

## Méthodes chimiques et alternatives de lutte contre la variole dans les élevages de poulet : Synthèse bibliographique

E. B. F. Sédégan<sup>1</sup>, Y. Akpo<sup>1</sup>, K. C. Boko<sup>2</sup>, C. Iwaka<sup>1</sup>, E. Attakpa<sup>1</sup> et I. T. Alkoiret<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MSc. Enagnon Bienvenue Florent SEDEGAN, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Production Animales (LESPA), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), 01 BP 123 Parakou, E-mail : [sedeganbienvenue@gmail.com](mailto:sedeganbienvenue@gmail.com), Tél. : (+229)95580801/97406992, République du Bénin

Dr (MC) Yao AKPO, LESPA/FA/UP, 01 BP 123 Parakou, E-mail : [yaoakpo@gmail.com](mailto:yaoakpo@gmail.com), Tél. : (+229)95533374/97558124, République du Bénin

Pr Dr Ir Eloi ATTAKPA, LESPA/FA/UP, 01 BP 123 Parakou, E-mail : [attakpayae@yahoo.fr](mailto:attakpayae@yahoo.fr) Tél. : (+229) 97680635, République du Bénin

<sup>2</sup>Dr (MC) Cyrille Kadoéto BOKO, Unité de Recherches sur les Maladies Transmissibles (URMAT), Ecole Polytechnique, Université d'Abomey-Calavi, 01BP 2009 Cotonou, E-mail : [cyrilleboko@yahoo.fr](mailto:cyrilleboko@yahoo.fr), Tél. : (+229) 95422255/66855454, République du Bénin

Dr Ir Christophe IWAKA, LESPA/FA/UP, 01 BP 123 Parakou, E-mail [christopheiwaka@gmail.com](mailto:christopheiwaka@gmail.com) Tél. : (+229) 96863038, République du Bénin

Pr Dr Ir Ibrahim ALKOIRET TRAORE, LESPA/FA/UP, 01 BP 123, Parakou, E-mail : [alkoiretib@yahoo.fr](mailto:alkoiretib@yahoo.fr), Tél. : (+229)95847384, République du Bénin

**Auteur correspondant** : Enagnon Bienvenue Florent SEDEGAN Tél. : (+229) 95580801. email [sedeganbienvenue@gmail.com](mailto:sedeganbienvenue@gmail.com)

### Résumé

La variole aviaire est une maladie virale causée par un virus à ADN de grande taille qui appartient à la famille des Poxviridae. Elle se transmet par contact direct d'un oiseau malade vers un oiseau apparemment sain ou par un vecteur mécanique (objets contaminés ou insectes piqueurs). Très contagieuse, elle s'observe généralement sous deux formes majeures. La forme cutanée, plus fréquente et moins mortelle, à côté d'une forme diphtérique très mortelle pour les oiseaux qui peuvent souffrir d'une ou des deux formes à la fois. Une troisième forme dite septicémique, beaucoup plus rare chez les espèces domestiques est majoritairement observée chez les oiseaux canaris ou serins des Canaries (*Serinus canaria*). La présence du virus de réticuloendothéliose (REV) dans le génome du virus de la variole aviaire lui confère une virulence plus accrue. La variole aviaire affecte plus de 278 espèces d'oiseaux domestiques et sauvages, appartenant à 20 ordres sans distinction d'âges, et à des taux de prévalences divers selon les saisons avec une mortalité pouvant atteindre 100% à certaines périodes de l'année. Malgré l'existence de vaccin unique ou associé pour prévenir la variole aviaire, la maladie persiste toujours dans les élevages avec une virulence croissante. Le diagnostic de la maladie est évocateur et repose sur l'apparition de lésions de masse croûteuse sur les parties externes de la tête et internes du palais. Cependant, ces lésions relativement caractéristiques, ne suffisent pas pour confirmer la présence du virus dans l'organisme des oiseaux hôtes, d'où la nécessité de souvent poursuivre l'investigation vers un diagnostic de laboratoire. Les traitements modernes ont prouvé leurs limites au profit des traitements utilisant les plantes médicinales qui doivent être améliorés voire perfectionnés.

**Mots clés** : Variole aviaire, Transmission, Diagnostic, Traitements.

### Alternative methods for the control of fowl pox in chicken farms : Literature review

#### Abstract

Fowlpox is a viral disease caused by a large DNA virus belonging to the Poxviridae family. It is transmitted by direct contact from a sick bird to an apparently healthy bird, or by a mechanical vector (contaminated objects or biting insects). Very contagious, it is generally observed in two major forms. The cutaneous form, which is more frequent and less deadly, and a diphtheria form, which is very deadly for birds that may suffer from one or both forms at the same time. A third form called septicemic, much rarer in domestic species, is mostly observed in canary birds (*Serinus canaria*). The presence of the reticuloendotheliosis virus (REV) in the fowl pox virus genome makes it more virulent. Fowl pox affects more than 278 species of domestic and wild birds, belonging to 20 orders without distinction of age, and at various prevalence rates according to the seasons with a mortality that can reach 100% at certain periods of the year. Despite the existence of a single or combined vaccine to prevent fowl pox, the disease still persists in flocks with increasing virulence. The diagnosis of the disease is evocative and is based on the appearance of crusty lesions on the external parts of the head and internal parts of the palate. However, these lesions, relatively characteristic, are not sufficient to confirm the presence of the virus in the host birds, hence the need to often continue the investigation towards a laboratory diagnosis. Modern treatments have proven their limits in favour of treatments using medicinal plants which must be improved or even perfected.

**Key words**: Avian smallpox; Transmission; Diagnosis; Treatments

## Introduction

La variole aviaire est une maladie virale à l'origine de lésions cutanées sur les parties non emplumées et de lésions diphtériques ou prolifératives sur les parties supérieures du tube digestif et de l'appareil respiratoire (Guérin et Boissieu, 2008). La taille et le nombre de lésions dépendent du stade et de la gravité de l'infection. La pathogénicité et les présentations cliniques tendent à varier entre les oiseaux infectés par la même souche d'avipoxvirus (Hess *et al.*, 2011). Alors très répandue dans les élevages de poulets (*Gallus gallus domesticus*) et de dindes (*Meleagris gallopavo*), la variole aviaire a aussi été observée ces dernières années au Canada, aux États-Unis, en Chine (Tripathy et Reed, 2013) et dans le reste du monde (OIE, 2016).

Depuis 2011, le nombre de nouvelles infections identifiées a augmenté chez les poulets de basse-cour (Abdo *et al.*, 2017 ; Ali *et al.*, 2015 ; Susan *et al.*, 2014 ; Abdallah et Hassanin, 2013). De même, la recrudescence de la variole aviaire au Sénégal n'épargnant aucun élevage avicole (traditionnel et moderne) a été décrite par Ndiaye *et al.* (2019) qui ont signalé une forme particulièrement aiguë et persistante de la maladie, ce qui conduit à d'importantes pertes économiques. Cette forme dite oncogénique avait été signalée en Chine suite à des épisodes récurrents de variole dans les élevages avicoles (Zhao *et al.* 2014), et est caractérisée par la présence du réticulum endothélial (REV) dans les cellules du foie, de la rate et d'autres organes internes (Allison *et al.*, 2014) créant d'énormes préjudices à la santé des oiseaux.

D'une manière générale, la maladie de variole aviaire entraîne des pertes économiques importantes pour les volailles domestiques en raison de la diminution de la production d'œufs, du retard de croissance, de la cécité et de son taux élevé de mortalité (Venkatesakumar *et al.*, 2018 ; Loc'h *et al.*, 2017). Ceci affaiblit de ce fait le pouvoir d'achat de l'aviculteur et participe à une insécurité alimentaire en protéine animale vue qu'au Bénin par exemple l'aviculture fournit entre 10 et 22% de la part totale de production de viande (Fanou, 2006) avec pour défi majeur de faire face aux maladies pathologiques des volailles (Haby, 1998). Malgré l'existence de vaccin pour prévenir la maladie de variole aviaire, elle est toujours présente dans les élevages avicoles parce que les vaccins généralement utilisés par les aviculteurs sont mal administrés (Kpodekon *et al.*, 2015). De plus, l'Hexamine® qui est utilisée pour traiter la variole aviaire n'est plus disponible au Bénin. Du coup, les aviculteurs se livrent à l'usage abusive de nombreux antibiotiques et induisent des résistances antimicrobiennes dans les milieux d'élevage, et dans la chaîne alimentaire (Kpodekon *et al.*, 2015 ; Thibault, 2013). C'est alors que Lamien *et al.* (2005) et Gilhare *et al.* (2015) ont montré dans leurs études qu'il ne saurait avoir de traitement spécifique pour la variole aviaire, mais l'utilisation de plantes médicinales pourrait constituer une alternative pour lutter contre cette maladie. Ainsi, des solutions endogènes facilement utilisables par les aviculteurs pourraient être envisagées dans la lutte contre la variole aviaire dans les élevages (Kpodekon *et al.*, 2015). Le présent travail est une synthèse des études réalisées sur la maladie de variole en aviculture qui met l'accent sur les aspects liés à sa prévention ainsi qu'aux méthodes chimiques et alternatives de lutte contre cette maladie virale aviaire.

## Littérature

Les recherches documentaires ont été menées sur variole aviaire. De façon générale, les moteurs de recherche (PubMed, Google Scholar, Google et Web of Science), les systèmes de stockage de métadonnées (Research Gate, Springer Online, Scopus et Science Direct), ainsi que des documents (livres relatifs à l'aviculture, thèses de doctorat, mémoires de fin d'étude, articles de journaux, magazines éducatifs, rapports de conférence, etc.) disponibles et ciblés ont été collectés dans les Bibliothèques et Centres de documentation de certaines Facultés et Ecoles de l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin. Les bases de données scientifiques ont été interrogées sur la base des mots clés relatifs à la variole aviaire et combinés aux groupes de mots tels que volaille domestique, données épidémiologiques, lutte moderne et alternative, diagnostic, prévention, etc. Ce qui a permis de télécharger une multitude de documents scientifiques sélectionnés à partir de leurs titres, résumés et mots-clés. Un dénombrement total de tous les documents téléchargés dans le compte de cette synthèse a été fait dans Zotéro, puis le classement en fonction des titres. Après une analyse, la compilation et la sélection des documents ont été faits afin de ne retenir que ceux ayant porté sur la thématique « *Méthodes chimiques et alternatives de lutte contre la variole dans les élevages de poulet* ».

Au total, 93 publications ont été enregistrées. Après la sélection, 34 publications non valides (travaux n'ayant aucun rapport avec la thématique, sujet hors contexte et doublons de documents) ont été exclues. Cette analyse a permis de retenir après le dépouillement et la catégorisation 59 publications scientifiques dont 44 articles originaux, cinq (05) thèses de doctorat, un (01) livre, sept (07) rapports techniques et deux (02) communications scientifiques. Cette recherche documentaire a permis de

connaître l'origine, les manifestations, l'épidémiologie, la prévention, les luttes médicales et alternatives de la maladie de variole aviaire.

### **Caractéristiques et structure du virus**

Le virus de la variole aviaire est un virus enveloppé à ADN de grande taille qui appartient à la famille des Poxviridae, à la sous-famille des Chordopoxvirinae, au genre Avipoxvirus, et qui se réplique dans le cytoplasme des cellules infectées (Andrew *et al.*, 2012 ; Tripathy, 2000). Le génome est un ADN double brin avec une région centrale codante entourée de deux régions répétitives terminales inversées identiques l'une à l'autre. Les avipoxvirus possèdent une morphologie complexe, visible en microscopie électronique et font partis des plus gros virus connus. La taille du génome est d'environ 288 kbp et code 260 cadres de lecture ouverts (Manarolla *et al.*, 2010). La particule virale mature des avipoxvirus est constituée d'un core dense et biconcave adossé à deux corps latéraux logés dans les concavités (Moss *et al.*, 2013) et entouré d'une membrane constituée de divers lipides et protéines (Condit *et al.*, 2006). Cette particule virale peut s'entourer d'une seconde membrane à partir du compartiment membranaire intracellulaire, avant d'être expulsée de la cellule (Boulanger *et al.*, 2000). Le gène de la protéine P4b du virus code pour une protéine centrale de 75,2 k Da et est généralement utilisé pour une identification génétique de comparaison. En effet, l'amplification de la protéine P4b par PCR a été utilisée pour la détection des poxvirus aviaires (Manarolla *et al.*, 2010).

### **Données épidémiologiques**

La variole aviaire, maladie souvent rencontrée dans les pays chauds affecte de nombreux oiseaux domestiques et sauvages (poulet, dinde, pigeon, faisan, caille, outarde, autruche). Elle a été décrite sur au moins 278 espèces appartenant à 20 ordres sans distinction d'âges (Guérin et Boissieu, 2008 ; Van Riper *et al.*, 2007). Paradoxalement, l'âge peut être un facteur de risque et dont plusieurs études rapportent des taux de morbidité ou de mortalité plus importants chez les jeunes oiseaux (Khan *et al.*, 2009 ; Tsai *et al.*, 1997 ; Sédégan *et al.*, 2023). Les agents responsables de la maladie sont tous les virus du genre *Avipoxvirus*. La transmission peut s'effectuer par contact direct entre la peau, une plaie ou les muqueuses (oropharyngienne et trachéale) et un objet contaminé comme du matériel d'élevage ou d'insémination, les mains d'un manipulateur (Van Riper *et al.*, 2007). De façon indirecte, Guérin et Boissieu (2008) ont rapporté que la pénétration du virus dans l'organisme hôte se fait sur les lésions cutanées à la faveur du picage de moustiques ou de tiques (insectes jouant uniquement le rôle de vecteur mécanique). Par ailleurs, l'apparition de lésions diphtériques sur les muqueuses est moins démontrée mais peut être due par la poussière de plumes qui est inhalée par les oiseaux d'élevages confinés à fortes densités, provoquant une contamination de l'appareil respiratoire supérieur (Tripathy et Reed, 2013 ; Van Riper *et al.*, 2007) à des proportions non encore identifiées. Ces dernières années, la variole aviaire apparaît de plus en plus sous une forme très aigue, avec des lésions persistantes et prolifératives dues à la présence du virus de la réticuloendothéliose (REV) dans le génome du virus de la variole aviaire (Ndeye *et al.*, 2019). La variole aviaire paraît aussi fréquente que son impact économique au regard des pertes qu'elle engendre de même par les retards de croissance et les chutes de ponte induites (Tripathy et Reed, 2013). Toutefois, très peu de données existent quant aux prévalences exactes de cette maladie. Au Nigeria, la séroprévalence de la variole aviaire a été estimée à 23 % par Adebajo *et al.* (2012) pendant que le Sud-Bénin connaissait une prévalence moyenne estimée à 33,8 % (Sédégan *et al.*, 2023). Au Sénégal, Ouedraogo *et al.* (2015) ont rapporté une prévalence de 43 % à 63 %, alors que d'autres études ont rapporté des taux allant de 1% à 100% sur des sujets non vaccinés à certaines périodes de l'année (Zhao *et al.*, 2014 ; Estrella-Tec *et al.*, 2013 ; Hess *et al.*, 2011 ; Wright *et al.*, 2005) avec des mortalités plus ou moins élevées. Il a également été observé que la prévalence de la maladie croît avec la densité de population (Grard, 2015). Une étude épidémiologique récemment conduite par Guillaume Le loc'h (2015), a montré que malgré un protocole de prophylaxie stricte, la maladie est quasi permanente, avec des fluctuations saisonnières suivant à priori le cycle des insectes piqueurs. Notamment en aviculture traditionnelle, Sédégan *et al.* (2023) ont rapporté que cette maladie apparaît souvent en saison pluvieuse, sèche et toute l'année respectivement à 47 %, 30 % et 23 %. Cependant, elle est restée une maladie négligée.

### **Réplication des avipoxvirus dans les cellules vivantes**

La réplication des avipoxvirus est semblable à celles des autres poxvirus, quel que soit le type cellulaire aviaire (Kim *et al.*, 2001). Ce virus se réplique dans le cytoplasme des cellules épithéliales, et est à l'origine d'inclusions Intracytoplasmiques (Guérin et Boissieu, 2008) suivant plusieurs étapes. Lors de la première étape de réplication, l'absorption des enveloppes virales avec la membrane cytoplasmique et d'internalisation de la nucléocapside se produit une à deux heures post-infection selon qu'il s'agisse respectivement d'infection de l'épithélium cutané, et d'infection de la membrane chorioallantoïdienne.

Ainsi, commence la décapsidation qui s'accompagne de la transcription des gènes précoces grâce à des enzymes et des facteurs de transcriptions contenus dans la nucléocapside. Après cette décapsidation, la réplication de l'ADN et l'expression des gènes intermédiaires tardifs commencent, permettant ainsi la production de l'ensemble des protéines structurales et le début de l'assemblage des particules virales (Weli *et al.*, 2011). En dehors des cellules aviaires, ces avipoxvirus sont à même d'initier leur cycle de réplication en pénétrant aussi les cellules mammifères, initiant la transcription de gènes et la réplication de l'ADN viral. Cependant, ces particules virales resteront incapables de devenir matures et donc de quitter la cellule sous une forme virulente (Weli *et al.*, 2011), même si le virus reste très résistant dans le milieu extérieur, principalement dans les croûtes cutanées (Guérin et Boissieu, 2008). Par ailleurs, l'analyse phylogénétique de la protéine caractéristique des avipoxvirus (P4b) a permis de les classer en les trois clades suivants (Offerman *et al.*, 2013) : clade A (Fowl Pox Virus) ; clade B (Canary pox virus) ; clade C (Psittacine pox virus).

### **Synonymie de la variole aviaire et Taxonomie**

Le premier cas clinique de la variole aviaire rapporté dans la littérature a été décrit en 1873 par Bollinger, suite à l'observation au microscope de larges inclusions intracytoplasmiques éosinophiles contenant des particules virales typiques de la variole aviaire appelés corps de Bollinger (Bollinger, 1873 ; Bolte *et al.*, 1999). Ensuite, plusieurs noms ont été utilisés pour décrire la maladie dont la synonymie est l'Epithélioma contagieux, la Diphtérie aviaire et *Variola gallinarum* (Grard, 2016).

La taxonomie du virus de la variole aviaire (poxvirus) est aussi complexe que le Comité International sur la Taxonomie des Virus analyse toujours sa classification (Grard, 2015). Ainsi, il convient de signaler que la famille des *Poxviridae* est composée de deux sous-familles : les *Chordopoxvirinae* et les *Entomopoxvirinae* qui regroupent respectivement les poxvirus infectant les vertébrés et les insectes. Les *Chordopoxvirinae* sont subdivisés en dix genres *Orthopoxvirus*, *Yatapoxvirus*, *Leporipoxvirus*, *Capripoxvirus*, *Cervidpoxvirus*, *Suipoxvirus*, *Parapoxvirus*, *Molluscipoxvirus*, *Crocodylipoxvirus* et *Avipoxvirus*. Dans le genre *Avipoxvirus*, dix espèces sont actuellement reconnues par le Comité International sur la Taxonomie des virus à savoir : *Canarypox virus*, *Fowlpox virus*, *Juncopox virus*, *Mynahpox virus*, *Pigeonpox virus*, *Psittacinepox virus*, *Quailpox virus*, *Sparrowpox virus*, *Starlingpox virus* et *Turkeypox virus* (Haller *et al.*, 2014 ; Virus Taxonomy, 2013). Par ailleurs, d'après Guérin et Boissieu (2008) on distingue des espèces différentes d'un point de vue antigénique qui sont citées selon leur hôte à savoir : poxvirus du poulet (fowl poxvirus), du dindon (turkey poxvirus), du pigeon (pigeon poxvirus), du canari (canary poxvirus).

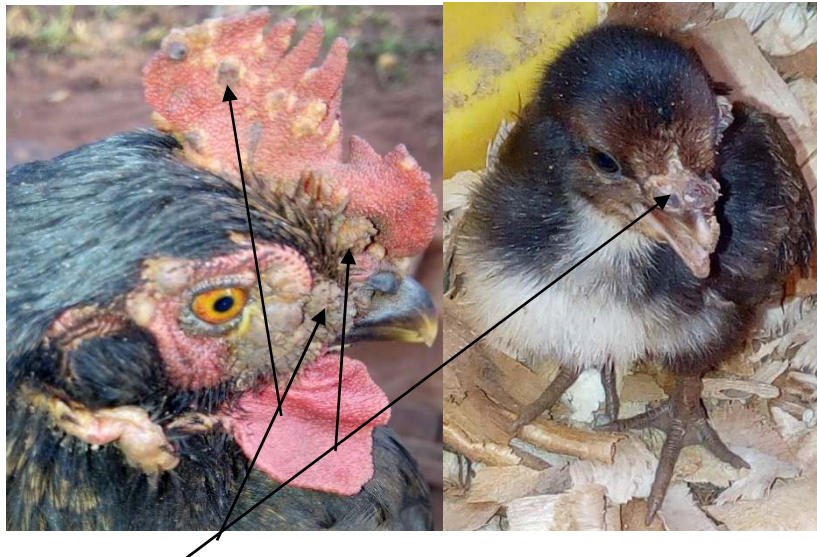
### **Diagnostic clinique et manifestations de la maladie**

Plusieurs auteurs dont Grard (2016) et Guérin et Boissieu (2008) ont rapporté lors de leurs études que la durée d'incubation du virus de la variole aviaire varie de quatre à quatorze jours pour une infection naturelle. Cette durée est confirmée pour les infections expérimentales, mais pourrait parfois être beaucoup plus longue allant jusqu'à un mois (Kirmse *et al.*, 1969) ou plus. C'est le cas de Grard (2016) qui a obtenu un temps d'incubation moyen de trente-neuf jours avec les minima et maxima respectivement de vingt et soixante-trois jours après une inoculation expérimentale sur l'Outarde Houbara.

La maladie se présente généralement sous les trois formes suivantes (Grard, 2016 ; Guérin et Boissieu, 2008) : forme cutanée ou sèche ; forme diphtérique ou humide ; forme septicémique. La forme nodulaire cutanée (forme sèche) qui présente des lésions nodulaires cutanées, notamment sur les cuisses, les paupières et les peignes est accompagnée d'une faible mortalité. La forme diphtérique (forme humide) plus grave que la forme cutanée, se caractérise par des symptômes respiratoires tels que des étouffements, des halètements, des tremblements de tête avec un taux de mortalité plus élevé chez les jeunes poulets (Masola *et al.*, 2014 ; Singh *et al.*, 2003). Par conséquent, les oiseaux touchés par la forme humide ont moins de chance de survie que ceux qui souffrent de la forme cutanée. Par ailleurs, les formes cutanées et diphtériques peuvent être observées seule ou en association. La forme septicémique, beaucoup plus rare chez les espèces domestiques, est majoritairement observée chez les canaris (Anonyme, 2014). Elle se manifeste par des dyspnées spontanées sur une grande partie du cheptel, suivie par une mortalité parfois supérieure à 70 % (Ritchie, 1995). Des lésions d'organes comme le thymus ou le foie, de même que la présence d'exsudats dans la trachée et les sinus, l'induration des poumons, et l'épaississement des sacs aériens peuvent être observées dans l'appareil respiratoire (Shivaprasad *et al.*, 2009). D'après Guérin et Boissieu (2008), les signes cliniques cutanés et diphtériques de la variole aviaire (figure 1) sont assez évocateurs et caractérisent le diagnostic clinique de la maladie. Par ailleurs, Grard (2016), explique que les raisons du développement d'une



forme de variole aviaire plutôt que d'une autre, restent inconnues à nos jours. Toutefois, il est certain que la souche virale et la sensibilité de l'hôte seraient des facteurs déterminants. Cependant, les lésions de variole aviaire, bien que relativement caractéristiques (figure 1), ne suffisent pas afin de confirmer une quelconque présence du virus dans l'organisme des sujets hôtes. D'autres maladies étant susceptibles d'induire des lésions similaires telles que les abcès, les infections par des papillomavirus, les parasitoses externes et/ou des tumeurs pour la forme cutanée (Perez-Tris *et al.*, 2011), d'où la nécessité de souvent poursuivre l'investigation vers un diagnostic de laboratoire.



Légende : Croutes de variole sur les parties cutanées de la tête

Figure 1. Lésions caractéristiques de variole aviaire chez le poulet

Source : Sédégan *et al.*, 2023 *in press*

### **Diagnostic de laboratoire ou de confirmation et Diagnostic différentiel**

Plusieurs méthodes de détection des infections à Avipoxvirus dont les suivantes entre autres ont déjà été expérimentées par plusieurs auteurs dans leurs études : l'examen histopathologique par microscopie électronique ; l'isolement du virus, les tests sérologiques ; l'identification moléculaire du virus par PCR. L'examen histologique des lésions cutanées ou diptériques utilise la microscopie électronique et révèle une hyperplasie du tissu épithéliale avec des inclusions intracytoplasmiques dans les cellules atteintes (OIE, 2018). Des corps d'inclusion intracytoplasmiques (corps de Bollinger) présents dans ces cellules peuvent être détectés sur frottis des lésions par la méthode de Gimenez (Tripathy et Hanson, 1976). A sa suite, l'isolement du virus de variole a été fait par inoculation de suspension tissulaire de lésions cutanées ou diptériques, sur les membranes chorioallantoïques (CAM) d'œufs de poule embryonnés âgés de 9 à 12 jours ou dans des cultures cellulaires (Grard, 2016 ; Gilhare *et al.*, 2015 ; Balaganesan *et al.*, 2020 ; Guérin et Boissieu, 2008 ; Lamien *et al.*, 2005). Après cinq à sept jours d'incubation des œufs à 37°C, un épaissement généralisé des CAM est observé et représentatif des lésions caractéristiques de variole. L'examen histopathologique de lésions de ces CAM va révéler la présence des corps d'inclusion intracytoplasmiques éosinophiles (Tripathy et Reed, 2013 ; Tripathy *et al.*, 1973). C'est ce qu'explique Sawale *et al.* (2012) dans son étude en disant que les corps d'inclusion intracytoplasmiques peuvent être détectés par coloration de l'échantillon de tissu à l'hématoxyline et à l'éosine pour être examinés au microscope optique ou par des techniques immunohistochimiques et des anticorps fluorescents et par la présence des particules virales au microscope électronique à coloration négative. Plusieurs auteurs ont rapporté aussi que des tests sérologiques comme le test de neutralisation du sérum peuvent être utilisés pour confirmer la présence du virus de la variole aviaire (Nesma 2016 ; Das *et al.*, 2013). Toutefois, la méthode moléculaire la plus standard reste celle de la réaction en chaîne par polymérase (PCR), utilisée pour détecter l'ADN du virus de la variole aviaire dans les échantillons de tissus infectés, qui pourrait être confirmé par une analyse de séquence (OIE, 2018). Toutefois, une étude menée par Manarolla *et al.* (2010), a révélé que le gène de la protéine P4b est généralement utilisé pour une identification génétique comparative de l'Avipox, et que l'amplification de l'AP-P4b par PCR a été utilisée pour la détection des poxvirus aviaires. Le diagnostic immunologique de la variole aviaire à travers une réponse humorale est aussi mesuré avec

divers outils développés et utilisés, dont aucun n'ayant été commercialisés jusqu'à nos jours (OIE, 2018).

Le diagnostic différentiel principal pour la forme diphtérique est la laryngotrachéite infectieuse (Anonyme, 2014). Chez certains oiseaux, on note parfois des lésions cutanées dues à une carence en biotine ou en acide panthoténique ou en vitamine A et accessoirement, la trichomonose du pigeon (Guérin et Boissieu, 2008).

### **Prévention de la maladie**

Il est bien possible de se passer de la maladie de variole aviaire dans un élevage. Ainsi, l'hygiène et la lutte contre les insectes piqueurs restent la meilleure prophylaxie sanitaire dont la mise en œuvre contribue à une meilleure prévention de cette maladie virale. Mieux, l'utilisation de désinfectant rend inactif le virus qui lui, est très résistant dans le milieu extérieur de son hôte (Guérin et Boissieu, 2008). La prophylaxie médicale de la variole aviaire passe également par la vaccination qui est pratiquée depuis plus de 70 ans à base de vaccins à virus vivants atténués sur CAM ou cellules, préparés à partir de souches de poxvirus du poulet et pigeonpox virus. Ces vaccins sont largement utilisés pour vacciner des élevages de poulets et de dindes en zone d'endémie (Grard, 2016 ; Guérin et Boissieu, 2008). L'administration du vaccin se fait généralement par transfixion de la membrane alaire avec une aiguille préalablement trempée dans le vaccin, créant ainsi une immunité active cellulaire et humorale (Guérin et Boissieu, 2008) sept à dix jours après la vaccination (Winterfield *et al.*, 1965). L'immunité ainsi conférée peut durer entre six et douze mois (Tripathy *et al.*, 2013). Malgré la disponibilité de plusieurs vaccins commercialisés, des épizooties de variole aviaire sont observées dans des élevages de poulets et de dindes vaccinés depuis quelques dizaines d'années (Grard, 2016 ; Kpodekon *et al.*, 2015). Au Bénin, cela est due au fait que le vaccin Diftosec® généralement utilisé par les aviculteurs est souvent mal appliqué (Kpodekon *et al.*, 2015) et s'en suit l'usage abusif d'anti-infectieux en auto-médication en cas de signes cliniques de variole observés. C'est au détour de ces séries d'échecs vaccinaux que le Sénégal, dans une lutte stratégique contre les maladies virales aviaires fréquentes, a mis au point un vaccin bivalent à virus vivants (Ndiaye *et al.*, 2017), constitué de la souche vaccinale I-2 de la Maladie de Newcastle (FAO, 2002), utilisée à un titre viral de 107 doses infectantes à 50% pour l'embryon (107 DIE50/dose) et d'une souche locale de variole de pigeon PGPV19, atténuée.

### **Traitement**

Une prise en charge des oiseaux atteints de variole peut être entreprise selon qu'il s'agisse de la forme cutanée ou diphtérique de la maladie. Lors de forme cutanée de variole aviaire, l'exérèse des lésions et leur cautérisation avec de la povidone iodée ou à l'azote liquide par exemple sont envisagées (Van Riper *et al.*, 2007). Par contre, il est plus difficile d'agir sur la forme diphtérique bien qu'un traitement de support peut être administré, à base d'antibiotiques locaux ou systémiques contre les éventuelles surinfections, suivi d'un apport en vitamine de groupe A afin de favoriser la cicatrisation des épithéliums (Grard, 2016). Ces différentes méthodes chimiques de prise en charge de la variole aviaire restent cependant aléatoires et méritent d'être améliorées. C'est ainsi que Lamien *et al.* (2005) et Gilhare *et al.* (2015) ont montré dans leur étude qu'il ne saurait avoir de traitement spécifique pour la variole aviaire, mais l'utilisation de plantes médicinales pourrait constituer une alternative pour lutter contre cette maladie. Au Bénin par exemple, Kpodekon *et al.* (2015) ont démontré qu'il est possible de traiter la variole aviaire à base des feuilles de *Tridax procumbens* parce que disposant d'un potentiel antimicrobien et nutritionnel (Suseela *et al.*, 2002). En effet, des poules pondeuses naturellement infectées par la variole sont guéries après être nourries avec la poudre de feuilles de *Tridax procumbens*, avec une amélioration nette des paramètres hématologiques à l'exception du nombre de leucocytes et du volume globulaire moyen (AGV) qui ont connu de légères diminutions (Kpodekon *et al.*, 2015). Dans cette même étude, les auteurs rapportent que la consommation de poudre de *Tridax procumbens* augmente la production d'œufs chez la poule pondeuse. Une enquête ethnobotanique réalisée au Sud du Bénin par Sédégan *et al.* (2023) a signalé que le traitement traditionnel contre la variole aviaire mais avec des résultats mitigés, fait recours à l'utilisation des organes des plantes médicinales tels que les feuilles de *Jatropha multifida*, de *Ocimum gratissimum*, de *moringa oleifera*, de *Vernonia amygdalina* de *Cajanus cajan* et de *Tridax procumbens*, les écorces de manguier et de *Khaya senegalensis*, les feuilles et écorces de *Azadirachta indica*, les feuilles et tiges de *Hyptis suaveolens*, puis la sève de bananier.

En Indonésie, des extraits éthanoliques de plantes médicinales ont inhibé la réplication du virus de variole aviaire. L'hypothèse de cette étude a été soutenue par Abimata (2021) qui a rapporté que l'extrait de *Garcinia mangostana* à 2 % peut inhiber la réplication du virus de la variole aviaire *in ovo*. De même, l'écorce de mangoustan ou de gingembre rouge (plantes médicinales) a aussi été démontrée efficace

dans la lutte contre la variole aviaire par Nur'aini *et al.* (2021). Ainsi, les extraits éthanoliques de mangoustan et de gingembre rouge testés à différentes concentrations non toxiques ont présenté une forte activité antivirale contre les isolats locaux de l'avipoxvirus sur les CAM des œufs embryonnés de poules âgées de 10 jours. Par ailleurs, les extraits n'étaient pas toxiques pour les œufs embryonnés et n'ont pas induit de lésions sur les CAM après l'inoculation. L'illustration de l'activité antivirale de ces plantes a été établie selon que le *Garcinia mangostana* contient des xanthones (mangostine) qui sont des inhibiteurs non compétitifs de la protection du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) en inhibant le cycle de réplication du virus (Chen *et al.*, 1996). D'autre part, le Gingembre rouge (*Zingiber officinale*) contient du gingérol, qui inhibe également la réplication du VIH à différents stades du cycle de vie viral dans les lymphocytes T<sub>4</sub> humains infectés (Lee, 2008). C'est alors que ces composés chimiques ont prouvé leur efficacité dans l'inhibition du virus de la variole aviaire. Ces différentes mesures de lutte alternative contre la variole aviaire méritent d'être élargies et approfondies pour de meilleures prises en charge de la maladie.

## Problème

La variole aviaire est régulièrement citée parmi les maladies virales aviaires, les plus fréquentes en aviculture traditionnelle (Beaumont *et al.*, 2010 ; Yahav, 2009). Cependant, dans le contrôle des maladies aviaires, seulement 6,6 % des aviculteurs traditionnels font appels aux prestations des vétérinaires, 15,47 % utilisent les recettes de la pharmacopée traditionnelle et 72,47 % ne font aucune intervention (Halima *et al.*, 2007a). Cette tendance à utiliser les recettes de la pharmacopée traditionnelle est beaucoup plus perçue par les petits éleveurs aux revenus limités (Idrissou *et al.*, 2017). Dans le cas de la maladie de variole aviaire, l'utilisation de plantes médicinales peut constituer un moyen alternatif de lutte (Gilhare *et al.*, 2015). Par conséquent, les études sur l'usage des plantes médicinales doivent être élargies aux aspects phytochimiques, pharmacologiques et cliniques (Kouchadé *et al.*, 2017) pour une meilleure rationalisation des doses d'administration. D'où la nécessité de cette synthèse bibliographique qui va permettre de mieux connaître les signes cliniques, caractéristiques de la maladie de variole aviaire, ainsi que les méthodes chimiques et alternatives pour sa prise en charge.

## Implication et Analyse

Les connaissances sur la maladie de variole aviaire de même que des méthodes chimiques et surtout alternatives pour sa prise en charge doivent soulager les éleveurs de volailles. Dans cette lutte, la prévention vaccinale et/ou l'utilisation des plantes médicinales adaptées doivent être associée à une hygiène de l'élevage. Ceci va pouvoir engendrer, une amélioration du coût de production des volailles et par ricochet, contribuer à la valorisation des ressources naturelles végétales impliquées dans le traitement des pathologies animales.

Dans cette synthèse bibliographique, les données relatives aux différentes formes cliniques de la variole aviaire et leurs traitements sont les plus largement abordées. Par conséquent, les traitements alternatifs à base de plantes médicinales vont être plus valorisés dans le but d'avoir une réponse adaptative aux pathologies animales en général et aviaires en particulier. Ainsi, les extraits aqueux de *Hyptis suaveolens* et *Jatropha multifida*, deux plantes médicinales, vont être testés à différentes doses sur des poulets cliniquement atteints de la variole afin de déterminer l'intérêt que revêt l'usage de ces plantes dans la prise en charge de cette maladie virale. De même, dans une moindre mesure la toxicité orale de ces plantes va être évaluée en aviculture.

La variole aviaire reste une maladie redoutable en aviculture malgré l'existence de vaccin adapté. Son importance économique est non négligeable du fait de nombreuses mortalités qu'elle engendre notamment chez les aviculteurs traditionnels. Un traitement médical conventionnel est jusqu'ici tributaire de l'usage anarchique des antibiotiques par les aviculteurs avec des résultats mitigés. En effet, les traitements à base de plantes médicinales évoqués par plusieurs chercheurs doivent être améliorés afin de préserver la santé des populations astreintes à consommer la viande de volailles. Ainsi, les recherches sur la phytothérapie doivent s'intensifier afin d'obtenir des solutions durables dans la prise en charge de cette maladie virale. Par conséquent, ceci participe au renforcement de l'appui des autorités du Bénin vers une intensification de l'aviculture traditionnelle améliorée, à travers le projet UNAP Biosécurité-CEMOD/PARASEP N°15/CS/23-044/MPD/PARASEP en exécution depuis décembre 2019.

## Références bibliographiques

Abdallah, F. M., Hassanin, O., 2013 : Détection et caractérisation moléculaire des avipoxvirus isolés de différentes espèces aviaires en Égypte. Virus Gènes 46:63-70.

- Abdo, W., A. Magouz, F. El-khayat, T. Kamal, 2017 : Foyer aigu de co-infection de virus de la variole aviaire et de la laryngotrachéite infectieuse chez le poulet en Égypte. *Pak Vet J*, 37(3):321-325.
- Abimata, P.A., 2021 : Studi Potensi Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L) 1% dan 2% Terhadap Virus Fowlpox in Ovo, Thèse. Universitas Gadjah Mada, Indonésie.
- Ali, A. A., M. G. Shima, M. F. Ashraf, A. M. Amal, 2015 : Détection du poxvirus aviaire chez une oie égyptienne. *Global Animal Science Journal-GASJ* 2(1):1215- 1218.
- Allison, A. B., M. K. Keel, J. E. Philips, A. N. Cartoceti, B. A. Munk, N. M. Nemeth, 2014: Avian oncogenesis induced by lymphoproliferative disease virus: a neglected or emerging retroviral pathogen. *Virology*, 450(1), 2-12.
- Anonyme, 2014 : Réseau d'alerte et d'information zoonositaire. Bulletin zoonositaire, avril 2014, Québec, 7 p.
- Balaganesan, B., N. V. Rajesh, K. D. Rajesh, 2020 : Réponse immunitaire humorale du vaccin contre la variole de la dinde : Validation sérologique et étude histopathologique. *Vet. Res.*, 8(3) : 201-209.
- Beaumont C. F., H. Calenge, J. Chapui, F. Fablet, M. Menvielle, Tixier-Boichard, 2010: Génétique de la qualité de l'œuf. In: Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. 32p.
- Bollinger, O. U., 1873: Epithelioma contagiosum beim Haushuhn und die sogenannten Pocken des Geflügels. *Arch Für Pathol Anat Physiol Für Klin Med.*;58,349–61.
- Bolte, A. L, J. Meurer, E. F. Kaleta, 1999: Avian host spectrum of avipoxviruses. *Avian Pathol.*28,415–32.
- Boulanger, D., T. Smith, M. A. Skinner, 2000: Morphogenesis and release of fowl pox virus. *J Gen Virol.* 81(Pt 3): 675–87.
- Chen, S. X., M. Wan, B. N. Loh, 1996: Active constitutions against HIV-1 protease from *Garcinia mangostana*. *Planta Med.*, 62(4) : 381-382.
- Condit, R. C., N. Moussatche, P. Traktman, I. A. Nutshell, 2006 : Structure and Assembly of the Vaccinia Virion. *Adv Virus Res.* 66:31–124.
- Estrella-Tec, J. E., E. J. Gutiérrez-Ruiz, S. Ramírez-González, F. Aranda-Cirerol, R. Santos- Ricalde, J. L. Puerto-Nájera, 2013 : Evaluation of a commercial vaccine against avian poxvirus in turkeys kept in the backyard system in the state of Yucatan, Mexico. *Avian Pathol.* Sep 27;42(6):536–40.
- Fanou, U., 2006 : Première évaluation de la structure et de l'importance du secteur avicole commercial et familial en Afrique de l'Ouest : Cas du Bénin. FAO, 31 p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 2002 : Amélioration de la production avicole en élevage familial traditionnel à travers une meilleure gestion des contraintes de production et de santé animale, « systèmes de production aviaire». TCP, SEN 0065/D RFAO 1 Sénégal, 37 p.
- Guérin, J.-L., Boissieu, C., 2008: *La variole aviaire*, [En ligne], site Internet Avicampus Pathologie aviaire et santé publique [http://www.avicampus.fr/PDF/PDF\\_pathologie/Variole.pdf](http://www.avicampus.fr/PDF/PDF_pathologie/Variole.pdf), 2 p. Consulté le 30 novembre 2022.
- Gilhare, V. R., S. D. Hirpurkar, A. Kumar, S. K. Naik, T. Sahu, 2015 : Pock forming ability of fowl pox virus isolated from layer chicken and its adaptation in chicken embryo fibroblast cell culture. *Vet. World*, 8(3) : 245-250.
- Grard, F., 2016 : Variole aviaire chez l'Outarde houbara (*Chlamydotis undulata*) : étude d'une souche d'avipoxvirus. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 140 p.
- Haby Arimana, W., 1998 : Contribution à l'étude des contraintes au développement de l'aviculture moderne dans la région de Dakar : Aspects techniques et institutionnels. Thèse. *Vet. Med.* 104 p.
- Haller, S. L., C. Peng, G. McFadden, S. Rothenburg, 2014 : Poxviruses and the evolution of host range and virulence. *Infect Genet Evol.* Jan. 21:15–40.
- Halima H., F. W. C. Nesor, D. Tadelle, E. Van Marlekoster, A. De Kock (2007a). Village-based indigenous chicken production system in north-west Ethiopia. *Trop. Anim. Health Prod.*, 39, 189-197.
- Hess, C., B. Maegdefrau-Pollan, I. Bilic, D. Liebhart, S. Richter, 2011 : Outbreak of cutaneous form of poxvirus on a commercial turkey farm caused by the species *fowlpox*. *Avian Dis* 2011;55:714–718.
- Idrissou, Y., S. A. Assani, I. T. Alkoiret, G. A. Mensah, 2017 : Performances d'emboûche des ovins Djallonké complémentés avec les fourrages de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala* au Centre du Bénin. *Bul. Rech. Agr. du Bénin*, 81, 1- 8.
- Khan, A., A. Yousaf, M. Z. Khan, M. Siddique, S. T. Gul, F. Mahmood, 2009 : Cutaneous form of pox infection among captive peafowl (*Pavo cristatus*) chicks. *Avian Pathol.* 38(1):65–70.
- Kim, T. J., Tripathy, D. N., 2001 : Reticuloendotheliosis virus integration in the fowl poxvirus genome: not a recent event. *Avian Dis.* 45(3):663–9.
- Kirmse, P., 1969 : Host Specificity and Pathogenicity of Pox Viruses from Wild Birds. *Bull Wildl Dis Assoc.* 5:376–86.
- Kouchadé S. A., A. R. Adjatin, A. C. Adomou, H. G. Dassou, A. Akoègninou., 2017: Phytochimiques des plantes médicinales utilisées dans la prise en charge des maladies infantiles au Sud Bénin. *European Scientific Journal.*, 3(1) DOI: 10.19044/esj.2016.v13n3p471



- Kpodekon, T. M., T. J. Dougnon, J. S. E. Goussanou, C. Boko, 2015 : Effets de *Tridax procumbens* sur les lésions, l'hématologie et la production d'œufs des poules affectées par Fowlpox. ; IJMPCR, 5(2) : 1-9 ISSN : 2394-109X DOI : 10.9734/IJMPCR/2015/18910
- Lamien, C. E., J. Mans, A. Meda, E. Couacy-Hymann, M. Romito, A. G. Ouedraogo, O. G. Nacoulma, G. J. Viljoen, 2005 : In ovo inhibition of fowl pox virus replication by a gall extract from *Guiera senegalensis*. Avian Pathol. , 34(2) : 127-132.
- Lee, H. S., S. S. Kim, G. J. Kim, J. S. Lee, E. J. Kim, K. J. Hong, 2008 : Antiviral effect of ingenol and gingerol during HIV-1 replication in MT4 human T lymphocytes. Antiviral Res. , 2(1) : A44.
- Le Loc'h, G., 2015 : Épidémiologie moléculaire des avipoxvirus chez l'Outarde houbara. Thèse de doctorat d'université, Institut National Polytechnique de Toulouse. 185 p. <https://oatao.univ-toulouse.fr/14167/1/LeLoch.pdf>
- Loc'h, L., M. N. A. Souley, S. Bertagnoli, M. C. Paul, 2017 : Faible impact de la variole aviaire sur les performances de reproduction de l'outarde houbara élevée en captivité. Front. Vet. Sci. , 4(2) : 1-5.
- Moss, B., 2013 : Poxviridae. In: Fields virology. 6th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health; p. 2129-59.
- Nesma, M. H., 2016 : Préparation d'un vaccin contre la variole aviaire sur la lignée cellulaire BGM. MSV Virologie, Université de Banha, Égypte.
- Ndiaye N. F. T., E. H. Traoré, M. A. Cissé, M. Aidara, A. Dieng, 2019 : Présence d'une variante oncogène du virus de la variole aviaire parmi les souches de terrain au Sénégal. RAMReS2S CRUFAOCI ISSN 2630-1113.
- Ndiaye N. F. T., M. Aidara, A. C. Sakho, F. T. Lo, M. Lo, M. Diop, A. Dieng, 2017 : Un vaccin bivalent efficace contre la maladie de Newcastle et la variole aviaire, produit au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11: 757-767.
- Nur'aini, A. L., S. Hartati, T. Untari, 2021 : In ovo inhibition of avian pox virus replication by mangosteen rind and red ginger ethanolic extracts, *Veterinary World*, 14(10) : 2640-2645. doi : [www.doi.org/10.14202/vetworld.2021.2640-2645](http://www.doi.org/10.14202/vetworld.2021.2640-2645)
- Offerman, K., O. Carulei, T. Gous, N. Douglass, A. L. Williamson, 2013 : Variation phylogénétique et histologique des avipoxvirus isolés en Afrique du Sud. *J Gen Virol*, 94:2338-2351.
- Office International des épizooties (O.I.E.), 2018 : Terrestrial Manual. Fowlpox Ed. Chapter 2.2.10,- OIE: Paris; 8 p.
- O.I.E (Office International des épizooties), 2016 : Terrestrial Manual. Fowlpox Ed. OIE: Paris; 8 p.
- Ouedraogo, B., B. Bale, S. J. Zoundi, L. Sawadogo, 2015 : Caractéristiques de l'aviculture villageoise et influence des techniques d'amélioration sur ses performances zootechniques dans la province du Sourou, région Nord-Ouest Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9: 1528-1543.
- Perez-Tris, J., R. A. Williams, E. Abel-Fernandez, J. Barreiro, J. J. Conesa, J. Figuerola, 2011 : A multiplex PCR for detection of poxvirus and papillomavirus in cutaneous warts from live birds and museum skins. *Avian Dis.* 55(4):545-53.
- Ritchie, B. W., 1995: Poxviridae. In: Avian viruses: function and control. Lake Worth, Fla: Wingers Pub; pp. 285-311.
- Sawale G. K., S. Roshini, N. V. Bulbule, M. M. Chawak, G. S. Kinge, 2012 : Pathologie de la variole aviaire chez les poulets. *Indian J. Vet. Pathol.* 36 (1) : 110-111.
- Sédégan, B., Y. Akpo, C. Boko, E. Attakpa, I. Alkoiret, 2023 : Perception des aviculteurs traditionnels sur la maladie de variole aviaire au sud Bénin *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 11(1) 107-112.
- Sédégan, E. B. F., Y. Akpo, C. Boko, E. Attakpa, I. Alkoiret, 2023 : *In press* : Effets antiviraux des extraits aqueux d'*hyptis suaveolens* (L.) poit sur les lésions de la variole chez le poulet.
- Shivaprasad H. L., T. Kim, D. N. Tripathy, P. R. Woolcock, F. Uzal, 2009 : Unusual pathology of canary poxvirus infection associated with high mortality in young and adult breeder canaries (*Serinus canaria*). *Avian Pathol.* 38(4):311-6.
- Singh, P., T. J. Kim, D. N. Tripathy, 2003 : Identification et caractérisation des souches du virus de la variole aviaire à l'aide d'anticorps monoclonaux. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*;15(1):50- 54.
- Susan, S. E., M. H. Awaad, Y. A. Soliman, 2014 : Identification moléculaire de la souche locale du virus de la variole aviaire isolée sur le terrain dans le gouvernorat de Gizeh en Égypte. *Veterinary world Vol. (7) PP* : 66-71.
- Suseela, L., A. Sarsvathy, P. Brindha, 2002 : Études pharmacognostiques sur *Tridax procumbens* L. (Asteraceae). *Journal of Phytochemical Research*;15(2):141-147.
- Thibault G., 2013 : Législation pharmaceutique vétérinaire et conseils à l'officine chez les principaux carnivores domestique. Thèse de docteur en pharmacie Université de Limoges. 142 p.
- Tripathy D. N., Reed, W. M., 2013 : Pox. In: Diseases of poultry. 13th ed. Ames, Iowa: John Wiley & Sons; pp. 33-50.
- Tripathy, D. N., W. N. Schnitzlein, P. J. Morris, D. L. Janssen, J. K. Zuba, 2000 : Caractérisation of poxviruses from forest birds in Hawaii. *J Wildl Dis* 36:225-230.
- Tripathy D.N., Hanson L. E., 1976 : A smear technique for staining elementary bodies of fowl pox. *Avian Dis.*, 20, 609-610.
- Tripathy D. N., L. E. Hanson, A. H. Killinger, 1973 : Technique d'immunoperoxydase pour la détection de l'antigène du fowlpox. *Avian Dis.*, 17, 274-278.

- Tsai, S. S., t. c. Chang, S. F. Yang, Y. C. Chi, R. S. Cher, M. S. Chien, 1997 : Unusual lesions associated with avian poxvirus infection in rosy-faced lovebirds (*Agapornis roseicollis*). Avian Pathol. Mars, 26(1):75–82.
- Van Riper, C., Forrester, D. J., 2007 : Avian pox. In: Infectious diseases of wild birds. Ames, Iowa: Blackwell Pub; pp. 131-76.
- Venkatesakumar, E., R. Ramprabhu, P. Enbavelan, P. Ramkumar, K. Mohanambal, R. Sundararajan, 2018 : Gestion thérapeutique de la variole du dindon à l'aide de préparations à base de plantes ethno-vétérinaires. J. Pharmacogn. Phytochem. , 7(6) : 2436-2437.
- Virus Taxonomy, 2013 : Release [Internet]. International Committee on Taxonomy of Viruses. Available from: <http://ictvonline.org/>.
- Weli, S. C., Tryland, M., 2011 : Avipoxviruses: infection biology and their use as vaccine vectors. Virol J. 8(49):1–15.
- Winterfield, R. W., Hitchner, S. B., 1965 : The response of chickens to vaccination with different concentrations of pigeon pox and fowl pox viruses. Avian Dis. May;9(2):237–41.
- Wright, E. J., J. K. Nayar, D. J. Forrester, 2005: Interactive effects of turkeypox virus and *Plasmodium hermani* on turkey poults. J Wildl Dis. 41(1):141–8.
- Yahav S., 2009: Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. World's Poultry Science Journal, 65, pp. 719-732.
- Zhao, K., W. He, S. Xie, D. Song, H. Lu, W. Pan, 2014: Highly Pathogenic Fowlpox Virus in Cutaneously Infected Chickens, China. Emerg Infect Dis. July, 20(7):1208–10.