

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	1
PREMIÈRE PARTIE : RAPPELS	
I. Généralité sur l'aviculture à Madagascar	3
I.1. Aviculture malgache dans le secteur élevage	3
I.1.1. Aviculture villageoise	3
I.1.2. Aviculture commerciale	3
I.2. Contraintes de l'aviculture malgache	3
I.3. Vaccination anti-Newcastle des volailles	4
II. Maladie de Newcastle.....	6
II.1. Définition	6
II.2. Synonymie.....	6
II.3. Historique de la maladie.....	6
II.4. Importance économique	8
II.5. Étiologie	8
II.5.1. Structure et organisation du virus	8
II.5.2. Génome du virus	9
II.5.3. Glycoprotéine F	9
II.5.4. Glycoprotéine HN.....	11
II.6. Propriété biophysique et biochimique.....	11
II.7. Épidémiologie	11
II.7.1. Espèces affectées	11
II.7.2. Pouvoir immunologique d'APMV-1	12
II.7.3. Facteurs de risque de la maladie	12
II.7.4. Sources de contamination et transmission	12

II.7.5. Voies de contamination.....	13
II.8. Signes cliniques.....	13
II.8.1. Chez les poulets	14
II.8.2. Chez les autres espèces d'oiseaux.....	14
II.8.3. Chez l'homme	16
II.9. Pathogénie	16
II.10. Lésions	17
II.11. Diagnostics	19
II.11.1. Diagnostic épidémio-clinique	19
II.11.2. Diagnostic différentiel	19
II.11.3. Diagnostic de laboratoire	20
II.12. Mesures prophylactiques	21

DEUXIÈME PARTIE : MÉTHODES ET RÉSULTATS

I. MÉTHODES.....	22
I.1. Zone d'étude	22
I.2. Type d'étude	24
I.3. Durée de l'étude et période d'étude.....	24
I.4. Population d'étude	24
I.5. Mode d'échantillonnage des ménages	25
I.6. Mode de collecte de données	25
I.6.1. Prélèvements sérologiques	25
I.6.2. Prélèvements pour les analyses virologiques	25
I.7. Analyse sérologique par le test IHA	27
I.8. Analyse virologique par le test RT-PCR en temps réel	29
I.9. Analyses typologiques des données.....	31
I.9.1. Variables utilisées	31

I.9.2. Analyse des Correspondances Multiples ou ACM	32
I.9.3. Classification Ascendante Hiérarchique ou CAH.....	32
I.10. Considérations éthiques	33
II. RÉSULTATS	34
II.1. Description des élevages et des échantillons.....	34
II.1.1. Démographie des volailles dans les ménages d'enquête	34
II.1.2. Effectifs des élevages et des échantillons sérologiques	36
II.1.3. Effectif des prélèvements pour l'analyse virologique QRT-PCR.....	37
II.2. Typologie de l'aviculture villageoise à Vatomandry	37
II.2.1. Classification des élevages selon la conduite générale d'élevage pratiquée	38
II.2.2. Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de maladies	42
II.2.3. Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de mortalités causées par une maladie.....	45
II.3. Suspicion de la maladie de Newcastle par les aviculteurs	48
II.4. Séroprévalence de la maladie de Newcastle.....	50
II.5. Circulation du virus APMV-1 dans le district de Vatomandry	50
TROISIÈME PARTIE : DISCUSSION	
DISCUSSION	51
CONCLUSION	65
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I : Comparaison de l'aviculture de type villageois et de type commercial	5
Tableau II : Caractéristiques des pouvoirs pathogènes d'un APMV-1	17
Tableau III : Effectif du cheptel animal du district de Vatomandry	23
Tableau IV : Préparation et composition des mix PCR	30
Tableau V : Primers (basés sur le gène F) pour le screening virologique QRT-PCR/Maladie de Newcastle	31
Tableau VI : Démographie des volailles au niveau des ménages enquêtés	34
Tableau VII : Répartition des différentes volailles au niveau d'un élevage	35
Tableau VIII: Répartition des poulets dans un élevage	35
Tableau IX : Représentation des échantillons pour la sérologie	36
Tableau X : Effectif des poulets vaccinés	36
Tableau XI : Effectif des prélèvements virologiques	37
Tableau XII : Profils des conduites générales d'élevage	41
Tableau XIII: Profils des conduites d'élevage en cas de maladies.....	44
Tableau XIV: Profils de conduite d'élevage en cas de mortalité	47
Tableau XV : Tableau symptomatique de la maladie aviaire suspectée	48
Tableau XVI: Estimation de l'augmentation du cheptel de poulets villageois.....	63

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Virus de la maladie de Newcastle.....	8
Figure 2 : Structure du génome (ARN simple brin) d'un Avulavirus.....	9
Figure 3 : Diagramme représentant une glycoprotéine virale transmembranaire de type I (A) et (B)	10
Figure 4 : Les deux types de sites de clivage de la protéine F	10
Figure 5 : Forme neurotrope (torticolis) de la maladie de Newcastle	15
Figure 6 : Lésions hémorragiques lors de la maladie de Newcastle	18
Figure 7 : Carte du district de Vatomandry avec ses 11 communes d'étude	22
Figure 8 : Température et Précipitation de la Région Atsinanana	23
Figure 9 : Prélèvement sanguin au niveau de la veine alaire chez un poulet.....	26
Figure 10 : Motif d'hémagglutination du test HA.....	28
Figure 11 : Principe du test d'inhibition de l'hémagglutination	28
Figure 12 : Proportion de volailles dans les ménages par espèce	34
Figure 13 : Classification des élevages selon le mode d'élevage pratiqué	38
Figure 14 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des élevages selon le mode d'élevage pratiqué	39
Figure 15 : Classification des élevages selon les conduites en cas de maladie.....	42
Figure 16 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des élevages selon les conduites en cas de maladie.....	43
Figure 17 : Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de mortalités causées par une maladie	45
Figure 18 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des élevages selon les conduites en cas de mortalités des poulets au sein des ménages.	46
Figure 19 : Poulets abattus atteints de koropoka selon les aviculteurs	49
Figure 20 : Calendrier de déclenchement de la maladie de Newcastle avancé par les aviculteurs selon leurs expériences	49
Figure 21 : Prévalence de la Maladie de Newcastle à Vatomandry	50

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête

Annexe 2 : Extraction d'acide nucléique viral

Annexe 3 : Tableaux des variables d'études

Annexe 4 : Courbes de quantification et de fusion des amplicons d'extraits d'ARN

LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS

ADN	: Acide Désoxyribonucléique
ADNc	: Acide Désoxyribonucléique complémentaire
ARN	: Acide ribonucléique
ARNv	: Acide Ribonucléique viral
CIRAD	: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Montpellier-France)
DRZV	: Département de Recherches Zootechnique et Vétérinaire
FOFIFA	: <i>Foiben'ny Flkarohana ho Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra</i> (Centre de Recherche Appliquée au Développement Rural)
HA/IHA	: Hémagglutination /Inhibition de l'hémagglutination
IMVAVET	: Institut malgache des vaccins vétérinaires
ISCOM	: Immune-Stimulating Complex
KDa	: Kilo Dalton
NaCl	: Chlorure de sodium ou sel de cuisine
OIE	: Office International des Épizooties
PCR	: Polymerase chain reaction
pH	: potentiel d'hydrogène
p/v	: poids sur volume
QRT-PCR	: Quantitative Reverse Transcriptase-PolyChaine Reaction
RN11A	: Route nationale numéro 11 A
UI	: Unité internationale
v/v	: volume sur volume

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Dans le monde, la maladie de Newcastle est probablement la maladie aviaire la plus meurtrière représentant 70% des cas de mortalités des volailles en aviculture villageoise [1]. En Afrique, cette maladie cause des pertes énormes de plus de 80% des élevages de volailles villageoises [2]. Elle constitue l'une des contraintes majeures du développement de l'aviculture villageoise et se trouve sur la liste des maladies à déclaration obligatoire auprès de l'Office International des Épizooties ou OIE [3]. À Madagascar, la maladie de Newcastle est l'une des premières menaces de l'aviculture villageoise causant une mortalité de 44,3% avec une séroprévalence qui atteint les 100% après une épizootie [4, 5].

Depuis sa première description en 1946, cette maladie sévit avec une allure enzootique et de nouveaux foyers se sont créés progressivement dans toute l'île [6, 7]. D'après le rapport annuel du vétérinaire sanitaire du district de Vatamandry en 2015, la maladie de Newcastle est suspectée d'envahir l'aviculture villageoise durant toute l'année. Les mortalités qu'elle engendre constituent ainsi un grand problème pour le développement de l'aviculture villageoise du district de Vatamandry comptant 968 050 têtes de poulets soit 43,42% de celui de la Région Atsinanana (Service provincial du Plan Toamasina en 2005). Toutefois, relativement à cette suspicion de la maladie de Newcastle aucune étude sur l'exposition à cette maladie de Newcastle et sur la circulation du virus de la maladie de Newcastle à Vatamandry n'a été réalisée jusqu'à présent. La question qui se pose est alors : l'aviculture villageoise de Vatamandry est-elle menacée par la maladie de Newcastle ?

Dans ce contexte, cette étude a été initiée afin de déterminer la circulation du virus dans les élevages et les facteurs intervenant dans la maladie de Newcastle dans la vision de contribuer à l'apport des solutions pérennes afin d'assurer le développement de cette filière avicole villageoise dans le district.

Deux hypothèses sont posées dans cette étude, la première concerne les conduites d'élevage pratiquées dans le district de Vatamandry qui constituent les facteurs de risques à la maladie de Newcastle. La deuxième hypothèse se rapporte au fait que la maladie épizootique et saisonnière sévissant sur le cheptel de l'aviculture villageoise est

liée à la circulation du virus de la maladie de Newcastle avec une séroprévalence très élevée.

Cette étude a pour objectif général de décrire l'exposition de l'aviculture villageoise du district de Vatomandry à la maladie de Newcastle et à ses différents facteurs de risque.

Ainsi les objectifs spécifiques sont de :

- Déterminer les différents types de conduites en aviculture villageoise dans le district de Vatomandry,
- Évaluer la connaissance des aviculteurs sur la maladie de Newcastle,
- Déterminer la circulation du virus APMV-1 à Vatomandry
- Évaluer la séroprévalence de la maladie de Newcastle à Vatomandry.

À la fin de cette recherche, sur le plan opérationnel, l'étude va contribuer à la sensibilisation et à la formation des aviculteurs villageois ainsi que les différents acteurs de l'aviculture sur la bonne pratique en élevage avicole traditionnel. Sur le plan scientifique et médical, cette étude va contribuer à la situation épidémiologique de la maladie de Newcastle dans le district de Vatomandry pour permettre une bonne gestion de cette maladie.

PREMIÈRE PARTIE : RAPPELS

I. Généralité sur l'aviculture à Madagascar

I.1. Aviculture malgache dans le secteur élevage

L'aviculture malgache occupe une place primordiale dans la filière élevage. Elle couvre 69,7% de la totalité de cette filière et compte 36,450 millions de volailles domestiques selon l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture ou la FAO. L'espèce essentiellement exploitée est la poule de race locale (*Gallus gallus*), élevée en liberté et représente 83% du total des volailles [8, 9].

Il existe deux types d'aviculture à Madagascar : l'aviculture villageoise et l'aviculture de type commercial. L'élevage de type commercial se subdivise en élevage amélioré et en élevage industriel [8, 10]. Les conduites d'élevage diffèrent selon le type d'élevage pratiqué. Leurs comparaisons sont montrées dans le Tableau I [11, 12].

I.1.1. Aviculture villageoise

L'aviculture villageoise ou traditionnelle constitue le type d'aviculture prédominant à Madagascar comme dans tous les pays africains et regroupe 95% des poulets évoluant dans le système d'élevage extensif ou traditionnel. Elle est présente dans tout le territoire national malgache même dans les régions les plus enclavées et est pratiquée surtout en milieu rural dans lequel chaque famille d'aviculteurs élève 7 à 20 têtes de poulets de races communes. Ce type d'aviculture s'agit généralement d'une activité secondaire en complément de l'agriculture [10-13].

I.1.2. Aviculture commerciale

L'aviculture de type commercial représente 5% du cheptel aviaire national et est localisée essentiellement aux alentours d'Antananarivo, à Mahitsy et Ivato. Elle concerne l'élevage des races améliorées soit pour l'élevage de poulets de chair soit pour l'élevage de poules pondeuses. L'aviculture de type commercial est un élevage intensif chez lequel quelques centaines à quelques milliers de poulets de races améliorées sont exploitées [11-13].

I.2. Contraintes de l'aviculture malgache

À cause du manque de moyens financiers et d'activités sanitaires, la filière volaille subit une forte pression d'infection, des contraintes zootechniques et des contraintes nutritionnelles [10].

La plus importante des pathologies touchant l'aviculture à Madagascar, comme dans certains pays d'Afrique et d'Asie, est la maladie de Newcastle. Cette maladie influe énormément sur la production de volailles rurales ou villageoises dans la plupart des pays en développement [4]. L'évaluation du coût total des impacts économiques de la maladie de Newcastle (mortalité et chute de production) sur l'aviculture villageoise est estimée à 15 372 420 000 d'Ariary en 2013 [14]. À part cette maladie infectieuse, des maladies parasitaires comme les coccidioses et les ascaridioses envahissent également l'aviculture malgache. Ces deux parasitoses constituent les premiers facteurs de mortalités chez les poussins élevés dans le système d'aviculture villageoise [11, 12]. Par contre, la maladie de Newcastle est contrôlée avec des programmes de vaccination régulière dans l'aviculture de type commercial. Ainsi, elle ne constitue pas une menace importante, mais secondaire par rapport aux autres viroses aviaires (la maladie de Marek, la bronchite infectieuse et la maladie de Gumboro). La forme typique de cette maladie n'apparaît que lorsqu'il y a mauvaise application de ces programmes [5].

Les contraintes zootechniques et nutritionnelles sont la faible productivité, la mauvaise qualité de l'alimentation et la faible utilisation d'intrants pour l'aviculture villageoise. Elles sont dues à la compétition entre l'alimentation humaine et avicole (maïs, manioc, poissons, etc.) pour l'aviculture de type commercial [10].

I.3. Vaccination anti-Newcastle des volailles

Bien que la maladie de Newcastle soit une maladie prioritaire et à vaccination obligatoire à Madagascar, le taux de vaccination national est très faible et ne dépasse pas les 10% au sein de l'aviculture villageoise. D'où la grande difficulté de contrôle de cette maladie causant ainsi un obstacle au développement de l'aviculture villageoise [5, 11].

Les aviculteurs malgaches choisissent leurs vaccins en fonction de leur type d'élevage et des vaccins disponibles. Dans l'aviculture traditionnelle, ce sont les vaccins à souches mésogènes Mukteswar appartenant au génotype III qui sont principalement utilisés. Ces vaccins sont connus sous le nom PESTAVIA® et sont produits par l'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires ou l'IMVAVET. Par contre, ce sont les vaccins à bases de souches lentogènes La Sota et Hitchner B1, appartenant au génotype II, qui sont utilisés généralement dans les élevages de type commercial.

Tableau I : Comparaison de l'aviculture de type villageois et de type commercial

Caractéristiques	Type villageois		Type commercial
Apports de travail	Minimal		Considérable
Logement	Arbres ; poulaillers faits en matériaux locaux ; peu coûteux.		Bâtiments utilisant des matériaux standards ; coûteux.
Alimentation	Restes alimentaires, céréales, pas de compléments ; peu coûteuses.		Ration commerciale équilibrée ; coûteuses.
Eau	Eaux de puits, eaux usées, sources naturelles.		Réserve d'eau potable essentielle.
Production	Faible ; peut augmenter avec une meilleure nutrition et le contrôle des maladies.		Élevée ; mais demande beaucoup d'investissements.
Apports vétérinaires	Aucun, vaccinations occasionnelles.		Contrôle de nombreuses maladies virales, bactériennes et parasitaires fondamental pour une production efficace.
Impact sur l'environnement	Minimal : peut être positif par l'approvisionnement en fertilisateurs organiques et pour le contrôle des animaux nuisibles.		Négatif : production intensive de céréales pour les rations ; utilisation abusive des antibiotiques occasionnels.
Système d'élevage	Complexe : système d'élevage intensif impliquant la culture extensive et la production de bétail.		Habituellement une seule entreprise, intensive.

II. Maladie de Newcastle

II.1. Définition

La maladie de Newcastle ou pseudo- peste aviaire est une maladie infectieuse très contagieuse des volailles, principalement les volailles domestiques [15]. Elle est due à un virus et affecte plus de 200 espèces d'oiseaux, spécialement les poulets ou les oiseaux domestiques. Les signes cliniques de la maladie sont très variables notamment l'abattement, les signes digestifs et nerveux. Toutefois, les signes respiratoires sont les plus observés. Ces signes dépendent de plusieurs facteurs tels que le virus, l'espèce affectée, l'âge de l'hôte, l'état immunitaire, les surinfections, l'état de stress etc. [16]. C'est une maladie à déclaration obligatoire auprès de l'OIE, sous sa forme hautement pathogène [3].

II.2. Synonymie

La maladie de Newcastle ou pseudo- peste aviaire a de nombreuses appellations selon les pays. Elle est appelée *Ranikhet* en Asie, *the bomb* en République Démocratique du Congo, *konko* ou *twase obgo* au Ghana et *muzungo* au Mozambique [17, 18]. D'autres différentes appellations sont recueillies à Madagascar : *pesta akoho*, *ramoletaka akoho*, *koropoke*, *ramibomogno* ou *moafon'akoho* [5, 19].

II.3. Historique de la maladie.

La première description de la maladie de Newcastle a été réalisée en 1926 en Java Indonésie [20]. Une autre description a été aussi effectuée par Doyle qui a attribué la dénomination « maladie de Newcastle » et qui a décrit l'agent étiologique de cette maladie, après identification du virus en 1927 à Newcastle Sur-Tyne (Angleterre) [21]. Mais bien avant ces deux dates, une flambée de maladie engendrant de nombreuses mortalités et de propriétés pathologiques et cliniques ressemblant à cette maladie de Newcastle a été rapportée en Europe centrale et au nord de l'Italie en 1878 [22] et dans l'est de l'île de Scotland en 1896. En 1955, le virus a été identifié de nouveau et répertorié dans la classification scientifique. Le virus appartient à la famille des *Paramyxoviridae* et au genre *Paramyxovirus*. À partir de cette date, la maladie est devenue maladie à déclaration obligatoire auprès de l'OIE et est à différencier de l'influenza aviaire qui est causée par *Orthomyxovirus*. L'introduction de la maladie de Newcastle en Californie et aux États-Unis de 1970 à 1972 a été causée par l'importation d'oiseaux malades ou en

incubation. L'utilisation des vaccins contre cette maladie a été vulgarisée depuis cette année 1970 grâce au développement des recherches et la circulation de virus virulent a été masquée [15, 23].

À Madagascar, les premières apparitions de foyers de maladie ont été observées en août et septembre 1946 dans le grand port de Toamasina [24]. L'importation clandestine de coqs de combat et de volailles depuis l'Afrique du Sud a été suspectée comme moyen d'introduction de la maladie dans la Grande-Île [5]. Ensuite, à travers l'axe ferroviaire et les grandes routes, cette maladie s'est propagée aux alentours de la gare d'Antananarivo et à Ambatolampy en décembre 1946, puis à Antsirabe en janvier 1947 [25]. Dès lors, la maladie s'est créée de nouveaux foyers dans toute l'île [6].

Répartition géographique

La maladie de Newcastle est une maladie infectieuse d'une allure enzootique dans plusieurs pays en voie de développement de l'Asie et de l'Afrique. Aux États-Unis d'Amérique et en Europe, la maladie est maîtrisée par la vaccination et par des mesures de biosécurité rigoureuses [26]. Quelques cas épizootiques occasionnels sont toutefois constatés avec des manifestations variables [27-34]. Les génotypes V et VI sont responsables de ces cas imprévus de maladie de Newcastle en Amérique et les génotypes V, VI et VII, en Europe [35, 36]. Pour le cas de l'Afrique et de l'Asie, les génotypes VI et VII sont à l'origine de nombreuses mortalités [37, 38]. Outre ces deux génotypes, la circulation des génotypes I et II dans la classe II et les APMV-1 dans la classe I a été aussi constatée au niveau mondial avec des pouvoirs pathogènes généralement avirulents et/ou lentogènes. Ces génotypes I et II vivent dans les espèces aquatiques sauvages qui constituent leurs réservoirs [39]. Pour le génotype VIII, il a été trouvé en Asie et en Afrique australe [40].

À Madagascar, une étude récente en aviculture villageoise et en élevage de volailles de type commercial, réalisées au Lac Alaotra et à Antananarivo, a montré que les différentes souches d'APMV-1 responsables de foyers de maladie de Newcastle appartiennent à un nouveau génotype, le génotype XI. Des multiples substitutions spécifiques ou mutations ont été observées et la plus évidente est la présence de 5 arginines ($^{112}\text{RRRRR}\downarrow\text{F}^{117}$) sur le site de clivage de type virulent et aussi la présence de double codon d'initiation ($\text{ATGATG} \rightarrow {}^0\text{MM}^1$) sur la protéine de fusion (F) [25].

II.4. Importance économique

La maladie de Newcastle est le principal obstacle de l'élevage des volailles villageois en Afrique et dans d'autres continents en engendrant de lourdes pertes économiques[41]. Toutefois, les pays développés ne sont pas exclus de lourd impact économique de cette maladie. En effet, l'État de la Californie a investi 162 millions de dollars pour la prise en charge de l'épizootie de la maladie de Newcastle de 2002-2003 [42].

II.5. Étiologie

L'agent causal de la maladie de Newcastle est appelé *Avian paramyxovirus 1* ou *Newcastle disease virus*, connu sous l'abréviation APMV-1 ou NDV. Il appartient au genre *Avulavirus*, à la famille des *Paramyxoviridae* et à l'ordre des *Mononegavirales*. Les paramyxovirus aviaires possèdent 12 types : AMPV-1 – APMV-12. Mais, c'est APMV-1 qui est responsable de la maladie de Newcastle [16, 43, 44].

II.5.1. Structure et organisation du virus

APMV-1 est un ssRNA(-) ou un virus à ARN négatif monocaténaire non segmenté. C'est un virus enveloppé. En général, il est de forme sphérique, mais peut-être aussi filamenteuse ou pléiomorphe dont le diamètre mesure entre 100-500 nm et sa longueur est variable (Figure 1) [45].

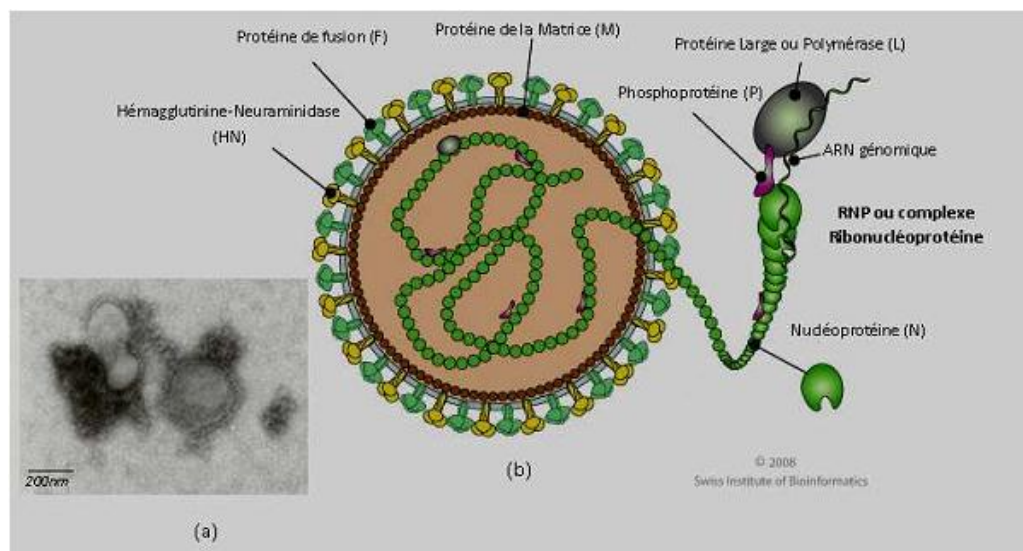


Figure 1 : Virus de la maladie de Newcastle

(a) vue au microscope électronique ; (b) structure schématique d'un Avulavirus

(Source : © Swiss Institute of bioinformatics, 2008)

II.5.2. Génome du virus

L'ARN génomique ou ARN_v contient six gènes structuraux suivant le sens 3' en 5' codant pour six protéines de structure : la nucléoprotéine (N), la phosphoprotéine (P), la protéine de matrice (M), la protéine de fusion (F), la protéine hémagglutinine-neuraminidase (HN) et la protéine large (L) [46]. Comme tous les *Mononegavirales*, l'ARN génomique d'APMV-1 contient 2 séquences non codantes : « leader » et « trailer », situés aux extrémités 3' et 5' du génome viral (Figure 2) [47]



Figure 2 : Structure du génome (ARN simple brin) d'un Avulavirus

(Source : Chambers et al, 1986)

II.5.3. Glycoprotéine F

La glycoprotéine F possède un site de clivage entre les positions 112 et 117 sur lesquelles réside la pathogénicité d'APMV-1 (Figure 3) [48]. Il existe deux types de sites de clivages : le site de clivage des souches vélogènes et mésogènes et le site de clivage des souches lentogènes. Le site de clivage des souches lentogènes contient 2 acides aminés seulement et est clivé uniquement par les trypsines, trouvées au niveau des muqueuses respiratoires et digestives [49]. Le site de clivage des souches vélogènes et mésogènes contient au moins 3 acides aminés basiques (R et/ou K) et une phénylalanine (F) en position 117. Ce type de site est clivé par les enzymes de type furine, ubiquitaires dans l'organisme [50-53]. C'est pourquoi les souches vélogènes et mésogènes sont plus virulentes ou invasives et entraînent des maladies systémiques (Figure 4). En plus, c'est la présence de la phénylalanine en position 117, au lieu de leucine pour les souches lentogènes, qui contribue à l'apparition des signes neurologiques [54].

La Figure 3 montre le diagramme représentant une glycoprotéine virale transmembranaire de type I (glycoprotéine F) chez un *Paramyxovirus*.

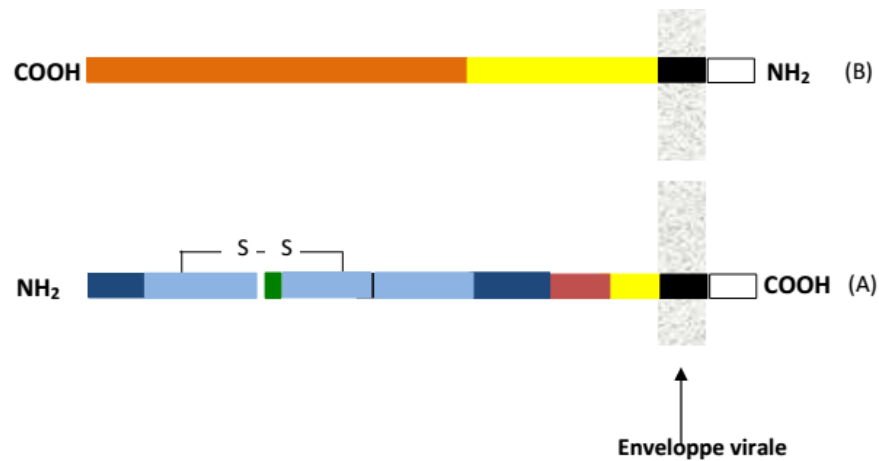


Figure 3 : Diagramme représentant une glycoprotéine virale transmembranaire de type I (A) et (B)

(Source : Bossart KN et Broder CC. *Paramyxovirus* entry. In: P. a. G. Simmons, dir. *Viral entry into host cells*. Georgetown : Landes Bioscience; 2007)

La Figure 4 montre les deux types de sites de clivage de la protéine F clivés par les deux types d'enzymes de l'organisme selon leurs localisations.

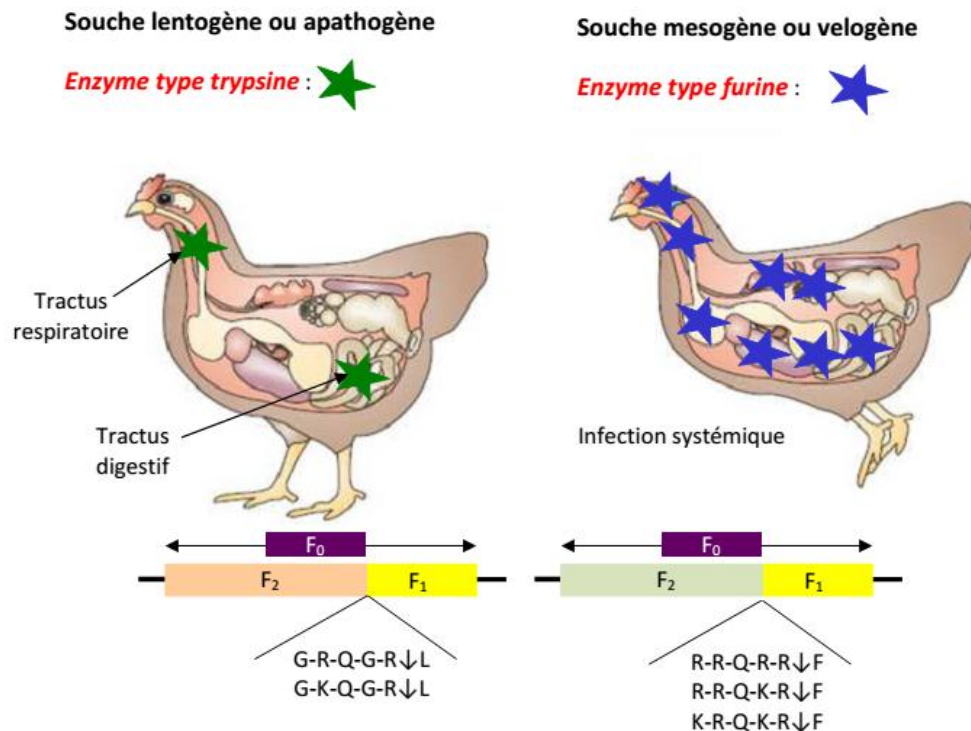


Figure 4 : Les deux types de sites de clivage de la protéine F

(Source : OIE, 2009)

II.5.4. Glycoprotéine HN

La glycoprotéine HN constitue le déterminant antigénique majeur du virus. Elle assure l'activité hémagglutinante, neuraminidasique et l'attachement du virus aux récepteurs des cellules cibles (acide sialique) [55, 56].

II.6. Propriété biophysique et biochimique

Le virus de la maladie de Newcastle est très résistant dans le milieu extérieur. Il survit 2 à 3 mois sur le sol et 7 à 8 mois sur une coquille souillée. Il survit également pendant plusieurs années sous congélations. D'où sa persistance dans les milieux naturels et son maintien dans l'avifaune sauvage [3]. APMV-1 disparaît de l'eau contaminée expérimentalement au bout de 11-19 jours. Il survit jusqu'à 10-14 jours dans une litière contaminée et 30 jours dans une ferme contaminée et non nettoyée [57]. Une isolation d'APMV-1 a été rapportée jusqu'à 16 jours après dépeuplement d'une bande non vaccinée [57]. Par contre, ce virus est sensible à l'éther et à l'alcool à 75°. Il est inactivé dans un pH acide (pH 3), par les désinfectants (Chlorhexidine), les oxydants (Virkon®) et le formol et est inactivé à une température de 56°C pendant 3 heures ou de 60°C pendant 30 minutes [3, 57].

II.7. Épidémiologie

II.7.1. Espèces affectées

L'hôte principal d'APMV-1 est les oiseaux, mais l'homme et les reptiles peuvent être également contaminés par ce virus. APMV-1 peut infecter plus de 241 espèces d'oiseaux incluant 27 sur 50 ordres [58]. Toutes les souches virulentes ou avirulentes d'APMV-1 sont rencontrées chez les volailles domestiques telles que les poulets (*Gallus gallus*), les oies (*Anser anser*) et les dindes (*Meleagris ocellata*) alors que les souches avirulentes sont essentiellement rencontrées chez les oiseaux sauvages [20]. Pourtant, des cas de mortalités les plus massives d'oiseaux sauvages ont été signalés chez les colombiformes (*Colomba sp.* et *Streptopelia decaocto*) au Moyen-Orient, en Asie, en Amérique, en Europe et chez les cormorans à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) en Amérique du Nord durant les années 1990 [59-61]. Certaines souches d'APMV-1 ont été isolées à partir des Psittacidés (*Cacatua molucensis*, *Amazona ochracephala*) en captivité ou introduits illégalement aux États-Unis en 1991 [62, 63]. D'autres isolats d'APMV-1 capable de répliquer dans le tractus respiratoire ont été obtenus aussi chez les porcs [64].

II.7.2. Pouvoir immunologique d'APMV-1

Les immunités induites par la maladie de Newcastle sont la réponse à médiation cellulaire et à médiation humorale [65]. La première immunité détectée, deux jours à une semaine après l'infection avec des souches virales lentogènes est l'immunité à médiation cellulaire. Mais, elle ne dure que quatre semaines seulement et ne constitue pas une solide défense pour l'animal [66, 67]. Par contre, l'immunité humorale est plus tardive, mais dure plusieurs mois (3 à 12 mois) après l'infection. Les anticorps induits contre les glycoprotéines F et HN de l'enveloppe du virus sont neutralisants et protecteurs. Le test d'inhibition de l'hémagglutination (IHA) est utilisé pour évaluer le titre d'anticorps anti-HN de l'immunité humorale [68]. L'infection par APMV-1 induit aussi une réponse locale des voies respiratoires supérieures et de l'intestin [64]. Les individus immunisés après infection par la maladie de Newcastle transmettent ses anticorps aux poussins par le vitellus. Cette immunisation appelée immunisation passive assure la protection des poussins contre les souches virulentes sauvages d'APMV-1 pendant 3 à 4 semaines suivant le taux initial des anticorps maternels [68].

II.7.3. Facteurs de risque de la maladie

Deux types de facteurs interviennent dans la survenue de la maladie de Newcastle : les facteurs intrinsèques et les facteurs extrinsèques. Les facteurs intrinsèques sont l'espèce, l'âge et l'état immunitaire. Les facteurs extrinsèques sont la virulence du virus de la maladie de Newcastle, la température, l'humidité, la saison, la densité du cheptel, les visites, les stress, l'élevage mixte, la surinfection, l'hygiène et la biosécurité.

L'allure de la maladie de Newcastle est différente suivant les saisons : pendant la saison sèche, la maladie atteint son pic épidémiologique avec une séroprévalence maximale et pendant la saison humide, son pic diminue [8].

II.7.4. Sources de contamination et transmission

Les oiseaux infectés ou malades et la carcasse des poulets infectés constituent les sources de contamination d'APMV-1 à travers leurs sécrétions et excréments telles que leurs matières fécales, leurs sécrétions nasales, leurs salives, etc. [16, 57, 69, 70]. En effet, durant la Seconde Guerre Mondiale, les mouvements des armées avec leurs nourritures (viandes de volaille) ont largement facilité l'introduction du virus dans plusieurs pays du Monde vu que les inspections frontalières diminuaient [29, 71].

Le virus peut être aussi présent dans la nourriture, dans l'eau de boisson et dans les matériels d'élevage contaminés (mangeoires, abreuvoirs, locaux, litières, etc.). Il peut être transporté dans les aérosols, à une distance limitée à 64m. Ce transport de particules virales dépend de plusieurs facteurs comme l'humidité, la température, la densité de volailles contaminées et d'autres facteurs environnementaux. Des isolats du virus peuvent être transmis dans les œufs [57].

Les mouvements d'oiseaux sauvages migrateurs, réservoirs des souches lentogènes ou apathogènes issus de la classe I ou de la classe II génotype I, et les mouvements d'oiseaux domestiques ou sauvages (dans un pays où l'infection a déjà lieu) jouent un rôle crucial dans la propagation du virus APMV-1 [58]. Il a été rapporté que des matières fécales de pigeons sauvages infectés par APMV-1 contaminant des aliments ont causé des foyers de maladie dans les élevages commerciaux de volailles [72].

II.7.5. Voies de contamination

La maladie de Newcastle se transmet par voie orale (ingestion) et respiratoire (inhalation) ou par contact direct. En effet, le virus est excrété dans les fèces ou sécrétions respiratoires. Les Gallinacés excrètent le virus APMV-1 pendant seulement 1-2 semaines alors que les psittacidés excrètent souvent ces virus pendant plusieurs mois, voire plus d'une année. Chez les cormorans, l'excrétion du virus est également prolongée jusqu'à 4 semaines [57].

II.8. Signes cliniques

Les signes cliniques de la maladie de Newcastle varient en fonction du tropisme et de la virulence du virus, de l'espèce de volaille infectée, de l'âge, de l'état vaccinal de l'animal et des conditions environnementales. La période d'incubation varie de 3 à 21 jours chez les poulets (*Gallus gallus*) dans les conditions naturelles [73]. Il n'y a pas de signe pathognomonique pour la maladie de Newcastle. Le taux de mortalité varie de 50-100% selon la forme de la maladie. Cette maladie peut se manifester sous quatre formes différentes : la forme suraigüe, la forme aigüe, la forme chronique et la forme asymptomatique [26].

II.8.1. Chez les poulets

Dans la forme suraigüe, les signes cliniques sont très variables. Chez les poulets, une mort subite peut survenir sans aucun signe clinique apparent 24-48 heures après infection par des souches vélogènes. Outre cette mortalité soudaine, les autres signes tels que l'inappétence, plumes ébouriffées, diarrhées liquides, verdâtres ou blanchâtres, les signes respiratoires (cyanose des crêtes et des barbillons, toux, râles, écoulement nasal, etc.), les signes nerveux (marche en cercle, spasme, paralysie, torticolis, etc.) sont aussi constatés [26, 57].

Dans la forme aigüe : plusieurs appareils de l'organisme sont touchés tels que l'appareil digestif, l'appareil respiratoire, l'appareil cardio-vasculaire, le système nerveux et les plumes. De la fièvre s'installe, les plumes sont ébouriffées, une diminution de l'appétit voire une anorexie et de la léthargie sont relevées. Des atteintes des voies respiratoires qui se manifestent par des frottements et de légers râles lors de l'auscultation attentive sont constatées. Les signes digestifs se présentent par des diarrhées verdâtres. Chute de ponte, œufs mous, déformés et de couleurs inhabituelles sont signalés également. Quand la maladie arrive à un stade avancé, des signes nerveux comme le torticolis, les tremblements, les convulsions, les paralysies des ailes qui tombent et des pattes qui s'écartent sont notés [26].

Dans la forme chronique : il y a discrétion des signes généraux, mais des signes respiratoires, des chutes de ponte et des complications bactériennes sont souvent observés [26].

Dans la forme asymptomatique : aucun signe apparent n'est constaté du fait que les oiseaux sont infectés par des souches lentogènes et avirulentes. Cette forme est rencontrée également chez les palmipèdes, espèces considérées comme non sensibles [26].

II.8.2. Chez les autres espèces d'oiseaux

Les signes constatés peuvent être similaires à ceux trouvés chez les poulets. Toutefois, des prédominances soit des symptômes respiratoires soit nerveux peuvent être détectées chez certaines espèces [57].

Chez les oies et les canards, une forme subclinique est constatée avec des manifestations cliniques occasionnelles telles que des signes neurologiques, diarrhées, anorexies et mort subite. Les signes respiratoires sont rares chez ces oiseaux aquatiques.

Chez les dindes, la maladie de Newcastle est moins sévère que chez les poulets bien que certaines souches d'APMV-1 peuvent causer une maladie importante. Chez les pigeons, des diarrhées, des polydipsies, des conjonctivites et des signes neurologiques sont constatés également. Chez les autruches, les manifestations respiratoires sont prédominantes. Pourtant ils sont moins affectés que les poulets. Chez les rapaces, des signes neurologiques particuliers concernant la convulsion des griffes et l'incapacité de coordination de vol ont été révélés.

Parfois, des signes cliniques sévères peuvent être constatés dans une gamme d'oiseaux, particulièrement chez les faisans. En effet, des signes respiratoires ont été reportés chez certains nombres. Chez les psittacidés, la maladie de Newcastle peut se présenter sous forme aigüe, subaigüe, chronique ou inapparente. Les signes cliniques sont hautement variables, mais les signes respiratoires et/ou nerveux, ainsi que les diarrhées et les morts subites peuvent être également inclus. Chez les cormorans, la maladie de Newcastle est généralement caractérisée par des signes neurologiques (parésie, paralysie des pattes et/ou des ailes, torticollis). Cette maladie concerne essentiellement les juvéniles.

La Figure 5 montre la forme neurologique de la maladie de Newcastle chez les poulets (A et B ; *Gallus gallus*), le pigeon (C ; *Colomba* sp.) et la dinde (D ; *Meleagris ocellata*)

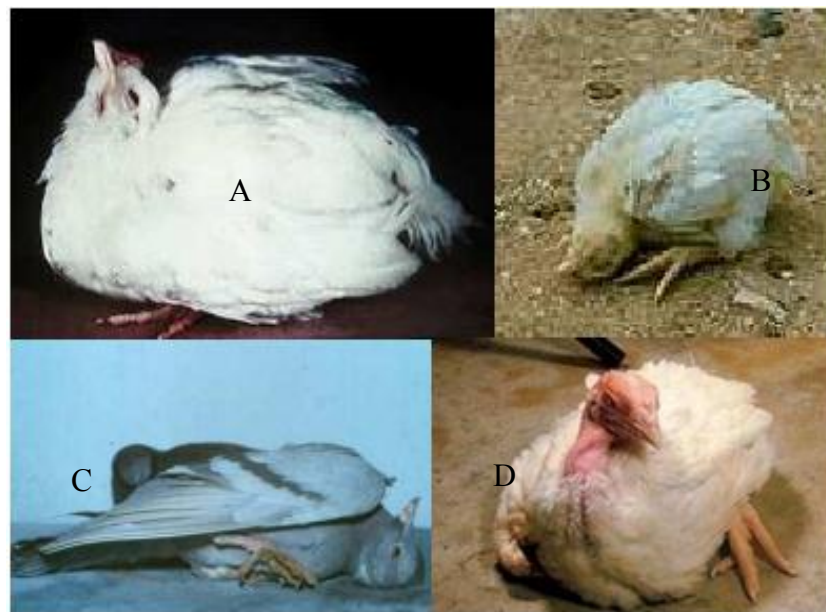


Figure 5 : Forme neurotrope (torticollis) de la maladie de Newcastle

(Source : Cliché de D. Balloy. In Picault J-P, Jestin V, 2008)

II.8.3. Chez l'homme

La maladie de Newcastle est une zoonose bénigne chez l'homme. Elle se manifeste par un syndrome pseudo-grippal en cas d'infection massive du virus. Les signes observés sont les conjonctivites, les larmolements, les œdèmes des paupières, les laryngites et la fièvre. Pourtant, la maladie se guérit spontanément [3]. La transmission de la maladie de l'animal à l'homme est accessoire [65, 74].

II.9. Pathogénie

APMV-1 possède un pouvoir pathogène très varié selon les souches virales (cf. glycoprotéines F et HN). Ils sont classés en 3 groupes de pathotypes selon les signes cliniques et lésions qu'ils entraînent chez les poulets : les souches vélogènes viscérotropes et neurotropes hautement pathogènes, les souches mésogènes et les souches lentogènes ou apathogènes [3, 75].

- Les souches vélogènes viscérotropes, hautement pathogènes, provoquent essentiellement des lésions intestinales hémorragiques.
- Les souches vélogènes neurotropes, hautement pathogènes, provoquent des mortalités massives précédées souvent par des signes nerveux et respiratoires.
- Les souches mésogènes provoquent des virulences intermédiaires ayant comme signes les troubles respiratoires, nerveux occasionnellement et une faible mortalité.
- Les souches lentogènes provoquent une infection respiratoire mineure.
- Les souches apathogènes provoquent des entérites infracliniques.

Ce pouvoir pathogène d'APMV-1 est déterminé soit par test *in vivo* soit par test *in vitro*. Le Mean Death Time ou MDT ou le temps nécessaire pour tuer les œufs embryonnés des poules EOPS (Exemptes d'Organismes Pathogènes Spécifiés) et l'indice de pathogénicité intracérébrale (IPIC) sur des poussins d'un jour sont utilisés dans le test *in vivo*. Par contre, le comptage des acides aminés basiques, arginine (R) ou lysine (K), présents au niveau de la portion C-terminale du site de clivage de la protéine de fusion (F), est utilisé dans la biologie moléculaire [3]. Ainsi, la forme virulente de la maladie de Newcastle est due à APMV-1 possédant un des critères suivants : un MDT < 60h ou un IPIC $\geq 0,7$ ou la présence d'au moins 3 acides aminés basiques au niveau de la portion C-terminale du site de clivage de la protéine de fusion F (Tableau II) [3, 76].

Tableau II : Caractéristiques des pouvoirs pathogènes d'un APMV-1

Méthodes	Pathogénicité		
	Vélogène	Mésogène	Lentogène
IPIC	>1,5	[0,7-1,5]	<0,7
MDT (heures)	<60	[60 - 90]	>90
Site de clivage (position 112-117)	RR/KQ/KRKR*F	RR/KQ/KR/KR*F	GR/KQGR*L

IPIC : l'indice de pathogénicité intracérébrale est calculé après infection intracérébrale de poussins d'un jour.

MDT ou Mean Death Time : délai correspondant à la durée moyenne, en heure, nécessaire pour obtenir la mort de tous les embryons des œufs inoculés.

II.10. Lésions

D'importantes lésions sont souvent observées seulement chez les oiseaux atteints de la forme suraigüe ou aigüe de la maladie de Newcastle ou chez les oiseaux infectés par des souches vélogènes d'APMV-1. Il n'y a pas de lésion pathognomonique de la maladie de Newcastle. Cependant, trois types de lésions nommées triade lésionnelle apparaissent presque constamment et sont particulièrement suggestives ou indicatives de la maladie de Newcastle. Ces lésions s'agissent des pétéchie hémorragiques de la muqueuse du proventricule, du cœur et des amygdales cœcales (Figure 6). De plus, des ulcères, des œdèmes et/ou des nécroses peuvent se présenter au niveau des amygdales cœcales et des tissus lymphoïdes des intestins comme la Plaque de Peyer. À part cette triade lésionnelle, des congestions ou des hémorragies peuvent être signalées au niveau du pharynx et des muqueuses trachéales. Des membranes diphtériques apparaissent quelquefois au niveau de l'oropharynx, de la trachée et de l'œsophage. Des ecchymoses surviennent également au niveau des muqueuses du proventricule. Des hémorragies du thymus et de la bourse de Fabricius peuvent être signalées chez les jeunes. La rate peut être volumineuse, congestionnée et friable. Des nécroses peuvent apparaître au niveau du pancréas. Des œdèmes ou des congestions pulmonaires peuvent être trouvés chez de nombreuses espèces d'oiseaux. Souvent chez les pondeuses, les follicules ovariens peuvent être œdémateux ou dégénérés et peuvent être également hémorragiques [57, 77].

Chez les oies, dindes, faisans et d'autres oiseaux infectés par des souches virales virulentes, des signes similaires à ceux apparus chez les poulets sont observés [57].

Chez les poulets infectés par des souches virales moins virulentes, des congestions et des exsudats muqueux du tractus pulmonaire ainsi que des épaissements et opacités des sacs aériens sont observés. Ces lésions peuvent être rendues plus sévères si des surinfections bactériennes s'additionnent [57].

La Figure 6 montre la présence des lésions hémorragiques chez un poulet.

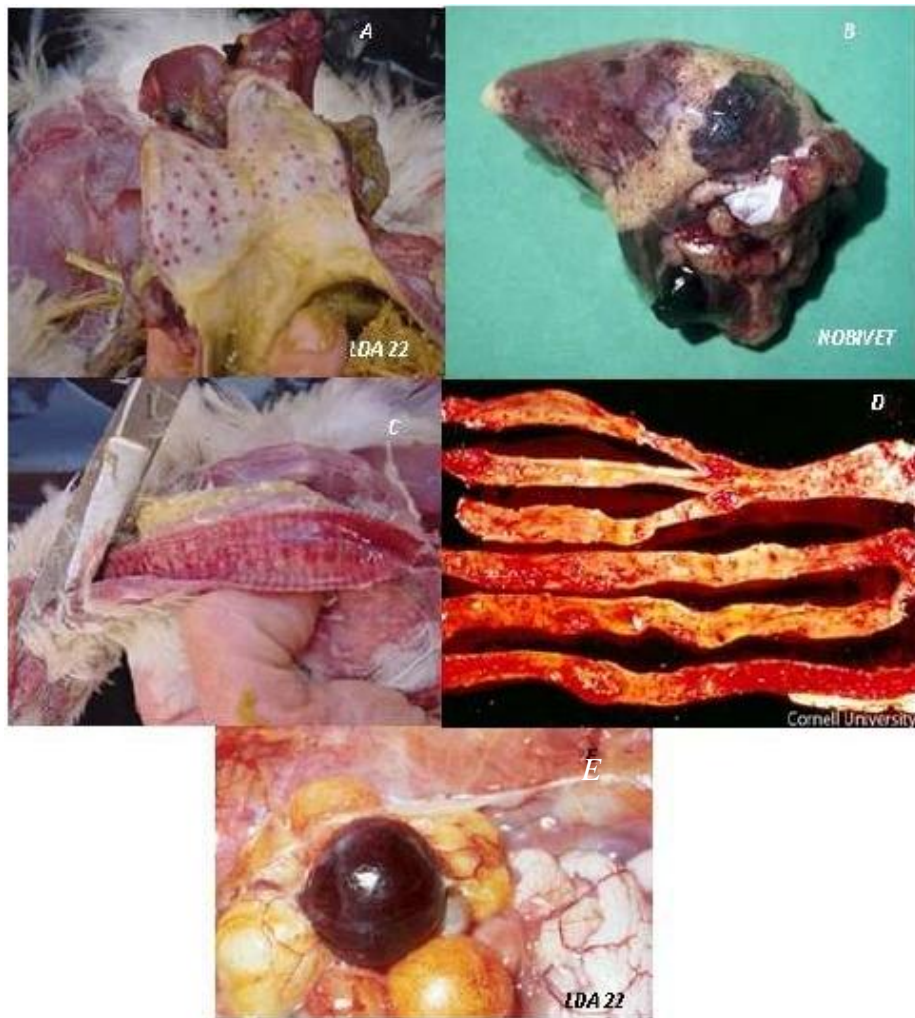


Figure 6 : Lésions hémorragiques lors de la maladie de Newcastle

Pétéchies hémorragiques au niveau du gésier (A), des lésions hémorragiques cardiaques (B), de la trachéite (C), des pétéchies hémorragiques des muqueuses intestinales (D) et de l'ovarite (E).

(Source : Cliché de D. Balloy. In Picault J-P, Jestin V, 2008)

II.11. Diagnostics

II.11.1. Diagnostic épidémio-clinique

La maladie de Newcastle est définie par des affections qui surviennent en toute saison de l'année chez les volailles de tout âge avec un taux de mortalité massif de 90-100%. Le premier signe est la mort soudaine des poulets. Il n'y a pas de lésion pathognomonique, mais quelques-unes peuvent orienter le diagnostic vers cette maladie lors de l'examen de nombreuses carcasses. Le diagnostic clinique s'intéresse sur l'apparition des signes respiratoires comme la dyspnée, l'éternuement et l'écoulement nasal séreux ; des signes digestifs tels que les diarrhées, l'anorexie et à des signes nerveux (le torticollis, les convulsions, les tremblements, les paralysies des ailes et des pattes). L'autopsie est nécessaire pour confirmer la maladie de Newcastle d'après les signes récoltés [57, 78].

II.11.2. Diagnostic différentiel

Plusieurs signes et lésions d'autres maladies sont similaires à ceux de la maladie de Newcastle. Elle est ainsi à différencier de :

- l'influenza aviaire, appelée également « peste aviaire vraie », causée par *Orthomyxovirus* qui entraîne des signes respiratoires moins fréquents et moins importants. L'immunité croisée entre APMV-1 et *Orthomyxovirus* n'existe pas.

- la maladie de Gumboro dont le point commun avec celle de Newcastle est l'allure septicémique. Toutefois, elle est une maladie immunodépressive causée par un *Birnavirus* nommé IBDV (Infectious Bursal Disease Virus). Cette maladie atteint notamment les poulets de chair et les jeunes de 3 à 6 semaines d'âge avec un taux de mortalité moins élevé que la maladie de Newcastle. Les signes s'intéressent particulièrement aux organes lymphoïdes tels que la bourse de Fabricius en premier lieu, mais les signes respiratoires et nerveux sont absents.

- Choléra aviaire, maladie due à *Pasteurella multocida*, chez lequel les signes nerveux ne sont pas observés. L'isolement de la bactérie peut retirer cette confusion.

- la bronchite infectieuse et de la laryngotrachéite infectieuse qui sont des infections respiratoires.

- la maladie de Marek, de l'encéphalomyélite et de l'encéphalomalacie [79].

II.11.3. Diagnostic de laboratoire

La nature des prélèvements

Les écouvillons oronasaux, trachéaux, cloacaux ou les matières fécales fraîches sont utilisés pour des tests d'isolement du virus. Le cerveau, le cœur, le poumon, la trachée, la rate, le foie, les reins, les intestins (surtout la partie cæcale) et les contenus intestinaux sont utilisés pour le test RT-PCR ; ils sont à conserver sous froid. Les prélèvements sérologiques ou sérums sont utilisés pour la sérologie : l'inhibition de l'héماغglutination (IHA) ou l'Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay (ELISA) [57].

L'isolement du virus

La maladie de Newcastle peut être diagnostiquée par isolement d'APMV-1 à partir des poulets infectés. Le virus est ensuite inoculé sur des œufs embryonnés (9-11 jours) de poules EOPS (Exemptes d'Organismes Pathogènes Spécifiés) avec recherche d'héماغglutinine. Puis, cette héماغglutinine est testée dans l'IHA avec des antisérums monospécifiques à APMV-1 [57].

Les tests sérologiques

Les tests sérologiques peuvent être nécessaires dans certaines conditions. L'IHA est le test le plus utilisé dans le diagnostic de laboratoire. En effet, d'éventuels anticorps présents dans les sérums inhibent l'interaction entre les hématies et les héماغglutinines virales empêchant ainsi l'héماغglutination [57, 80]. L'autre test sérologique est l'ELISA [78]. C'est une technique immuno-enzymatique de détection permettant de mettre en évidence une coloration, produite par un substrat d'une enzyme fixée préalablement à un anticorps, au cours d'une réaction antigène-anticorps [81].

L'analyse virologique

L'analyse virologique consiste à caractériser les souches virales isolées ou de générer une séquence qui permet une analyse phylogénétique sur une partie du génome. Cette analyse comporte 5 étapes : la détection moléculaire d'une partie du gène de fusion par la transcription inverse, l'amplification génique en temps réel (QRT-PCR), le séquençage des amplicons pour déterminer le pathotype de la souche, l'isolement viral sur œufs embryonnés et le séquençage. Ce séquençage des souches virales isolées a pour objectifs de déterminer le génogroupe auquel le virus appartient et les relations phylogénétiques avec les autres génotypes existants [25].

II.12. Mesures prophylactiques

En sachant l'absence de traitement spécifique pour la maladie de Newcastle, les seuls moyens de combattre cette maladie sont la pratique de vaccination et l'application de mesures de biosécurité rigoureuses [3, 57, 82].

La vaccination ou la prophylaxie médicale a pour objectifs de limiter le risque d'infection par APMV-1, de réduire la transmission virale et d'abaisser les manifestations cliniques et la mortalité chez les volailles [25, 64]. La politique de vaccination varie selon la situation de la maladie de Newcastle et les réglementations sanitaires en vigueur dans un pays [25]. Plusieurs types de vaccins sont utilisés contre cette maladie tels que les vaccins vivants (issus des souches virales Hitchner B1/1947, La Sota et Mukteswar, etc.), les vaccins inactivés (issus des souches La Sota, Mukteswar, Roakim, Hertfordshire ou souche F, etc.), les vaccins recombinants et les ISCOMs [25, 83-87].

La prophylaxie sanitaire ou la biosécurité diffère également suivant la situation de la maladie de Newcastle dans chaque pays et les moyens financiers ou humains dont disposent ces derniers. Cette prophylaxie concerne le nettoyage suivi de la désinfection des locaux, des équipements et des matériels, le vide sanitaire d'au moins 21 jours, l'isolement ou la mise en quarantaine et le contrôle d'accès aux fermes avicoles. Elle consiste également à éviter ou à minimiser autant que possible les contacts avec les oiseaux hors des fermes ou à statut sanitaire inconnu, à utiliser des pédiluves, des bottes, des gants et des combinaisons, etc. [57]. En effet, certains pays appliquent les mesures de biosécurité édictées dans le Code sanitaire pour les animaux terrestres de l'OIE [82].

DEUXIÈME PARTIE : MÉTHODES ET RÉSULTATS

I. MÉTHODES

I.1. Zone d'étude

Le district de Vatomandry se trouve sur le littoral est de Madagascar, à 265Km d'Antananarivo et à 182Km de Toamasina, le Chef-lieu de la Région Atsinanana dans laquelle il est situé au milieu (Figure 7). En 2015, il s'est divisé en 21 communes avec une superficie de 2732Km², mais seulement 11 ont fait l'objet d'étude à cause des difficultés d'accès.

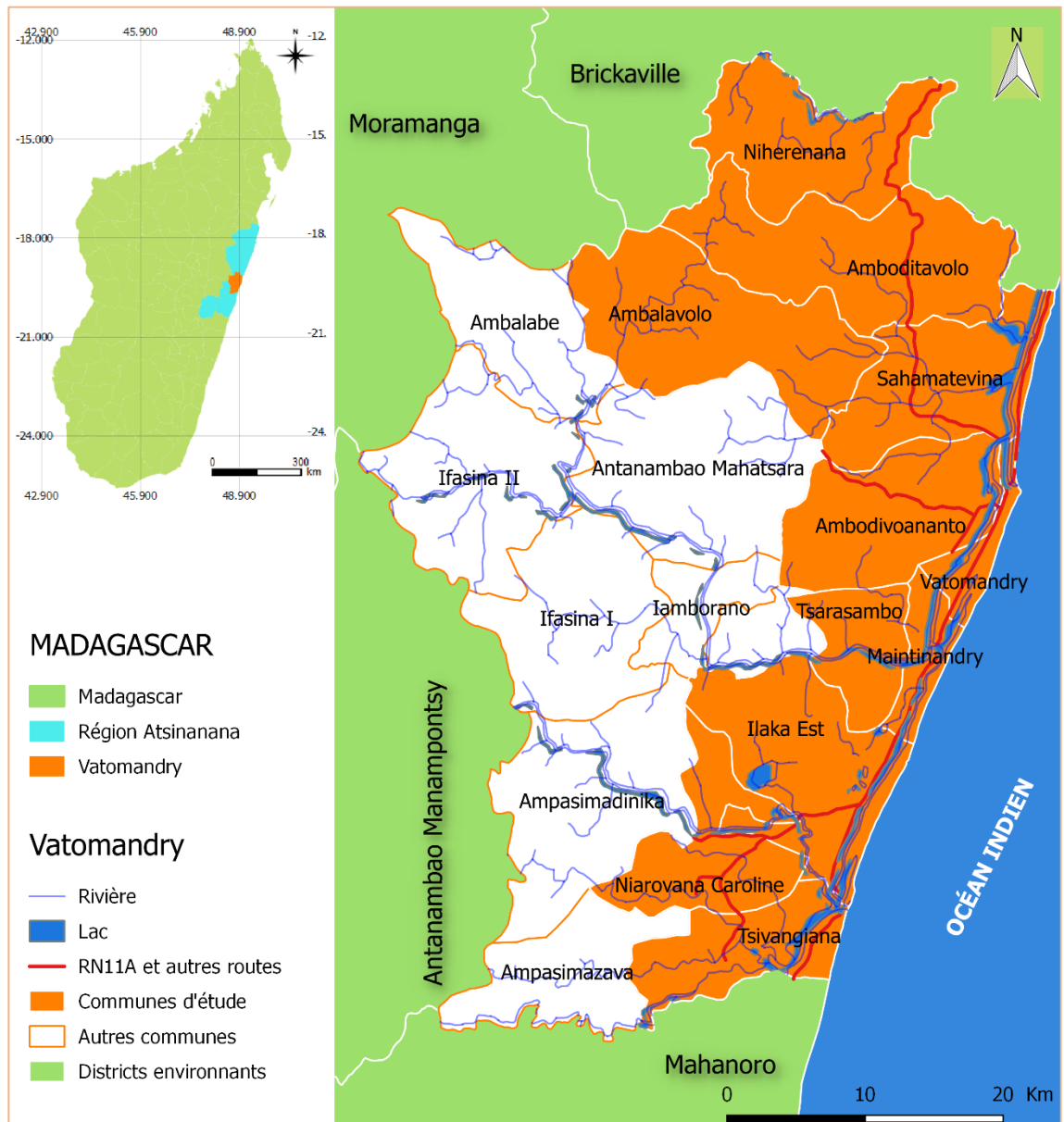


Figure 7 : Carte du district de Vatomandry avec ses 11 communes d'étude

(Source : Auteur, septembre 2016)

La filière avicole ou l'aviculture villageoise du district de Vatomandry prend une place majeure dans l'élevage incluant 93,83% des animaux (bovins, porcins et volailles) (Tableau III). Elle représente les 43,42% du cheptel aviaire de la Région Atsinanana. Le système d'élevage de volailles est de type familial sans soin particulier.

Tableau III : Effectif du cheptel animal du district de Vatomandry

Localisation	Bovidés (têtes)	Porcins (têtes)	Volailles (têtes)
District de Vatomandry	49 300	14 350	968 050
Région Atsinanana	106 247	85 090	2 229 477

(Source : Service provincial du Plan Toamasina, 2005).

La température moyenne annuelle est de 34°C. Les fortes chaleurs se présentent du mois d'octobre au mois de janvier et la fraîcheur (moyenne minima entre 17 et 18°C) se présente entre le mois de juillet et d'août.

Le climat est subéquatorial et est accompagné d'une humidité importante pendant toute l'année si bien que la saison sèche est de courte durée. La pluviométrie est répartie entre 190 à 300 jours par an et une pluviosité moyenne sensiblement égale ou supérieure à 2000mm/an. La variation mensuelle de la température de la Région Atsinanana est montrée par la Figure 8.

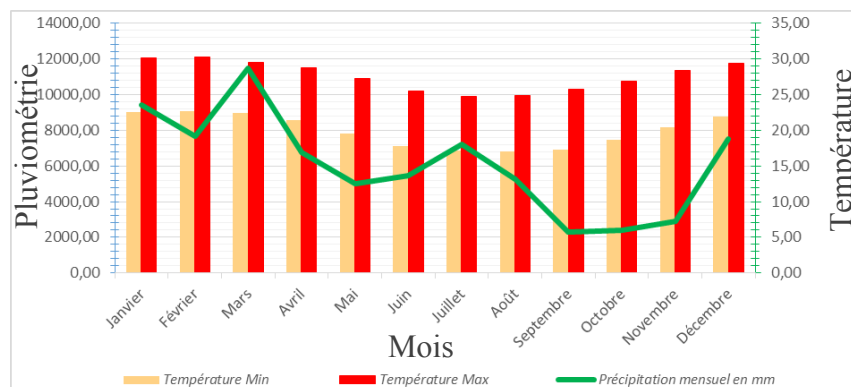


Figure 8 : Température et Précipitation de la Région Atsinanana

(Source : Météo Malagasy – Service de la Météorologie Agricole, 2016)

Le FOFIFA/DRZV

C'est un département de recherche ayant pour rôles de contribuer à l'étude des maladies animales et à la recherche zootechnique afin de permettre le développement de l'élevage à Madagascar. Il est doté de laboratoires de parasitologie, de microbiologie, de

reproduction, de chimie, de l'alimentation, de sérologie et de biologie moléculaire. Les analyses des échantillons sérologiques et virologiques prélevés sur terrain ont été réalisées au laboratoire de microbiologie et de biologie moléculaire du FOFIFA/DRZV à Ampandrianomby Antananarivo.

I.2. Type d'étude

C'est une étude descriptive transversale à visée analytique. Elle consiste à réaliser des enquêtes auprès des aviculteurs villageois et à collecter des prélèvements sérologiques et d'organes (cerveaux) des poulets dans les communes d'étude du district de Vatomandry.

I.3. Durée de l'étude et période d'étude

La période de l'étude s'est étendue du mois d'octobre 2014 au mois de mai 2015. Les prélèvements virologiques ont été collectés en octobre 2014 et les prélèvements sérologiques en avril et en mai 2015.

L'étude a commencé en septembre 2014, début de la rédaction de protocole de recherche, et a pris fin en mars 2016, restitution des résultats finaux de la présente étude.

I.4. Population d'étude

L'unité cible est constituée par les poulets *gasy* des élevages avicoles villageois des communes du district de Vatomandry. Les animaux du genre *Gallus gallus* âgés d'un jour à trois mois sont appelés « poussins », ceux âgés de plus de trois mois à sept mois sont appelés « poulets » et ceux âgés de plus de 7 mois sont appelés « coq » pour les mâles et « poules » pour les femelles. L'unité déclarante est constituée par les ménages ou les aviculteurs villageois de Vatomandry [13].

Critères d'inclusion

Pour les prélèvements virologiques, les poulets présentant des signes cliniques qui indiquent la maladie de Newcastle, âgés de plus de 2 mois et non vaccinés, sont inclus.

Pour les prélèvements sérologiques, les poulets âgés plus de 2,5 mois et non vaccinés sont inclus. Si les poulets sont vaccinés, la vaccination doit être réalisée moins de 7 jours ou plus de 9 mois.

Tous les ménages ou aviculteurs villageois de Vatomandry possédant des poulets villageois sont inclus.

Critères d'exclusion

Aucun critère d'exclusion n'a été appliqué pour les prélèvements et les ménages.

I.5. Mode d'échantillonnage des ménages

L'échantillonnage est non probabiliste, basé sur la technique en « boule de neige » car il n'y a pas de liste d'aviculteurs du district de Vatomandry. C'est un échantillonnage en chaîne qui s'appuie sur les recommandations des sujets de départ pour identifier d'autres propriétaires. Pour la constitution de l'échantillon, un aviculteur par commune a été identifié puis ce dernier a indiqué de nouveaux aviculteurs jusqu'à épuisement de liste qu'il connaît. La sélection des élevages a été basée sur l'acceptation des éleveurs après vérification des critères d'inclusion.

I.6. Mode de collecte de données

Les données sont collectées par des enquêtes réalisées auprès des ménages avec des questionnaires (Annexe 1), par observations et par prélèvements biologiques. Les enquêtes et les prélèvements ont été réalisés simultanément. La règle de biosécurité a été respectée pour éviter la contamination entre les villages.

I.6.1. Prélèvements sérologiques

Les prélèvements de sang ont été effectués au niveau des veines alaires des poulets. La technique utilisée pour le prélèvement est la méthode de Janeen et Rini montrée par la Figure 9. Deux millilitres de sang (2mL) par poulet ont été prélevés dans une seringue de 2mL avec une aiguille 23 ou 22G. Une fois le sang collecté, la seringue est étiquetée avec le numéro du poulet et la date de collecte. Ensuite, les seringues ont été placées avec une position inclinée, l'aiguille vers le haut, à température ambiante. Une fois que les culots et les sérums ont été bien séparés, les sérums ont été mis dans des microtubes de 2mL (Eppendorf®) étiquetés avec les mêmes étiquetages que ceux sur les seringues correspondantes puis ont été envoyés au FOFIFA/DRZV à Antananarivo afin de les stocker et les congeler à -80°C avant leur utilisation pour le test sérologique.

I.6.2. Prélèvements pour les analyses virologiques

Pendant l'enquête sur terrain, les poulets manifestant des signes cliniques caractéristiques et susceptibles de présenter la maladie de Newcastle ont été décapités. Les têtes ont été mises dans des sachets étiquetés et transportées dans une glacière avec des accumulateurs de froid durant l'envoi vers la commune urbaine de Vatomandry et y

ont été congelées à -20°C pendant les collectes de tous les prélèvements virologiques. Une fois les prélèvements ont été collectés, ils ont été ensuite envoyés, stockés et congelés à -80°C au sein du FOFIFA/DRZV Antananarivo.

Arrivé à ce département, la préparation d'inoculum pour le test virologique a été réalisée. Sous hotte (MSC II NF II®), les cerveaux ont été broyés avec du sable fin dans de l'eau physiologique (NaCl 0,9% (p/v)). Ensuite, l'inoculum de chaque prélèvement a été obtenu par centrifugation. Enfin, une fois centrifugé, l'inoculum a été mélangé avec une solution d'antibiotiques contenant 2000 UI/mL (p/v) de pénicilline, 2 mg/mL (p/v) de streptomycine, 50µg/mL (v/v) de gentamicine et 2mg/mL (p/v) de fungizone.

La Figure 9 montre la réalisation d'un prélèvement sanguin chez un poulet au niveau de la veine alaire.

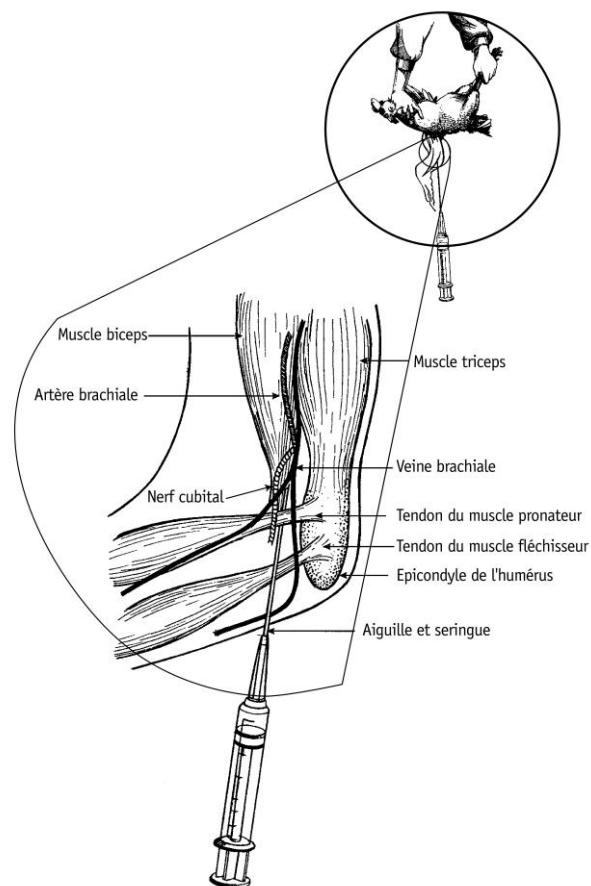


Figure 9 : Prélèvement sanguin au niveau de la veine alaire chez un poulet

(Source : Mary Y et al. Contrôle de la Maladie de Newcastle dans l'aviculture villageoise. Australian Government. 2012)

I.7. Analyse sérologique par le test IHA

L'inhibition de l'hémagglutination ou IHA est un test sérologique pour déterminer le titre d'anticorps éventuellement présents dans le sérum inhibant l'interaction entre les hématies et les hémagglutinines virales empêchant l'hémagglutination [57, 80, 88]. Ce test est utilisé afin d'obtenir la séroprévalence de la maladie de Newcastle étudiée dans les 11 communes de Vatomandry.

Les étapes pour aboutir à ce test sont les tests d'hémagglutination (HA) et d'inhibition d'hémagglutination (IHA) proprement dite. Les modes opératoires utilisés sont celles décrites par Allan et Gough [88].

Test d'hémagglutination ou HA

Le test consiste à provoquer une fixation d'hémagglutinines (situées sur les enveloppes de tous APMV-1, de certains autres virus aviaires et de certaines bactéries) sur les récepteurs de surfaces des hématies ou globules rouges appelés acide sialique. Les agglutinats se déposent au fond des puits de la plaque de microtitration (à fond U ou V).

Le test d'hémagglutination est utilisé pour déterminer la présence d'hémagglutinine virale dans un échantillon ou pour mesurer la quantité d'hémagglutinine présente (unité : UHA). Par conséquent, ce test permet de confirmer la présence du virus de la maladie de Newcastle dans un échantillon à tester ou pour déterminer la quantité du virus et pour normaliser la quantité d'hémagglutinine utilisée en tant qu'antigène dans le test IHA.

Interprétation du résultat :

Positif : un mince film d'hématies – signifie la présence d'hémagglutinine (+)

Négatif : un bouton bien défini d'hématies – signifie l'absence d'hémagglutinine (–).

Le dernier puits montrant une hémagglutination complète indique le titre hémagglutinant ou le titre du virus et contient une unité d'hémagglutinante (UHA). Le motif d'hémagglutination du test HA est indiqué dans la Figure 10.

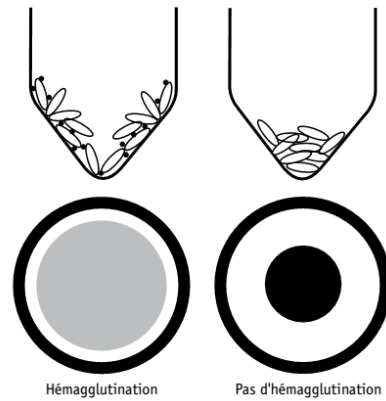


Figure 10 : Motif d'hémagglutination du test HA

(Source : Mary Y et al. Contrôle de la Maladie de Newcastle dans l'aviculture villageoise. Australian Government. 2012)

Test d'inhibition d'hémagglutination ou IHA

Le principe du test IHA est d'inhiber ou prévenir l'hémagglutination en utilisant des anticorps spécifiques. En effet, si le sérum de l'échantillon prélevé contient des anticorps contre le virus de la maladie de Newcastle, ces anticorps vont s'attacher aux virus, utilisés comme réactifs, lors du test. Par conséquent, les virus ne sont plus capables de réagir avec les hématies et l'hémagglutination n'aura pas lieu. Donc, la formation d'hémagglutination signifie que le sérum prélevé ne contient pas d'anticorps spécifiques du virus de la maladie de Newcastle et le test est négatif (Figure 11).

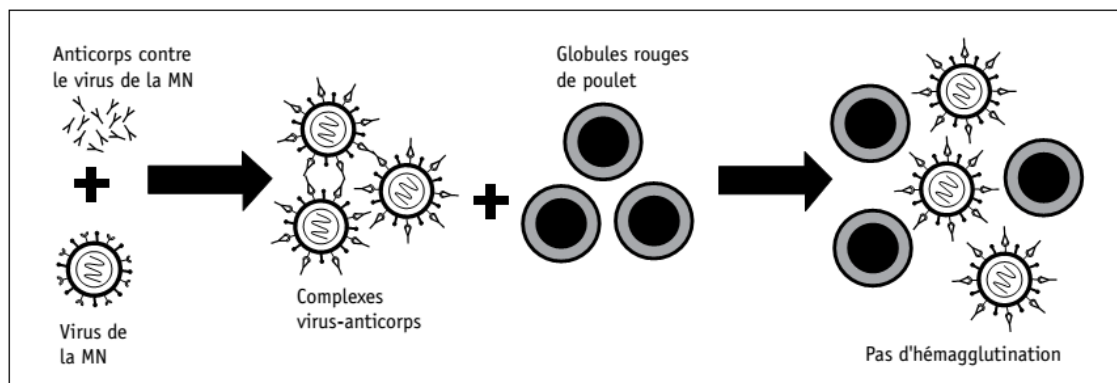


Figure 11 : Principe du test d'inhibition de l'hémagglutination

(Source : Mary Y et al. Contrôle de la Maladie de Newcastle dans l'aviculture villageoise. Australian Government. 2012)

Interprétation des résultats :

Positif : titre IHA $\geq 4\log 2$ (ou 2^4 ou dilution 1:16)

Négatif : titre IHA $< 4\log 2$ (ou 2^4 ou dilution 1:16)

Le titre d'inhibition de l'hémagglutination est donné par la dilution sérique la plus élevée qui provoque une inhibition complète de 4 UHA.

I.8. Analyse virologique par le test RT-PCR en temps réel

Le criblage par reverse transcriptase PCR en temps réel a pour but de détecter de l'ADN (PCR) ou de l'ARN (RT-PCR), en élargissement, la présence d'APMV-1 dans un échantillon. Ce test comprend deux étapes : l'extraction de l'acide nucléique et le criblage par reverse transcriptase PCR en temps réel proprement dit.

Extraction d'acide nucléique

Le principe utilisé dans l'extraction d'acide nucléique est la chromatographie d'affinité. Ce principe est basé sur la fixation sélective de molécules sur une résine, incorporée dans une colonne centrifugeable, à l'aide d'un ligand spécifique. Par conséquent, les molécules qui ont une affinité pour la résine, attachée à la matrice chromatographique, vont se lier et vont être éluées à la fin de l'extraction.

L'extraction a été réalisée manuellement et comporte les étapes suivantes : lyse, précipitation, fixation, lavage et élution (Annexe 2). Le kit utilisé pour l'extraction des ARN totaux est le kit NucleoSpin® RNA Virus (Macherey-Nagel™). Le ligand est représenté par le carrier RNA.

Criblage par reverse transcriptase PCR en temps réel

Le criblage consiste à amplifier un segment d'ADN (ou une quantité minimale d'ADN source), *in vitro*, en un très grand nombre de copies impliquant de nombreux cycles de dénaturation/hybridation/extension. Le principe du RT-PCR en temps réel est d'assurer une amplification et une détection des molécules amplifiées grâce à un signal fluorescent. L'augmentation de ce signal est directement proportionnelle à la quantité d'amplicons générés [25]. La technique utilisée a été basée sur l'utilisation de fluorophore SYBR® Green I avec l'utilisation des kits « Brilliant II SYBR Green QRT-PCR Master mix Kit, Stratagen® ». Les réactifs et les primers utilisés sont présentés respectivement dans les Tableaux IV et V. Chaque plaque test comporte un contrôle négatif d'extraction (échantillon négatif extrait en même temps que les échantillons testés) et quatre dilutions

de souche V4 d'APMV-1 (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4}). Un fragment du gène F a été séquencé systématiquement pour confirmer les échantillons positifs au cours de ce test QRT-PCR.

En fonction des valeurs de seuil de coupure de fluorescence (Ct) des 4 points de la gamme standard correspondant aux contrôles positifs, la barre de seuil de fluorescence de chaque plaque a été positionnée afin de standardiser le seuil de coupure de positivité d'un test à l'autre : les deux premiers points doivent avoir des valeurs de Ct de moins de 39, le 3ème point doit être à la limite du seuil de détection et le dernier point doit rester négatif. Une marge de $\pm 1,5$ Ct dans ces valeurs a été appliquée. De plus l'efficacité de la réaction doit se situer entre 90 et 110%.

Les étapes et les paramètres des cycles de QRT-PCR suivants ont été réalisés et respectés :

- Transcription reverse (RT) pour la synthèse de l'ADN complémentaire ou ADNc,
- Inactivation de l'enzyme reverse transcriptase et activation de l'enzyme polymérase,
- Réaction de polymérisation comportant (i) la dénaturation de l'ADN, (ii) l'hybridation des amorces avec les matrices et collecte de fluorescence et (iii) la phase d'élongation,
- Séries de cycles de réactions menées à la température de fusion ou Tm comprenant (i) la dénaturation de la matrice ADN, (ii) l'hybridation des deux brins d'ADN et (iii) une deuxième phase de dénaturation d'ADN.

Les échantillons présentant un seuil de coupure de fluorescence (Ct) inférieure à 39 cycles et une température de fusion ou Tm supérieure à 80°C ont été considérés comme positifs. La préparation et la composition des mix PCR avec le couple primer (F+259 et F488rev) sont montrées dans le Tableau IV et le Tableau V.

Tableau IV: Préparation et composition des mix PCR

Réactifs	Concentration finale par réaction	Volume nécessaire pour une réaction (µl)
H2O sans RNase	-	8.625
Master mix 2x	1x	12.5
Rox ref diluted 1/500	30nM	0.375
F+259 20µm	300nM	0.375
F488rev 20µm	100nM	0.125
Mix enzyme	-	1
ARN	-	2
Volume final	-	25

Tableau V : Primers (basés sur le gène F) pour le screening virologique QRT-PCR/Maladie de Newcastle

Nom des primers	Séquences (5'-3')	Amplicon	Références
F259	ACA YTGACYACTTTGCTCA	239pb	-
F488rev	TGCACAGCYTCATTGGTTGC	(4802 – 5040)*	-

* : Position d'hybridation des amorces par rapport au génome de La Sota (AF077761).

- : Primers dessinés au CIRAD.

I.9. Analyses typologiques des données

Les données issues de l'enquête et les résultats des analyses sérologique et virologique ont été saisis et stockés sous Microsoft Office Excel 2013. Ensuite, ils ont été traités dans le logiciel R version 3.1.2 sous Windows 7 avec les packages Rcmdr et FactoMineR. Suivant les variables d'étude, les paramètres de dispersion comme le minimal et le maximal, l'écart-type, la proportion et la moyenne ont été déterminés. Les analyses typologiques comportent l'analyse des correspondances multiples ou ACM et la classification ascendante hiérarchique ou CAH.

I.9.1. Variables utilisées

Les variables ont été choisies à partir des données issues des enquêtes effectuées dans d'autres études. Elles ont été basées sur les facteurs de risques de la maladie de Newcastle indiqués dans la littérature [5, 11, 16, 29, 69, 71, 89-91]. Ces variables ont concerné la structure, la conduite générale de l'élevage et les facteurs de risques de la maladie de Newcastle. Elles sont présentées dans les tableaux de l'Annexe 3.

Trois simulations différentes selon les variables d'étude ont été réalisées pour l'analyse typologique des élevages. La première simulation concerne les variables liées aux informations générales d'élevage, à l'entretien du poulailler et à la vaccination. La deuxième simulation concerne les variables liées à la conduite d'élevage en cas de maladie. La troisième simulation concerne les variables liées à la conduite d'élevage en cas de mortalités dues à une maladie. Ces trois simulations permettent de faciliter l'interprétation du résultat de la typologie des élevages et permettent d'éviter la dilution de certaines variables qui pourraient apporter des informations pouvant être importantes.

1.9.2. Analyse des Correspondances Multiples ou ACM

L'ACM est une analyse multivariée qui traite les variables qualitatives nominales ou ordinales. Les objectifs de l'ACM sont d'étudier la variabilité entre individus (la ressemblance ou la différence) et les associations entre les modalités. Deux paramètres permettent d'interpréter les résultats d'une ACM : la contribution (à la construction des axes, exprimée en %) et la qualité de projection (\cos^2 ; valeur entre 0 et 1). Les individus, les modalités ou les variables possédant à la fois une contribution importante et une qualité de projection proche de 1 se distinguent particulièrement sur le plan factoriel. L'ACM transforme les coordonnées et les contributions de chaque individu, de chaque modalité et de chaque variable en variables quantitatives ou variables synthétiques qui vont être utilisées et analysées dans la CAH. Cette transformation s'effectue par le calcul de l'inertie qui est la moyenne des carrés des rapports de corrélation entre l'axe et les variables [92].

1.9.3. Classification Ascendante Hiérarchique ou CAH

La CAH est une analyse multivariée des variables quantitatives. Les variables synthétiques de l'ACM peuvent être traitées par la CAH qui permet alors de grouper et de classer les individus homogènes ayant les mêmes profils de modalités dans un ensemble de variables. Les objectifs de la CAH sont de construire un arbre hiérarchique appelé dendrogramme, permettant de mettre en évidence des liens hiérarchiques entre individus ou groupes d'individus et de mettre en évidence la détermination d'un nombre de classes naturel au niveau d'une population. Les critères de construction d'un arbre sont la ressemblance entre individus (distance euclidienne) ou entre groupes d'individus (plus petite distance, plus grande distance et critère de Ward) [92].

Le découpage des classes peut être réalisé à partir de l'arbre, du diagramme des indices de niveau ou du gain d'inertie et du nombre d'individus ou lignes dans le tableau de données de l'enquête. Pour le découpage de l'arbre à partir de l'arbre lui-même, il se réalise souvent sur le bras d'arbre le plus long. Pour le découpage lié au diagramme d'inertie, quand la différence entre 2 gains d'inertie est faible, il faut arrêter le regroupement des classes au niveau de gain d'inertie plus petit parce que l'information récupérée est faible pour différencier les classes les unes des autres. Si le nombre d'individus dans le tableau de données est très important, il est préférable de construire un grand nombre de classes pour mieux les caractériser. En effet, construire moins de classes risque de

regrouper des individus qui ne sont pas homogènes et contrairement construire plusieurs classes rend difficile la caractérisation ou la différenciation des classes entre eux. Bref, le critère ultime de regroupage des classes est fonction de l'interprétabilité des classes [92].

Les différentes classes issues d'une CAH peuvent être décrites ou interprétées par les parangons, les variables, les modalités et les axes factoriels. Le parangon représente l'individu le plus proche du centre de gravité d'une classe c'est-à-dire l'individu qui a la moyenne du profil de la classe. La partition, qui est l'appartenance des individus aux différentes classes, peut être caractérisée par des variables. Par conséquent, le modèle d'analyse de variance entre la variable quantitative (variable réponse) expliquée par la variable de classe (variable explicative) a été effectué. Puis, le test de Fisher de l'effet de la classe a été réalisé afin de déterminer l'association entre la variable de classe et la variable quantitative. Ce test permet donc de déterminer les variables qui caractérisent globalement la partition c'est-à-dire les variables liées au découpage en classes. La valeur de la probabilité critique p est significative si elle est $\leq 0,05$. La caractérisation des classes par des variables qualitatives consiste à réaliser un test de χ^2 entre une variable qualitative et une variable de classe. Mais la caractérisation des classes par les modalités consiste à comparer la proportion d'une modalité x dans la classe I par rapport à celle de la modalité x dans la population globale. La valeur de p est significative si elle est $\leq 0,05$ et implique que la variable ou la modalité est liée à la partition des individus. La caractérisation des classes par les axes factoriels suit la même méthode que pour la caractérisation des classes par des variables quantitatives [92].

I.10. Considérations éthiques

Toutes les interventions ainsi que tous les prélèvements effectués ont été soumis aux consentements des aviculteurs. L'identité des ménages est tenue secrète. Par ailleurs, des mesures de biosécurité rigoureuses ont été appliquées comme l'utilisation des seringues à usage unique et le port des gants lors des prélèvements biologiques afin d'empêcher une éventuelle contamination des élevages et d'assurer le bien-être des animaux.

II. RÉSULTATS

II.1. Description des élevages et des échantillons

Cette étude a permis de décrire 41 aviculteurs ou ménages ou encore élevages, 1034 volailles de différentes espèces, 143 sérums et 24 prélèvements virologiques.

II.1.1. Démographie des volailles dans les ménages d'enquête

Le Tableau VI montre la répartition de différentes espèces de volailles (N=1034) chez les 41 aviculteurs recensés suivant les 11 communes d'enquête.

Tableau VI : Démographie des volailles au niveau des ménages enquêtés

Communes	Poulets n=808	CC n=104	CB n=73	Oies n=40	Dindes n=8	Autres n=1
Ambalavolo	101	6	1	0	2	0
Amboditavolo	96	1	3	0	0	0
Ambodivoananto	8	1	0	0	0	0
Ilaka-Est	92	18	0	16	0	1
Maintinandry	54	27	0	0	0	0
Niarovana Caroline	61	8	1	0	0	0
Niherenana	48	1	11	4	0	0
Sahamatevina	40	9	22	6	0	0
Tsarasambo	73	13	9	6	6	0
Tsivangiana	57	20	26	3	0	0
Vatomandry	178	0	0	5	0	0

CC : Canard commun ; CB : canard de barbarie.

La Figure 12 représente les proportions de volailles selon leurs espèces.

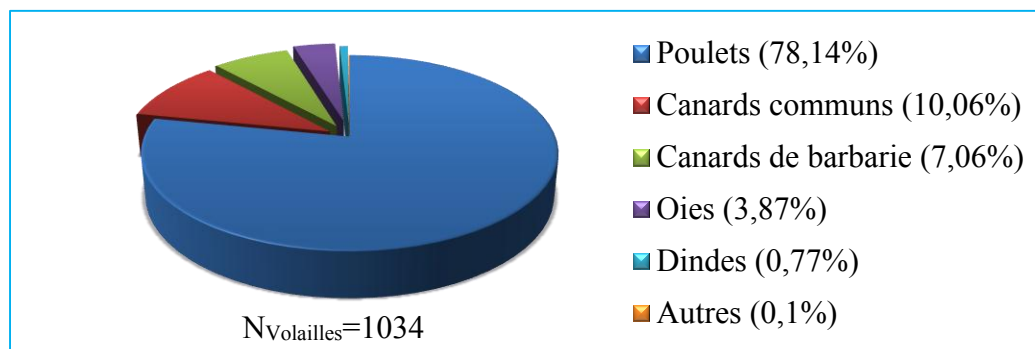


Figure 12 : Proportion de volailles dans les ménages par espèce

La répartition des volailles dans chaque ménage ou élevage est représentée dans le Tableau VII.

Tableau VII : Répartition des différentes volailles au niveau d'un élevage

Paramètres	Cheptel aviaire d'un élevage					
	Poulets	CC	CB	Oies	Dindes	Autres
Minimum	2	0	0	0	0	0
Moyenne (+/-ET)	19,71 (16,21)	2,53 (4,38)	1,78 (3,77)	0,97 (2,86)	0,19 (0,98)	0,02 (0,15)
Maximum	71	19	16	16	16	1

CC : canard commun/ CB : canard de barbarie.

Un élevage possède en moyenne 20 poulets, 3 canards, 2 canards de barbarie, 1 oie et 1 dinde. La possession d'autres espèces d'oiseaux est facultative.

Au sein d'un élevage, les poulets (*Gallus gallus*) sont répartis selon leurs classes d'âges suivant le Tableau VIII.

Tableau VIII : Répartition des poulets dans un élevage

Paramètres	Poussins n=180	Poulets n=448	Poules n=142	Coqs n=38
Minimum	0	0	0	0
Moyenne (+/- ET)	4,39 (8,45)	10,93 (9,05)	3,46 (3,47)	0,92 (1,97)
Maximum	41	36	16	11
Pourcentages (%)	22,28	55,45	17,57	4,70

Les jeunes ou les poulets représentent 55,45% du cheptel aviaire. Les coqs et les poules sont faibles en nombre.

II.1.2. Effectifs des élevages et des échantillons sérologiques

Le Tableau IX représente le nombre d'élevages pour la typologie et de prélèvements sérologiques effectués par commune.

Tableau IX : Représentation des échantillons pour la sérologie

Communes	Effectifs des élevages	Effectifs des prélèvements
	n=41	n=143
Ambalavolo	3	13
Amboditavolo	3	12
Ambodivoananto	2	8
Ilaka-Est	4	13
Maintinandry	4	14
Niarovana Caroline	4	19
Niherenana	4	13
Sahamatevina	4	13
Tsarasambo	4	18
Tsivangiana	3	11
Vatomandry	4	9

L'effectif des prélèvements collectés lors de l'enquête effectuée dans les onze communes du district de Vatomandry est de 143. Les prélèvements sont plus nombreux dans les communes rurales de Niarovana Caroline (n=19) et de Tsarasambo (n=18).

Le Tableau X représente le taux de vaccination des poulets collectés de sang.

Tableau X : Effectif des poulets vaccinés

	Poulets vaccinés	Poulets non vaccinés
Effectifs	7	136
Pourcentages (%)	4,9	95,1

Le taux de vaccination des poulets contre le virus de la maladie de Newcastle (APMV-1) est très faible. Il est seulement de 4,9% [IC₉₅ : 3%-10%] dans les 11 communes du district de Vatomandry.

II.1.3. Effectif des prélèvements pour l'analyse virologique QRT-PCR

Le Tableau XI montre l'effectif des prélèvements virologiques collectés dans les trois communes de Vatomandry où des cas de maladie de Newcastle ont été suspectés.

Tableau XI : Effectif des prélèvements virologiques

Communes	Effectif n=24
Maintinandry	7
Tsarasambo	9
Vatomandry	8

L'effectif des prélèvements analysés avec le test virologique QRT-PCR a été limité au nombre de 24 parce que ce test s'agit uniquement de confirmer la circulation du virus APMV-1 de la maladie de Newcastle dans le district de Vatomandry, mais non pas d'y établir sa prévalence virologique. De ce fait, ces 24 prélèvements collectés ont suffi pour l'analyse.

II.2. Typologie de l'aviculture villageoise à Vatomandry

Trois simulations sont effectuées pour la typologie des élevages (N=41). Les résultats d'une simulation sont présentés par une représentation des nuages des points des individus (élevage) sur un plan factoriel à deux axes (Dim1 et Dim2), par un arbre hiérarchique ou un dendrogramme et par un tableau des profils de classes. Chaque tableau montre les caractéristiques des classes par toutes les variables liées significativement ou non à la construction des axes factoriels.

Pour chaque tableau des caractéristiques des classes :

- Les colonnes *Effectif des élevages prenant une modalité (E)* et *pourcentage global (PG)* de chaque tableau montrent les résultats du profil général des 41 élevages enquêtés avant la simulation et les colonnes concernant les différentes classes montrent les résultats, en pourcentage, des profils des différentes classes obtenues après la simulation.

- Les pourcentages en gras présentent les valeurs significativement supérieures ou inférieures aux pourcentages globaux (PG) des 41 élevages. Les valeurs de *p* de ces pourcentages en gras sont toutes inférieures à 0,05.

II.2.1. Classification des élevages selon la conduite générale d'élevage pratiquée

Les axes 1 (22,81%) et 2 (15,45%) sont retenus pour la classification des élevages selon la conduite générale d'élevage (première simulation de la typologie). Par conséquent, 3 classes ont été obtenues (*clusters*) : la classe 1 (*cluster1*, n=14), la classe 2 (*cluster2*, n=24) et la classe 3 (*cluster3*, n=3) montrées par la Figure 13.

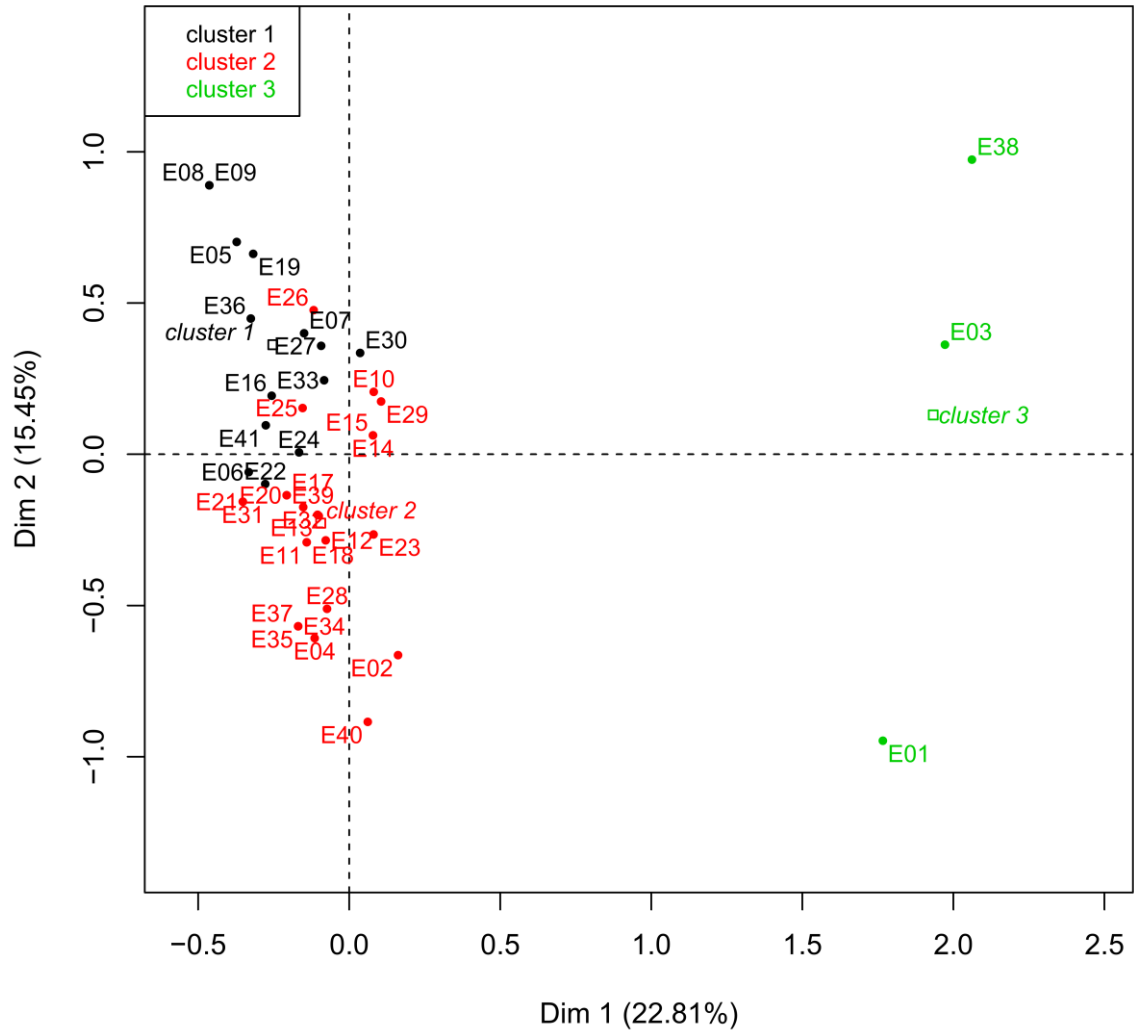


Figure 13: Classification des élevages selon le mode d'élevage pratiqué

Trois élevages se présentent particulièrement sur le plan factoriel. Leurs contributions à la construction de l'axe 1 et leur qualité de projection sont élevées. Ce sont les élevages E01 (ctr=23,83% ; $\cos^2=0,523$), E03 (ctr=29,7% ; $\cos^2=0,796$) et E38 (ctr=32,45% ; $\cos^2=0,747$). Parallèlement, les modalités *vaccination régulière* (ctr=26,81% ; $\cos^2=0,924$), *balayage et lavage du poulailler* (ctr=26,81% ; $\cos^2=0,924$)

et *poulailler en demi dur* ($\text{ctr}=19,45\%$; $\cos^2=0,643$) se présentent particulièrement sur le plan factoriel.

La Figure 14 montre l'arbre hiérarchique ou le dendrogramme de la classification des élevages (première simulation de la typologie) selon les conduites ou le mode d'élevage pratiqué au sein des ménages.

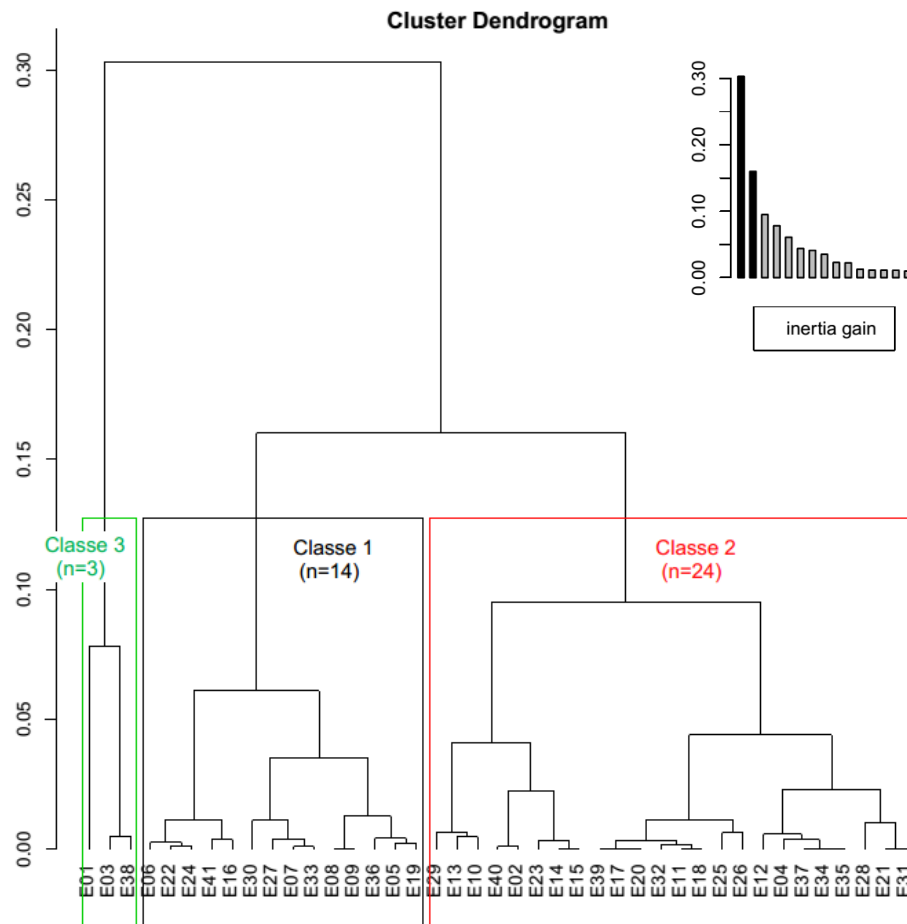


Figure 14 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des élevages selon le mode d'élevage pratiqué

Les parangons ou les élevages représentatifs de la classe 1, 2 et 3 sont respectivement les élevages E07, E11 et E03.

Classe 1 (n=14) : Élevages à faible niveau d'intrants

Tous les aviculteurs ne nettoient jamais régulièrement leurs poulaillers ($p=1,92e^{-8}$) et le mode de nettoyage s'agit seulement de balayage pour 21,42% de cette classe ($p=3,2e^{-5}$). Cinquante pour cent des aviculteurs mélangent les poulets avec d'autres espèces de volailles ($p=0,04$) tels que les canards, les oies, les dindes, etc. Selon le test χ^2 , la commune rurale de Tsarasambo est liée significativement à classe 1. Cent pour cent des élevages de la commune rurale de Tsarasambo sont dans la classe 1 soit 28,57% des élevages de cette classe ($p=0,009$).

Classe 2 (n=24) : Élevages à niveau d'intrants moyen

Cent pour cent des éleveurs balaient leurs poulaillers ($p=1,92e^{-8}$) dont 70,8% font un balayage quotidien ($p=2,11e^{-4}$). Quatre-vingt-trois pour cent des éleveurs (83,33%) séparent les poulets des autres espèces de volailles ($p=0,04$). Aucun des éleveurs de la classe 2 n'appartient à la commune rurale de Tsarasambo ($p=0,02$).

Classe 3 (n=3) : Élevages à haut niveau d'intrant

Cent pour cent des aviculteurs balaient puis lavent leurs poulaillers comme mode de nettoyage ($p=9,38e^{-5}$). Cent pour cent également vaccinent régulièrement leurs poulets contre la maladie de Newcastle ($p=9,38e^{-5}$). Soixante-sept pour cent des éleveurs (66,66%) construisent volontairement des poulaillers avec du sol cimenté, un toit en tôle ou en *falafa* et du mur en bois de ravenala ($p=3,65e^{-3}$). Ces nettoyage, vaccination et poulailler présentent une valeur test significativement supérieure pour la classe 3 (v.test=6,079 ; $p=1,2e^{-9}$) que pour les 2 autres classes précédentes suivant l'axe 1 (Dim 1=22,81%). Une différence significative de la taille du cheptel est également observée entre les élevages à faible niveau d'intrants et à haut niveau d'intrants ($p=0,006$). Les élevages appartenant à la classe 3 (niveau d'intrants élevé) possèdent 45 poulets en moyenne alors que les élevages appartenant à la classe 1 et 2 (niveau d'intrants faible) en possèdent seulement 20.

Les caractéristiques de chaque classe issue de la première simulation de la typologie selon les profils de conduite générale d'élevage pratiqué sont montrées dans le Tableau XII.

Tableau XII : Profils des conduites générales d'élevage

Variables	E (n)	PG (%)	Classe 1 n=14	Classe 2 n=24	Classe 3 n=3
Mixité d'élevage					
▪ Élevage unique	17	41,46	35,72	45,9	33,33
▪ Élevage mixte	24	58,54	64,28	54,1	66,67
Séparation des espèces					
▪ Oui	29	70,73	50	83,3	66,67
▪ Non	12	29,27	50	16,7	33,33
Mode de repeuplement					
▪ Nouveaux animaux	24	58,54	50	70,8	100
▪ À partir des parents	17	41,46	50	29,2	0
Poulailler					
▪ Poulailler traditionnel	19	46,3	50	50	0
▪ Bâtiment en demi dur	2	4,9	0	0	66,66
▪ Sans poulailler	20	48,8	50	50	33,33
Présence de clôture					
▪ Oui	2	4,88	0	4,1	33,33
▪ Non	39	95,12	100	95,9	66,67
Vaccination					
▪ Régulière	3	7,32	0	0	100
▪ Irrégulière	15	36,59	28,5	45,8	0
▪ Jamais	23	56,10	71,5	54,2	0
Fréquence de nettoyage					
▪ Régulière	19	46,34	0	70,8	66,66
▪ Irrégulière	5	12,20	0	16,7	33,33
▪ Annuelle	17	41,46	100	12,5	0
Mode de nettoyage					
▪ Balayage et lavage	3	7,32	0	0	100
▪ Balayage	27	65,85	21,5	100	0
▪ Aucun	11	26,83	78,5	0	0
Désinfection					
▪ Oui	4	9,76	7,2	8,4	33,33
▪ Non	37	90,24	92,8	91,6	66,67
Vide sanitaire					
▪ Oui	35	85,36	71,5	91,6	100
▪ Non	6	14,64	28,5	8,4	0

Cinq variables sur dix sont liées significativement à la construction des trois classes : le *mode de nettoyage* ($p=2,71e^{-14}$), la *vaccination* ($p=1,52e^{-8}$), la *fréquence de nettoyage* ($p=3,47e^{-6}$), le *poulailler* ($p=1,99e^{-5}$) et le *mode de repeuplement* ($p=0,04$).

II.2.2. Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de maladies

Un seul axe (Dim 1=34,09%) est retenu pour mettre en évidence la différence entre le respect et le non-respect de la biosécurité en cas de survenue de maladie dans les élevages (deuxième simulation de la typologie). Par conséquent, 2 classes sont obtenues : la classe 1 (cluster1, n=36) et la classe 2 (cluster2, n=5), montrées par la Figure 15.

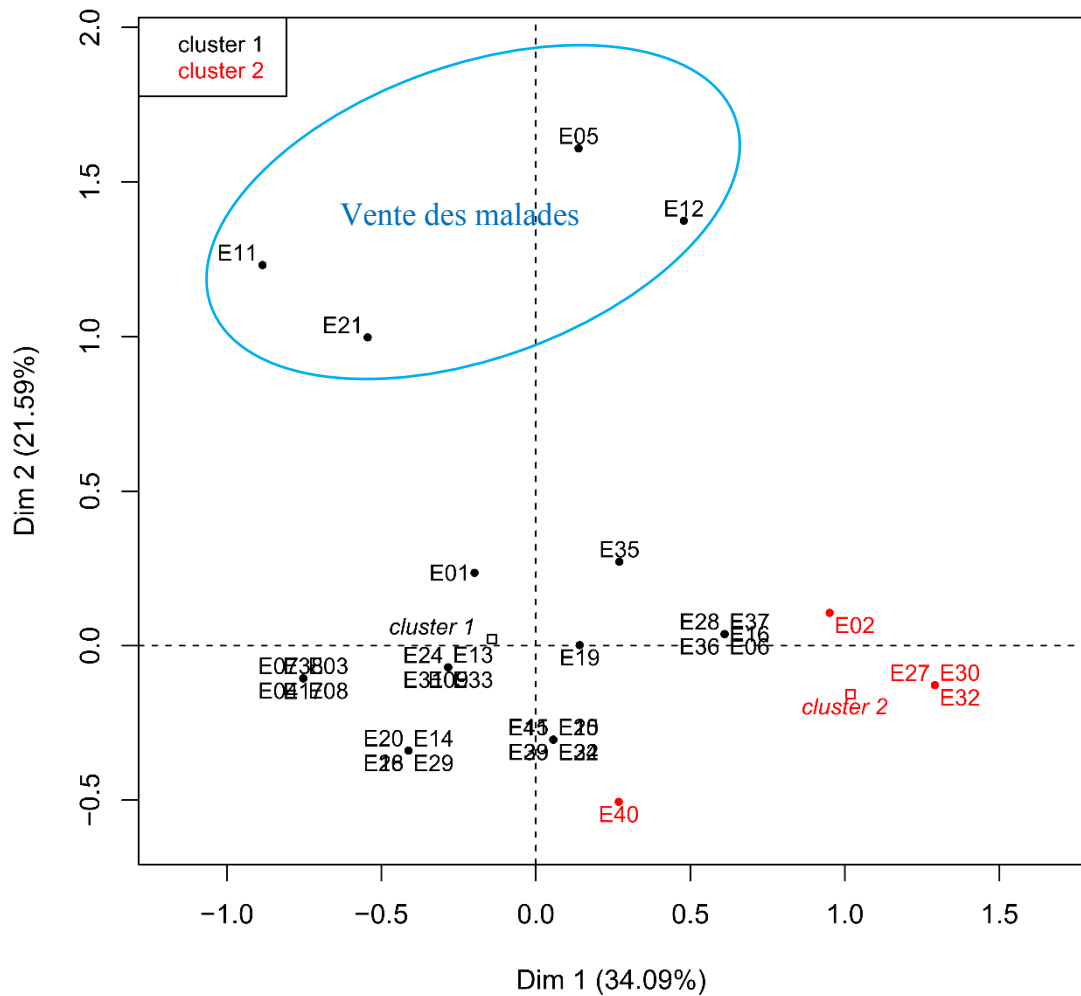


Figure 15 : Classification des élevages selon les conduites en cas de maladie

Quatre élevages de la classe 1 (encadrés en bleu et en haut, Figure 15) se distinguent du reste d'élevages sur le plan factoriel suivant l'axe 2 (Dim2=21,59%) : ces quatre éleveurs vendent leurs poulets malades en cas d'apparition de maladie aviaire dans leurs élevages ($\text{ctr}=42,43\%$; $\cos^2=0,592$). L'élevage E05 est de la commune rurale de Tsarasambo et les élevages E11 et E12 sont de la commune rurale d'Ilaka-Est.

La Figure 16 montre l'arbre hiérarchique ou le dendrogramme de la classification des élevages (deuxième simulation de la typologie) selon les conduites en cas de maladie au sein des ménages.

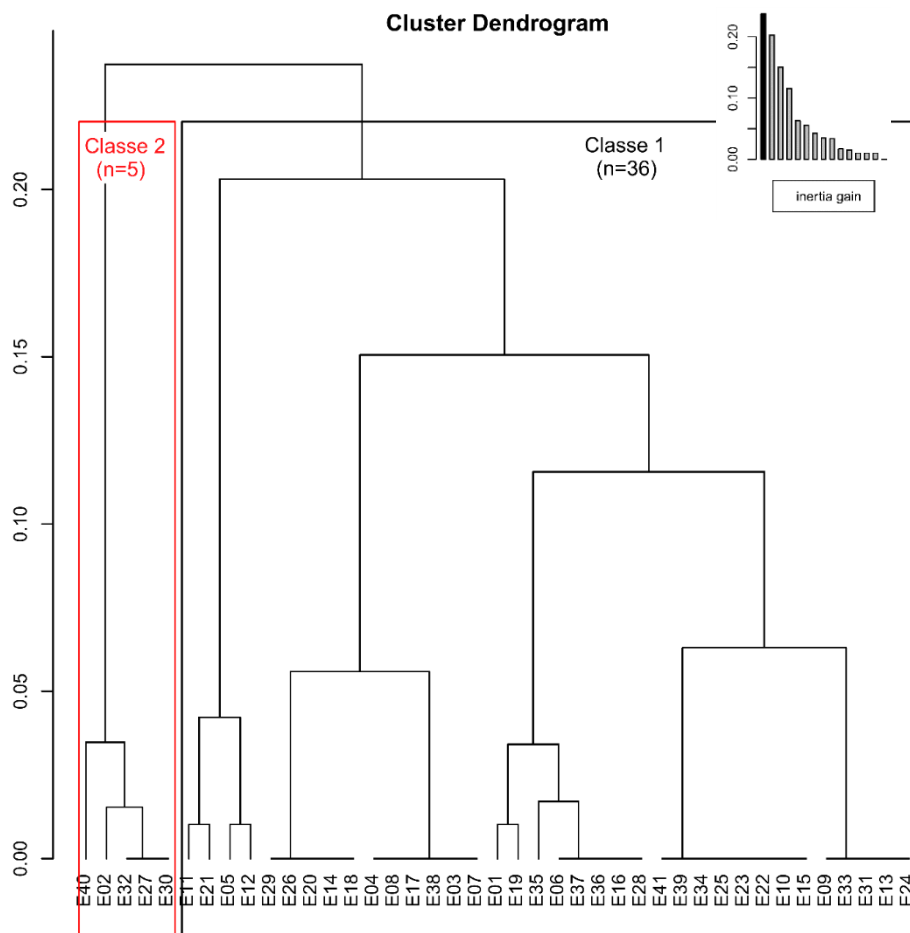


Figure 16 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des élevages selon les conduites en cas de maladie

Les parangons ou les élevages représentatifs de la classe 1 et 2 sont respectivement les élevages E10 et E27.

Classe 1 (n=36) : Élevages à biosécurité négligée en cas de maladie

Cent pour cent des éleveurs n'abattent pas les poulets malades ($p=1,33e^{-6}$). Soixante-douze des ménages traitent les poulets malades ($p=0,04$) sans les isoler avec du médicament conventionnel (paracétamol, amoxicilline, métronidazole) ou traditionnel (café, ail et diverses plantes médicinales).

Classe 2 (n=5) : Élevages à biosécurité respectée en cas de maladie

Cent pour cent des ménages abattent les malades ($p=1,33e^{-6}$) et 100% des élevages qui abattent les poulets malades sont dans la classe 2. Quatre-vingts pour cent ne traitent pas les poulets malades ($p=0,04$).

Les caractéristiques des classes de la deuxième simulation de la typologie selon les profils de conduite d'élevage en cas de maladie sont montrées dans le Tableau XIII.

Tableau XIII : Profils des conduites d'élevage en cas de maladies

Variables	E (n)	PG (%)	Classe 1 n=36	Classe 2 n=5
Isolement des malades				
▪ Oui	16	39,02	41,67	20
▪ Non	25	60,97	58,33	80
Traitement des malades				
▪ traiter	27	65,85	72,22	20
▪ Ne pas traiter	14	34,14	27,78	80
Abattage sanitaire				
▪ Oui	5	12,20	0	100
▪ Non	36	87,80	100	0
Consommation des malades				
▪ Oui	25	60,98	58,33	80
▪ Non	16	39,02	41,67	20
Vente des malades				
▪ Oui	4	9,76	11,11	0
▪ Non	37	90,24	88,89	100

Deux variables sont liées significativement à la construction des deux classes. Ce sont les variables *abattage sanitaire* ($p=1,52e^{-10}$) et *traitement des malades* ($p=0,02$).

II.2.3. Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de mortalités causées par une maladie

Un seul axe (Dim 1=30,66%) est retenu pour mettre en évidence la différence entre le respect et le non-respect de la biosécurité en cas de mortalité due à une maladie (troisième simulation de la typologie). Par conséquent, 2 classes ont été obtenues : la classe 1 (cluster1, n=29) et la classe 2 (cluster2, n=12), montrées par la Figure 17.

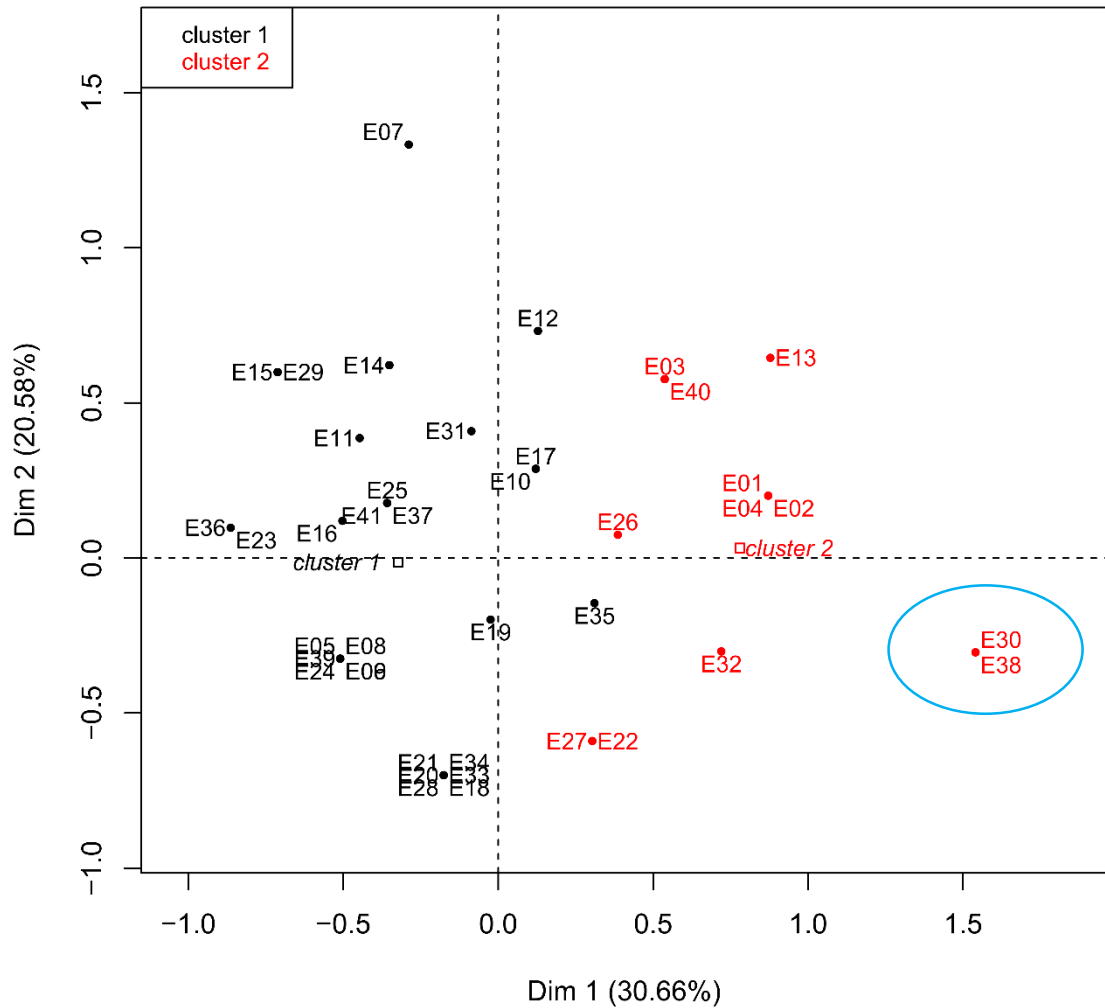


Figure 17 : Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de mortalités causées par une maladie

Les éleveurs de la classe qui respecte la biosécurité en cas de mortalité (cluster 2, n=12) se trouvent de plus en plus à droite du plan factoriel tandis que ceux de la classe qui ne respecte pas cette biosécurité (cluster 1, n=29) se trouvent à gauche du plan.

La Figure 18 montre l'arbre hiérarchique ou le dendrogramme de la classification des élevages (troisième simulation de la typologie) selon les conduites en cas de mortalités des poulets au sein des ménages.

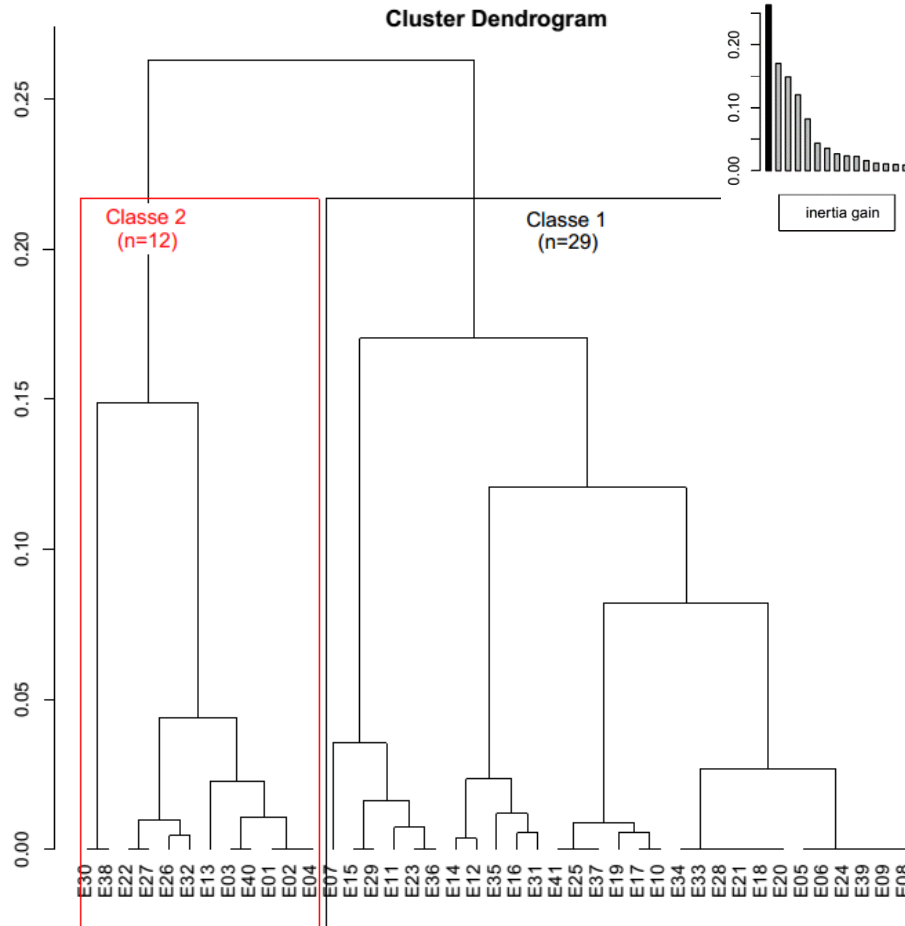


Figure 18 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des élevages selon les conduites en cas de mortalités des poulets au sein des ménages.

Les parangons ou les élevages représentatifs de la classe 1 et 2 sont respectivement les élevages E05 et E26.

Classe 1 (n=29) : Élevages à biosécurité négligée en cas de mortalité

Cent pour cent des ménages qui n'enterrent pas les morts sont dans la classe 1, mais 86,2% des éleveurs de cette classe n'enterrent pas les morts, mais les jettent dans les ordures ou dans les rivières ($p=2,3e^{-7}$). Quatre-vingt-dix pour cent (89,65%) consomment des viandes de poulets morts d'une maladie ($p=1,42e^{-5}$). Soixante-treize pour cent 72,41% jettent également les abats des poulets qu'ils abattent dans les ordures, dans les buissons, dans les forêts, dans les rivières ou un peu plus loin du village ($p=7,66e^{-3}$).

Classe 2 (n=12) : Élevages à biosécurité respectée en cas de mortalité

Cent pour cent des ménages enterrent les morts ($p=2,3e^{-7}$) ; quatre-vingt-trois pour cent (83,33%) ne mangent pas de viande de poulets morts d'une maladie ($p=1,42e^{-5}$) et 75% enterrent les abats des poulets ($p=7,66e^{-3}$). Selon le test χ^2 , la commune urbaine de Vatomandry est liée significativement à la classe 2. Quatre-vingt-trois pour cent (83,33%) des élevages de cette commune sont dans la classe 2 soit 41,66% des élevages de cette classe ($p=0,005$). Deux élevages se caractérisent particulièrement sur le plan factoriel : ce sont les élevages E30 et E38 ($\text{ctr}=16,17\%$; $\cos^2= 0,569$). Ces éleveurs brûlent les matériels d'élevage (panier et litière) souillés par les poulets morts d'une maladie.

Les caractéristiques des classes de la troisième simulation de la typologie selon les profils de conduite d'élevage en cas de mortalité sont montrées dans le Tableau XIV.

Tableau XIV : Profils de conduite d'élevage en cas de mortalité

Variables	E (n)	PG (%)	Classe 1 n=29	Classe 2 n=12
Enterrement des morts				
▪ Oui	16	39,02	13,8	100
▪ Non	25	60,98	86,2	0
Jet des morts				
▪ Oui	6	14,63	20,7	100
▪ Non	35	85,37	73,3	0
Consommation des morts				
▪ Oui	28	68,29	89,65	16,67
▪ Non	4	31,71	10,35	83,33
Vente des morts				
▪ Oui	7	17,07,	20,68	8,33
▪ Non	34	82,93	79,31	91,64
Traitement des abats				
▪ Enterrer	17	41,46	27,58	75
▪ Jeter	24	58,54	72,41	25
Issue des matériels				
▪ Brûler	2	4,88	0	16,67
▪ Réutiliser après lavage	17	41,46	37,94	50
▪ Réutiliser sans lavage	22	53,66	62,06	33,33

Quatre variables sont liées significativement à la construction des deux classes. Ce sont les variables *enterrement des morts* ($p=2,62e^{-7}$), *consommation des morts* ($p=4,88e^{-6}$), *issue des abats* ($p=5,04e^{-3}$) et *issue des matériels* ($p=0,04$).

II.3. Suspicion de la maladie de Newcastle par les aviculteurs

Chaque année, les aviculteurs traditionnels de Vatomandry signalent un passage cyclique d'une maladie épizootique meurtrière chez les poulets, qu'ils ont appelé, par l'un de ces noms vernaculaires, *koropoko* ou *koropoka*, *barika* et *pesta*.

Le Tableau XV montre le tableau symptomatique de la maladie aviaire suspectée par ces aviculteurs traditionnels.

Tableau XV : Tableau symptomatique de la maladie aviaire suspectée

Signes cliniques (%)						
Général	Fièvre	Abattement	Anorexie	GTC	CCB	PE
	14,63	92,68	82,92	24,39	51,21	19,51
Digestif	SB	DS	DV	DB		
	46,34	2,43	12,19	73,17		
Respiratoire	EN	Sifflement	Dyspnée	Toux		
	46,34	48,78	60,97	12,19		
Nerveux	Tremb.	Torticolis	Convuls.	TT	AT	PP
	2,43	58,54	87,8	56,09	39,02	51,21
Autres signes et lésions	ME	MP	TL	FC		
	7,31	39,02	0	4,87		

GTC : gonflement de la tête et du cou / CCB : cyanose de la crête et du barbillon / PE : plume ébouriffée / SB : sécrétion buccale abondante / DS : diarrhée sanguinolente / DV : diarrhée verdâtre / DB : diarrhée blanchâtre / EN : écoulement nasal / Tremb. : tremblement / Convuls. : convulsion / TT : tête tombante / AT : ailes tombantes / PP : paralysie des pattes / ME : mort embryonnaire / MP : mortalité des palmipèdes / TL : triade lésionnelle / FC : foie congestionné.

L'abattement et la convulsion sont les signes les plus constatés par les aviculteurs. Aucun aviculteur n'a mentionné la triade lésionnelle ou les lésions de pétéchies hémorragiques au niveau du proventricule, du cœur et des intestins.

La Figure 19 montre deux poulets atteints de *koropoka* selon les aviculteurs. Les signes qu'ils ont décrits sont la fièvre, l'abattement, l'anorexie et la paralysie de la tête.



Figure 19 : Poulets abattus atteints de *koropoka* selon les aviculteurs

La Figure 20 représente le calendrier d'apparition de la maladie de Newcastle au cours de l'année :

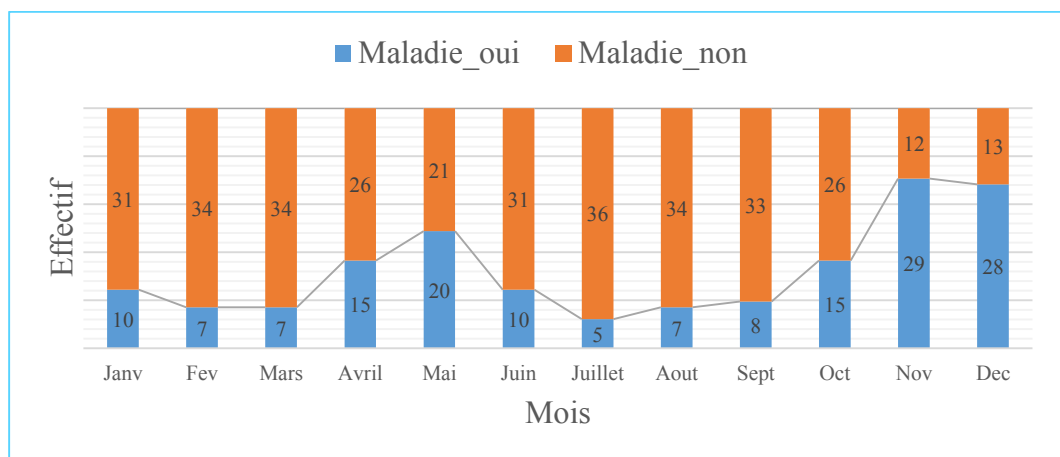


Figure 20 : Calendrier de déclenchement de la maladie de Newcastle avancé par les aviculteurs selon leurs expériences

La maladie de Newcastle présente deux foyers importants au cours de l'année malgré la différence des réponses des aviculteurs : le mois de mai et les mois de novembre-décembre (pic d'épizootie).

II.4. Séroprévalence de la maladie de Newcastle

La Figure 21 représente les séroprévalences de la maladie de Newcastle dans le district de Vatomandry et les 11 communes d'étude.

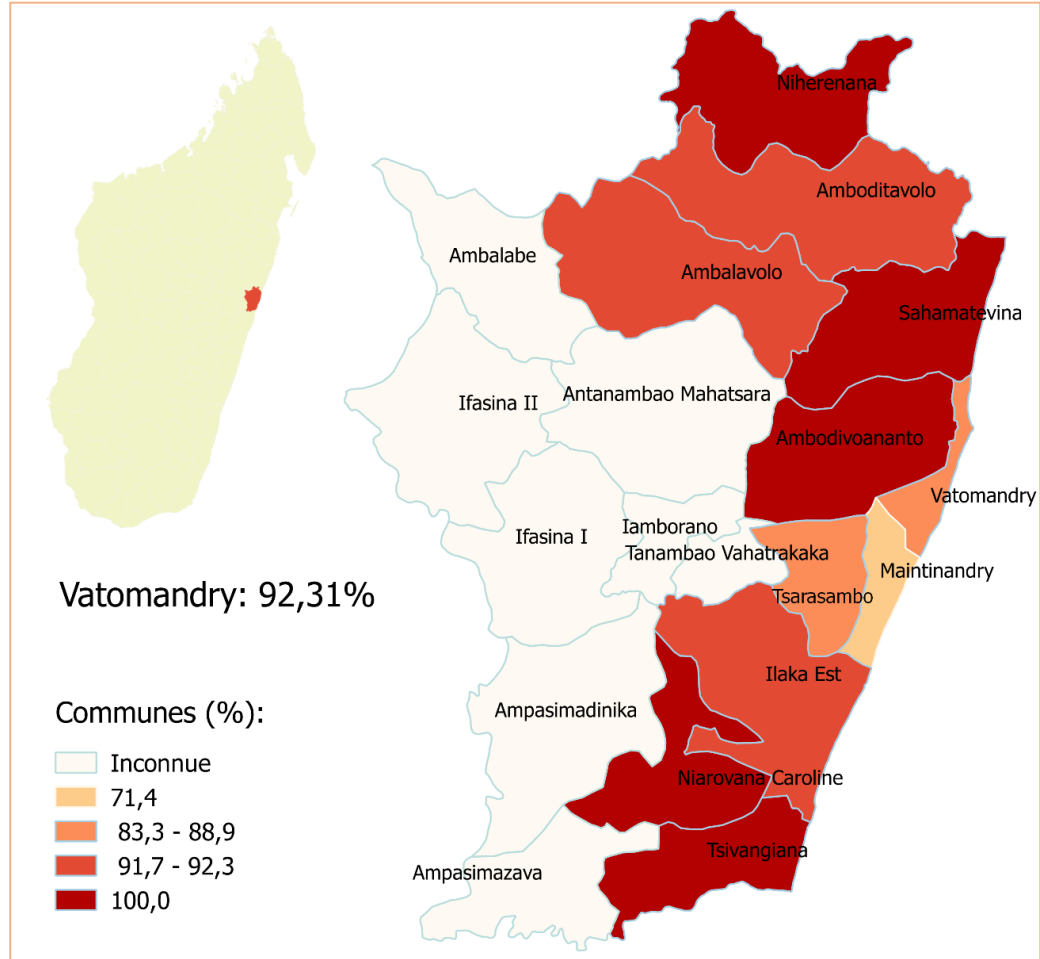


Figure 21 : Prévalence de la Maladie de Newcastle à Vatomandry

Dans le district de Vatomandry, la séroprévalence des animaux est de 92,31% [IC₉₅ : 86,75-95,65]. Elle est de 100% pour les communes rurales de Niherenana, Sahamatevina, Ambodivoananto, Niarovana Caroline et de Tsivangiana. Au sein des élevages, elle est également de 100%. Un élevage est considéré comme séropositif quand un de ses échantillons, au moins, a été positif au test sérologique effectué.

II.5. Circulation du virus APMV-1 dans le district de Vatomandry

Sur les 24 prélèvements virologiques analysés, 12 sont positifs au test QRT-PCR (valeur Ct < 39 et Tm > 80). Les valeurs et les courbes de quantification et de fusion des amplicons sont montrées dans l'Annexe 4.

TROISIÈME PARTIE : DISCUSSION

DISCUSSION

I. Limites d'étude

L'enquête et les prélèvements ont été effectués le même jour dans un élevage. Les élevages enquêtés ont été limités au nombre de 41 seulement parce que la plupart des aviculteurs ont refusé de participer à cette étude. En effet, premièrement, les poulets sont généralement inaccessibles le jour pour réaliser les prélèvements puisqu'ils sont en divagation dans les villages ou dans les champs et deuxièmement ces éleveurs ont peur que leurs poulets meurent suite aux prélèvements sanguins. Par conséquent, afin de motiver les aviculteurs à attraper leurs poulets dans les buissons ou dans la cour des villages, des mesures de motivation ont été prises en leur donnant 300Ar/poulet pour les prélèvements sérologiques et 1000 à 2000 Ar/poulet pour les prélèvements virologiques.

La méthode d'échantillonnage en boule de neige dispose de l'avantage d'être applicable lorsqu'il n'est pas possible de constituer une liste exhaustive de toutes les unités d'enquête. Par contre, elle peut être à l'origine de biais de sélection. Cette sélection a été orientée surtout vers les animaux de jeunes âges, poussins et poulets, puisqu'ils sont dépourvus d'anticorps contre le virus APMV-1 à partir de leurs 2 mois d'âge sauf en cas d'infection. L'absence de carnet de suivi des animaux et de l'élevage ainsi que la non-sincérité des aviculteurs pourraient entraîner des erreurs sur la typologie, le taux de vaccination et la séroprévalence de la maladie de Newcastle parce que le test sérologique HA/IHA ne différencie pas les anticorps induits par la souche virale sauvage et la souche virale vaccinale.

Les analyses ACM et CAH ont été utilisées parce qu'elles sont adaptées à l'étude de typologie d'une enquête. Ce sont des méthodes d'analyse de données utilisées couramment en typologie d'élevages en matière de facteurs de risque de la maladie Newcastle [90]. Par conséquent, ces analyses permettent de comprendre et de décrire les classes d'élevages auxquelles chaque aviculteur appartient. Cela permet donc d'apporter des améliorations adéquates à chaque profil de classe ainsi établi.

La séroprévalence de la maladie de Newcastle dans les élevages est de 100%. De ce fait, aucune analyse statistique n'a été permise dans cette étude pour déterminer l'association entre les variables explicatives (typologie de l'aviculture) et la variable réponse (séroprévalence de la maladie de Newcastle).

II. Typologie de l'aviculture villageoise à Vatondry

Dans le district de Vatondry, comme dans la Grande île et la plupart des pays africains, l'aviculture tient une place importante dans l'élevage. La filière avicole représente les 93,83% des élevages au niveau du district lui-même et 92,09% au niveau de la Région Atsinanana. En effet, l'aviculture villageoise est omniprésente dans le district que ce soit en milieu urbain ou en milieu rural (Source : Service provincial du Plan Toamasina, 2005) [8, 93]. Elle est composée de différentes espèces de volailles représentées essentiellement par la poule (78,14% ; genre *Gallus gallus*). Elle est en outre caractérisée par un mode d'élevage de type familial et par une faible taille du cheptel dans chaque ménage.

Cependant, des études ont confirmé que la majorité des avicultures villageoises des pays africains constituent un terrain favorable pour la maladie de Newcastle [41]. D'où la réalisation de cette étude afin de déterminer la typologie de l'aviculture villageoise de Vatondry en relation avec la maladie de Newcastle. Des modes et des conduites d'élevages favorables à l'apparition de cette maladie sont constatés dans de nombreuses classes issues de la typologie.

II.1. Classification des élevages selon la conduite générale d'élevage

Dans cette classification (première simulation), des manques d'organisations et d'investissements ont été remarqués dans 92,68% des élevages (classe 1 et 2, n=38), notamment pour la classe 1 et pour la commune rurale de Tsarasambo caractérisée par le profil de conduite d'élevage de cette classe 1. Les manques concernent les variables *mode et fréquence de nettoyage, vaccination, poulailler et mode de repeuplement du cheptel* qui sont liées significativement à la construction des classes. Les aviculteurs de la classe 2 commencent à consacrer de plus en plus du temps dans leur aviculture, mais pas assez par rapport à la classe 3. La classe 1 et la classe 2 s'opposent à la classe 3 en ce qui concerne le poulailler et son nettoyage et la pratique de vaccination. Quarante-neuf pour cent (48,8%) des éleveurs ne possèdent pas de poulailler. Par conséquent, la nuit, certains éleveurs mettent les poussins et les poules dans leurs cuisines dans des paniers tandis que d'autres laissent leurs volailles à l'extérieur sur leur toit, les orangers, les caféiers ou les arbres de litchis. En outre, quarante-six pour cent (46,3%) des éleveurs mettent leurs volailles sous leurs maisons traditionnelles, dans un espace appelé *ambarare* selon le dialecte local. Cet espace comprend une à deux sorties et mesure 15cm à 30cm de hauteur.

Le sol est en terre ou en sable, le mur en bois de ravenala et le toit est formé par le plancher des maisons des aviculteurs. Ce type de poulailler est très difficile à nettoyer et c'est pourquoi 100% des éleveurs de la classe 1 nettoient rarement leurs poulaillers. Par conséquent, les volailles sont à la merci des intempéries, du parasitisme et des prédateurs au cours de l'année. Cinquante-neuf pour cent (58,54%) du mode de repeuplement du cheptel consiste à introduire de nouveaux poulets sans mise en quarantaine. Ces nouveaux poulets sont obtenus par achat, don ou confiage et sont tout de suite mélangés avec les restes de l'ancien cheptel.

D'autres variables non liées significativement à la construction des classes marquent également cette faiblesse des intrants ou ce manque d'organisation. Cinquante pour cent des aviculteurs de la classe 1 mélangent les volailles de différentes espèces dans un même poulailler. Quatre-vingt-quinze pour cent (95,12%) des élevages ne sont pas clôturés. Vu le problème financier des paysans, les volailles divaguent le jour dans les villages, les champs ou la forêt pour trouver elles-mêmes leurs nourritures qui sont des restes de leurs cuisines et des récoltes. Ce n'est que le soir que ces volailles reviennent dans le village de leurs propriétaires.

Les profils de conduites d'élevages montrés par la classe 1 et 2 ont été similaires à ceux des études réalisées par Riise JC et al sur la production traditionnelle de volaille en aviculture villageoise. Ces études montrent que l'un des problèmes de l'aviculture villageoise est le manque d'organisation. Ce sont les poulets eux-mêmes qui cherchent leur nourriture constituée de restes de la cuisine et des récoltes en divaguant partout dans les habitations du village. Les poulets sont rarement vaccinés, mis dans un enclos et traités par des médicaments ou des antiparasitaires. Souvent, les aviculteurs mélangent les nouveaux avec les restes du troupeau sans mise en quarantaine préalable et mélangent également différentes espèces de volailles. Les poussins souffrent de la compétition avec les adultes en cherchant de la nourriture et sont exposés à leurs prédateurs comme les rats et les chats.[89].

Les résultats de la première simulation de la typologie de l'aviculture villageoise de Vatomandry correspondent également avec ceux constatés par Koko en 2006, par Porphyre en 2000, par Rakotonanahary en 2002 et par Bebay en 2006. Ils ont rapporté que le système d'élevage traditionnel est caractérisé par de faibles intrants : la

complémentation alimentaire, le poulailler, la prophylaxie sanitaire et l'amélioration génétique sont insuffisants ou absents. Les animaux sont libérés le jour pour chercher leurs nourritures et sont gardés dans la maison du propriétaire ou dans un simple abri la nuit [10-12, 93]. Une étude réalisée au Niger a informé que l'absence de poulailler ou d'abri expose les volailles aux pressions des intempéries et des prédateurs [94]. Selon encore Riise JC en 2004, la raison de ce manque d'inattention à l'aviculture traditionnelle a été élucidée comme sa non-rentabilité [89].

Par contre, la classe 3 de cette première simulation respecte généralement les conduites de base d'élevage. Des organisations et d'assez importants investissements en temps, en travail et en argent ont été constatés. C'est la classe qui a le profil de conduite d'élevage qualifié d'optimal. Malgré le petit nombre d'éleveurs de la classe 3, son profil d'élevage reste très important, car c'est son profil qui la caractérise particulièrement de toutes les classes dans l'analyse typologique de la première simulation. Cette particularité de conduite d'élevage de la classe 3 est associée au nombre du cheptel aviaire que les aviculteurs possèdent selon les résultats du test Chi². Le test a montré qu'un aviculteur possédant 45 poulets au moins a tendance à vacciner régulièrement ses volailles, à construire un poulailler amélioré et à le balayer, puis à le laver quotidiennement. Des programmes de vaccination sont organisés régulièrement. En plus, des innovations ont été remarquées en partant des deux autres classes. Ces innovations concernent la construction de poulaillers améliorés et de clôture d'élevage, la vaccination régulière, le nettoyage suivi de lavage et la désinfection. Un aviculteur de cette classe3-même souhaite une innovation de la formulation alimentaire parce qu'il est en cours de fabrication d'un broyeur de matières premières (maïs, manioc, paddy, etc.). Mais des innovations en matière de gestion d'élevage et en matière de commercialisation des produits doivent être entreprises également afin de maximiser la rentabilité de la filière avicole traditionnelle. La sélection animale est également observée dans les différents élevages, mais concerne essentiellement les coqs de combats. Pour pouvoir atteindre un profil de classe plus performant que celui de la classe 3, toutes les classes doivent passer avant tout par le profil de la classe 3 sinon l'amélioration des élevages pourrait être compliquée.

Les taux de vaccination selon un calendrier régulier sont seulement de 4,9% [IC₉₅ : 3%-10%] au niveau des animaux et de 7,32% au niveau des élevages. En effet, 3 ménages (classe 3, n=3) sur 41 seulement pratiquent régulièrement la vaccination de leurs

troupeaux. Ces taux sont très faibles et correspondent au taux de vaccination évalué à 10% seulement au sein de l'aviculture villageoise de Madagascar en 2007 [95]. Une autre cause probable de la pratique régulière de la vaccination, à part la taille du cheptel (au moins 45 poulets), est due au niveau d'étude des aviculteurs. En effet, les trois aviculteurs passaient tous au niveau d'étude secondaire au moins : deux d'entre eux sont des agents de la santé et l'un est un fonctionnaire retraité. Une étude effectuée par Razandrinapela en 2015 a montré que la pratique de la vaccination est liée au niveau d'étude des aviculteurs et au nombre de têtes de poulets de leurs cheptels. Or, les résultats de l'étude réalisée précédemment sont discordants avec ceux de la présente étude en ce qui concerne la taille du cheptel qui détermine la vaccination, mais en accord en ce qui concerne l'étude effectuée par les aviculteurs. Le nombre de poulets était de 16 au moins et les aviculteurs passaient tous à l'étude secondaire [96]. Les causes de la non-pratique de la vaccination sont l'inefficacité du vaccin et souvent la difficulté de l'accès aux services vétérinaires, selon les aviculteurs.

II.2. Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de maladies

Dans cette classification (deuxième simulation), une opposition de conduite de biosécurité est observée entre les deux classes en ce qui concerne les 2 variables liées significativement à l'axe 1. Les deux classes issues de cette simulation s'opposent au niveau du *traitement des malades* et de l'*abattage sanitaire*. Des négligences de prise de mesures de biosécurité sont identifiées chez la classe 1 et les aviculteurs de cette classe gaspillent leur temps à traiter les poulets malades. Une mauvaise conduite d'élevage en cas de maladie est alors constatée chez la classe 1 (n=36) qui pourrait entraîner la persistance du virus de la maladie de Newcastle au sein des ménages ou villages. L'abattage sanitaire est seulement de 12,2% au niveau de tous les élevages. Le traitement des malades (65,85%) sans leur isolement est un gaspillage de temps parce qu'il pourrait s'agir de la maladie de Newcastle, une virose très contagieuse sans traitement spécifique selon le centre CFSPH et Spradbrow [57, 82]. Ces résultats diffèrent de ceux édictés par la prophylaxie sanitaire en cas de maladie aviaire dans d'autres recherches. Dans une étude effectuée par Riise JC, il est conseillé d'isoler et de traiter les oiseaux malades, sinon de les abattre, les brûler et les enterrer profondément en cas de maladie aviaire [89]. De même, Glision et Kleven ont mentionné que la biosécurité et la vaccination sont les

deux importantes mesures pour combattre la maladie de Newcastle. Ces deux mesures ont été utilisées avec succès depuis des années pour la prévention et le contrôle de cette maladie [91].

D'autre part, 4 élevages de la classe 1 présentent une particularité sur le plan factoriel (Figure 15) en ce qui concerne la vente des poulets malades en cas d'apparition de maladie aviaire (deuxième simulation). Il s'agit de la vente des malades aux restaurateurs et aux collecteurs de volailles des deux communes enquêtées : deux élevages sont de la commune rurale d'Ilaka-Est et un de la commune rurale de Tsarasambo. La cause de la vente est d'éviter les pertes économiques et de se débarrasser de la maladie selon les aviculteurs locaux. Or, l'arrivée des oiseaux malades au niveau des marchés de ces deux communes présente un risque très élevé dans la diffusion du virus APMV-1. En effet, les deux communes sont traversées par l'axe de la RN11A qui relie le district de Vatomandry au district de Mahanoro. Cet axe est jalonné d'hôtels et de restaurants pour les voyageurs de taxis-brousse et constitue le lieu de collecte des produits locaux comme les fruits et les volailles vers les districts de Mahanoro, de Vatomandry, de Brickaville et de Toamasina. C'est pour cela que les aviculteurs vendent aussitôt les malades aux restaurateurs et aux collecteurs en cas d'apparition de premiers signes de maladie aviaire.

Cette conduite particulière des quatre élevages n'est pas alors conforme aux résultats de recherches d'Alders et Spradbrow. Premièrement, ces derniers ont souligné que les sources courantes de la maladie de Newcastle sous sa forme épizootique sont les volailles infectées. Et deuxièmement, Alders et Spradbrow ont expliqué que la dissémination de cette maladie est souvent liée aux mouvements de ces volailles durant leur collecte et leur vente aux marchés [97]. De plus, il a été affirmé que les oiseaux infectés ou malades et leurs carcasses sont les sources de contamination du virus APMV-1 à travers leurs excréments et sécrétions [16, 57, 69, 97].

II.3. Classification des élevages selon les conduites d'élevage en cas de mortalités causées par une maladie

Dans cette classification (troisième simulation), des non-respects des mesures de biosécurité sont également identifiés dans la classe 1. Une opposition de conduite sur les règles de biosécurité entre les deux classes a été observée en ce qui concerne *l'enterrement des morts*, la *consommation des morts*, *l'issue des abats* et *l'issue des*

matériels. Plus de 86% des ménages n'enterrent pas les poulets morts malades, mais les consomment. Quand les morts sont nombreux, les ménages les donnent aux autres ménages ou les jettent dans les rivières, les champs ou la forêt. Dans une étude antérieure, Maminiaina et al ont constaté dans ses enquêtes que les volailles malades, parfois même mortes sont consommées et partagées entre famille. Ces derniers ont constaté aussi que les aviculteurs ne se souciaient de traiter les restes des volailles consommées et ont informé également que ces pratiques diffusaient facilement la maladie en intraélevage et d'un village à l'autre [5]. Il a été constaté aussi que l'introduction de la maladie de Newcastle dans plusieurs pays du monde a été due aux mouvements des armées avec leurs viandes de volaille [29, 71].

Cinquante-quatre pour cent (53,66%) réutilisent les matériels souillés sans lavage préalable comme les sacs de riz et les paniers (*garaba*), employés respectivement comme des litières et des paniers de contention. Ces comportements favoriseraient également la persistance et la diffusion du virus APMV-1 de la maladie de Newcastle dans le district de Vatomandry. En effet, le virus survit 2 à 3 mois sur le sol et 7 à 8 mois sur les coquilles d'œufs contaminés [57].

Cependant, la classe 2 regroupant 83,33% des élevages de la commune de Vatomandry s'oppose à la classe 1 et est caractérisée généralement par le respect des règles de biosécurité en cas de mortalité de volailles. Les aviculteurs de cette classe 2 enterrent les morts et leurs abats puis lavent les matériels d'élevage souillés avant leurs réutilisations. Cette classe se distingue aussi particulièrement par la non-consommation des animaux morts. Ces conduites sont dues probablement à l'urbanisation et à la présence de vétérinaire dans la commune de Vatomandry. Seuls, deux aviculteurs de la classe 2, soit 4,87% de tous les aviculteurs des 2 classes, brûlent les matériels d'élevage souillés durant les maladies et les mortalités. La cause probable du petit nombre de ce comportement est d'ordre financier. Les aviculteurs ne veulent pas dépenser de l'argent pour remplacer les matériels souillés.

Ainsi, d'après la typologie de l'aviculture villageoise de Vatomandry, ces négligences de conduites d'élevages et de règles de biosécurité constituent des contraintes zootechniques, des facteurs de risques de la maladie de Newcastle et ceux d'autres maladies aviaires pour l'aviculture villageoise de Vatomandry.

III. Connaissance des aviculteurs sur la maladie de Newcastle

Si ces facteurs de risques de la maladie de Newcastle sont réunis au niveau de l'aviculture villageoise de Vatomandry, est-ce que la maladie de Newcastle circule réellement dans le district et est-ce que les aviculteurs connaissent cette maladie de Newcastle qu'ils suspectent ? L'un des objectifs de cette étude est d'évaluer la connaissance des aviculteurs sur la maladie de Newcastle en ce qui concerne sa description basique (nom, signes cliniques et saison de la maladie). Les aviculteurs ont suspecté des cas de maladie aviaire connue sous les noms vernaculaires de *koropoko* ou *koropoka*, de *barika* et de *pesta*.

Les symptômes décrits sont dominés par l'abattement et la convulsion, respectivement de 92,68% et de 87,8%. En revanche, la triade lésionnelle n'a pas été mentionnée. Des mortalités subites des poulets et des palmipèdes (39,02%) et d'autres signes qui n'indiquent pas la maladie de Newcastle ont été également signalés. Il s'agit probablement donc des souches vélogènes neurotropes, hautement pathogènes, du virus APMV-1 à cause de dominance des signes nerveux et des mortalités.

En ce qui concerne le calendrier d'apparition de foyers de maladie (Figure 20), trois formes épidémiologiques se présentent durant toute l'année selon les expériences des aviculteurs. D'abord, la maladie sévit tout au long de l'année ou sous forme enzootique pendant laquelle des cas de maladies et de mortalités sont apparus. Puis, la maladie sévit cycliquement en mai et en novembre. Enfin, un foyer important avec un taux de mortalité jusqu'à 100% survient au mois de novembre et de décembre qui est le pic d'épizootie. Selon des études antérieures, la description de cette maladie meurtrière est similaire à celle constatée dans le district de Fandriana, sur les Hautes Terres, au sud et dans la partie nord-est de Madagascar. Dans ces régions, les appellations de la maladie présentant les mêmes signes cliniques que ceux de la présente étude sont respectivement *boarika*, *koropoke*, *ramibomogno* et *pest'akoho* [5, 25, 98]. Les résultats sur les signes cliniques ont été en accord également avec ceux trouvés au Mozambique et dans d'autres pays [26, 57]. Lors des investigations menées en Chine en 1999, des foyers de maladie de Newcastle chez les oies ont été constatés [99]. Le calendrier avancé par les aviculteurs concorde aux trois aspects caractéristiques de la maladie de Newcastle d'après Alders et Spradbrow en 2001 et Maminiaina en 2007 en ce qui concerne le déclenchement de la maladie suspectée [5, 97].

La suspicion et la connaissance des aviculteurs sur la maladie de Newcastle ont été alors vérifiées par le test virologique RT-PCR en temps réel et le test sérologique HA/IHA. Les tests ont confirmé la circulation du virus APMV-1 dans le district de Vatomandry. Toutefois, l'identification du génotype et de la souche virale n'a pas été effectuée. Le virus pourrait appartenir au génotype XI comme le génotype du virus APMV-1 circulant dans le Lac Alaotra et sur les Hautes Terres de Madagascar identifié chez les oiseaux domestiques et chez d'autres oiseaux sauvages aquatiques par Maminiaina en 2009 [25].

IV. Séroprévalence de la maladie de Newcastle à Vatomandry

Le test sérologique a montré une séroprévalence très élevée de la maladie de Newcastle de 92,31% [IC₉₅ : 86,75-95,65] chez les 143 poulets des 11 communes de Vatomandry en mai 2015. Cette haute séroprévalence peut être expliquée par deux raisons.

Premièrement, elle peut être due à l'existence des rescapés du passage de la maladie de Newcastle de l'année précédente (2014) parce que les anticorps peuvent rester dans le sang jusqu'à 9 mois [97]. Si le dernier foyer est survenu au mois de novembre 2014, la datation des anticorps est de 6 mois seulement en mai 2015 et couvre la période de séropositivité de l'animal. Pour le cas de Madagascar, il a été signalé que les aviculteurs reconstituent leur cheptel aviaire à partir des rescapés puisqu'ils savent pertinemment leurs résistances aux maladies [100]. Malgré cette prévalence déjà très élevée (92,31%), la maladie de Newcastle n'a pas encore atteint son pic parce que les prélèvements ont été collectés en mai 2015 qui correspond à la période d'accalmie (mai). Par conséquent, il est probable que cette séroprévalence s'élèverait de plus en plus pour atteindre 100% en saison chaude et pluvieuse parce que la saison constitue un des facteurs de risque de la maladie de Newcastle. Pour le district de Vatomandry, la saison chaude et pluvieuse commence en octobre et se termine en avril (Figure 8).

Et deuxièmement, cette séroprévalence est probablement due au mode d'élevage et au comportement des aviculteurs. Ces conduites sont largement expliquées dans la typologie de l'aviculture villageoise à Vatomandry. Maminiaina a élucidé qu'une des diverses manières permettant la diffusion ou la propagation du virus de la maladie a été le comportement des éleveurs qui se débarrassent des poulets. Les poulets apparemment

sains ou présentant les premiers signes de l'infection sont vendus aux marchés ou sont transférés dans un autre élevage supposé indemne [5].

À Madagascar, des résultats similaires à cette haute séroprévalence (92,31%) ont été trouvés. En effet, une séroprévalence de 70,94% a été détectée dans le Lac Alaotra en juin 2008 et de 72,22% à 100% dans les communes d'Ambohimangakely et de Moramanga en 2000 [25]. Les résultats d'une étude effectuée par Rasamoelina et al dans le bassin du Lac Alaotra en 2012 présentant une séroprévalence de 73% se rapprochent aussi de ceux de cette étude [90]. En revanche, les résultats de Rasamoelina et al dans une étude réalisée à Antananarivo et ceux de Porphyre montrent des séroprévalences moins élevées de 56% et de 36,5% respectivement [12].

Dans le Continent africain, les séroprévalences sont de 27,4% en Éthiopie et de 22% à la Côte d'Ivoire. Ces séroprévalences sont moins élevées par rapport à ceux constatés dans la présente étude [101, 102].

Dans le Monde, les séroprévalences enregistrées varient d'un pays à l'autre. Les résultats de cette étude se rapprochent de ceux constatés en Birmanie, aux États-Unis d'Amérique et au Bassin du Sidney qui sont respectivement de 79%, de 71% et de 71%. Cependant, des séroprévalences plus faibles sont constatées en Australie et au Brésil qui sont respectivement de 12,6% et de 33,8% [103-107].

Au sein des élevages, la séroprévalence est de 100%. Tous les élevages sont exposés à la maladie de Newcastle, quelle que soit la commune ou la classe dans laquelle ils se trouvent. Différemment, une étude réalisée dans le Lac Alaotra (Ambatondrazaka et Amparafaravola) a montré une morbidité plus faible de 36% au niveau des élevages et une morbidité de 88% au niveau des villages [108].

Cette situation de menace de l'aviculture villageoise a pris donc place malgré la connaissance des aviculteurs de la maladie de Newcastle. Ces aviculteurs ne manquent pas de minimum de connaissances sur cette maladie, mais manquent de motivations et d'exemples de références. Certains d'entre eux s'investissent en temps, en travail et financièrement dans leurs élevages avec organisation des intrants tandis que les autres restent passifs.

V. RECOMMANDATIONS

Deux suggestions très importantes peuvent être formulées pour l'amélioration de l'aviculture villageoise dans le district de Vatomandry. La première est la sensibilisation massive et régulière de tous les éleveurs à respecter les minimums des normes et conduites requises dans l'aviculture villageoise afin de limiter l'incidence de la maladie de Newcastle et la diffusion du virus APMV-1. Cette sensibilisation doit être réalisée avec toutes les autorités politiques, administratives et les personnels de la santé de Vatomandry notamment dans les communes rurales de Tsarasambo et d'Ilaka-Est pour obtenir de meilleurs résultats dans l'amélioration de l'aviculture villageoise. Elle s'agit de la construction et du nettoyage régulier des poulaillers, de la mise en quarantaine des poulets nouvellement introduits dans l'élevage, de l'abattage sanitaire des malades, mais non pas leur vente, de l'enterrement des morts et des abats ainsi que le brûlage des matières d'élevages souillés en cas de maladie ou de mortalité. La sensibilisation des éleveurs à ne pas consommer les poulets malades ou morts d'une maladie quelconque doit être réalisée également pour diminuer la propagation du virus de la maladie de Newcastle.

La deuxième est d'encourager, au moins, les aviculteurs représentatifs de chaque classe qui se sont mis dans le respect de cette norme et de cette conduite. Cet encouragement consiste à aider techniquement et financièrement les aviculteurs en question par l'État ou par des partenariats intéressés. La raison est que ces élevages représentatifs servent de références concrètes pour les autres. Une fois que ces élevages de référence se différencient et réussissent, cela aidera les autres à prendre leurs exemples facilitant ainsi la sensibilisation.

Des campagnes collectives de vaccination et de déparasitages des poussins doivent être engagées et effectuées selon des calendriers préétablis par le vétérinaire sanitaire avec l'aide du chef de district, des agents de l'autorité, des chefs de fokontany et des Agents Communautaires en Santé Animale ou ACSA. Ces mesures peuvent diminuer fortement les mortalités dues à la maladie de Newcastle et augmenter ainsi le cheptel aviaire.

Toujours selon l'étude effectuée en 2000 par Maminiaina et al, la vaccination anti-Newcastle et le déparasitage interne des poussins ont augmenté substantiellement la

productivité de l'aviculture villageoise au cours de l'année malgré les facteurs de pression autres que ceux d'ordre sanitaire. En effet, trois résultats améliorés ont été constatés : une augmentation de +49% des effectifs élevés, une augmentation de +166% des effectifs exploités et une diminution du taux de mortalité globale de 39% à 21%. Économiquement, au niveau des ménages, un bénéfice de 9 fois la valeur des dépenses engagées et une multiplication de 2,5 fois les revenus ménagers ont été évalués [11]. Ces résultats peuvent permettre de contribuer considérablement à la lutte contre la famine à Madagascar et à l'augmentation de la consommation de viandes blanches considérées comme de bonne qualité. En 2013, selon les données du Réseau des observatoires ruraux (ROR) du Plan d'Action pour le Développement Rural (PADR), la consommation de viande (viandes bovines, caprines et porcines ; viande de volaille et de poissons) est seulement de 5Kg/hab/an contre 40Kg/hab/an pour les autres pays en développement et 80Kg/hab/an pour les pays riches (données du World Resources Institute). Par conséquent, des calculs ont été réalisés pour évaluer l'augmentation du cheptel aviaire élevé dans le sous-secteur villageois, la valeur des poulets exploités en prix et en carcasse ainsi que les manques à gagner en comparant les avicultures appliquant les mesures sur la vaccination et le déparasitage des poussins. D'abord, les calculs ont été basés sur les paramètres obtenus dans la littérature et les résultats de la présente étude puis ont été extrapolés au niveau de la Région Atsinanana et de Madagascar [8, 11, 13].

Le Tableau XVI représente l'estimation de l'augmentation du cheptel de poulets villageois en une année en appliquant la vaccination et le déparasitage des poussins sous leurs mères.

Tableau XVI : Estimation de l'augmentation du cheptel de poulets villageois

Les 41 élevages de Vatomandry		
Paramètres	Avec interventions	Sans interventions
Nombre de poules	142	142
Nombre d'œufs/ponte	12	12
Nombre de couvées/poule	3	3
Nombre d'œufs pour l'élevage	9	9
Nombre d'œufs couvés/poule/an	27	27
Nombre d'œufs	3 834	3 834
Taux d'éclosion (%)	78,60	78,60
Poussins	3 014	3 014
Vaccination + Déparasitage	oui	non
Mortalité (%)	29,30	42,34
Poulets vivants restants	2 131	1 738
Poulets destinés à la reproduction (%)	2,70	2,70
Total destiné à la reproduction	58	47
Taux de poulets exploités (%)	97,30	97,30
Total destiné à l'exploitation	2 073	1 691
Valeur des poulets (Ariary)	15 550 973	12 683 055
Valeur de carcasse des poulets exploités (T)	0,340	0,272
RÉGION ATSINANANA		
Cheptel de poulets villageois	4 181 790	4 181 790
Nombre de poules	734 741	734 741
Nombre d'œufs	19 838 007	19 838 007
Nombre de poussins	15 592 674	15 592 674
Nombre de poulets vivants restants	11 024 020	8 990 735
Total destiné à la reproduction	297 649	242 750
Total destiné à l'exploitation	10 726 371	8 747 985
Valeur des poulets exploités (Ariary)	82 680 150 000	67 430 512 500
Valeur de carcasse des poulets exploités (T)	17 280,18	14 093,00
MADAGASCAR		
Cheptel de poulets villageois	28 740 825	28 740 825
Nombre de poules	5 049 763	5 049 763
Nombre d'œufs	136 343 601	136 343 601
Nombre de poussins	107 166 071	107 166 071
Poulets vivants restants	75 766 412	61 791 956
Total destiné à la reproduction	2 045 693	1 668 383
Total destiné à l'exploitation	73 720 719	60 123 573
Valeur des poulets exploités (Ariary)	568 248 090 000	463 439 670 000
Valeur de carcasse des poulets exploités (T)	118 764,08	96 859,08

Le prix moyen d'un poulet pris dans le calcul est de 7 500 Ariary.

D'après les résultats montrés dans le Tableau XVI, les manques à gagner sont, respectivement pour le district de Vatomandry, la Région Atsinanana et Madagascar, de :

- 382 / 2 033 285 / 13 974 456 poulets destinés à l'exploitation comme la vente et l'autoconsommation,
- 11 / 54 899 / 377 310 poulets destinés à la reproduction,
- 2 867 918 / 15 249 637 500 / 104 808 420 000 Ariary la valeur de carcasses des poulets exploités,
- 0,6 / 3 187 / 21 905 Tonnes la valeur des poulets en carcasse (la tête et les membres sont inclus).

Des différences nettes sont constatées théoriquement entre les éleveurs qui pratiquent la vaccination ainsi que le déparasitage des poussins et ceux qui ne les appliquent pas. Ces différences concernent l'augmentation du cheptel aviaire villageois, des produits issus des poulets et de la devise nationale. Les manques à gagner dépassent largement les 15 372 420 000 d'Ariary de pertes économiques liées à la maladie de Newcastle en 2013. Elles pourraient ainsi participer au développement rural et durable du pays.

À partir de ces indicateurs et de l'effectif de la population malgache estimée à 24 888 722 habitants actuellement (Source : United Nations Department of Economic and Social Affairs : Population Division), la consommation de viande de volaille de poulets villageois à Madagascar connaîtrait donc une augmentation de 0,88-4,77Kg/habitant/an à l'échelle nationale. Cela signifie que la consommation serait donc de 5,88-9,77Kg/habitant/an quand les mesures appropriées sont entreprises au niveau national. L'aviculture villageoise constituerait donc une des alternatives pour améliorer l'alimentation en protéines de source animale des Malgaches. L'aviculture est rentable [11]. Désormais, il est intéressant de créer une filière poulet fermier constituée de producteurs de géniteurs et de poulets destinés à l'engraissement.

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans cette étude, la situation de l'aviculture villageoise vis-à-vis de la maladie de Newcastle et de ses facteurs de risque dans les 41 élevages répartis dans les 11 communes de Vatomandry a pu être décrite.

La typologie de l'aviculture villageoise a donné différentes classes qui s'opposent entre elles et qui sont liées significativement à certaines communes. Selon la conduite générale d'élevage, des manques d'organisations et des faiblesses des intrants ont été constatés au niveau des 92,68% des élevages, notamment dans la commune de Tsarasambo. Quatre-vingt-huit pour cent des éleveurs ne respectent pas les mesures de biosécurité en cas de maladie et 70,73% en cas de mortalités des poulets. La commune de Vatomandry est caractérisée par la non-consommation et l'enterrement des poulets morts.

Une maladie enzootique, saisonnière et épizootique (novembre-décembre) connue sous les noms vernaculaires *koropoko*, *barika* et *pesta* a été suspectée par les aviculteurs. Les signes cliniques sont dominés par l'abattement et la convulsion, respectivement de 92,68% et de 87,8%.

Douze prélèvements virologiques positifs au test QRT-PCR ont confirmé le passage du virus APMV-1 de la maladie de Newcastle dans le district de Vatomandry avec une séroprévalence très élevée de 92,31% au sein des animaux et 100% au sein des élevages. Ces deux résultats permettent de déduire que les aviculteurs de Vatomandry connaissent la maladie de Newcastle qu'ils ont suspectée.

Les hypothèses sur la circulation du virus APMV-1, sur l'exposition de l'aviculture villageoise à la maladie de Newcastle par les différentes conduites d'élevage pratiqué et sur la haute séroprévalence de cette maladie dans les 11 communes de Vatomandry ont été vérifiées. Des études plus élargies en effectif d'élevages et de communes et des études sur la détermination des facteurs d'association entre la typologie et la séroprévalence seraient nécessaires afin de préciser davantage les résultats de la présente étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Food and Agriculture Organization. La maladie de Newcastle. FAO; 2009. Disponible à <https://fao-ectad-bamako.org>. (accès le 28 juin 2016).
2. Cappelle J, Caron A, Servan De Almeida R, Gil P, Pedrono M, Mundava J, et al. Empirical analysis suggests continuous and homogeneous circulation of Newcastle disease virus in a wide range of wild bird species in Africa. *Epidemiology and Infection*. 2015;143(6):1292-303.
3. Office International des Épizooties. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals. Paris: OIE; 2012.
4. Alexander DJ. Newcastle disease and other paramyxovirus infections. In: Calnek BW, Barnes HJ, Beard CW, Reid WM, Yoder HW, dir. *Diseases of poultry*. 9th ed. Ames: Iowa State University Press; 1991. p. 496-519.
5. Maminiana OF, Koko M, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Epidémiologie de la maladie de Newcastle en aviculture villageoise à Madagascar. *Rev Sci Tech Off Int Epiz*. 2007;26 (3):691-700.
6. Koko M, Maminiana OF, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Aviculture villageoise à Madagascar : enquête épidémiologique. Improving farmyard poultry production in Africa: interventions and their economic assessment. Vienne: AIEA-TECDOC; 2006. p. 157-63.
7. Maminiana OF, Gil P, Briand FX, Albina E, Keita D, Andriamanivo HR, et al. Newcastle disease virus in Madagascar: identification of an original genotype possibly deriving from a died out ancestor of genotype IV. *PLoS One*. 2010;5(11).
8. Food and Agriculture Organization. Division de la statistique. FAOSTAT; 2013.

9. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. Recensement de l'Agriculture (RA), campagne agricole 2004-2005, Tome IV. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche; 2007. p. 110-3. Disponible à <https://www.instepp.umn.edu/products/madagascar-20042005-vol-4>. (accès le 02 avril 2015).
10. Rakotonanahary V. Contribution à l'épidémio-surveillance de la grippe aviaire à Madagascar : sensibilisation et information [Thèse]. Médecine Vétérinaire: Dakar; 2002. 102 p.
11. Koko M, Maminiaina OF, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Impact de la vaccination anti-maladie de Newcastle et du déparasitage des poussins sous mère sur la productivité de l'aviculture villageoise à Madagascar. Improving farmyard poultry production in Africa: interventions and their economic assessment. Vienne: AIEA-TECDOC; 2006. p. 125-36.
12. Porphyre V. Enquête séro-épidémiologique sur les principales maladies infectieuses des volailles à Madagascar [Mémoire]. EMVT, Productions animales en régions chaudes: Montpellier; 2000. 85 p.
13. Koko M, Maminiaina OF, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Aviculture villageoise à Madagascar: Productivité et performance de croissance. Improving farmyard poultry production in Africa: interventions and their economic assessment. Vienne: AIEA-TECDOC; 2006. p. 137-43.
14. Rakotondrabe N. Impacts économiques de la maladie de Newcastle [Thèse]. Médecine Vétérinaire: Antananarivo; 2013. 88 p.
15. Alexander DJ. Newcastle disease and avian paramyxovirus infections. In: Calnek BW, Barnes HJ, Beard CW, Reid WM, McDougald LR, dir. Diseases of poultry. 10th ed. Ames: Iowa State University Press; 1997. p. 541-69.
16. Alexander DJ. Newcastle disease, other avian paramyxoviruses, and pneumovirus infections. In: Calnek BW, Barnes HJ, Beard CW, dir. Diseases of poultry. 11th ed. Ames: Iowa State University Press; 2003. p. 63-99.

17. Dankwa D, Nelson FS, Mzamo KB, Oddoye EOK. A survey of rural poultry management in the West Mamprusi District and the Ga Rural District of Ghana. *Ghana J Agri Sci.* 2000;33(1):71-7.
18. Maho ANGN, Mopate LY, Ganda K. La maladie de Newcastle au sud du Tchad :périodes de pic épidémique et impact de la vaccination. *Rev Sci Tech Off Int Epiz.* 2004;23(3):777-82.
19. Maminaiaina OF, Rakotondravao R. Mission préliminaire SUD : Identification et la caractérisation des virus de la maladie de Newcastle (APMV-1) circulant dans les autres bassins avicoles de Madagascar (Androy et Sofia) FOFIFA-DRZV, *Virologie Ld*; 2012.
20. Kraneveld FC. A poultry disease in the Dutch East Indies In: *Diergeneeskunde IBv*, dir. Nederlands: Indische Bladen voor Diergeneeskunde; 1926. p. 448-50.
21. Doyle TM. A hitherto unrecorded disease of fowls due to a filter passing virus. *J Comp Pathol.* 1927;40:144-69.
22. Perroncito E. Epizootia tifoide nei gallinacei. *Annal Accad Agri Torino.* 1878;21:87-126.
23. Lomniczi B, Whemann E, Herezeg J, Ballagi-Pourdany A, Kaleta EF, Werner O, et al. Newcastle disease outbreaks in recent years in Western Europe were caused by an old (VI) and novel genotype (VII). *Archives of Virology.* 1998;143:49-64.
24. Rajaonarison JJ. Production de vaccin contre la maladie de Newcastle à Madagascar. In: Rweyemamu MM, Vilmos P, Tln W, Buck G, Daouda S, dir. *Newcastle Disease Vaccines for Rural Africa*; 22 au 26 avril 1991; Debre Zeit, Addis Abeba: PANVAC, Debre Zeit, FAO; 1991. p. 135-7.
25. Maminaiaina OF. Caractérisation des virus de la maladie de Newcastle (APMV-1), circulant sur les hautes terres de Madagascar [Thèse]. Sciences, Biochimie Fondamentale et Appliquée: Antananarivo; 2011. 207 p.

26. Alders R, Spradbrow P. Newcastle disease in village chickens. In: SADC, éditeur. Planning workshop on Newcastle disease control in village chickens; 6 au 9 mars 2000; Maputo Mozambique. Maputo-Mozambique: SADC; 2000. p. 45.
27. Barbazange C, Jestin V. Molecular study of the quasispecies evolution of a typical pigeon paramyxovirus type 1 after serial passages in pigeons by contact. *Avian Pathol.* 2005;34:111-22.
28. Barbazange C, Jestin V. Quasispecies Nature of an Unusual Avian Paramyxovirus Type-1 Isolated from Pigeons. *Virus Gen.* 2005;30:363-70.
29. Czeglédi A, Eacute Di A, Herczeg J, Hadjiev G, Doumanova L, Wehmann E, et al. The occurrence of five major Newcastle disease virus genotypes (II, IV, V, VI and VIIb) in Bulgaria between 1959 and 1996. *Epidemiology and Infection.* 2002;129:679-88.
30. Herczeg J, Wehmann E, Bragg RR, Travassos Dias PM, Hadjiev G, Werner O, et al. Two novel genetic groups (VIIb and VIII) responsible for recent Newcastle disease outbreaks in Southern Africa, one (VIIb) of which reached Southern Europe. *Archives of Virology.* 1999;144:2087-99.
31. Krapez U, Steyer AF, Slavec B, Barlic-Maganja D, Dovc A, Racnik J, et al. Molecular characterization of avian paramyxovirus type 1 (Newcastle disease) viruses isolated from pigeons between 2000 and 2008 in Slovenia. *Avian Diseases.* 2010;54:1075-80.
32. Kuiken T. Newcastle disease and other causes of mortality in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) [Thèse]. Sciences: Saskatchewan; 1998. 174 p.
33. Kuiken T, Leighton F, Wobeser G, Danesik K, Riva J, Heckert R. An epidemic of Newcastle disease in double-crested cormorants from Saskatchewan. *Journal of Wildlife Diseases.* 1998;34:457-71.
34. Kuiken T, Wobeser G, Leighton F, Haines D, Chelack B, Bogdan J, et al. Pathology of Newcastle disease in double-crested cormorants from Saskatchewan, with comparison of diagnostic methods. *Journal of Wildlife Diseases.* 1999;35:8-23.

35. Kim LM, King DJ, Guzman H, Tesh RB, da Rosa APAT, Bueno RJr, et al. Biological and Phylogenetic Characterization of Pigeon Paramyxovirus Serotype 1 Circulating in Wild North American Pigeons and Doves. *Journal of Clinical Microbiology*. 2008;46:3303-10.
36. Oliveira BO, Belluci MSP, Portz C, Oliveira JRJG, Doretto JL, Orsi MA, et al. Biological characterization of M33 field isolate of Newcastle Disease virus. *Virus Rev Res*. 2000;05(2):56.
37. Ujvari D. Complete nucleotide sequence of IT-227/82, an avian paramyxovirus type-1 strain of pigeons (*Columba livia*). *Virus Genes*. 2006;32:49-57.
38. Terregino C, Cattoli G, Grossele B, Bertoli E, Tisato E, Capua I. Characterization of Newcastle disease virus isolates obtained from Eurasian collared doves (*Streptopelia decaocto*) in Italy. *Avian Pathology*. 2003;32:63-8.
39. Kim L, King D, Curry P, Suarez D, Swayne D, Stallknecht D, et al. Phylogenetic diversity among low-virulence Newcastle disease viruses from waterfowl and shorebirds and comparison of genotype distributions to those of poultry-origin isolates. *Journal of Virology*. 2007;81:12641-53.
40. Abolnik C, Horner RF, Bisschop SP, Parker ME, Romito M. A phylogenetic study of South African Newcastle disease virus strains isolated between 1990 and 2002 suggests epidemiological origins in the Far East. *Journal of Virology*. 2004;149:603-19.
41. Mamis D. Enquête sérologique concernant les principales maladies infectieuses des volailles (maladie de Newcastle, maladie de Gumboro, bronchite infectieuse, mycoplasmoses, salmonellose) dans la région de Dakar au Sénégal [Mémoire]. *Médecine Vétérinaire*: Montpellier; 1995. 85 p.
42. Andriamanalina HH. Influence de la vaccination sur la maladie de Newcastle et la pasteurellose aviaire dans la commune d'Andina [Mémoire]. *Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Élevage*: Antananarivo. 94 p.

43. Lamb RA, Collins PL, Kolakofsky D, Melero Y, Nagai Y, Oldstore MBA, et al. Family Paramyxoviridae: Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. *Virus Taxon*. 2000;549-61.
44. Afonso CL, Amarasinghe GK, Banyai K, Bao y, Basler CF, Bavari S, et al. Taxonomy of the order Mononegavirales: update 2016. *Arch. Virol*. 2016.
45. Yusoff K, Tan. Newcastle disease virus: macromolecules and opportunities. *Avian Pathology*. 2001;30:439-55.
46. Chambers P, Millar NS, Platt SG, Emmerson PT. Nucleotide sequence of the gene encoding the matrix protein of Newcastle disease virus. *Nucl Acids Res*. 1986;14:9051-61.
47. Krishnamurthy S, Samal S. Nucleotide sequences of the trailer, nucleocapsid protein gene and intergenic regions of Newcastle disease virus strain Beaudette C and completion of the entire genome sequence. *J Gen Virol* 1998;79:2419-24.
48. Oberdorfer AR, Werner O, Veits J, Mebatsion T, Mettenleiter TC. Contribution of the length of the HN protein and the sequence of the F protein cleavage site to Newcastle disease virus pathogenicity. *J Gen Virol*. 2003;84:3121-9.
49. Tashiro M, Yokogoshi Y, Tobita K, Seto JT, Rott R, Kido H. Trypsinase Clara, an activating protease for sendai virus in rat lungs, is involved in pneumopathogenicity. *Journal of Virology*. 1992;66(12):7211-6.
50. de Leeuw OS, Koch G, Hartog L, Ravenshorst N, Peeters BPH. Virulence of Newcastle disease virus is determined by the cleavage site of the fusion protein and by both the stem region and globular head of the haemagglutinin-neuraminidase protein. *J Gen Virol*. 2005;86:1759-69.
51. Peeters BP, de Leeuw OS, Koch G, Gielkens AL. Rescue of Newcastle disease virus from cloned cDNA: evidence that cleavability of the fusion protein is a major determinant for virulence. *Journal of Virology*. 1999;73:5001-9.

52. Oberdorfer AR, Veits J, Werner O, Mettenleiter TC. Enhancement of Pathogenicity of Newcastle Disease Virus by Alteration of Specific Amino Acid Residues in the Surface Glycoproteins F and HN. *Avian Diseases*. 2006;50:259-63.
53. Wakamatsu N, King DJ, Kapczynski DR, Sea BS, Brown CC. Experimental pathogenesis for chickens, turkeys, and pigeons of exotic Newcastle disease virus from an outbreak in California during 2002–2003. *Veterinary Pathology*. 2006;925–33.
54. Kattenbelt JA, Stevens MP, Gould AR. Sequence variation in the Newcastle disease virus genome. *Virus Research*. 2006;116:168-84.
55. Panda A, Elankumaran S, Krishnamurthy S, Huang Z, Samal SK. Loss of N-Linked Glycosylation from the Hemagglutinin- Neuraminidase Protein Alters Virulence of Newcastle Disease Virus. *J Virol*. 2004;78(10):4965-75.
56. Kawano M, Bando H, Yuasa T, Kondo K, Tsurudome M, Komada H, et al. Sequence determination of the hemagglutinin-neuraminidase (HN) gene of human parainfluenza type 2 virus and the construction of a phylogenetic tree for HN proteins of all the paramyxoviruses that are infectious to humans. *Virology*. 1990;174(1):308-13.
57. The Center for Food Security & Public Health, the Institute for International Cooperation in Animal Biologics. Newcastle Disease: Avian Paramyxovirus-1 Infection Goose Paramyxovirus. Ames: College of Veterinary Medicine and Iowa State University; 2016. p. 7. Disponible à https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/newcastle_disease.pdf. (accès le 18 janvier 2016).
58. Lancaster JE. Newcastle disease - a review. *Monogr Can Dep Agri*. 1966;3:1926-64.

59. Ding Z, Cong YL, Chang S, Wang GM, Wang Z, Zhang QP, et al. Genetic analysis of avian paramyxovirus-1 (Newcastle disease virus) isolates obtained from swine populations in China related to commonly utilized commercial vaccine strains. *Virus Genes*. 2010;41(3):369-76.
60. Liu H, Wang Z, Son C, Wang Y, Yu B, Zheng D, et al. Characterization of pigeon-origin Newcastle disease virus isolated in China. *Avian Diseases*. 2006;50(4):636-40.
61. Wobeser G, Leighton FA, Norman R, Myers DJ. Newcastle disease in wild water birds in western Canada. *Canad Vet J*. 1993;34:353-9.
62. Grund CH, Werner O, Gelderblom HR, Grimm F, Kusters J. Avian paramyxovirus serotype 1 isolates from the spinal cord of parrots display a very low virulence. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*. 2002;49(9):445-51.
63. Panigrahy B, Senne DA, Pearson JE, Mixson MA, Cassidy DR. Occurrence of velogenic viscerotropic Newcastle disease in pet and exotic birds in 1991. *Avian Diseases*. 1993:254-8.
64. Rauw F, Gardin Y, Van den Berg T, Lambrecht L. La vaccination contre la maladie de Newcastle chez le poulet (*Gallus gallus*). *Biotechnol Agron Soc Environ*. 2009;13(4):587-96.
65. Rauw F, Gardin Y, Palya V, van Borm S, Gonze M, Lemaire S, et al. Humoral, cell-mediated and mucosal immunity induced by oculo-nasal vaccination of oneday-old SPF and conventional layer chicks with two different live Newcastle Disease vaccines. *Vaccine* 2009;27:3631-42.
66. Timms L, Alexander DJ. Cell-mediated immune-response of chickens to Newcastle-Disease vaccines. *Avian Pathology*. 2003;6(1):51-9.
67. Reynolds DL, Maraqa AD. Protective immunity against Newcastle disease: the role of cell-mediated immunity. *Avian Diseases*. 2000;44(1):145-54.

68. Reynolds DL, Maraqa AD. Protective immunity against Newcastle disease: the role of antibodies specific to Newcastle disease virus polypeptides. *Avian Diseases*. 2000;44(1):138-44.
69. Guittet M, Le Coq H, Picault JP. Risk for the transmission of Newcastle disease by contaminated poultry products. *Rev Sci Tech*. 1997;16(1):79-82.
70. Lancaster JE. The control of Newcastle disease. *World's Poult Sci J*. 1981;37:84-96.
71. Czeglédi A, Ujvári D, Somogyi E, Wehmann E, Werner O, Lomniczi B. Third genome size category of avian paramyxovirus serotype 1 (Newcastle disease virus) and evolutionary implications. *Virus Research*. 2006;120:36-48.
72. Alexander DJ, Russell PH, Parsons G, Elzein EMEA, Ballouh A, Cernik K, et al. Antigenic and biological characterisation of avian paramyxovirus type I isolates from pigeons - an international collaborative study. *Avian Pathology*. 1985;14(3):365 - 76.
73. Silim A, Rekik MR. Manuel de pathologie aviaire. *Avian Diseases*. 1992:87-96.
74. Capua I, Alexander D. Human health implications of avian influenza viruses and paramyxoviruses. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2004;23:1-6.
75. Beard CW, Hanson RP. Newcastle disease. In: Hofstad MS, Barnes HJ, Calnek BW, WM R, Yoder HW, dir. *Diseases of Poultry*, Eighth Edition. Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press; 1981. p. 452-70.
76. Angele R, Otrud W, Jutta V, Teshome N, Thomas C. Contribution of length of the HN protein and the sequence of the F protein cleavage site to Newcastle Disease Virus pathogenicity. *Journal of general virology*. 2005;84:3121-9.
77. Ribot JJ. Reconnaître la pseudo-peste aviaire et le choléra aviaire à Madagascar. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux: Région de recherche de Madagascar. 1967:1-6.

78. Villate D. Les paramyxoviroses. In: Agricole F, dir. Manuel pratique, Maladie des volailles, 2nd édition. Paris: France Agricole; 2001. p. 148-61.
79. Randriamanantena ED. Etude d'efficacité des vaccins contre le virus de la maladie de Newcastle à Madagascar [Thèse]. Médecine Vétérinaire: Antananarivo; 2012. 61 p.
80. United States Department of Agriculture & Center for Veterinary Biologics. Testing Protocol : Detection of Hemagglutinating Viruses. Ames: USDA/CVB; 2014. Disponible à https://www.aphis.usda.gov/animal_health/vet_biologics/.../VIRSOP2007.pdf. (accès le 02 avril 2015).
81. Magniez F. La technique ELISA. Biotechnology Techniques. 2008:7.
82. Spradbrow PB, Alders R. Epidemiology of Newcastle disease and the economics of its control. In: Dolberg F, Petersen PH, dir. Workshop on Poultry as a tool in poverty eradication and promotion of gender equality Danemark: Tune; 2000. p. 165-73.
83. Council for Agricultural Science and Technology. Vaccine Development Using Recombinant DNA Technology. Ames: CAST; 2008. Disponible à <https://www.cast-science.org/download.cfm?PublicationID=2937&File>. (accès le 02 avril 2015).
84. Goldhaft TM. Historical note on the origin of the La Sota strain of Newcastle disease virus. Avian Diseases. 1980:297-301.
85. Hitchner SB, Johnson EP. A virus of low virulence for immunizing fowls against Newcastle disease (avian pneumoencephalitis). Vet Med. 1948:525-30.
86. Iyer GS, Hashmi ZA. Studies on Newcastle (Ranikhet) disease virus. Strain differences in amenability to attenuations. Indian J Vet Sci. 1945:155-7.

87. Homhuan A, Prakongpan S, Poomvises P, Maas RA, Crommelin DJA, Kersten GFA, et al. Virosome and ISCOM vaccines against Newcastle disease: preparation, characterization and immunogenicity. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2004;22(5):459-68.
88. Allan WH, Gough RE. A standard haemagglutination inhibition test for Newcastle disease. A comparison of macro and micro methods. *Vet Rec*. 1974;95:120-3.
89. Riise JC, Permin A, Vesterlund CMcA, Frederiksen L. Elevage de la volaille villageoise. Copenhagen: Network for Smallholder Poultry Development; 2004.
90. Rasamoelina AH, Lancelot R, Maminiana OF, Rakotondrafara TF, Jourdan M, Renard JF, et al. Risk factors for avian influenza and Newcastle disease in smallholder farming systems, Madagascar highlands. *Preventive Veterinary Medicine*. 2012;104(1–2):114-24.
91. Glision GR, Kleven SH. Poultry vaccines. In: Peters AR, dir. *Vaccines for Veterinary Application*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd; 1993. p. 165-73.
92. Escofier B, Pagès J. *Analyses factorielles simples et multiples: objectifs, méthodes et interprétation*. Paris: Dunod; 2008.
93. Bebay CE. Biosécurité dans les élevages avicoles à petite échelle. In: FAO, dir. *Analyse et conditions d'amélioration au Cameroun et au Togo*. Cameroun: ONU; 2006. p. 39.
94. Bell JG, Abdou I. Dynamics of village poultry production in the Keita region of Niger. *Nig J Anim Prod*. 1995;22:141-4.
95. Rasamoelina AH. *Etude épidémiologique de l'influenza aviaire et de la maladie de Newcastle à Madagascar [Thèse]*. Médecine Vétérinaire: Montpellier; 2007. 160 p.
96. Razandrinapela M. *Déterminants socio-économiques de la pratique de la vaccination contre la maladie de Newcastle dans la région du Lac Alaotra [Thèse]*. Médecine Vétérinaire: Antananarivo; 2015. 48 p.

97. Alders R, Spradbrow P. Controlling Newcastle disease in village chickens: a field manual. In: ACIAR, dir. Appendix 2: Collection of blood from the wing vein of chickens. 82. Canberra: Monograph, ACIAR 2001. p. 78-80.
98. Razafindrafara MS. Virus de la maladie de Newcastle (APMV-1) circulant dans le district de Fandriana [Mémoire]. Sciences, Biochimie appliquée aux sciences médicales: Antananarivo; 2015. 49 p.
99. Li WL, Bian RL, Feng TL, Ge CF, Wen GB. Identification of Newcastle disease-like virus in geese. *Anim Husb & Vet Med*. 1999;31:1-3.
100. Koko M, Maminaiina OF, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Aviculture villageoise : productivité et situation épidémiologique. In: AIEA-TECDOC, dir. Characteristics and parameters of family poultry production in Africa. Vienne: AIEA-TECDOC; 2002. p. 47-63.
101. Chaka H, Goutard F, Roger F, Bisschop SPR, Thompson PN. Household-level risk factors for Newcastle disease seropositivity and incidence of Newcastle disease virus exposure in backyard chicken flocks in Eastern Shewa zone, Ethiopia. *Preventive Veterinary Medicine*. 2013;109(3-4):312-20.
102. Kouakou AV, Kouakou V, Kouakou C, Godji P, Kouassi AL, Krou HA, et al. Prevalence of Newcastle disease virus and infectious bronchitis virus in avian influenza negative birds from live bird markets and backyard and commercial farms in Ivory-Coast. *Research in Veterinary Science*. 2015;102:83-8.
103. Ashwini W, Lauren A, Egbert M. Prevalence of Antibodies to Different Avian Paramyxoviruses in Commercial Poultry in the United States. *AVIAN DISEASES*. 2008;52:694-7.
104. East I, Kite V, Daniels P, Garner G. A cross-sectional survey of Australian chicken farms to identify risk factors associated with seropositivity to Newcastle-disease virus. *Preventive Veterinary Medicine*. 2006;77(3-4):199-214.

105. Henning J, Morton J, Hla T, Meers J. Mortality rates adjusted for unobserved deaths and associations with Newcastle disease virus serology among unvaccinated village chickens in Myanmar. *Preventive Veterinary Medicine*. 2008;85(3–4):241-52.
106. Marks FS, Rodenbusch CR, Okino CH, Hein HE, Costa EF, Machado G, et al. Targeted survey of Newcastle disease virus in backyard poultry flocks located in wintering site for migratory birds from Southern Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*. 2014;116(1–2):197-202.
107. Serrão E, Meers J, Pym R, Copland R, Eagles D, Henning J. Prevalence and incidence of Newcastle disease and prevalence of Avian Influenza infection of scavenging village chickens in Timor-Lesté. *Preventive Veterinary Medicine*. 2012;104(3–4):301-8.
108. Rasamoelina-Andriamanivo H, Duboz R, Lancelot R, Maminiaina OF, Jourdan M, Rakotondramaro TMC, et al. Description and analysis of the poultry trading network in the Lake Alaotra region, Madagascar: Implications for the surveillance and control of Newcastle disease. *Acta Tropica*. 2014;135:10-8.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête

FICHE D'ENQUÊTE

Élevage N°...

Date : .../.../2015	
Commune :	Fokontany :
Nom de l'éleveur :	
Id_élevage : GPS :NE	

Renseignement général sur l'exploitation :

Type d'élevage : /__/_/poulet d'élevage ou /__/_/ poulet d'exploitation		
Catégorie de l'élevage : /__/_/mixte ou /__/_/unique		
Taille_cheptel : /__/_/poulets /__/_/canards /__/_/oies /__/_/dindons /__/_/ pigeons		
Catégorie d'âge	Nombre	Âge
Poussins		
Poulets		
Poules		
Coq		

Origine des animaux de repeuplement

	Achat de nouveaux poulets	
	Issus des parents	
	Dons	

Structure et environnement du poulailler

Mur	Sol	Toiture	Clôture	Position par rapport au domicile de l'aviculteur
Observation :				

Pour les élevages mixtes

/ __/Mêmes locaux	/ __/Locaux séparés
	Type de cloison :

Hygiène et biosécurité

	Vaccination OUI		Vaccination NON
--	-----------------	--	-----------------

Vaccin utilisé	Fréquence de vaccination	
Anti-Newcastle	/ __/régulière	/ __/irrégulière

	Animal en divagation (+)		Animal en divagation (-)
	Poulets en contact avec autres élevages		Poulets non en contact avec d'autres élevages
	Les poulets dorment avec le propriétaire la nuit		Les poulets ne dorment pas avec leurs propriétaires la nuit
	Nettoyage poulailler OUI		Nettoyage poulailler NON
	Désinfection locaux OUI		Désinfection locaux NON

Nettoyage

- Fréquence:.....
- Mode de nettoyage :
- Matériels de nettoyage :
- Cause de nettoyage :

Désinfection

- Fréquence :
- Produit :
- Type du produit :
- Cause de nettoyage :

Signes cliniques pouvant être en rapport avec la maladie de Newcastle :

Signes généraux

	Fièvre		Gonflement de la tête/cou
	Abattement		Diarrhée verdâtre
	Inappétence		Plume ébouriffée ou tombante

Signes respiratoires

	Écoulement nasal séreux		Sifflement
	Éternuement		Dyspnée

Signes nerveux :

	Tremblement		Ailes tombantes
	Torticolis		Écartement des pattes
	Convulsions		

Autres signes

	Chute de ponte		Déformation d'œufs
--	----------------	--	--------------------

Lésions constatées par l'aviculteur lors de l'autopsie

	Pétéchies hémorragiques au niveau du cœur
	Pétéchies hémorragiques au niveau du proventricule
	Pétéchies hémorragiques au niveau de l'intestin

Période d'éclatement de la maladie

Mois de-.....

Maladie(s) soupçonnée(s) par l'aviculteur

Nom(s) maladie(s) :

Les mortalités liées à la maladie soupçonnée

	malades	morts	guéris
Canards			
Oies			
Dindes			

Conduite des aviculteurs vis-à-vis des poulets en cas de maladies :

10.a. Quand il y a des malades, est-ce que vous :

	Isoler		Vendre
	Traiter		Cuire pour manger
	Abattre		

10.b. Quand il y a des morts de maladies, est-ce que vous :

	Enterrer		Cuire pour manger
	Brûler		Jeter

Conduite des aviculteurs vis-à-vis des élevages en cas de maladies :

	Désinfecter les locaux		Brûler les matériels souillés
--	------------------------	--	-------------------------------

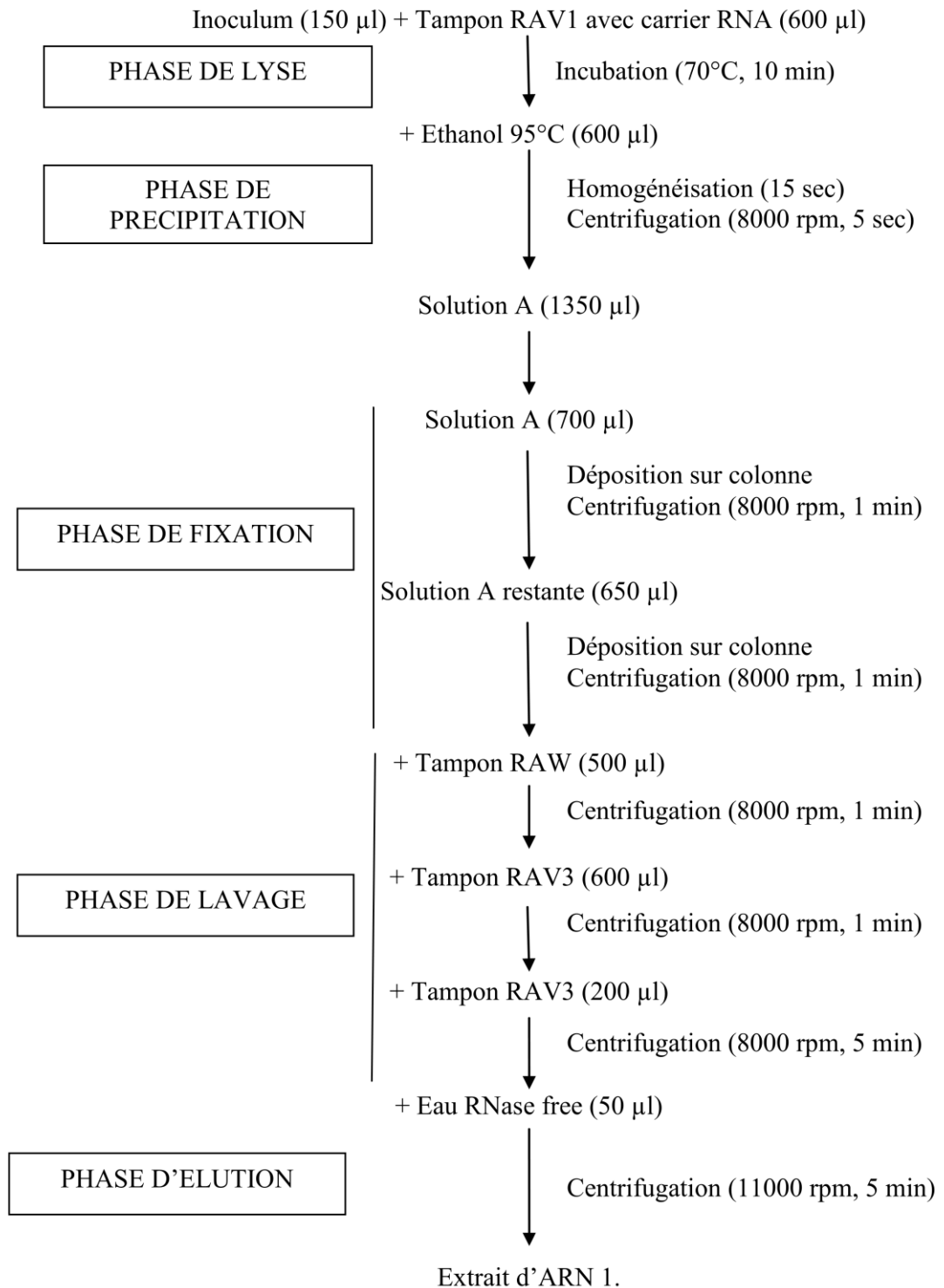
FICHE DE PRÉLÈVEMENT

ANIMAL-1		ANIMAL-2	
Identité_tube	001	Identité_tube	002
Age		Âge	
Sexe		Sexe	
Poids		Poids	
État vaccinal		État vaccinal	
État de santé		État de santé	

NB : Étiquetage du tube : numéro tube/commune/date.

Exemple : 001/vohitsara/08.04.15

Annexe 2 : Extraction d'acide nucléique viral



Extraction d'acide nucléique viral à l'aide du kit NucleoSpin® RNA Virus (MACHEREY-NAGEL™).

Annexe 3 : Tableaux des variables d'études

Tableau XVII : Variables liées aux informations générales de l'élevage.

Variables	Modalités	Types de variables	Description
But d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vente ▪ Consommation 	Variable qualitative binaire	Destination des poulets d'élevage
Taille du cheptel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faible ▪ Moyen ▪ Grande 	Variable qualitative nominale	Nombre de poulets par élevage
Mixité d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unique ▪ Mixte 	Variable qualitative binaire	Existence d'élevage de poulets et d'autres volailles
Séparation des espèces	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Séparation des poulaillers de poulets de ceux des autres espèces de volailles dans un même élevage
Repeuplement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Introduction de nouveaux animaux ▪ A partir des parents 	Variable qualitative binaire	Mode de renouvellement du cheptel
Poulailler	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poulailler traditionnel ▪ Bâtiment en demi dur ▪ Sans poulailler 	Variable qualitative nominale	Différent poulailler selon leur structure.

Tableau XVIII : Variables liées à l'entretien du poulailler.

Variables	Modalités	Types de variables	Description
Fréquence de nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Régulière ▪ Irrégulière ▪ Annuelle 	Variables qualitative nominale	Fréquence de nettoyage d'un poulailler
Mode de nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balayage et lavage ▪ Balayage ▪ Aucun 	Variables qualitative nominale	Différents modes dont le nettoyage de poulailler est réalisé

Tableau XIX : Variables liées à la biosécurité de l'élevage.

Variables	Modalités	Types de variables	Description
Présence de clôture	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Présence de clôture dans l'élevage.
Désinfection	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Pratique de désinfection dans l'élevage.
Vide sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Pratique de vide sanitaire
Vaccination	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Régulière ▪ Irrégulière ▪ Jamais 	Variable qualitative nominale	Pratique de vaccination dans l'élevage.

Tableau XX : Variables liées à la conduite de l'élevage en cas de maladie.

Variables	Modalités	Types de variables	Description
Isolement des malades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Séparation des malades des animaux sains.
Traitement des malades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Traitement des malades en cas de survenue de maladie dans l'élevage.
Abattage sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Abattage et enterrement des poulets malades.
Consommation des malades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Consommation des animaux même malades.
Vente des malades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Vente des animaux malades.

Tableau XXI : Variables liées à la conduite d'élevage en cas de mortalités dues à une maladie.

Variables	Modalités	Types de variables	Description
Enterrement des morts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Enfouissement des poulets morts d'une maladie.
Jet des morts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Jet des poulets morts d'une maladie.
Consommation des morts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Consommation des poulets même morts.
Vente des morts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oui ▪ Non 	Variable qualitative binaire	Vente des animaux morts.
Traitement des abats	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enterrer ▪ Jeter 	Variable qualitative binaire	Les différentes mesures de traiter les abats d'un poulet mort d'une maladie
Traitement des matériels	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brûler ▪ Réutiliser après lavage ▪ Réutiliser sans lavage 	Variable qualitative nominale	Les différentes mesures de traitement des matériels d'élevage (« garaba », litière).

Tableau XXII : Variables liées à la prévalence de la maladie de Newcastle.

Variables	Modalités	Types de variables	Description
Séropositivité de l'animal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positif ▪ Négatif 	Variable qualitative binaire	Séropositivité de l'animal vis-à-vis d'APMV-1
Séropositivité de l'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positif ▪ négatif 	Variable qualitative binaire	Séropositivité de l'élevage vis-à-vis d'APMV-1
Positivité virologique de l'animal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positif ▪ Négatif 	Variable qualitative binaire	Positivité virologique de l'animal/APMV-1
Positivité virologique de l'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positif ▪ négatif 	Variable qualitative binaire	Positivité virologique de l'élevage/APMV-1

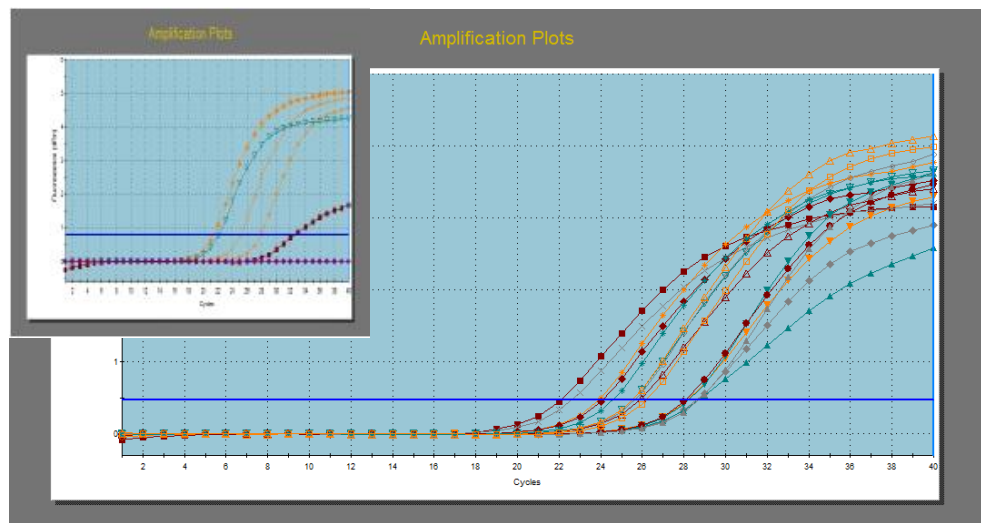
Annexe 4 : Courbes de quantification et de fusion des amplicons d'extrait d'ARN

Le tableau représente les valeurs de Ct et de Tm des amplicons d'extrait d'ARN obtenus après criblage par RT-PCR en temps réel.

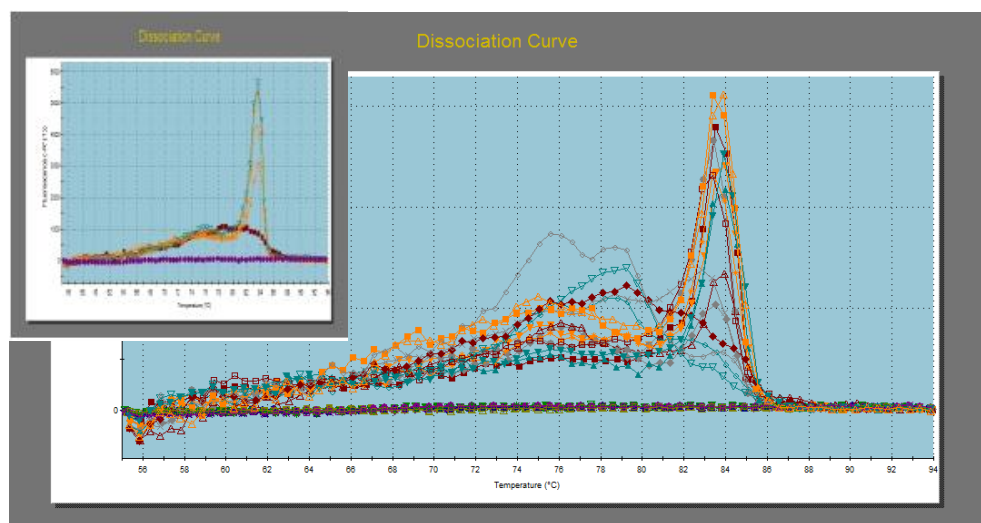
Tableau XXIII : Les valeurs de Ct et de Tm des amplicons d'extrait d'ARN

Échantillons	Valeurs Ct	Valeurs Tm	Test PCR
Echantillon 1	22.12	83,5	+
Echantillon 2	28.67	83,5	+
Echantillon 3	28,22	78,8	-
Echantillon 4	25.92	84	+
Echantillon 5	28.74	83,95	+
Echantillon 6	23.92	83,45	+
Echantillon 7	22.65	84	+
Echantillon 8	25.56	83,4	+
Echantillon 9	24.11	83,4	+
Echantillon 10	25.68	82,85	+
Echantillon 11	28.30	79,25	-
Echantillon 12	25.58	83,4	+
Echantillon 13	28.11	79,25	-
Echantillon 14	28.76	75,58	-
Echantillon 15	24.62	83,9	+
Echantillon 16	26.24	83,9	+
Echantillon 17	28,66	76,08	-
Echantillon 18	27,97	75,63	-
Echantillon 19	28,65	75,13	-
Echantillon 20	31	68,75	-
Echantillon 21	28,39	78,38	-
Echantillon 22	28,87	73,32	-
Echantillon 23	29,05	74,22	-
Echantillon 24	28,63	74,67	-

Les deux figures montrent respectivement les courbes de quantification et de fusion des 16 amplicons d'extrait d'ARN avec les témoins positifs et négatifs.



Courbe de quantification des amplicons montrant l'évolution de la quantité d'amplicons d'extrait d'ARN 1 en fonction du nombre de cycles PCR. En haut et à gauche : témoins positifs et témoins négatifs



Courbes de fusion d'amplicons d'extrait d'ARN 1 obtenue par RT-PCR en temps réel en utilisant le SYBR Green. En haut et à gauche : témoins positifs et témoins négatifs.

VELIRANO

Eto anatrehan'i Zanahary, eto anoloan'ireo mpikambana ao amin'ny Holafitra Nasionalin'ny Dokotera Veterinera Malagasy sy ireo mpampianatra ahy, mianiana aho fa hitandro lalandava ary hitaiza ny haja amam-boninahitry ny Dokotera Veterinera sy ny asa. Noho izany dia manome toky ary mianiana aho fa:

- Hanatanteraka ny asako eo ambany fifehezan'ny fitsipika misy ary hanaja ny rariny sy ny hitsiny ;

- Tsy hivadi-belirano amin'ny lalàn'ny voninahitra, ny fahamendrehana, ny fanajana ny rariny sy ny fitsipim-pitondran-tena eo am-panatanterahana ny asa maha Dokotera Veterinera. Hanaja ireo nampianatra ahy, ny fitsipiky ny haikanto. Hampiseho ny sitraka sy fankatelemanana amin'izy ireo ka tsy hivaona amin'ny soa nampianarin'izy ireo ahy ;

- Hanaja ny ain'ny biby, hijoro ho toa sy andry iankinan'ny fiarovana ny fahasalaman'izy ireo sy ho fanatsarana ny fiainany ary hikatsaka ny fivoaran'ny fahasalaman'ny olombelona sy ny toe-piainany ;

- Hitazona ho ahy samirery ny tsiambaratelon'ny asako ;

- Hiasa ho an'ny fiarovana ny tontolo iainana sy hiezaka ho an'ny fisian'ny fiainana mirindra ho an'ny zava-manan'aina rehetra ary hikatsaka ny fanatanterahana ny fisian'ny rehetra ilaina eo amin'ny fiaraha-monina tsy misy raoraon'ny olombelona sy ny biby ;

- Hiezaka hahafehy ireo fahalalana vaovao sy haitao momba ny fitsaboana biby ary hampita izany amin'ny hafa ao anatin'ny fitandroana ny fifanakalozana amin'ny hairaha mifandray amin'izany mba hitondra fivoarana ho azy ;

- Na oviana na oviana aho tsy hampiasa ny fahalalako sy ny toerana misy ahy hitondra ho amin'ny fahalovana sy hitarika fihetsika tsy mendrika ;

- Ho toavin'ny mpiara-belona amiko anie aho raha mahatanteraka ny velirano nataoko.

“Ho rakotry ny henatra sy ho rabirabian'ny mpiray asa amiko kosa aho raha mivadika amin'izany.”

PERMIS D'IMPRIMER

LU ET APPROUVÉ

Le Directeur de Thèse,

Signé : Professeur RAKOTO Danielle Aurore Doll

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Le Doyen de la Faculté de Médecine d'Antananarivo,

Signé : Professeur SAMISON Luc Hervé

Full name : ANDRIAMAROARISON Ando Tiana
Title of thesis : VILLAGE POULTRY FARMING FACING THE NEWCASTLE DISEASE IN COMMUNES OF VATOMANDRY.
Heading : Epidemiology and Infectious Disease
Number of pages : 65 **Number of bibliographical references** : 108
Number of figures : 21 **Number of annexes** : 04
Number of tables : 16

ABSTRACT

Introduction: Much poultry mortality found in Vatomandry's village have led to this study. The objectives are to determine the type of village poultry farming, the knowledge of poultry farmers on Newcastle disease and the circulation of Newcastle Disease Virus in the district of Vatomandry.

Methods: This is a cross-sectional study carried out in 41 farms distributed in 11 rural communes of Vatomandry from October 2014 to May 2015. Two multivariate analyzes (MCA and HCPC) were carried out for the farming typology, serological test (HA/IHA) and virological analysis (QRT-PCR) for the circulation of the virus.

Results: Ninety-three percent (92.68%) of the farms lack organizations and inputs according to general livestock management, especially for the commune of Tsarasambo. Eighty-eight percent (87.8%) of poultry farmers do not respect biosecurity measurements in the event of disease and 70.73% in the event of mortality. The commune of Vatomandry is characterized by the non-consumption and burial of the dead chickens (83.33%). Poultry farmers has suspected an enzootic, seasonal and epizootic disease known under the vernacular names *koropoko*, *barika* and *pesta*. Depression (92.68%) and convulsion (87.8%) are the most observed clinical signs. Twelve samples were positive for the virological test with a seroprevalence of 92.31%.

Conclusion: The exposure of village poultry farming to risk factors for Newcastle disease and the circulation of Newcastle Disease Virus with very high seroprevalence in Vatomandry were confirmed.

Key words : poultry farming, country, typology, Newcastle disease, Vatomandry.

Director of the thesis : Professor RAKOTO Danielle Aurore Doll

Reporter of the thesis : Doctor MAMINIAINA Olivier Fridolin

Author's address : Lot IIG 25AX Ambatomaro/andoatn@gmail.com

Nom et Prénoms : ANDRIAMAROARISON Ando Tiana

Titre de la thèse : AVICULTURE VILLAGEOISE FACE À LA MALADIE DE
NEWCASTLE DANS LES COMMUNES DE VATOMANDRY.

Rubrique : Épidémiologie et Maladies infectieuses

Nombre de pages : 65 **Nombre de références bibliographiques** : 108

Nombre de figures : 21 **Nombre d'annexes** : 04

Nombre de tableaux : 16

RÉSUMÉ

Introduction : De fortes mortalités de volailles constatées à Vatomandry ont conduit à cette étude. Les objectifs sont de déterminer les conduites en aviculture villageoise, la connaissance des aviculteurs sur la maladie de Newcastle et la circulation du virus APMV-1 dans le district de Vatomandry.

Méthodes : L'étude est une étude transversale effectuée dans 41 élevages des 11 communes de Vatomandry du mois d'octobre 2014 au mai 2015. Deux analyses multivariées ACM et CAH ont été réalisées pour la typologie d'élevage, le test sérologique HA/IHA et le test virologique QRT-PCR pour la circulation du virus.

Résultats : quatre-vingt-treize pour cent des élevages manquent d'organisations et d'intrants selon la conduite générale d'élevage notamment pour la commune de Tsarasambo. Quatre-vingt-huit pour cent des aviculteurs ne respectent pas les mesures de biosécurité en cas de maladie et 70,73% en cas de mortalité. La commune de Vatomandry est caractérisée par la non-consommation et l'enterrement des poulets morts (83,33%). Une maladie enzootique, saisonnière et épizootique connue sous les noms vernaculaires *koropoko*, *barika* et *pesta* a été suspectée par les aviculteurs. L'abattement (92,68%) et la convulsion (87,8%) sont les signes cliniques les plus observés. Douze échantillons ont été positifs au test virologique avec une séroprévalence de 92,31%.

Conclusion : L'exposition de l'aviculture villageoise aux facteurs de risque de la maladie de Newcastle et la circulation du virus APMV-1 de la maladie de Newcastle avec une très haute séroprévalence à Vatomandry ont été confirmées.

Mots clés : aviculture, village, typologie, Maladie de Newcastle, Vatomandry.

Directeur de thèse : Professeur RAKOTO Danielle Aurore Doll

Rapporteur de thèse : Docteur MAMINIAINA Olivier Fridolin

Adresse de l'auteur : Lot IIG 25AX Ambatomaro/andoatn@gmail.com