l'AFSSA (2002) qui n'a détecté aucun échantillon positif à la streptomycine sur les 85 qui ont été examinés en France. De même pour le chloramphénicol, les études de Reybroeck (2003) n'ont révélé aucun échantillon positif parmi les 93 qui avaient été soumis aux analyses. Par contre, nos résultats d'analyses divergent de ceux rapportés par d'autres travaux scientifiques (Tableau 9) sur la recherche de résidus d'antibiotiques dans des matrices apicoles dont le miel, surtout les miels de pays occidentaux où les apiculteurs font fréquemment recours aux médicaments vétérinaires (en l'occurrence, les antibiotiques comme la tétracycline, la dihydrostreptomycine, l'apivar...) pour la prévention et le traitement des pathologies d'abeilles dont les plus courants sont la varroose et les loques des abeilles.

Tableau 8. Détection des antibiotiques dans le miel de Banikoara

	Tétracycline LD = 15 µg/kg	Chloramphénicol LD = 0,3 µg/kg	Streptomycine LD = 15 µg/kg	Sulfamide LD = 10 µg/kg
A _t RK_mars_2022	-	-	-	-
A _t RD_mars_2022	-	-	-	-
A _t RT_mars_2022	-	-	-	-
E _b RK_mars_2022	-	-	-	-
E _b RD_mars_2022	-	-	-	-
E _b RT_mars_2022	-	-	-	-
PcRK_mars_2022	-	-	-	-
PcRD_mars_2022	-	-	-	-
Pc RT_mars_2022	-	-	-	-
A _t RK_nov_2022	-	-	-	-
A _t RD_nov_2022	-	-	-	-
A _t RT_nov_2022	-	-	-	-
E _b RK_nov_2022	-	-	-	-
E _b RD_nov_2022	-	-	-	-
E _b RT_nov_2022	-	-	-	-
PcRK_nov_2022	-	-	-	-
PcRD_nov_2022	-	-	-	-
Pc RT_nov_2022	-	-	-	-
A _t RK_mars_2023	-	-	-	-
A _t RD_mars_2023	-	-	-	-
A _t RT_mars_2023	-	-	-	-
E _b RK_mars_2023	-	-	-	-
E _b RD_mars_2023	-	-	-	-
E _b RT_mars_2023	-	-	-	-
PcRK_mars_2023	-	-	-	-
PcRD_mars_2023	-	-	-	-
Pc RT_mars_2023	-	-	-	-
A _t RK_nov_2023	-	-	-	-
A _t RD_nov_2023	-	-	-	-
A _t RT_nov_2023	-	-	-	-
E _b RK_nov_2023	-	-	-	-
E _b RD_nov_2023	-	-	-	-
E _b RT_nov_2023	-	-	-	-
PcRK_nov_2023	-	-	-	-
PcRD_nov_2023	-	-	-	-
PcRT_nov_2023	-	-	-	-

PcRK_nov_2023 : Echantillon prélevé d'une ruche kenyane au mois de novembre 2023 chez l'apiculteur qui utilise le traitement chimique pour soigner ses abeilles malades ; LD : Limite de détection ; - : < LD (négatif) ; nov : novembre

Mais dans ces pays, ce ne sont pas uniquement les antibiotiques utilisés par les apiculteurs qui sont incriminés dans la pollution du miel. Il y a également des traitements chimiques effectués par certains agriculteurs sur des végétaux, notamment les fruitiers, qui sont aussi, entre autres, pointés du doigt. Ainsi, de 1998 à 2001, près de 300 échantillons de miel belge sont analysés pour la recherche des molécules de streptomycine, de tétracycline et de sulfamide. Peu d'échantillons se sont révélés positifs, mais il y en avait quand même de positifs : 4 échantillons positifs sur 248 pour la streptomycine, 0 échantillon positif sur 5 pour les tétracyclines, 0 sur 25 pour les sulfamides. Les échantillons positifs à la streptomycine proviennent généralement d'apiculteurs habitant dans des régions où il y a beaucoup de cultures fruitières souvent traitées contre des maladies bactériennes comme le feu bactérien (*Erwinia amylovora*) qui peuvent entraîner la mort des arbres atteints. Toujours

dans ce même pays, entre 2000 et 2001, des résidus d'antibiotiques ont été détectés à fréquence élevée dans le miel de table en provenance de différents pays étrangers, dont notamment la Chine, le Mexique, la Roumanie, le Vietnam, l'Espagne, l'Argentine et Cuba. Sur les 17 échantillons de ces miels étrangers vendus sur le marché belge qui sont prélevés et analysés en Belgique, 8 se sont révélés positifs à la streptomycine, 4 échantillons se sont révélés contenir des tétracyclines et 6 échantillons étaient positifs pour les sulfamides. Parmi les échantillons positifs, il y en avait 5 positifs pour 2 groupes de résidus et 3 échantillons étaient positifs pour les trois groupes. Les teneurs sont comprises entre 29 µg/kg et 307 µg/kg (AFSCA, 2001). Dans la même période en Suisse, des échantillons de miels nationaux et étrangers sont analysés par Bogdanov et Fluri (2001) dans des laboratoires officiels allemand et suisse. Ils ont enregistré, sur les 800 miels nationaux analysés, 48 (6 %) échantillons qui sont

contaminés par des sulfonamides, de sulfathiazole principalement, ou un autre antibiotique. De ces miels contaminés, 2,5 % dépassaient la tolérance fixée pour le miel à 0,05 mg/kg. Ces résidus sont le fait d'une utilisation non autorisée d'antibiotiques pour lutter contre la loque américaine. Pour ce qui est des échantillons étrangers, sur 310 miels analysés, surtout le miel provenant d'Amérique centrale, 107 échantillons, c'est-à-dire environ le tiers, étaient positifs. Parmi les résidus découverts, il y avait surtout la streptomycine, mais également des résidus de tétracyclines et de sulfonamides. Le miel de la Commune de Banikoara, comparé à ceux de ces différents pays occidentaux, est de très bonne qualité du point de vue de la présence des résidus d'antibiotiques. La présence de ces résidus dans un miel destiné à la consommation humaine constitue un risque sanitaire, car une prise régulière d'antibiotiques via un miel contaminé, même en petites quantités, peut favoriser l'apparition de

bactéries résistantes dans l'intestin. Une infection due à des germes résistants est plus difficile à combattre avec des substances chimiothérapeutiques. L'absence complète des 4 antibiotiques visés et recherchés dans les échantillons de miel est un signal positif pour la qualité du miel et la valorisation de la filière apicole au sein de la Commune de Banikoara. L'apiculture, qui ne requiert pas de ressources considérables pour son exécution, est une réelle option pour réduire la pauvreté et le chômage des groupes vulnérables (jeunes, femmes) en zone rurale. Cependant, si les pathologies variées des abeilles ne sont pas traitées et que l'usage intensif et généralisé de pesticides chimiques synthétiques dans le domaine d'étude perdurait, la mortalité importante des abeilles déjà constatée et signalée par certains apiculteurs locaux continuerait à augmenter, entraînant ainsi une baisse significative de la production du miel et des plantes pollinisées.

Tableau 9. Teneurs en antibiotiques dans le miel de cette étude en comparaison avec quelques autres études de la littérature

Pays d'origine du miel	Antibiotiques recherchés	Méthodes d'analyse	Nombre d'échantillons examinés	Nombre d'échantillons Positifs (%)	Fourchette de concentration ou Concentration moyenne (µg/kg)	Références
Bénin	Streptomycine	Charm II Streptomycin Honey	36	0 (0)	-	Présente étude
Importé en France		Non précisée	72	4 (5,56)	10,3 – 16	AFSSA, 2002
Mexique et Argentine		ELISA RIDASCREEN et Charm II Streptomycin honey	5	4 (80)	29 – > 200	AFSCA, 2001
Mexique et Cuba		ELISA RIDASCREEN et Charm II Streptomycin honey	3	1 (33)	166	AFSCA, 2001
Argentine, Mexique, Chine, Roumanie, Vietnam, Espagne		Charm II Streptomycin honey	17	8 (47,06)	15 – 307	AFSCA, 2001
Importé en Suisse		Charm II Streptomycin honey	17	17 (100)	20 – 100	Anon, 2000
Importé en Suisse		Charm II Streptomycin honey	36	10 (27,78)	20 – 50	Anon, 2000
Belgique (production locale entre 2000 et 2002)		Charm II Streptomycin	248	4 (1,61)	< 10 – 71	Reybroeck, 2003
Importé en Belgique entre 2000 et 2002		Charm II Streptomycin	108	51 (47,22)	< 10 – 71	Reybroeck, 2003
Bénin		Tétracyclines	MO_55. P.	36	0 (0)	-
France	Charm II Tétracyclines honey		193	49 (25,39)	16 – 589	AFSSA, 2002
Importés en France	Charm II Tétracyclines honey		72	20 (27,78)	15 – 951	AFSSA, 2002
Importés en France	Charm II Tétracyclines honey		148	28 (18,92)	16 – 611	AFSSA, 2002
Algérie	HPLC-MS		36	2 (5,56)	0,03	Draiaia et al., 2015
Belgique (production locale entre 2000 et 2002)	Charm II Tétracyclines		72	2 (2,78)	< 10 – 30	Reybroeck, 2003
Importé en Belgique entre 2000 et 2002	Charm II Tétracyclines	98	29 (29,59)	< 10 – 30	Reybroeck, 2003	
Bénin	Sulfamide/Sulphonamide	Charm II Sulphonamide	36	0 (0)	-	Cette étude
Belgique (production locale entre 2000 et 2002)		Charm II sulfamide	72	2 (2,78)	< 20 – 430	Reybroeck, 2003
Importé en Belgique entre 2000 et 2002		Charm II sulfamide	98	31 (31,63)	< 20 – 430	Reybroeck, 2003
Bénin	Chloramphénicol	MO_56. P.	36	0 (0)	-	Cette étude
Importé en Belgique entre 2000 et 2002		Chloramphénicol Enzyme ImmunoAssay (EIA)	85	40 (47,06)	Non indiquée	Reybroeck, 2003

CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont montré qu'il existe une forte mortalité des abeilles mellifères dans la Commune de Banikoara. Les causes suspectées par les apiculteurs pour expliquer cette surmortalité étaient multiples : les maladies et prédateurs, les pesticides chimiques de synthèse utilisés en agriculture, la chasse au miel, les feux de brousse tardifs, les mauvaises pratiques apicoles, le climat et la raréfaction des ressources alimentaires (nectar, pollen). Différentes maladies bactériennes (loque américaine, loque européenne), parasitaires et fongiques ont été suspectées sur les ruchers. La varroose et la fausse-teigne étaient les plus présentes. Aucune maladie virale n'a été suspectée, alors que la présence de la varroose va souvent de pair avec les maladies virales. Ceci pose la nécessité d'un approfondissement du diagnostic des maladies apicoles qui sévissent effectivement sur les ruchers du nord Bénin. Les apiculteurs avaient principalement recours au nettoyage et à la désinfection de leurs équipements comme moyen préventif. Face aux maladies, la plupart des apiculteurs ne mettaient en œuvre aucun traitement. Quelques-uns utilisaient des extraits botaniques pour soigner les colonies. Seuls quelques éleveurs d'abeilles utilisaient les antibiotiques de manière très limitée. Ainsi, aucun des échantillons de miel analysés n'a montré la moindre présence de ces antibiotiques. De ce fait, selon cette perspective, le miel fabriqué dans la Commune cotonnière de Banikoara ne présente aucun risque sanitaire pour ceux qui le consomment. Toutefois, une formation continue à l'endroit des apiculteurs est indispensable pour garantir une application rigoureuse des bonnes pratiques apicoles, ce qui prévient les mortalités élevées et assure la qualité du miel. D'autres mesures, telles que la promotion de la culture du coton biologique, l'assistance technique aux apiculteurs par des vétérinaires apicoles, le soutien à la recherche scientifique pour améliorer le diagnostic des maladies, la fourniture de médicaments naturels et le développement de souches génétiques résistantes aux maladies/parasites, doivent être prises pour la sauvegarde des abeilles.

CONFLIT D'INTERET

Aucun conflit d'intérêt n'existe dans le cadre de la présente étude.

REFERENCES

ACPA (Association Canadienne des Professionnels de l'Apiculture). (2023). Rapport 2023 de l'ACPA sur la mortalité hivernale des colonies d'abeilles domestiques au Canada. 50 p.

Adam, S., Etorh, A., Totin, H., Koumolou, L., & Aklikokou, K. (2010). Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4, 1170–1179. DOI : 10.4314/ijbcs.v4i4.63054.

Adjlane, N., Doumandji, S. E., & Haddad N. (2012). Situation de l'apiculture en Algérie : facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. *Cahiers Agricultures*, (21)4, 235-241. DOI : <https://doi.org/10.1684/agr.2012.0566>.

Adjlane, N., & Doumandji, S. (2011). La varroose : biologie, diagnostic et traitement ; situation actuelle de la varroose en Algérie. *Pratique vétérinaire*, 9, 8-11.

Adougan, N. B., Hounkanrin, B., Boko, P., & Ogouwale, E. (2021). Tendances climatiques dans la Commune de Banikoara au Nord-Bénin (Afrique de l'ouest). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 24(2), 497-506.

AFSCA. (2001). Dossier : Antibiotique dans le miel. Résidus d'antibiotiques et de sulfamides dans le miel. 14 p.

AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments). (2002). Saisine n° 2002-SA-0126. Avis du 18 septembre 2002 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation du risque éventuel lié à la présence de résidus de tétracyclines et de streptomycine dans le miel. [en ligne] Adresse URL : <http://www.afssa.fr/Documents/RCCP2002sa0126.pdf> / 4 p.

Agbohessi, T., Toko, I., Yabi, A., Dassoundo-Assogba, C., & Kestemont, P. (2011). Caractérisation des pesticides chimiques utilisés en production cotonnière et impact sur les indicateurs économiques dans la Commune de Banikoara au nord du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 1828-1841. DOI:10.4314/ijbcs.v5i5.6.

Ahouandjinou, S. T. B., Yédomonhan, H., Adomou, A. C., Tossou, M. G., & Akoegninou, A. (2016). Caractéristiques techniques et importance socio-économique de l'apiculture au Nord-Ouest du Bénin : Cas de la commune de Cobly. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3), 1350-1369. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.35>

Allier, F., & Heidsieck, H. (2012). Proposition pour une prise en compte des insectes pollinisateurs dans les politiques agricoles nationales et européennes. *Cahier technique*. ITSAP. Institut de l'abeille, 48 p.

Anon. (2000). Streptomycin und andere Fremdstoffe in ausländischem Honig 1999- RegioKampagne der kantonalen Laboratorien der Region Nordwestschweiz (Schwerpunktlabor : KL BE) *Mitt. Lebensm. Hyg.* 91, 448-452.

Anonyme (2003). Bee health: in search of the causes. *Proceedings of the international conference on the 2002/2003 bee mortality phenomenon*. ADIZ/db/IF 7/2003, 4 p.

Atmane, I., & Moucer, A. (2017). Inventaire des maladies et des ennemis de l'abeille domestique dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Master en Sciences Biologiques, Université MOULOUD MAMMERI de TIZI-

- OUZOU, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, 114 p.
- Azonwade, F. E., Paraïso, A., Tossou, M. G., Sina, H., Kelomey, A. E., Chabi-Sika, K., & Baba-Moussa, L. (2017). Pollen analysis of the honeys samples produced in the three phyto-geographical zones of Benin. *European Scientific Journal*, 13(18), 528-547. DOI : 10.19044/esj.2017.v13n18p528.
- Baaklini, S. (2010). Situation de l'apiculture en Algérie : Facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles. Université de Tébessa.
- Bogdanov, S. & Fluri, P. (2001). Miele : qualità e residui di antibiotici. *Centro svizzero di ricerca apicole*. 5 p.
- Bogdanov, S. (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1-18. <https://doi.org/10.1051/apido:2005043>.
- Boucher, C., et Desjardins, F. (2005). Santé de l'abeille : bilan 2004 et prévision 2005. *Bulletin zoosanitaire RAIZO*, 44, 1-4.
- Boucher, C. (2009). Bilan de la mortalité hivernale 2008-2009 au sein des colonies d'abeilles du Québec d'après le sondage postal effectué au printemps 2009. *Agrireseau* (en ligne). http://www.agrireseau.qc.ca/apiculture/documents/Enquete_mortalite92009_Bilan.pdf
- Bourg, S. (2006). Abeille et insecticides phytosanitaires. *Médecine vétérinaire et santé animale*. DUMAS-04562355.
- Brown, M. (2000). Lutte contre les maladies apicoles en Grande-Bretagne. *Santé de l'abeille* 178, 213-224.
- Bruneau, E. (2009). Abeilles et apiculture. *L'apiculture européenne*, 5 p.
- Bruneau, E. (2005). Dépérissement des ruchers en région wallonne : état des lieux. *Abeilles & Cie* 104, 8-11.
- Burgett, M., Randal, R., & Walter, T. (2009). Honey bee colony mortality in the Pacific Northwest (USA). *American Bee Journal*, 149, 573-575.
- Chiron, J., & Hattenberger, A. M. (2008). Mortalités, effondrement et affaiblissement des colonies d'abeilles. *Agence française de sécurité sanitaire des aliments*, 156 p.
- Djossou, J. A., Tchobo, F. P., Yédomonhan, H., Alitonou, A. G., & Soumanou, M. M. (2013). Evaluation des caractéristiques physicochimiques des miels commercialisés à Cotonou. *Tropicicultura*, 31(3), 163-169. URL : <http://www.tropicicultura.org/text/v31n3/163.pdf>.
- Draiaia, R., Chefrour, A., Dainese, N., Borin, A., Manzinello, C., Gallina, A., & Mutinelli, F. (2015). Physicochemical parameters and antibiotic residues in Algerian honey. *African Journal of Biotechnology*, 14(14), 1242-1251. DOI : 10.5897/AJB2015.14456.
- Faucon, J. P., Martel, A. C., Antinelli, J. F., Clement, M. C., Zeggane, S., Cordella, C., Davico, R., Rognone, C., & Aurières, C. (2002). Sondage sur la qualité des miels de lavande-lavandin. *Bulletin Technique Apicole*, 29(2), 55-62.
- Faucon, J. P. (2013). La loque américaine. *ANSES, Connaître, évaluer, protéger*. 2 p.
- Hauberge, E., Nguyen, B. K., Widart, J., Thomé, J. P., Fickers, P., & Depauw, E. (2006). Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera : Apidae) : faits et causes probables. *Notes fauniques de Gembloux*, 59, 3-21.
- Imdorf, A., Charrière, J. D., & Galmann, P. (2007). Quelles sont les causes possibles des pertes de colonies de ces dernières années ? *Revue suisse d'apiculture*, 128, 19-32.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique). (2015). *RGPH4 : QUE RETENIR DES EFFECTIFS DE POPULATION EN 2013 ?* 33 p.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique). (2020). Document de travail N°DSEE2020DT02, version révisée de la monographie de la filière du coton au Bénin. 54 p.
- Kindji, Y. A. H., & Yehouenou Azehoun Pazou, E. (2024). Contamination du miel par des résidus de pesticides chimiques dans la Commune de Banikoara (Bénin *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(5), 2001-2021.
- Lamine, O. (2020). Contribution à l'évaluation des mortalités des abeilles dans quelques wilayas du centre d'Algérie. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master en science agronomiques, spécialité production animale. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou (Algérie). 78 p.
- Lamotte, P. (2004). Les abeilles ont le bourdon. *Le Vif/L'Express*, 16 avril 2004, p. 28-30.
- Le Conte, Y. (2015). Résistance des abeilles à *Varroa destructor*. *Abeille et environnement*. Santé des abeilles : impact de la co-exposition aux facteurs de stress. *Rencontre scientifique de l'anse*, 31 p.
- Le Conte, Y., & Pitrat, M. (2016). Abeille domestique : un dépérissement aux multiples causes. *Dossier Pollens, abeilles et compagnie - Jardins de France* 643.
- Lebel, F., Debailleul, G., Samba, S. A. N., & Olivier, A. (2002). Contribution des produits forestiers non ligneux à l'économie des ménages de la région de Thiès, au Sénégal. *Acte 2e atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'agroforesterie au Sahel*, Bamako 4-6 mars 2002, pp. 1-9.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche). (2014). *Politique Phytosanitaire en République du Bénin*, 56 p.
- Marceau, G., & Sauvajon, L. (2016). Le péril des abeilles. *Les abeilles à miel en danger*. *AFSSZ.radio-Canada.ca*, 6 p.
- Neumann, P., & Carreck, N. L. (2010). Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49, 1-6. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01>.
- Paraïso, A., Viniwanou, N., Akossou, A. Y. J., Mensah, G. A., & Abiola, W. (2011). Caractérisation morphométrique de l'abeille *Apis mellifera adansonii* au Nord-Est du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(1), 331-344.
- Paraïso, A., Sossou, A., Iz-Haouou, D., Yegbemey, R. N., & Sanni, A. (2012). Perceptions and adaptations of beekeepers and honey hunters to climate change: the case of the communes of Natitingou and Tanguieta in Northwest Benin. *African Crop Science Journal*, 20(2), 523-532.

- Michener, C.D. (2000). *The Bees of the World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- PDC (Plan de développement communal) III-Banikoara, 2017-2021 (2017), 200 p.
- Pelebe, R. O. E., Ouattara, I. N., Attakpa, E. Y., Dimon, Yai, B. W., Dassoundo-Assogba, J. C. F., Imorou Toko, I., & Montchowui, E. H. (2019). Caractérisation de l'état actuel et des modes d'exploitation des retenues d'eau au Bénin, *Annales de l'Université de Parakou- Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 9(2), 1-14. DOI: 10.56109/aup-sna.v9i2.50.
- Reybroeck, W. (2003). Residues of antibiotics and sulphonamides in honey on the Belgian market. *APIACTA*, 38, 23-30.
- Rosenkranz, P. (2004). Pertes d'abeilles et de colonies en Allemagne. Comptes rendus du 1er colloque technique apicole, 12 octobre 2004, Roissy, France. http://www.jacheres-apicoles.fr/gallery_files/documents/02_bee_losses_germany.pdf
- Tirado, R., Simon, G., & Johnston, P. (2013). Le déclin des abeilles – Analyse des facteurs qui mettent en péril les pollinisateurs et l'agriculture en Europe. Laboratoires de recherche de Greenpeace. <http://www.greenpeace.org/france/pagefiles/266577/20130425-bd.pdf>.
- Toudert, F. (2012). Contribution à l'étude des effets sublétaux de l'imidaclopride sur la physiologie des ouvrières et des reines de l'abeille domestique (*Apis mellifera intermissa*).
- Vaissiere, B., Morison, N., & Carre, G. (2005) Abeilles, pollinisation et biodiversité. *Abeilles & Cie*, 3, 10–14.
- Van Engelsdorp, D., Hayes, J., Caron, D., & Pettis, J. (2010). Preliminary results: honey bee colony losses in the U.S., winter 2009-2010. University Park (Pennsylvania, USA): Penn State University, Center for Pollinator Research. <http://ento.psu.edu/pollinators/news/2010/losses-2009-10>.
- Weissenberger, J. (2014). Les abeilles de l'UE : un bilan de santé inquiétant. Service de recherche du Parlement européen, 8 p.
- Wilkinson, D., & Smith, G. C. (2002). Modeling the efficiency of sampling and trapping *Varroa destructor* in the drone brood of honey bees (*Apis mellifera*). *American Bee Journal*, 142, 209-211.
- Witters, S. (2003). Apiculture en Espagne. In : Des abeilles et des hommes. Miel et commerce équitable : l'exemple du miel Maya au Mexique. Liège (Belgique) : Miel Maya Honing.
- Zoclanclounon, D., Paraïso, G., Paraïso, A., Akogbeto, F., & Quenum, G. (2017). Sensitivity of the bee *Apis mellifera adansonii* to a fungicide commonly used in Benin. *Journal of Entomology*, 7(3), 1-9.