

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Génie Mécanique / Energétique

Présenté par :

1- Heraiz Naim

2- Nasri Haithem Charaf Eddine

Thème

Installation antivirus de purification de l'air entrant dans les incubateurs de volailles

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
ZAOUI Moussa	Prof.	Président
IHADDADENE Nabila	Prof.	Examinatrice
FARSI Chouki	Prof.	Encadreur
BENYAHIA Azzedine	Prof.	Co-encadreur

Année Universitaire 2024/ 2025

N° d'ordre : GM/...../2025

Remerciements

Je tiens tout d'abord à louer Allah, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, qui m'a accordé la réussite, les bénédictions, la santé, et surtout le courage d'accomplir ce travail. Sans Lui, je ne serais pas là aujourd'hui.

Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans le soutien et le dévouement de plusieurs personnes à qui je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères :

Je remercie du fond du cœur mes parents pour leur soutien indéfectible tout au long de mes années d'études. Merci de m'avoir offert l'opportunité de suivre cette formation exigeante, d'avoir cru en moi même dans les moments les plus difficiles, et de m'avoir transmis les valeurs du travail, de la persévérance et du respect. Votre amour, votre patience et votre présence constante ont été le pilier solide sur lequel je me suis appuyée à chaque étape de mon parcours. Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible, et je vous en serai éternellement reconnaissante.

J'exprime ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, "Chouki Farsi" Merci infiniment pour votre accompagnement bienveillant et soutenant, ainsi que pour vos précieux conseils. Enfin, un remerciement tout particulier à l'ensemble du corps enseignant, qui nous a tant appris tout au long de ces cinq années.

ملخص:

يواجه قطاع تربية الدواجن الحديثة في منطقة الجزائر العديد من التحديات الصحية، خاصة تلك المرتبطة بجودة الهواء داخل مباني التربية. وتُعد العوامل البيئية مثل الغبار، الجزيئات الدقيقة، الفيروسات المحمولة جواً، والغازات الضارة كالأمونيا من الأسباب الرئيسية لتدهور صحة الدواجن، لا سيما خلال المراحل الحساسة من النمو كفترة الحضانة.

ولمعالجة هذه الإشكالية، تم تطوير نظام ذكي لتنقية الهواء مصمم خصيصاً للحاضنات في الجزائر، يهدف إلى تقليل المخاطر التنفسية من خلال فلتر الهواء الداخل وتعقيمه. يتكون هذا النظام من عدة مكونات متكاملة، تشمل: مرشحات غبار أولية، فلتر HEPA عالية الكفاءة، جهاز تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية UV-C، ونظام تهوية ميكانيكية محكم. وقد تم تصميم النموذج الأولي ليتوافق مع البنى التحتية المحلية والظروف المناخية للمزارع الجزائرية، التي غالباً ما تنقل إلى أنظمة معالجة الهواء.

اعتمدت الدراسة على تجربة ميدانية داخل مزرعة واقعة في وسط البلاد، بهدف تقييم فعالية النظام في ظروف واقعية، سواء من حيث تقليل التلوث الميكروبي أو تحسين البيئة الصحية داخل الحاضنات. كما شملت التحليل العقبات الفنية والاقتصادية التي يواجهها مربو الدواجن في المنطقة، واقترحت حلولاً عملية قابلة للتطبيق.

ومن بين الصعوبات التي تم رصدها:

- ضعف الوعي بأهمية جودة الهواء.
- غياب تجهيزات التهوية والفلتر في المزارع الصغيرة والمتوسطة.
- ارتفاع تكلفة الأنظمة المتكاملة مقارنة بالإمكانات المحدودة للمربين.
- نقص التكوين والمرافقة البيطرية المنتظمة.

يمثل هذا المشروع خطوة هامة نحو تعزيز بروتوكولات الوقاية في التربية المكثفة، تماشياً مع المعايير الدولية للأمن الحيوي. كما يفتح آفاقاً واسعة لتعميم هذه التقنية في مختلف ولايات الجزائر بهدف تحسين الرفاه الحيواني، تقليل استخدام المضادات الحيوية، وزيادة الربحية الاقتصادية لمزارع الدواجن.

الكلمات المفتاحية: تربية الدواجن، جودة الهواء، الأمن الحيوي.

Résumé :

Le secteur de l'élevage avicole moderne dans la région d'Alger fait face à de nombreux défis sanitaires, principalement liés à la qualité de l'air au sein des bâtiments d'élevage. Les facteurs environnementaux tels que la poussière, les particules fines, les virus aéroportés et les gaz nocifs comme l'ammoniac constituent les principales causes de la détérioration de la santé des volailles, notamment durant les phases critiques de la croissance comme la période d'incubation.

Pour répondre à cette problématique, un système intelligent de purification de l'air a été développé, spécialement conçu pour les incubateurs avicoles en Algérie, visant à réduire les risques respiratoires en filtrant et désinfectant l'air entrant. Ce système comprend plusieurs composants complémentaires, notamment : des préfiltres à poussière, des filtres HEPA haute performance, un dispositif de désinfection par rayonnement UV-C, et un système de ventilation mécanique contrôlée. Le prototype a été conçu pour s'adapter aux infrastructures locales et aux contraintes climatiques des fermes avicoles algériennes, souvent dépourvues de traitement de l'air.

L'étude s'est appuyée sur une expérimentation terrain dans une exploitation située au centre du pays, afin d'évaluer l'efficacité du système en conditions réelles, tant sur le plan de la réduction de la pollution microbienne que sur l'amélioration de l'ambiance sanitaire dans les couveuses. L'analyse a également pris en compte les freins techniques et économiques rencontrés par les éleveurs de la région, avec des propositions concrètes et applicables.

Parmi les difficultés observées:

- Une faible sensibilisation à l'importance de la qualité de l'air.
- L'absence d'équipements de ventilation et de filtration dans les petites et moyennes exploitations.
- Le coût élevé des systèmes intégrés comparé aux moyens limités des éleveurs.
- Le manque de formation et d'accompagnement vétérinaire régulier.

Ce projet constitue une avancée importante pour renforcer les protocoles de prévention dans l'élevage intensif, en accord avec les standards internationaux de biosécurité. Il ouvre également de larges perspectives pour la généralisation de cette technologie dans différentes wilayas d'Algérie, dans l'objectif d'améliorer le bien-être animal, de réduire l'utilisation d'antibiotiques et d'augmenter la performance économique des élevages avicoles.

Mots-clés : Élevage avicole, qualité de l'air, biosécurité.

Summary:

The modern poultry farming sector in the Algeria region faces significant health challenges, particularly those related to air quality within poultry housing. Environmental factors such as dust, fine airborne particles, airborne viruses, and harmful gases like ammonia are among the leading causes of deteriorating poultry health, especially during the critical growth stages like incubation.

To address this issue, an intelligent air purification system was developed specifically for poultry incubators in Algeria, aimed at reducing respiratory risks by filtering and disinfecting incoming air. The system includes several integrated components: primary dust prefilters, high-efficiency HEPA filters, UV-C ultraviolet disinfection units, and a controlled mechanical ventilation system. The prototype was designed to suit local farm infrastructures and the regional climate, where air treatment systems are often lacking.

The study involved a field experiment conducted at a farm in central Algeria, to evaluate the system's effectiveness in real-world conditions — both in reducing microbial contamination and in improving the health environment inside incubators. The study also analyzed technical and economic challenges faced by local poultry farmers and proposed practical, scalable solutions.

Identified challenges included:

- Low awareness of air quality importance.
- Lack of proper ventilation and filtration equipment in small and medium-sized farms.
- High initial cost of integrated systems relative to farmers' financial means.
- Limited training and veterinary support.

This project represents a crucial step toward reinforcing preventive health protocols in intensive poultry farming, aligning with international biosecurity standards. It also opens up opportunities to expand this technology across various Algerian provinces, aiming to improve animal welfare, reduce antibiotic use, and enhance the economic viability of poultry farms.

Keywords: Poultry farming, air quality, biosecurity.

TABLE DES MATIERES :

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE.....	1
MASTER	1
En Génie Mécanique	1
Remerciements.....	2
Dédicace.....	Error! Bookmark not defined.
Introduction générale.....	1
Introduction :	II
Problématique :	III
Méthodologie De Travail :	IV
Chapitre I : Les paramètres zootechniques du poulet de chair.....	6
I.1 Bâtiments d'élevage :.....	6
1.1.- L'implantation du bâtiment :	6
I.1.1- Choix du terrain :.....	6
I.1.2- L'électricité :.....	6
I.1.3- Conceptions des bâtiments :.....	6
I.1.4- Le type de construction :	6
I.2- Le site et l'isolement relatif du bâtiment :	9
I.3- Dimensions et surfaces :	9
I.4- Orientation des bâtiments :.....	10
I.5- Les matériaux de construction :.....	10
I.5.1-Les fondations :.....	10
I.5.2-Les sols :	10
I.5.3-Les murs :.....	10
I.5.4- Les toits :	11
I.5.5- Les fenêtres :.....	11
I.5.6- Les porte :	11
I.5.7- L'isolation :	11
I.5.7.1- Isolation du sol :.....	12
I.5.7.2- Isolation des murs :.....	12
I.5.7.3- Isolation de la toiture :.....	13

I.5.8- Mesures d'isolement :	13
I.5.8.1- Pédiluve :	13
I.5.8.2- Fosse des cadavres :	13
I.2 Installation du bâtiment :	14
I .2.1 Le site :	14
I .2.2 L'orientation :	14
I .2.3 L'isolation :	14
I .2.4 L'animal :	15
I .3 Facteurs d'ambiances :	15
I .3.1 La température :	16
I .3.2 La ventilation :	16
I .3.3 L'hygrométrie :	16
I .4 La conduite hygiénique :	16
I .4.1 Le nettoyage et lavage :	17
I .4.2 La désinfection :	17
I .5 Hygiène et prophylaxie :	18
I.5.1.1- Hygiène :	18
I .5.1.2- Règles d'Hygiène :	18
I .5.2- Prophylaxie :	18
I.5.2.1- Prophylaxie sanitaire ou hygiénique :	19
I .5.2.2- Prophylaxie médicale des maladies infectieuses : Vaccination.....	19
Chapitre II : principales maladies de poulet de chair	22
II.1-Les maladies parasitaires	22
II.1.1 Les coccidioses :	22
II.1.2 Les symptômes et les lésions :	22
II.1.2.1 La coccidiose caecale :	22
II.1.2.2 La coccidiose de duodénum et jéjunum :	22
II.1.2.3 La coccidiose de l'intestin moyen et terminale :	22
II.1.3 Prophylaxie :	23
II.2 Les maladies virales :	23
II.2.1 Bronchite infectieuse :	23

II.2.1.1. Symptômes :.....	23
II.2.1.1. les lésions :.....	24
II. 2.1.1.1. Lésion de l'appareil respiratoire :.....	24
II.2.1.2.2- Lésion de l'appareil rénale :	24
II.2.1.3. Prophylaxie :.....	24
II.2.1.3.1. Sanitaire :.....	24
II.2.1.3.2. Médicale :.....	25
II.2.2. Maladie de Newcastle :.....	25
II.2. 2.1. Les symptômes et les lésions :	25
II.2.2.2. Prophylaxie :	26
II. 2.2.2.1. Sanitaire :.....	26
II.2.2.2.2. Médicale :.....	26
II.2.2 Maladie de GUMBORO :.....	27
II.2.3.1. Les symptômes :.....	27
II -3-2- Les lésions :	27
Prophylaxie :.....	27
Sanitaire :.....	27
Médicale :.....	28
II.3. Les maladies bactériennes :.....	28
II.3 .1. Colibacillose :.....	28
II.3.1.2. Les symptômes :.....	28
II.3.1.3. Les lésions :	28
II.3.1.4. Prophylaxie :.....	29
II.3.1.4.1 Sanitaire :.....	29
II.3.1.4.2. Médicale :	29
II.3.1.1 Mycoplasmes aviaire :	29
II.3.1.1.1Les symptômes :.....	30
II.3.2.1 Les lésions :.....	30
II.3.2.2. Prophylaxie :.....	30
II.3.2.2.1. Sanitaire :.....	30
II.3.2.2.2. Médicale :.....	31

Chapitre III : Composants et efficacité de l'installation antivirus	33
III.1. Filtre à air (type N95 ou masque médical modifié)	33
III.1.1. Définition et fonction :	33
III.1.2. Principe de fonctionnement :	33
III.1.3. Applications en élevage avicole :	33
III.1.4. Avantages :	33
III.1.5. Limites :	33
III.1.6. Innovations et variantes :	34
III.2. Préfiltre à poussière :	34
III.2.1 Définition et rôle :	34
III.2.2 Types de préfiltres :	34
III.2.3 Fonctionnement dans un système à plusieurs étages :	35
III.2.4 Maintenance et remplacement :	35
III.2.5 Avantages et limites :	35
III.3 Filter HEPA (High Efficiency Particulate Air):	35
III.3.1 Définition et normes :	35
III.3.2 Principes de fonctionnement :	35
III.3.3 Efficacité contre les agents pathogènes :	36
III.3.4 Intégration dans les systèmes avicoles :	36
III.3.5 Contraintes et entretien :	37
III.4. Éclairage UV-C (Ultraviolet C) :	37
III.4.1. Aperçu générale sur les rayons ultraviolets :	37
III.4.2. Action du rayonnement UV sur les micro-organismes	38
III.4.2.1. Mécanisme de l'inactivation des micro-organismes par l'UV	38
III.4.2.2 Inactivation des Virus et des bactéries :	40
III.4.2.3 Cinétique d'inactivation :	40
III.5. Ventilateur (Système de circulation d'air assistée) :	40
III.5.1 Rôle dans le système de purification :	40
III.5.2 Caractéristiques techniques :	40
III.5.3 Avantages :	41
III.5.4 Limites :	41

III.5.5 Intégration dans l'installation :	42
Chapitre IV : Analyse Expérimentale	44
IV.1. Présentation du prototype de l'installation : (Figure VI.1)	44
IV2. Méthodologie de travail et expérimentation :	46
IV 2.1 Objectifs de l'expérimentation :	46
IV 2.2 Site et conditions expérimentales :	46
IV 2.3 Outils et équipements :	47
IV 2.3.1. Filtre à air (de type N95 ou masque médical modifié) :	47
IV 2.3.2. Préfiltre à poussière :	47
IV 2.3.3. Filtre HEPA :	47
IV 2.3.4. Éclairage UV-C (Ultraviolet C) :	47
IV 2.3.5. Ventilateur (Système de circulation d'air assistée) :	48
IV 2.4 Méthode d'analyse :	48
IV.3. Analyse des résultats :	48
IV.3.1 Qualité de l'air :	48
IV.3.2 État de santé des volailles :	51
IV. 4 Commentaire des courbes	52
IV. 4 .1. Courbe du poids des poussins :	52
IV. 4.2. Courbe du taux de mortalité :	53
IV. 4.3. Rentabilité économique :	53
IV.5. Comparaison des résultats avec les références scientifiques :	53
IV.5.1 Réduction des particules, gaz nocifs et agents pathogènes :	53
IV.5.2 Amélioration de la santé respiratoire des volailles :	54
IV.5.3 Évaluation des performances économiques :	54
Conclusion Générale :	57
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	60

Liste des figures :

N Figure	Titre	Page
Figure 01	Sources de contamination d'un élevage avicole (GIPAC, 2017).	17
Figure 02	Score lésionnel des coccidioses (AAAP).	23
Figure 03	néphrite avec hypertrophie rénal à gauche comparer	24
Figure 04	hémorragie sévère dans larynx et trachée (HL Shivaprasad)	26
Figure 05	Des hémorragies seront observées dala bourse de Fabricius (HL Shiva Prasad).	27
Figure 06	péricardite (P Baloché - Ani-Medic).	29
Figure 07	Filtre à poussière	34
Figure 08	Système de filtration de l'air à double étage, préfiltre et filtre HEPA	36
Figure 09	Spectre des rayonnements UV	38
Figure 10	La double hélice de l'ADN et les deux paires de ses bases	39
Figure 11	Dimérisation photochimique de deux bases de thymine.	40
Figure 12	Ventilateur industriel pour poulailler	42
Figure 13	Prototype d'une installation antivirus de purification d'air entrant latéralement avec plusieurs filtres séparés	45
Figure 14	Prototype d'une installation antivirus de purification de l'air entrant dans les incubateurs de volailles	47
Figure 15	Répartition des capacités des bâtiments équipés du système intelligent de protection aviaire	50
Figure 16	Poids des poussins au 1er jour	51
Figure 17	Poids des poussins à la 1ère semaine	51
Figure 18	Poids des poussins à la 2ème semaine	52
Figure 19	Évolution du poids moyen (g) des poussins Figure	53
Figure 20	Taux de mortalité hebdomadaire (%)	53

Liste des tableaux:

N Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Normes d'implantation des bâtiments	07
Tableau 02	Modèle de programme de prophylaxie.	20
Tableau 03	les symptômes de la maladie bronchite infectieuse	24

Introduction générale

Introduction Générale :

Introduction :

Dans un contexte mondial marqué par une intensification croissante de l'aviculture, les maladies respiratoires chez les volailles représentent un enjeu sanitaire et économique majeur. La production avicole, bien qu'elle offre une source importante de protéines animales à faible coût, est confrontée à des défis sanitaires récurrents, notamment la propagation rapide des virus respiratoires comme l'IBV, l'NDV ou l'ILTV. Ces pathologies provoquent des pertes considérables en termes de mortalité, de croissance ralentie, de baisse de performance zootechnique, et d'augmentation des coûts vétérinaires (Swayne, 2013).

En Algérie, l'élevage de poulets de chair a connu ces dernières années un développement rapide pour répondre à une demande croissante en viande blanche. Cependant, la concentration des élevages, les variations climatiques, et le manque de systèmes de protection efficaces rendent les volailles plus vulnérables aux infections aéroportées. Les systèmes de ventilation traditionnels, souvent insuffisants ou mal adaptés, laissent passer les agents pathogènes présents dans l'air, ce qui favorise la contamination de l'ensemble du cheptel.

Face à ce constat, le recours à des solutions innovantes de filtration et de désinfection de l'air s'impose. D'où la mise au point du "système intelligent de protection des volailles contre les virus respiratoires", une installation intégrant des filtres antiparticules, une désinfection par rayons UV-C, un ventilateur de circulation et une architecture optimisée, visant à purifier l'air entrant dans les bâtiments avicoles tout en maintenant une ventilation adéquate.

Ce dispositif vise non seulement à limiter la transmission des agents pathogènes par voie aérienne, mais aussi à améliorer la santé globale des animaux, réduire l'usage excessif des antibiotiques, et optimiser les performances de production. Ainsi, notre travail s'inscrit dans une logique d'innovation au service d'une aviculture durable, hygiénique et économiquement viable. Il s'agira tout au long de ce mémoire de présenter la conception, la mise en œuvre, l'expérimentation et l'évaluation de ce système dans le contexte réel d'un élevage avicole.

Introduction Générale :

Problématique :

L'aviculture moderne, notamment l'élevage intensif de volailles, fait face à de nombreux défis sanitaires et techniques. Parmi ces défis, la qualité de l'air entrant dans les incubateurs constitue un facteur critique souvent sous-estimé. En effet, l'air peut être vecteur de pathogènes (bactéries, virus, spores fongiques), affectant directement la santé des poussins, leur taux de survie, ainsi que leur croissance.

Dans les zones où les conditions climatiques sont défavorables ou où les installations d'élevage sont peu ventilées, la concentration des agents contaminants dans l'air peut entraîner des pertes économiques considérables et nuire à la performance globale des élevages.

De plus, la dépendance aux produits vétérinaires pour pallier les problèmes sanitaires pose des risques à long terme, notamment en termes de résistance antimicrobienne et de qualité des produits finaux.

Face à cette situation, comment peut-on assurer une meilleure qualité de l'air entrant dans les incubateurs de volailles, tout en réduisant la dépendance aux traitements curatifs ?

Et plus précisément, quelles solutions technologiques, simples, économiques et efficaces, pourraient être mises en place pour purifier l'air et réduire la charge microbienne dans les élevages avicoles ?

Introduction Générale :

Méthodologie De Travail :

Notre démarche méthodologique s'est articulée autour de plusieurs étapes complémentaires, visant à concevoir, réaliser et évaluer une installation antivirus de purification de l'air entrant dans les incubateurs de volailles.

Revue bibliographique

Nous avons commencé par une recherche documentaire approfondie sur les techniques de purification de l'air, les risques microbiens en élevage avicole, et les technologies existantes, notamment la filtration HEPA et la désinfection par UV-C.

Analyse du terrain

Une enquête a été menée auprès d'éleveurs avicoles afin de comprendre les conditions réelles d'élevage, les problèmes liés à la qualité de l'air, et les contraintes techniques ou économiques rencontrées.

Conception du prototype

À partir des données collectées, nous avons élaboré un prototype combinant un système de filtration mécanique et un dispositif de désinfection par rayons UV-C. L'objectif était d'obtenir une solution simple, peu coûteuse et facilement intégrable dans les structures d'élevage existantes.

Phase de test

Le prototype a été testé dans des conditions réelles d'élevage afin d'évaluer son efficacité sur la qualité de l'air, la santé des poussins et les paramètres de production (mortalité, croissance, consommation).

Analyse des résultats

Les données recueillies ont été analysées statistiquement pour mesurer l'impact du système sur la réduction de la charge microbienne et l'amélioration des performances d'élevage.

Propositions d'amélioration et perspectives

Enfin, des recommandations ont été formulées pour optimiser le dispositif et envisager son déploiement à plus grande échelle dans le secteur avicole.

Chapitre I



Les paramètres zootechniques du poulet de de chair

Chapitre I : Les paramètres zootechniques du poulet de chair**I.1 Bâtiments d'élevage :****1.1.- L'implantation du bâtiment :**

Les bâtiments doivent être adaptés au niveau d'intensification, à la taille de l'élevage et aux moyens disponibles (électricité...). Il convient donc d'adapter les principes généraux et les exemples proposés ici, une des premières qualités des bâtiments est de permettre à l'élevage de se dérouler dans des conditions satisfaisantes de sécurité d'hygiène et de faciliter du travail.

Pour le choix d'emplacement des bâtiments, selon LAOUER (1987) Celui-ci doit être parfaitement approprié.

- ❖ Il faut éviter les terrains trop humides.
- ❖ Ou trop près de zones d'habitations.
- ❖ Ainsi que ceux situés à proximité d'une route à grande circulation (stress).
- ❖ Le voisinage immédiat d'un autre lieu d'élevage.

I.1.1- Choix du terrain :

Le terrain doit être sablonneux de préférence, ou tout ou moins perméable. Le poulet ne supporte pas beaucoup les terrains humides ou en cuvettes facilement inondables, donc éviter les sols lourds et argileux. Un terrain légèrement nécessaire de pratiquer le drainage pour faciliter l'évacuation des eaux de la pluie et les eaux usées (LAOUER, 1987).

I.1.2- L'électricité :

Le poulailler doit être raccordé à un branchement électrique parce que l'électricité joue un rôle primordial dans le bon fonctionnement du poulailler.

I.1.3- Conceptions des bâtiments :

Tout en restant économique les bâtiments d'élevage doivent être bien conçus faciles à entretenir et à nettoyer ils doivent également permettre le respect des normes d'élevage (ventilation, densité, température...) pour chaque bâtiment d'élevage il faut.

Prévoir un point d'eau avec évacuation (lavage des mains, du petit matériel) et un local de stockage des aliments, des éleveuses...etc.

I.1.4- Le type de construction :

Deux stratégies opposées sont envisageables

- Soit un bâtiment élaboré très isolé à ventilation dynamique thermostatique

avec possibilité de nébulisation d'eau au niveau des entrées d'air pour bénéficier de l'effet de collige. C'est une solution coûteuse et qui ne peut donner satisfaction qu'à la condition sine qua non que les moyens humains et matériels nécessaires à sa maintenance peuvent être fournis à tout moment avec certitude.

- Soit une construction plus simple utilisant des matériaux locaux et où la ventilation statique sera préférée à la ventilation dynamique en raison des fréquentes coupures d'électricité de l'investissement souvent lourd d'un groupe électrogène (FEDIDA ,1996).

Tableau 01 : Normes d'implantation des bâtiments

Terrain	Plat, perméable, non inondable, sans nuisance (sonores par exemple) abords propres et si possible végétation. Si possible arbres d'ombrage à proximité (ne nuisant pas à l'aération) loin d'un autre élevage (si possible 500 m)
Concession	Isolée des intrusions (voleurs, prédateurs, animaux en divagation) par une clôture efficace. Facilement accessible à l'éleveur aux fournisseurs approvisionnement en eau de qualité. Si possible raccordement électrique (éclairage nocturne ventilation ... etc.).
Distance entre bâtiments	Sujets du même âge deux à trois fois la largeur du bâtiment sujet d'âge différent ou espèces différentes 100 m minimum.
orientation	Perpendiculaire aux vents dominants pour bénéficier de l'aération maximale. De préférence orientation est-ouest pour minimiser l'incidence du soleil.
organisation	Stockage des fientes/du fumier loin des bâtiments d'élevage

Source : CIRAD- GRET décembre 2002 France.

I.2- Le site et l'isolement relatif du bâtiment :

Le bâtiment doit être implanté dans un lieu où l'air est continuellement renouvelé au milieu d'un large plein, partout où on peut bénéficier d'un vent qui souffle continuellement et modérément éviter les zones inondables.

Il est préférable de choisir un site légèrement isolé. Loin d'autres élevages (risque de contamination de voisinage) ou de zones bruyantes (risque de stress) à condition que cela ne nuise pas à la fréquence des visites et d'observateurs de l'éleveur ou du volailler responsable l'accès à l'élevage doit rester aisé (piste carrossable) permettant facilement les allées et venues nécessaires au fonctionnement de l'exploitation (FEDIDA, 1996).

I.3- Dimensions et surfaces :

La dimension d'un poulailler est conditionnée par le nombre de poulets qu'on veut élever (BELLAOUI, 1990 et LAOUER, 1987).

Il faut dépasser la densité de 10 poulets / m² pour l'élevage du sol (selon plusieurs auteurs).

Les fenêtres situées sur les deux grands cotés doivent avoir le dixième de la superficie du sol et être situées à 0.60 mètres ou niveau du sol (BELLAOUI, 1990).

Cependant il est conseillé de ne pas dépasser une largeur de 12 mètres celle-ci reste limitée par la capacité donnée à cette construction de même elle est liée aux possibilités de bonne ventilation.

La hauteur ne doit pas dépasser 2.5 mètres (LAOUER, 1987).

La surface est en fonction de l'effectif (10 poulets/m²) mais l'effectif exploité dépend de point de vue économique des possibilités financières du producteur.

- De la main d'œuvre disponible
- De certains règlements de législation

Point de vue technique : l'effectif est lié au climat et à l'aptitude du bâtiment à contrôler ces variations par ces caractéristiques d'isolations de ventilations de chauffages et n'oubliant pas qu'il est nécessaire d'installer une pièce accolée au poulailler (LAOUER, 1987).

I.4- Orientation des bâtiments :

C'est à l'Est ce qui permet une utilisation maximale de la lumière naturelle.

L'abri contre le vent à peu d'importance dans l'élevage en claustration complète et bien au contraire si on adapte une ventilation statique d'un poulailler il est préférable pour une plus grande efficacité de placer la façade de cette construction à la direction du vent dominant (LAOUER ,1987).

L'orientation du bâtiment doit être décidée en fonction des vents dominants selon l'effet recherché :

Orientation du bâtiment dans une limite de 30 à 45° (FEDIDA, 1996) de part et d'autre de la perpendiculaire aux vents dominants si l'on souhaite bénéficier de la ventilation transversale particulièrement en saison chaude (FEDIDA, 1996).

I.5- Les matériaux de construction :**I.5.1-Les fondations :**

Sont indispensables sur sol humide, prévues en briques parpaings pierres du pays ou béton de 40 à 50 cm de profondeur et de 25 cm de largeur afin d'éviter les infiltrations des eaux et la pénétration des rats (FEDIDA, 1996).

I.5.2-Les sols :

Le sol en ciment est préférable au sol en terre battue car il facilite le nettoyage, la désinfection et protège la litière contre l'humidité éventuelle du terrain (LAOUER, 1987).

I.5.3-Les murs :

Les murs peuvent être réalisés en briques creuses ou en parpaings, permettent d'édifier de la construction solide et isotherme.

- De contreplaqué et de liège : pour l'isolation facile mais ils sont coûteux
Plusieurs types de béton peuvent être utilisés :

➤ **Béton précontraint :**

Est une application spéciale de béton armé (béton armé 1400 bar/cm²) assurant une grande transmission de chaleur peu isolant, présente une très grande résistance à la compression.

➤ **Béton caverneux :**

Ciment mélangé à des agrégats grossiers ou moyens

➤ **Béton expansé :**

Ciment plus matériaux supplémentaires fins plus un mélange.

D'autres matériaux peuvent être recommandés :

- Les plaques en fibrociment : copeaux ou de fibres de bois de sciure...etc.

présente une haute valeur d'isolation thermique due à la présence d'alvéoles ou pores

- La pierre silice-calcaire : schiste en ajoutant au mélange de l'eau d'aluminium, cette pierre présente une bonne isolation.
- L'aluminium : matériaux obtenus par l'extraction et l'épuration chimique des minéraux, de bauxite, la tension admissible est de 200 bar/cm². (LAOUER ,1987).

I.5.4- Les toits :

Le toit sera en éternit ondulé ou de préférence en tôle d'aluminium le toiture doit être en pente, pour les bâtiments dépassant 8 mètres, prévoir un toit à double pente avec lanterneau ou mieux en toit d'aluminium de préférence double à l'intérieur soit par un faux plafond constitué d'un matériau lisse imperméable à l'eau et bien isolant (liège, bois).

Soit par des sous-titres en amiante, ciment avec intercalaire de laine minérale, soit par des sous-titres en résine expansée (LAOUER ,1987).

I.5.5- Les fenêtres :

Les fenêtres assurant la ventilation sont situées sur les deux (2) longueurs du poulailler et doivent occuper 1/10^{ème} de la surface du sol donc la surface totale doit représenter le un dixième de la surface totale du sol.

Leur ouverture doit être réglable et leur visage réalisé en verre matériau plus facile à nettoyer que les matériaux synthétiques (LAOUER ,1987).

I.5.6- Les porte :

De nature variable mais seront posées de façon à faciliter le service

I.5.7- L'isolation :

L'isolation est un moyen très efficace et certainement bien moins onéreux que le chauffage pour obtenir la maîtrise de la température, elle permet en effet de limiter les transmissions thermiques entre l'intérieur et l'extérieur et donc de protéger le local des conditions extrêmes du dehors.

Un bon isolant doit être également peu perméable à la vapeur d'eau sinon il perd ces qualités il est nécessaire de disposer un para-vapeur du coté intérieur du poulailler.

Une bonne résistance au feu est aussi un atout efficace et réduit les primes d'assurance.

Il faut également que cet isolant soit résistant aux chocs que l'on puisse sans dommage le nettoyer au jet et qu'il soit aisé de le désinfecter de préférence il est également souhaitable que les insectes et les rongeurs ne le détruisent pas facilement.

Enfin il est fondamental de bien connaître le rapport existant entre le prix de l'isolant et la performance zootechnique qu'il peut permettre de réaliser il s'agit bien entendu du prix posé car la mise en oeuvre peut intervenir très sensiblement sur le coût total.

Plusieurs isolants peuvent être utilisés

- ❖ Le polystyrène extrudé
- ❖ le polystyrène expansé
- ❖ la fibre de verre
- ❖ Les mousses thermo-comprimées : (SURDEAU et HENAFF, 1979).

I.5.7.1- Isolation du sol :

Le sol est un endroit fondamental pour le poulet de chair puisque il y vit couramment. Il faut éviter que le sol du bâtiment d'élevage se trouve en dessous du sol extérieur car on observe une remontée d'eau par temps humide. Il est bon de prévoir un remblai de terre perméable.

Le sol en terre battue est souvent utilisé car il a un prix de revient modéré et il garantit en général une bonne litière mais cependant un grave problème : On ne peut véritablement le désinfecter.

Le sol cimenté non isolé est à déconseiller car il est froid, sujet aux condensations et les litières moisissent, ce sol isolé mais n'est pas très utilisé car son coût est élevé.

I.5.7.2- Isolation des murs :

Il est nécessaire de mettre en place un soubassement d'aggloméré qui protège les matériaux isolants, évite les remontées d'humidité et empêche les rongeurs de pénétrer dans le bâtiment.

Pour l'édification des murs on peut conseiller l'utilisation de l'amiante ciment, de la laine de verre et du polystyrène avec une protection intérieure en super menuiserie et aussi utilisation de feuilles d'aluminium (SURDEAU et HENAFF, 1979 et LAOUER, 1987).

I.5.7.3- Isolation de la toiture :

L'isolation du toit est plus importante que celle des murs étanchéité absolue de toutes les parties et zones jointives, pour éviter que l'air ne pénètre à l'intérieur de l'isolement.

L'humidité pose ici les mêmes problèmes que pour les parois du bâtiment.

L'inclinaison de la pente sera de l'ordre de 30 cm et on superposera les plaques d'une manière suffisante (20cm environ) de manière à éviter les remontées d'eau. On posera des cloisons pour empêcher la dégradation de la toiture par les animaux.

Une toiture de couleur claire donnera une bonne isolation toute l'année (SURDEAU et HENAFF, 1979).

I.5.8- Mesures d'isolement :

Il faut considérer l'élevage comme un endroit clos, devant être protégé des contacts avec l'extérieur qui constitue généralement une source potentielle de contamination en dehors du vent et ce qu'il peut véhiculer.

C'est pour cela que certains aménagements sont prévus :

I.5.8.1- Pédiluve :

Il faudra obligatoirement installer un pédiluve contenant un désinfectant devant l'entrée de la salle de production selon BELLAOUI (1990) construit en ciment. Sa dimension est de (80 x 40 cm), et contient à permanence un désinfectant :

- ❖ Eau de javel à 10 %
- ❖ Grésil à 4 %
- ❖ Ammoniac quaternaire en solution à 2 %

I.5.8.2- Fosse des cadavres :

Aménagée plus de 30 m du poulailler d'un puits ou d'une source la fosse est destinée à recevoir pour être enfouis les cadavres, et éviter des contaminations possibles.

La réussite de l'élevage des reproducteurs est tributaire à la bonne maîtrise de la conduite d'élevage et des conditions de production et ce depuis l'installation du bâtiment qui constitue l'élément clé par sa forte incidence sur les performances zootechniques et le bien-être des animaux jusqu'à la réforme

du cheptel.

I.2 Installation du bâtiment :

Le bâtiment doit permettre d'assurer des conditions d'ambiances qui répondent le mieux possible aux exigences bioclimatiques des volailles, de façon à leur assurer le confort et le bien-être (Drouin et Amande, 2000). Entre autre, le bâtiment avicole doit-être simple et économique selon Alloui (2005) et assure le maximum de confort aux animaux aussi bien en hiver qu'en été, et largement ouvert pour permettre le maximum de renouvellement d'air et être construit de matériaux capables de supporter une désinfection, bien conçu et facile à nettoyer.

I .2.1 Le site :

Selon Jacquet (2007), le choix technique d'un site adapté considère notamment les mouvements d'air et l'humidité. En outre, Pineau et Morinière (2010), soulignent qu'un site encaissé conduira à un manque de ventilation, à un excès d'humidité, à un excès de température en été et un déficit en hiver. Un site trop exposé aux vents forts pourra créer des excès d'entrée d'air.

I .2.2 L'orientation :

D'après Petit (1992), l'orientation du bâtiment doit-être choisie en fonction en fonction de deux critères :

- Le mouvement du soleil : On a intérêt à orienter les bâtiments selon un axe Est- Ouest, de façon à ce que les rayons du soleil ne pénètrent pas à l'intérieur du bâtiment
- La direction des vents dominants : L'axe du bâtiment doit-être perpendiculaire à celle-ci, pour permettre une meilleure ventilation.

Pour avoir une bonne orientation Beaumont *et al.* (2004) recommandent d'éviter les vents dominants. La meilleure orientation est Nord-Sud, car elle permet d'éviter :

- L'exposition aux vents du Nord, froids en hiver
- L'exposition aux vents du Sud, chauds en été.

I .2.3 L'isolation :

Michel (2007) explique que l'isolation du bâtiment doit tendre à rendre l'ambiance à l'intérieur de celui-ci la plus indépendante possible des conditions climatiques extérieures :

- ✓ Limiter le refroidissement en hiver
- ✓ Limiter les entrées de chaleurs au travers des parois en été
- ✓ Limiter les écarts de températures entre l'ambiance et le matériau pour éviter la condensation.

Une bonne isolation aura une incidence positive sur l'ambiance (réduction des écarts de température jour-nuit, suppression de la condensation) et par conséquent sur les performances zootechniques (indice de consommation, ponte et mortalité), soulignent Pineau et Marinrière (2010).

I.2.4 L'animal :

ITAB (2009), souligne que l'utilisation des poulets résistants aux maladies permet de limiter les besoins en médicaments. Cependant, une variabilité génétique a été mise en évidence, que ce soit entre populations ou au sein d'une même population.

De ce fait, les grands verrous à lever selon Blesbois (2010) sont :

- ❖ Aller vers un animal « nouveau », qui répond à plusieurs objectifs, avoir une grande efficacité alimentaire, produire peu de rejets et présenter des fonctions physiologiques harmonieuses qui assurent santé, bien-être et reproduction.
- ❖ Promouvoir un animal qui soit capable de s'adapter aux aléas sanitaires, climatiques et aux évolutions socio-économiques.
- ❖ Garantir le développement et le maintien d'animaux diversifiés qui contribuent à la richesse de la biodiversité animale.

I.3 Facteurs d'ambiances :

L'ambiance dans laquelle vivent les volailles a un rôle primordial pour le maintien des animaux en un bon état de santé et pour l'obtention de résultats zootechniques correspondants à leurs potentiels génétiques.

I.3.1 La température :

Castello (1990) voit qu'il existe une zone dite de « neutralité thermique » dans laquelle les volailles vivent parfaitement, sans qu'il leur soit de mettre en fonctionnement une quelconque mécanique pour régler leur température corporelle en fonction de celle de l'environnement. Cependant, Ugurlu *et al.* (2001) soulignent que la température élevée réduit le nombre d'œufs, la prise de la nourriture, le nombre d'œufs fêlés ainsi que le poids de l'œuf.

I.3.2 La ventilation :

Une ventilation efficace, correctement régulée est sans conteste, le facteur le plus important pour réussir un élevage avicole, elle permet la bonne respiration des volailles (ITAVI, 1998). Ainsi, elle apporte l'O₂ et évacue l'ammoniac (Pineau, 2009).

I.3.3 L'hygrométrie :

Selon Castello (1990), si le degré de siccité est excessif c'est-à-dire de 30 à 40%, il favorise l'augmentation de poussière dans le local ainsi que le nombre de bactéries en suspension.

Weaver (1991) souligne qu'une humidité de 60 à 70% semble optimale. Elle permet de réduire la poussière et favorise la croissance des plumes et des sujets eux-mêmes. Cependant, plus l'air est sec plus le taux de poussière dans l'air augmente ; il est donc souhaitable de conserver un minimum d'humidité dans l'air (ITAVI, 2004).

I.4 La conduite hygiénique :

L'hygiène est un paramètre clé de la biosécurité et des performances zootechniques, le nettoyage et la désinfection des bâtiments d'élevage sont des tâches pénibles pour les éleveurs. Cependant, les sources de contamination d'un élevage avicole d'après GIPAC (2017), Elles sont représentées par tout matériau aussi bien inerte que vivant pouvant entrer en contact avec les volailles, à savoir:

Nuisibles : aussi bien animaux sauvages que de compagnie, oiseaux, rongeurs, chiens, chats, insectes, ...

Personnes : aussi bien ouvriers que visiteurs, mains, vêtements, chaussures...

- Matériels d'élevage : abreuvoirs, mangeoires, matériel de chauffage, ...
- Eau : bacs à eau, canalisations, ...

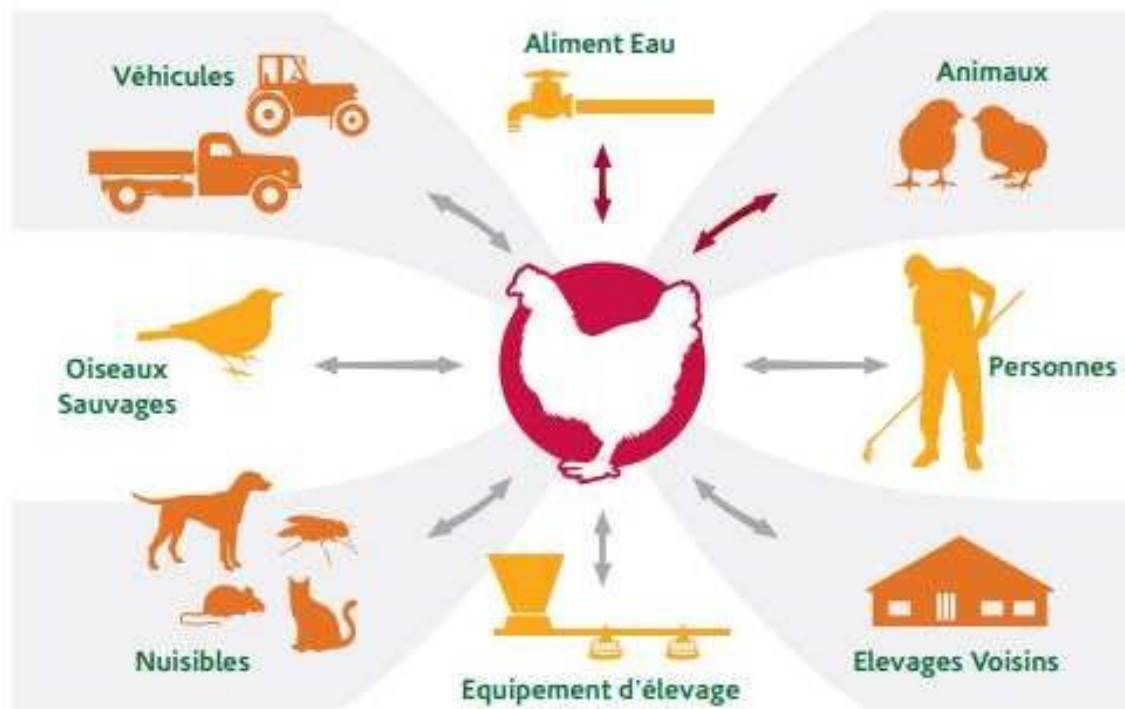


Figure 1 : Sources de contamination d'un élevage avicole (GIPAC, 2017).

I.4.1 Le nettoyage et lavage :

Selon ISA (2005), une fois qu'on a envoyé les volailles à l'abattoir, il faut :

- Enlever tout le matériel mobile et l'aliment restant dans les mangeoires
- Eliminer tout rongeurs et animaux sauvages présents dans le bâtiment
- Enlever les plumes, la poussière et toute autre matière organique
- Nettoyer le matériel d'élevage, les conduites d'aération, les silos, les bacs à eau
- Appliquer une désinfection efficace après le nettoyage complet du bâtiment.

I.4.2 La désinfection :

Weaver (1991) souligne qu'après un bon lavage du bâtiment et d'équipement, il faut désinfecter toutes les surfaces intérieures du bâtiment et toutes les pièces de l'équipement en utilisant un pulvérisateur à haute pression. On recommande d'appliquer des désinfectants qui contiennent des phénols, d'iodoformes et des composés d'ammonium quaternaire sur les surfaces exemptes de matière organique. Un bon désinfectant doit pouvoir détruire dans un minimum de temps le maximum de moisissures, parasites, virus et bactéries dans les conditions physico-chimiques variées (Villate, 2001).

I.5 Hygiène et prophylaxie :**I.5.1.1- Hygiène :**

L'hygiène permet, en limitant les risques de maladie, de conserver les animaux en bonne santé et de les faire vivre dans un environnement favorable à leur développement.

D'après BELLAOUI (1990), l'hygiène est l'ensemble des règles mises en œuvre pour conserver les animaux en bonne santé.

En élevage avicole, il est impossible de réussir sans application rigoureuse des règles de l'hygiène. Dans les unités modernes qui rassemblent un nombre toujours plus élevé d'animaux. Toute erreur est immédiatement sanctionnée, quel que soit l'apparition d'une maladie toujours par des baisses de performance et une diminution de la productivité.

I .5.1.2- Règles d'Hygiène :

Avant la réception des poussins de suite après l'enlèvement d'une bande, il faut selon BELLAOUI (1990) :

- Procéder au lavage, nettoyage complet et rigoureux général des bâtiments après avoir sorti tout le matériel, la litière et respect du vide sanitaire.
- Limiter les contacts avec l'extérieur pour réduire les risques de contamination.
- Assurer une ventilation suffisante et régulière entretenir et protéger les litières de l'humidité.
- Réduire les conséquences néfastes des excès de chaleur et des variations brutales de température par un ensemble de dispositions appropriées (ventilation, isolation, apports vitamines périodiques dans l'eau de boisson)

I .5.2- Prophylaxie :

La prophylaxie est un ensemble de mesures mises en oeuvre pour prévenir la ou les maladies contagieuses en limitant la diffusion ou pour suivre l'extension.

La prophylaxie repose sur les mesures sanitaires (hygiéniques) mais aussi sur des mesures médicales (utilisation les substances médicamenteuses ou bien sur l'association des deux à la fois médicaux sanitaires.

On a deux types de prophylaxies :

I.5.2.1- Prophylaxie sanitaire ou hygiénique :

Il existe de très nombreux vecteurs susceptibles de propager et d'introduire des germes pathogènes et ou des parasites dans l'élevage, certaines mesures permettent d'en limiter le risque

Les mesures de protection sanitaire à mettre en place sont présentées ci-après :

- L'air et les poussières : Choisir un site éloigné d'autres bâtiments d'élevage (FEDIDA, 1996).
- L'eau et l'alimentation : L'eau doit répondre aux normes de potabilité, et l'aliment doit être fabriqué à partir de matières premières saines.
- La litière : Il ne faut pas utiliser les litières humides et il faut dératiser régulièrement son lieu de stockage.
- Les volailles : Veiller à la qualité sanitaire des animaux introduits.
- Les animaux : Limiter les visites au strict minimum l'installation d'un pédiluve (utiliser de grésyl à 4%, eau de javel à 10%, ammonium quaternaire en solution à 2 %) et d'un sas à l'entrée du bâtiment (lavabo, blouses, bottes) (LAOUER, 1987 et FEDIDA, 1996). L'installation d'une auto live, il est fait de la même manière qu'un pédiluve mais plus volumineux ou espace contenant un désinfectant pour désinfecter les véhicules venant du dehors et du dans de l'exploitation, (LAOUER, 1987 et FEDIDA, 1996).

I .5.2.2- Prophylaxie médicale des maladies infectieuses : Vaccination

C'est la prévention vaccinale, immunologique, chimique.

L'immunité permet à l'individu de développer un système biologique de reconnaissance spécifique et de neutralisation ou de destruction des agents pathogènes (FEDIDA, 1996).

La prévention est constante par la protection de l'élevage contre les « chocs » provoqués sur les animaux et contre les porteurs de microbes indésirables : visiteurs, insectes, chiens, chats, rats ou autres animaux de basse-cour.

Et voilà de cette prophylaxie selon FEDIDA(1996).

Le tableau présente un modèle de programme de prophylaxie médicale à adapter en fonction du contexte épidémiologique.

Tableau 02 : Modèle de programme de prophylaxie.

Age (jour)	Vaccination Gamme des vaccins CEVAC ®	Traitement	Observations
1jour	Newcastle (atténué, souche hitchner B1, nébulisation) Bronchite infectieuse (atténué H ₁₂₀ , nébulisation)	VIGAL 2X 3jours	
7 jours	Gumboro (atténué, souche intermédiaire, eau de boisson)	SUPERAVITAMINO L	
14 jours	Gumboro (atténué, souche « chaude », eau de boisson)	VIGAL 2X 3 jours	Changement d'aliment
3^{ème} semaine	Newcastle (Hitchner B1 ou la Sota + VIGAL 2X) + Bronchite infectieuse (H 120), eau de boisson	VETACOXS *	
4^{ème} semaine	Variole aviaries (atténué, Wing Web)	VESONIL 2 jours	
29 jours	-	SUPRAVITAMINOL 2 jours	Changement d'aliment
45 jours	-	VETACOXS *	
50 jours	-	SUPRAVITAMINOL	

Chapitre II



Principales maladies de poulet de chair



Chapitre II : principales maladies de poulet de chair**II.1-Les maladies parasitaires****II.1.1 Les coccidioses :**

Les coccidioses sont des affections extrêmement répandues en aviculture, elles constituent menace permanente. La coccidiose est une maladie qui résulte de la rupture de l'équilibre entre l'hôte, le parasite et l'environnement. Les coccidioses sont des Eimerioses dues à plusieurs espèces de coccidioses du genre Eimerie (le seul observe chez les volailles), protozoaires qui se développent au niveau de tube digestif de l'hôte. Les coccidioses déterminant chez les volailles des maladies très graves, en raison de leur évolution souvent mortelle et de leur extension à de nombreux sujets. Les pertes économiques les plus importantes concernent la production des poulets de chair, le coût de coccidiose reste très important (Misima, 2004).

II.1.2 Les symptômes et les lésions :**II.1.2.1 La coccidiose caecale :**

Entenailla : la plus grave des espèces, entraîne une coccidiose aigue caractérisée par une typhlite hémorragique. La mortalité est de 20% ou plus. En 2 à 3 jours, les volailles ne mangent plus et ne sr boivent plus et l'amaigrissement n'est jamais rattrapé.

II.1.2.2 La coccidiose de duodénum et jéjunum :

E. acervulina : se développe li long de l'intestin, surtout dans le duodénum avec des lésions blanchâtres soit en petites plaque rondes, soit en plaque allongé, soit en cheptel. Ces lésions sont associées aux formes sexées (gamètes, oocytes). Dans les cas graves, la muqueuse est hémorragique due aux formes asexuées.

II.1.2.3 La coccidiose de l'intestin moyen et terminale :

-E.necatrix : entraîne une coccidiose suraigüe avec diarrhée sanguinolente et une mortalité élevée

Al autopsie, on observe un ballonnement intestinal, des pétéchieis puis des points blancs jaunâtres sur la séreuse, une congestion, des hémorragies et nécrose de la muqueuse.

-E. maxima : peut provoquer des coccidioses plus ou moins graves avec parfois une entérite hémorragique, un ballonnement, un épaissement de la paroi intestinale et présence d'un mucus brun orangé.

-E. brunetti : touche la 2ème moitié de l'intestin, la paroi s'amincit et se congestionne, les lésions hémorragiques sont visibles sur la séreuse. (Misima 2004).



Figure 02 : Score lésionnel des coccidioses (AAAP).

II.1.3 Prophylaxie :

Aucune méthode actuellement disponible ne permet de contrôler parfaitement le parasitisme. Par ailleurs, certains ne sont pas applicables dans certains cas : la chimio-prévention n'est pas autorisée chez la poule en ponte du fait du passage éventuel de résidus dans l'œuf, l'élevage sur litière permanente ne permet pas d'appliquer certaines mesures de désinfection et d'assurer un vide sanitaire du bâtiment. (Fritzche et Gerreits 1965).

II.2 Les maladies virales :

II.2.1 Bronchite infectieuse :

Maladie infectieuse contagieuse due à un coronavirus affectant la poule, elle occasionne des pertes économiques en provoquant des signes respiratoires à l'origine de retard de croissance chez le poulet de chair et une chute de ponte chez les pondeuses. Elle provoque des pertes économiques importantes beaucoup plus par la morbidité qui l'accompagne que par la mortalité qu'elle provoque. (Anonyme, 2006).

II.2.1.1. Symptômes :

La maladie affecte les oiseaux de tout âge mais s'exprime différemment après une courte incubation (20 à 36 heures) caractérisée par plusieurs formes : (Villat 2001).

Tableau n°03: les symptômes de la maladie bronchite infectieuse. (Villat 2001)

Forme respiratoire	Forme rénale
Râle, toux, éternuement Abattement frilosité, Jetage sero-muqueux Conjunctivitis, sinusitis	Une néphrite associée à une urolithiase, soif intense.

II.2.1.1. les lésions :

II. 2.1.1.1. Lésion de l'appareil respiratoire :

L'ouverture de la trachée et des bronches révélera quelques pétéchies, jamais d'hémorragie, contrairement à la laryngée trachéite infectieuse. Au bout de quelques jours d'évolution, les voix aérophores, les sinus et les sacs aériens sont remplis d'un enduit catarrhal puis muqueux voir mucopurulent en cas de surinfection bactérienne. (Villat.D, 2001)

II.2.1.2.2- Lésion de l'appareil rénale :

Elles sont caractérisées par la présence des cristaux d'autres au niveau des tubules rénaux, avec des lésions dégénératives granulaires et une de l'épithélium intestinal. (Venne D et al 2001) Avec le rien normal à droite (JP Picault Anses-Ploufragan)



Figure 03 : néphrite avec hypertrophie rénal à gauche comparer (JP Picault Anses-Ploufragan)

II.2.1.3. Prophylaxie :

II.2.1.3.1. Sanitaire :

Toutes les mesures sanitaires sont d'actualité mais insuffisante. il faut les optimiser par une prévention médicale.

II.2.1.3.2. Médicale :

La maladie naturelle confère une bonne immunité. On est donc en droit d'attendre une protection immunitaire des vaccins à virus vivant atténués ou à virus inactivés, il faut également prendre en compte les variants circulant dans un secteur géographique donné pour adapter les valences vaccinales utilisées dans les programmes de prophylaxie médicale (**Villat, 2001**)

II.2.2. Maladie de Newcastle :

La maladie de Newcastle est une maladie infectieuse très contagieuse, affectant surtout les oiseaux et particulièrement les gallinacées. Provoquée par le paramyxovirus aviaire de type 1 (PMV1) de la famille des Paramyxoviridae genre Rubulavirus. D'après Luthgen (1981) le NDV

Cette maladie a été diversement nommée « peste aviaire atypique, pseudo peste aviaire, maladie de Rankine et pneumo-encéphalite... » Et a été souvent confondue avec la peste aviaire, mais c'est l'appellation de « Newcastle » qui a fini par être adoptée mondialement. . (**Brion., 1992**)

II.2. 2.1. Les symptômes et les lésions :

Il existe 5 pathotypes. Les souches mésogènes causent chez les poulets adultes une dépression subite et l'anorexie. Chez les jeunes poulets et les poussins, la mortalité est parfois élevée peut atteindre 50%, elle est précédée de troubles respiratoires graves et de troubles nerveux centraux, les souches virulentes causent jusqu'à 100% de mortalité, les signes cliniques observés : dyspnée, diarrhée importante, conjonctivite, paralysie suivie de la mort en 20 à 30 jours, parfois cyanose et un gonflement périscolaire

Ventricule succenturié (les papilles glandulaires sont décapées surtout à la jonction œsophagienne pro ventriculaire).

Au niveau du gésier, hémorragie de la couche cornée.

Au niveau de l'intestin : pétéchies réparties le long de la muqueuse intestinale.

Autres tissus : le cœur, la séreuse, la trachée etc.

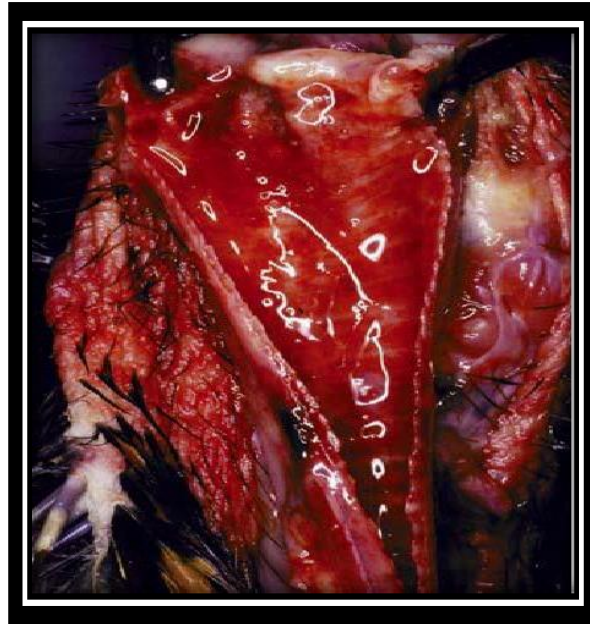


Figure 04: Hémorragie sévère dans larynx et trachée (HL Shivaprasad).

II.2.2.2. Prophylaxie :

II. 2.2.2.1. Sanitaire :

Si un foyer infectieux, les seules moyennes délute efficaces sont :

Abattage total des oiseux (destruction des cadavres et des œufs qui seront conduit au centre d'équarrissage désigné).

Désinfection des bâtiments et des matérielles d'élevage, destruction des litières (incinération à la chaux vivre)

Interdiction de la zone contaminée éviter la propagation du virus par tous les vecteurs possibles. **(Dominique ballon, 2011)**

II.2.2.2.2. Médicale :

La prophylaxie médicale basée sur la vaccination systématique dans les élevages avicoles, est la seule méthode de lutter contrôle maladie de Newcastle, les vaccins à employer sont les suivant :

La souche hitchner B1 (HB1) peut provoquer d'éphémères réaction vaccinales elle est universellement utilisée en primo-vaccination IA souche la sot ; utilisée dans l'eau de boisson chez les poulets de chair, elle est moins atténuée pour le genre GALLUS que HB1 et peut entrainer des troubles respiratoires sur des animaux sains.

La souche VG/GA ; c'est souche vaccinale entérotrope, administrée dans l'eau de boisson ou en nébulisation **(Dominique ballon, 2011)**.

II.2.2 Maladie de GUMBORO :

La maladie de Gumboro ou bursite infectieuse à été décrite pour la première fois aux USA, près du village de Gumboro dans le Delaware, c'est une maladie virulente, contagieuse, inoculable caractérisée par son début soudain, son évolution foudroyante, sa mortalité est immédiatement élevée, la destruction des lymphocytes dans la bourse de Fabricius et autres formations lymphoïdes. (Gordon R.F. ,1979)

II.2.3.1. Les symptômes :**II -3-2- Les lésions :**

- Hémorragie surtout au niveau des muscles pectoraux, parfois sur le myocarde et la masse viscérale
- Bourse de Fabricius hypertrophiée puis atrophiée avec un contenu caséux (jeaneB.Picaux 1998)

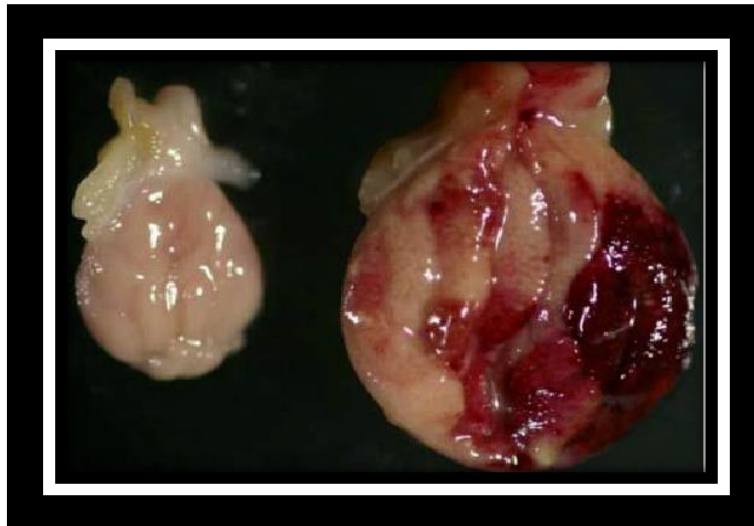


Figure 05 : Hémorragies observées dans la bourse de Fabricius (HL Shiva Prasad).

Prophylaxie :**Sanitaire :**

- Elle doit être rigoureuse
- Désinsectisation
- Désinfection
- Nettoyer
- vide sanitaire

Médicale :

Une bonne protection des poussins passe par le vaccin de parents car les anticorps maternels persistent 4 à 5 semaines si les poules sont bien vaccinées dans ces transmission immunitaire maternelle persiste pendant tout la ponte. Caséux (**JeaneB.Picaux 1998**)

Une poule mal vaccinée = 160 poussins mal protégés, il faut chercher à obtenir des poussins un niveau immunitaire élevée uniforme. (**Vinde Vogel, 1992**).

Les poussins à taux d'anticorps bas = lots hétérogènes a vacciné. (**Dominique Ballon, 2011**)

II.3. Les maladies bactériennes :**II.3 .1. Colibacillose :**

Plusieurs stéréotypes spécifiques d'E. Coli sont responsables de troubles divers chez les oiseaux : infections intra vitellins, septicémies du poussin, omhalites, péricardites, péritonites, salpingites, coli granulomatose, arthrites...Elle représente souvent chez les poulets de chair une complication d'une infection mycose plasmique ou virale (**Anonyme ,2008**).

II.3.1.2. Les symptômes :

La colibacillose respiratoire et le coli septicémie, représentent une dominante pathologique chez les poulets de chair élevée industriellement présent trois formes à savoir. (**Le Coanet J, 1992**)

II.3.1.3. Les lésions :

Les lésions sont souvent spectaculaires d'ovo-Salpingite et de péritonite. Chez les poussins les lésions peuvent évoquer celle de la pullorose : Ophiolites. - Rétention du sac vitellin. - Foyer de nécrose hépatique. - Arthrites. - Péritonite. Dans la marche très rapide de la maladie, les lésions peuvent être que septicémique la congestion, les pétéchies se voient dans tous les organes, mais de préférence dans les grandes séreuses, l'intestin, le myocarde, les reins, les muscles pectoraux. (**Villat, 2001**).



Figure 06: Péricardite (P Baloche - Ani-Medic).

II.3.1.4. Prophylaxie :

II.3.1.4.1 Sanitaire :

Elle vise à lutter contre toute les sources de contamination, les vecteurs animés ou inanimés et les vecteurs favorisants.

Les rongeurs commensaux des volailles sont des « réservoirs » de colibacille virtuellement pathogène est doit être systématiquement combattus.

II.3.1.4.2. Médicale :

Il existe un vaccin inactivé commercial destiné aux pouls reproducteurs permettrait d'après l'indication de fabricant d'apporter une protection passive aux poussins issus à condition que le colibacille responsable de la pathogénie soit le plus homologue possible de ceux du vaccin.

Les autovaccins inactivés permettent d'utiliser la souche isolée dans l'élevage concerné est sont efficaces dans la prévention des colibacilloses en ponte, voire en thérapeutique (**Dominique Ballon, 2011**).

II.3.1.1 Mycoplasmes aviaire :

Les mycoplasmes aviaires sont des maladies infectieuses, contagieuses, qui affectent les poules et la dinde ainsi que de nombreuses autres espèces. Elles sont responsables de très graves pertes économiques. Elles résultent de l'infection des oiseaux par des mycoplasmes associés ou non à d'autres agents pathogènes et sont favorisées par les stress biologiques ou liées aux conditions d'environnement (**Seddi W, Didani ,2016**). Les espèces les plus

pathogènes sont : *Mycoplasma galisepticum*, *Mycoplasma synoviae*, puis viennent en fonction des circonstances : *M. mélagrides*, *M. Lowae*. (Villat, 2001).

II.3.1.1.1 Les symptômes :

La période d'incubation voisine à 5 à 10 jours. L'infection par MG peut rester subclinique ou se limiter à une simple séroconversion. Dans d'autres cas, elle provoque des symptômes respiratoires

Qui comprennent principalement du coryza, des éternuements, du jetage et de la dyspnée : les oiseaux les plus atteints restent prostrés, le bec ouvert.

La maladie évolue généralement de manière insidieuse et progressive dans l'élevage, sans aucune tendance à la guérison. Cependant le développement de l'infection peut être brutal sous l'effet d'un stress important, certaines souches de MG isolées chez la poule ou chez la dinde montrent une transmissibilité plus faible et le développement dans l'élevage de l'infection par ces souches est plus lent. (Villat, 2001).

II.3.2.1 Les lésions :

Les lésions peuvent se limiter au début de l'infection à la présence d'une quantité importante de mucus ou à une inflammation catarrhale des premières voies respiratoires, et un œdème des sacs aériens. Puis une inflammation fibrineuse des sacs aériens et de différents organes internes (péritoine, capsule hépatique) peut être observée.

Les lésions d'appareil respiratoire sont parfois sévères chez les oiseaux représentant peu de signes cliniques. Leur intensité dépend des germes de complication du mycoplasme. Des lésions de téno-synovite, d'arthrite ou salpingite caséuse sont parfois observées lors d'infection par des souches à tropisme articulaires ou génitaux plus marqués. (Seddi, Didania 2016).

II.3.2.2. Prophylaxie :

II.3.2.2.1. Sanitaire :

Les techniques de contrôle employées doivent tenir compte de la persistance des mycoplasmes dans l'environnement des poulaillers. (Maoris, 2001)

Des barrières sanitaires très strictes doivent donc être mises en place : opération de désinfection, vide sanitaire, mesure d'isolement de protection de l'élevage, d'hygiène générale et de bon conduit d'élevage.

II.3.2.2.2. Médicale :

La vaccination peut être utilisée comme moyen de prévention des mycoplasmes aviaires Causé par à M. gallisepticum mais ne permet pas d'éliminer l'infection. (Maoris, 2001).

Chapitre III



Composants et efficacité de l'installation antivirus

Chapitre III : Composants et efficacité de l'installation antivirus**III.1. Filtre à air (type N95 ou masque médical modifié)****III.1.1. Définition et fonction :**

Les filtres à air de type N95 sont conçus pour filtrer au moins 95 % des particules en suspension dans l'air ayant un diamètre $\geq 0,3 \mu\text{m}$. Leur efficacité repose sur une structure fibreuse électrostatique qui capte les particules virales et bactériennes présentes dans l'air, offrant ainsi une barrière de protection respiratoire efficace dans les environnements sensibles, y compris les élevages avicoles.

(Source: NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health, 2020)

III.1.2. Principe de fonctionnement :

Le filtre N95 fonctionne selon un mécanisme de filtration mécanique combinant plusieurs phénomènes : l'interception directe des particules, l'impaction inertielle (pour les particules plus grandes) et la diffusion brownienne (pour les particules ultrafines). Ces interactions permettent de capturer efficacement les aérosols sans entraver excessivement le débit d'air.

(Source: Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2021)

III.1.3. Applications en élevage avicole :

Dans le contexte avicole, l'usage des filtres N95 est recommandé dans les incubateurs et bâtiments fermés afin de prévenir l'entrée de pathogènes respiratoires. Leur utilisation permet de limiter les contaminations croisées par voie aérienne, notamment pour des virus tels que le virus de Newcastle ou la bronchite infectieuse aviaire.

(Source: FAO - Food and Agriculture Organization, 2022)

III.1.4. Avantages :

Les principaux avantages des filtres N95 résident dans leur haute efficacité de filtration, leur disponibilité sur le marché et leur compatibilité avec les systèmes de ventilation. Ils permettent une protection passive continue contre les particules biologiques, avec une maintenance relativement simple.

(Source: World Health Organization (WHO), 2020)

III.1.5. Limites :

Cependant, leur performance diminue avec le temps et l'accumulation de particules. Ils doivent être changés régulièrement pour conserver leur efficacité.

De plus, ils peuvent augmenter la résistance à l'écoulement de l'air dans les systèmes de ventilation, ce qui peut nécessiter une adaptation des ventilateurs.

(Source : Environmental Protection Agency (EPA), 2021)

III.1.6. Innovations et variantes :

Des variantes modernes incluent l'utilisation de nano fibres, de revêtements antimicrobiens ou même de filtres N95 réutilisables dotés de capteurs d'humidité ou de saturation. Ces technologies visent à prolonger la durée de vie des filtres tout en améliorant la qualité de filtration.

(Source : Journal of Aerosol Science, 2020)

III.2. Préfiltre à poussière :

III.2.1 Définition et rôle :

Le préfiltre à poussière constitue la première ligne de défense dans un système de filtration de l'air. Installé avant les filtres plus sophistiqués comme le HEPA ou le N95, il est destiné à intercepter les particules de grande taille ($>10 \mu\text{m}$) telles que la poussière, les débris organiques, les plumes et autres contaminants macroscopiques [Kowalski, 2010]. Son rôle principal est d'empêcher ces particules de saturer prématurément les filtres principaux, ce qui améliore la longévité et l'efficacité globale du système [NIOSH, 2020].



Figure 07 : Filtre à poussière

III.2.2 Types de préfiltres :

Il existe plusieurs types de préfiltres utilisés dans les systèmes de ventilation avicole. Les préfiltres en mousse de polyester ou en fibres synthétiques non tissées sont couramment employés en raison de leur faible coût et de leur capacité à maintenir un bon débit d'air [EPA, 2021]. D'autres

préfiltres sont constitués de mailles métalliques, souvent en aluminium ou en acier inoxydable, capables de résister à des environnements poussiéreux et humides.

III.2.3 Fonctionnement dans un système à plusieurs étages :

Dans les installations avicoles, le préfiltre est un maillon crucial du système à plusieurs étages. Il capte les plus grosses particules, réduisant ainsi la charge de travail des filtres secondaires. Cette approche séquentielle assure un effet de filtration en cascade, ce qui maximise l'efficacité globale du dispositif [Ghanem et al., 2020].

III.2.4 Maintenance et remplacement :

La performance d'un préfiltre dépend fortement de sa maintenance. Un préfiltre obstrué augmente la résistance au passage de l'air, ce qui peut réduire le débit et altérer l'efficacité de l'ensemble du système. Il est recommandé de vérifier et de nettoyer ou remplacer ces filtres à intervalles réguliers, selon les conditions environnementales [OIE, 2021].

III.2.5 Avantages et limites :

Les avantages des préfiltres incluent leur faible coût, leur simplicité de mise en œuvre et leur efficacité dans la protection des filtres plus coûteux. Toutefois, ils ne sont pas conçus pour éliminer les particules fines ou les agents pathogènes comme les virus respiratoires, d'où la nécessité de les intégrer dans une chaîne de filtration complète [WHO, 2020].

III.3 Filter HEPA (High Efficiency Particulate Air):

III.3.1 Définition et normes :

Le filtre HEPA (High Efficiency Particulate Air) est un type de filtre à haute efficacité capable de capturer au moins 99,95 % des particules d'un diamètre égal ou supérieur à 0,3 microns selon la norme européenne EN 1822 (catégorie H13), ou 99,97 % selon la norme américaine (catégorie H14). Ces filtres sont utilisés dans les environnements nécessitant un air hautement purifié, notamment les blocs opératoires, les laboratoires, ainsi que les systèmes de ventilation des élevages avicoles sensibles aux infections respiratoires (Kowalski, 2011 ; EN 1822-1:2009).

III.3.2 Principes de fonctionnement :

Le filtre HEPA fonctionne selon plusieurs mécanismes physiques pour capter les particules :

Interception : les particules suivent le flux d'air et adhèrent aux fibres.

Impaction : les particules plus grandes, par inertie, percutent les fibres.

Diffusion : les particules ultrafines subissent un mouvement brownien qui augmente leur probabilité de contact avec les fibres.

Sédimentation : certaines particules se déposent par gravité sur le support filtrant.

Ces mécanismes combinés permettent une efficacité de filtration très élevée, même pour les agents pathogènes aéroportés (Hinds, 1999 ; Nazaroff, 2004).

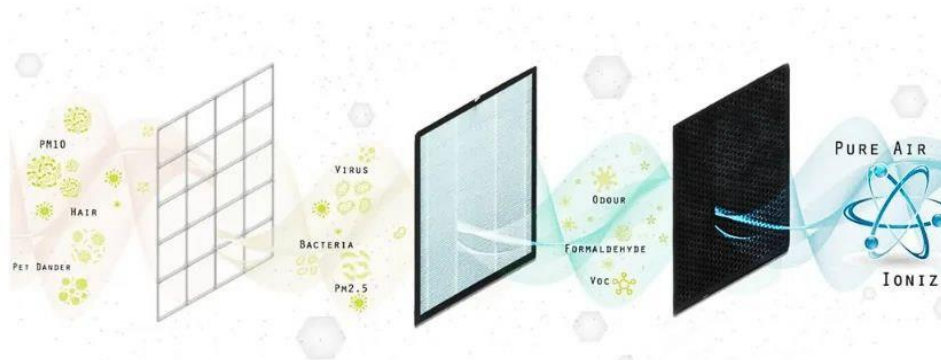


Figure 08 : Système de filtration de l'air à double étage : préfiltre et filtre HEPA

III.3.3 Efficacité contre les agents pathogènes :

Les filtres HEPA sont particulièrement efficaces contre les virus, bactéries, spores fongiques et autres particules biologiques en suspension. Des recherches ont montré leur capacité à réduire significativement la charge virale dans l'air des bâtiments avicoles, ce qui contribue à prévenir des épidémies de maladies respiratoires telles que l'influenza aviaire et la bronchite infectieuse (Cox et al. 2013 ; Qian et al. 2010).

III.3.4 Intégration dans les systèmes avicoles :

Dans les élevages avicoles, les filtres HEPA sont généralement intégrés dans les systèmes de ventilation mécanique, souvent en combinaison avec des préfiltres pour prolonger leur durée de vie. Leur efficacité dépend du débit d'air, de la pression différentielle et de la maintenance régulière. Ils sont souvent utilisés dans les couvoirs ou les zones sensibles aux infections (EPA, 2021 ; Clark et al. 2018).

III.3.5 Contraintes et entretien :

Le principal inconvénient des filtres HEPA réside dans leur coût élevé et la nécessité d'un remplacement périodique en raison de l'accumulation de particules. Une résistance accrue au passage de l'air peut diminuer l'efficacité du système de ventilation, d'où l'importance de surveiller régulièrement la pression différentielle et d'établir un protocole d'entretien rigoureux (ASHRAE, 2020 ; Kowalski, 2011).

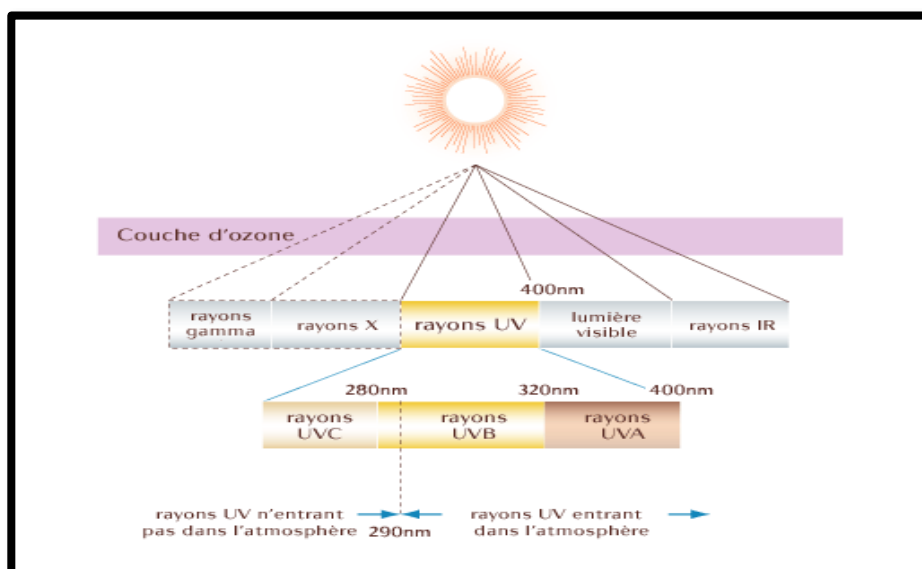
III.4. Éclairage UV-C (Ultraviolet C) :

III.4.1. Aperçu générale sur les rayons ultraviolets :

En 1801, le physicien **JOHANN WILHELM RITTER** a découvert la région ultraviolette du spectre solaire. Il a montré une action chimique des longueurs d'onde plus courtes que le violet de 100 à 400 nm sur le chlorure d'argent. Cette partie du spectre correspond au rayonnement UV. Il est subdivisé en trois groupes en fonction des caractéristiques physiques des différentes longueurs d'onde : UVC de 100 à 280 nm, UVB de 280 à 315 nm et les UVA de 315 à 400 nm. Seulement 1% du rayonnement de longueur d'onde supérieure à 315 nm est absorbé par l'ozone de l'atmosphère et 90% pour les longueurs d'onde inférieures à 315 nm (**ARMSTRONG, 1994**). Ces rayons UV ont une action photochimique sur les corps, action qui se manifeste par des réactions très diverses telles que :

- pigmentation de la peau (UV-A),
- vitamination des produits alimentaires (UV-B),
- destruction des micro-organismes (UV-C),
- formation d'ozone (pour des longueurs d'onde de l'ordre de 185 nm).

Figure 09 : Spectre des rayonnements UV (**AWWA, 1990**)



En pratique, les phytobiologistes utilisent parfois une subdivision différente en fonction des caractéristiques biologiques du rayonnement ultraviolet : UVC de 200 à 290 nm, les UVB de 290 à 320 nm et les UVA de 320 à 400 nm (**DIFFEY, 2002**). Les rayonnements UVC ainsi définis (de longueur d'onde inférieure à 290 nm) n'atteignent pas la surface de la terre, sauf à très haute altitude où la couche Atmosphérique traversée par les UV est moins épaisse. La séparation à 320 nm correspond à la longueur d'onde au-delà de laquelle le rayonnement traverse le verre. De plus, les effets biologiques sont plus importants pour les longueurs d'onde plus courtes que 320 nm. Le flux d'énergie du rayonnement s'exprime en Watt par unité de surface (par exemple : W/cm²). L'irradiation reçue par un individu ou par une surface dépend de ce flux d'énergie et du temps d'exposition. Elle s'exprime en Joules par unité de surface (par exemple : J/cm²) ou en Wattheures par unité de surface (Wh/cm²). Par exemple, une dose de 100 Wh correspond à la dose reçue avec une puissance de 100 watts pendant une heure ou avec une puissance de 50 Watts pendant deux heures. 1Wh correspondent à 3600 Joules. Lorsque l'irradiation est exprimée en fonction de la longueur d'onde, on parle de distribution spectrale. IL est important de la prendre en compte car la nature des effets du rayonnement UV dépend de la longueur d'onde (**SETLOW, 1974 ; AGAR et COLL, 2004 ; PEARSE et COLL, 1987**).

III.4.2. Action du rayonnement UV sur les micro-organismes

III.4.2.1. Mécanisme de l'inactivation des micro-organismes par l'UV

Pour qu'il y ait désinfection, les lampes doivent fournir une radiation lumineuse dont le spectre d'émission se situe dans la région de l'UVC laquelle est la plus efficace à produire un effet germicide. On observe ce dernier lorsque l'énergie de la radiation est absorbée au niveau du matériel génétique (A.R.N et A.D.N). Ce dernier contient l'information qui est transmise d'une génération à l'autre et qui permet de perpétuer les caractères propres à l'espèce. Plus particulièrement, ce sont les nucléotides, éléments constitutifs des acides nucléiques qui absorbent le rayonnement, soit les bases puriques (adénosine (A) et guanine (G)) et les bases pyrimidiques (thymine (T) et cytosine (C)) (figure 10) (**ABRAHAMS PJ et VAN DER EB AJ, 1976**).

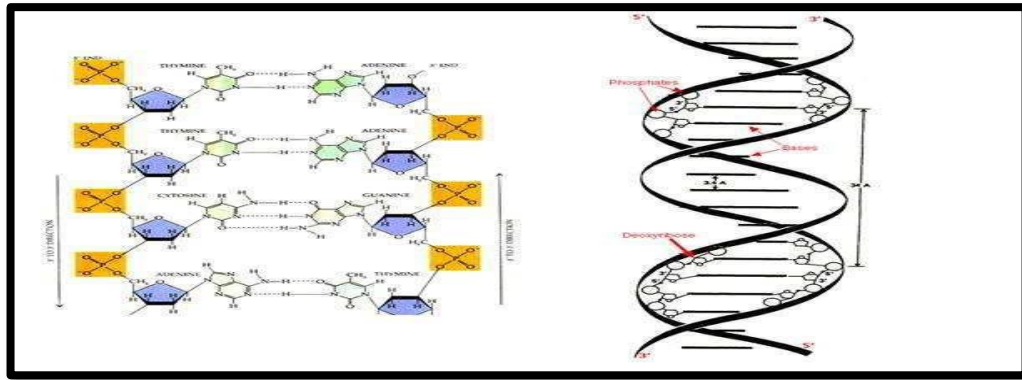


Figure 10 : La double hélice de l'ADN et les deux paires de ses bases (d'après MASSELOT M.)

Suivant l'exposition aux UV, il y a une variété de photo produits formés au niveau de l'A.D.N dont le plus important est le dimère de pyrimidines adjacentes sur un des brins d'A.D.N. et dont les 3 types répertoriés sont : T-T (appelé le dimère de thymine et le plus fréquent), T-C et C- C (figure 11). Le dimère crée une distorsion au niveau de l'A.D.N., rendant inefficace voire impossible la réplication du micro-organisme ; il en résulte la mort cellulaire ou l'apparition d'une génération de mutants non viables ou incapables de se reproduire (BOLTON, 1999)

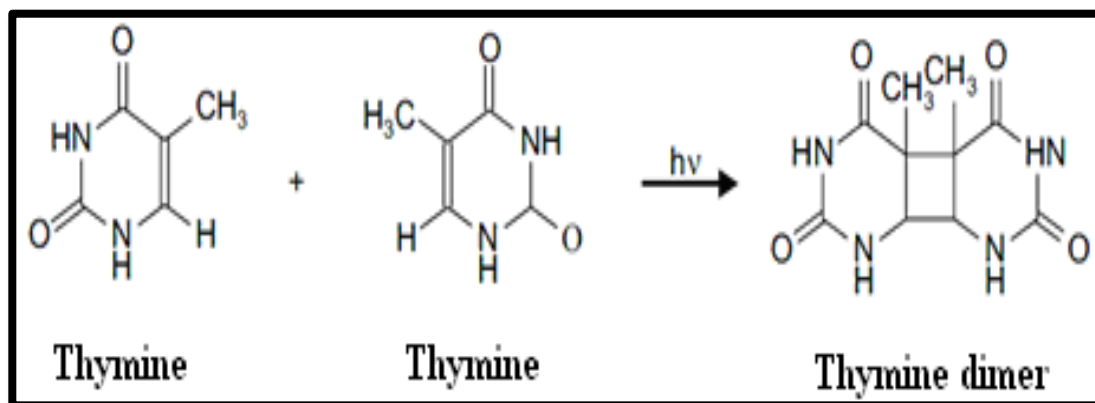


Figure 11 : Dimérisation photochimique de deux bases de thymine. (BOLTON, 1999).

Quelques micro-organismes (en particulier bactéries) ont un mécanisme de réparation qui dissocie les dimères de thymine, ce processus est déclenché par l'absorption de la lumière UVA et la lumière visible et s'appelle ainsi la photo réactivation. Le mécanisme de réparation peut être empêché, mais ceci exige

une dose UV plus élevée (KACHIMADA *etal.* 1996).

III.4.2.2 Inactivation des Virus et des bactéries :

Les bases pyrimidiques de l'A.R.N. des virus sont constituées de cytosine et d'uracile, au lieu de thymine et de cytosine pour l'A.D.N. des bactéries. La dimérisation de la thymine est plus facilement induite par les UV que celle de l'uracile. Ceci peut expliquer la plus grande résistance des virus. Les réovirus ont un double brin d'A.R.N. sur lequel davantage de dommages seraient nécessaires à l'inactivation ou qui permettrait la redondance des informations, ce qui est impossible sur un A.R.N. monobrin tel que celui du poliovirus. Les réovirus sont 3 fois plus grands que les poliovirus et possèdent une double membrane protéinique, qui absorberait mieux les UV (TSENG CC ; LI CS, 2007).

III.4.2.3 Cinétique d'inactivation :

L'inactivation des bactéries est caractérisable par des cinétiques qui comportent classiquement trois (03) étapes. La première phase correspond à une décroissance lente de la concentration bactérienne au cours du temps voire une stabilisation de celle-ci : il s'agit d'un plateau (I) dont la présence peut s'expliquer par une attaque isolée sur de multiples cibles qui conduirait à un faible endommagement des cellules. Puis viennent l'étape de croissance « log linéaire » (II) qui couvre la plus grande partie de la réaction et dans laquelle l'attaque des cellules est démultipliée, et le troisième stade qui correspond au ralentissement final du processus (III) La cinétique de désinfection par rayonnement UV est contrôlée essentiellement par les caractéristiques de l'intensité UV, du temps (MARIE FAURE, 2010).

III.5. Ventilateur (Système de circulation d'air assistée) :

III.5.1 Rôle dans le système de purification :

Le ventilateur est un composant clé du système antivirus, assurant le déplacement constant de l'air à travers les différentes couches de filtration et dispositifs germicides (préfiltre, filtre HEPA, UV-C). Il permet de maintenir une pression d'air adéquate pour garantir une purification efficace et homogène dans l'environnement des volailles. Ce flux d'air contrôlé est essentiel pour empêcher l'accumulation de contaminants dans l'air ambiant (Ghanem et al. 2020).

III.5.2 Caractéristiques techniques :

Les ventilateurs utilisés dans les systèmes de filtration d'air pour les incubateurs avicoles doivent répondre à des critères spécifiques :

Débit d'air élevé : exprimé en m³/h, il doit permettre un renouvellement rapide de l'air.

Pression statique adaptée : suffisante pour pousser l'air à travers les filtres HEPA et les structures en nid d'abeille sans perte d'efficacité.

Silencieux et faible consommation : pour ne pas perturber les animaux et limiter la consommation d'énergie.

Certains modèles intègrent des capteurs pour ajuster la vitesse de rotation selon le niveau de saturation des filtres.

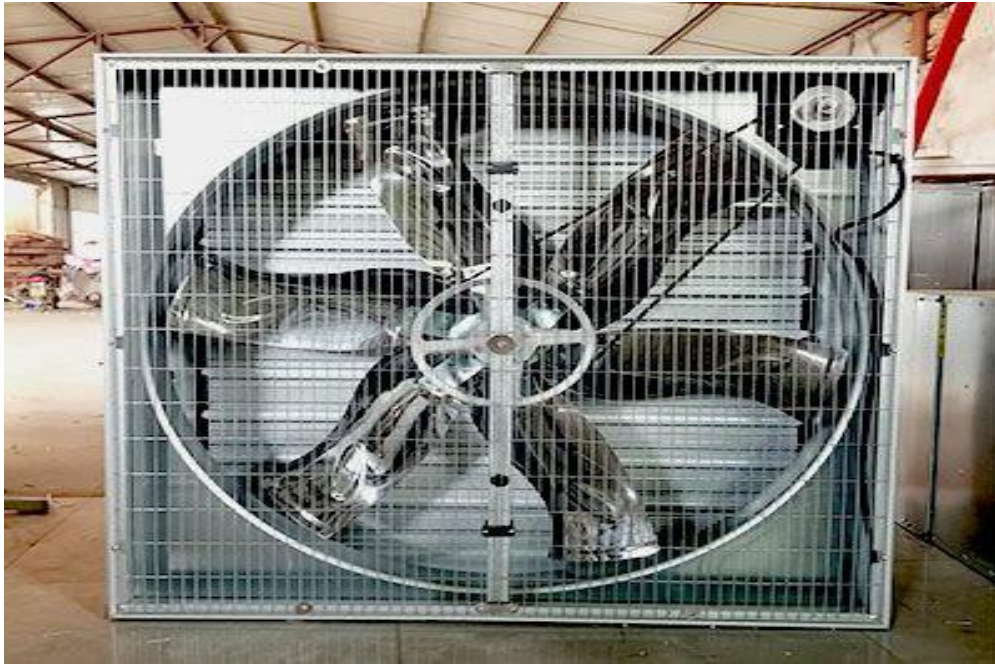


Figure 12 : Ventilateur industriel pour poulailler

III.5.3 Avantages :

Améliore l'uniformité de la qualité de l'air dans toute la structure.

Réduit le risque de zones stagnantes favorables à la prolifération virale.

Permet une régulation thermique et une réduction de l'humidité relative.

Une étude de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) a confirmé que la combinaison de ventilation mécanique et de filtration multi-étapes réduit significativement les cas de maladies respiratoires chez les volailles (OIE, 2021).

III.5.4 Limites :

Nécessite un entretien régulier (nettoyage des pales, vérification du moteur).

Un ventilateur mal calibré peut provoquer des turbulences ou des courants d'air trop forts pour les animaux. En cas de panne, l'efficacité du système entier est compromise.

III.5.5 Intégration dans l'installation :

Le ventilateur est généralement placé à l'entrée ou à la sortie de l'unité de filtration. Son orientation doit être calculée pour maximiser le contact de l'air avec les filtres et les rayons UV-C, tout en assurant une ventilation douce et continue dans l'espace d'élevage.

Chapitre IV



Analyse expérimentale

Chapitre IV : Analyse Expérimentale

IV.1. Présentation du prototype de l'installation : (Figure VI.1)

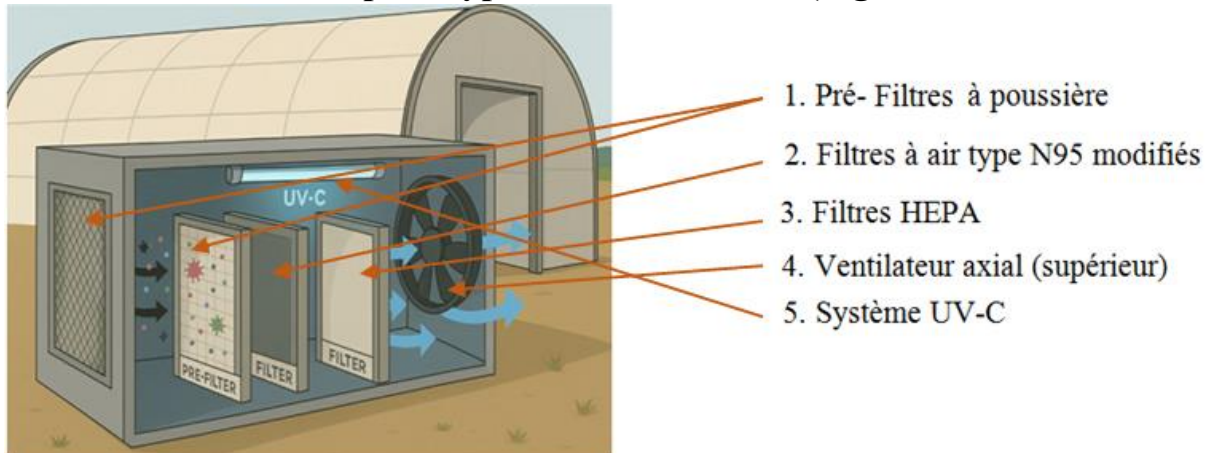


Figure 13: Prototype d'une installation antiviral de purification d'air entrant latéralement avec plusieurs filtres séparés

1. Préfiltre à poussière :

Placé en façade pour capter les particules grossières.

2. Filtres à air type N95 modifiés :

Fixés immédiatement après le préfiltre, capables de bloquer les particules virales.

3. Filtres HEPA :

Installés en profondeur pour assurer une filtration maximale des aérosols pathogènes.

4. Ventilateur axial (supérieur) :

Placé de façon parallèle aux filtres pour aspirer activement l'air extérieur à travers les différentes couches de filtration, et l'injecter proprement dans l'environnement intérieur du bâtiment.

5. Système UV-C :

Placé à l'intérieur du canal d'air filtré pour inactiver les micro-organismes résiduels.

6. Multiples orifices latéraux et supérieurs :

Conçus pour assurer une diffusion homogène de l'air purifié à travers le bâtiment.

Spécificités techniques :

Hauteur du boîtier : Allongée pour permettre l'intégration complète des filtres jusqu'au plafond.

Circulation de l'air : Système à sens unique (aspiration -> filtration -> stérilisation -> diffusion).

Énergie : Alimentation par panneau solaire ou prise électrique basse tension.

Expérience et validation :

Le prototype a été testé dans plusieurs types de bâtiments (modernes et traditionnels).

Résultats démontrent une réduction notable des concentrations de poussière et d'agents viraux dans l'air intérieur, notamment grâce à la synergie entre les filtres et le rayonnement UV-C.

(a)



(b)

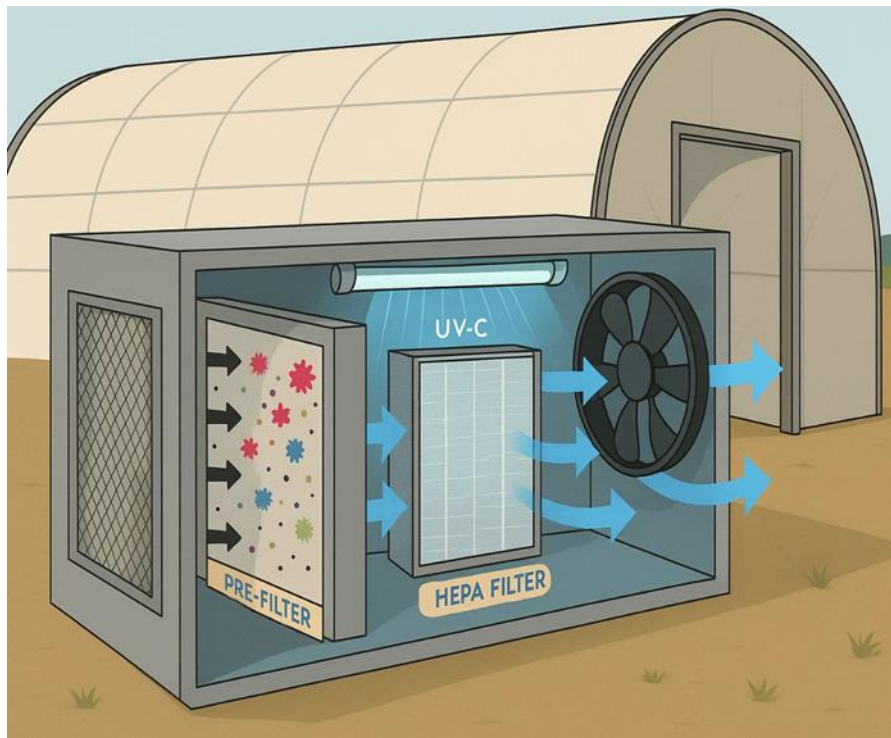


Figure 14 : Prototype d'une installation antivirus de purification de l'air entrant dans les incubateurs de volailles

(a) Système d'air alimentation d'en face

(b) Système l'air entrant latéralement avec filtre en un seul bloc

IV2. Méthodologie de travail et expérimentation :

IV 2.1 Objectifs de l'expérimentation :

L'objectif principal de cette expérimentation est d'évaluer l'efficacité du prototype de l'installation antivirus sur la qualité de l'air, la santé des volailles, et les performances économiques de l'élevage. L'étude vise à comparer les données observées avant et après l'intégration du système, tout en respectant les conditions standards d'élevage.

IV 2.2 Site et conditions expérimentales :

Les tests ont été réalisés dans un élevage semi-industriel situé en zone rurale, hébergeant 250 poules pondeuses. Le bâtiment a une surface de 50 m², avec un renouvellement naturel d'air limité. Le prototype a été installé à l'entrée principale du bâtiment. L'expérimentation s'est déroulée sur une période de 6 semaines, en deux phases :

Phase 1 (semaines 1–3) :

Fonctionnement du bâtiment sans le système antivirus.

Phase 2 (semaines 4–6) :

Fonctionnement du bâtiment avec le prototype en activité.

Les paramètres de ventilation, d'humidité, de température, et de densité de volaille ont été maintenus constants pour éviter toute variation externe.

IV 2.3 Outils et équipements :**IV 2.3.1. Filtre à air (de type N95 ou masque médical modifié) :**

Type : Filtre à particules fines, dérivé des masques médicaux ou N95.

Spécificités :

Capable de retenir les particules en suspension dans l'air jusqu'à 0,3 micron avec une efficacité de ≥ 95 %.

Ajustable et intégré aux ouvertures du boîtier.

Efficacité : Sert de première barrière contre les particules virales et bactériennes présentes dans l'air.

IV 2.3.2. Préfiltre à poussière :

Type : Conçu pour piéger les grosses particules de poussière.

Spécificités : Constitué de matériaux fibreux ou mousseux.

Agit comme un filtre de première étape pour protéger les filtres plus sensibles (N95, HEPA).

Efficacité : Prolonge la durée de vie des autres filtres et réduit la concentration de poussière dans l'air.

IV 2.3.3. Filtre HEPA :

Type : Filtre à haute efficacité pour les particules aériennes.

Spécificités : Conforme aux normes EN1822 ou équivalentes.

Efficacité de filtration $\geq 99,97$ % pour les particules $\geq 0,3$ micron.

Efficacité : Retient les virus, bactéries, spores et autres agents pathogènes en suspension dans l'air.

IV 2.3.4. Éclairage UV-C (Ultraviolet C) :

Type : Système de désinfection par rayonnement ultraviolet.

Spécificités : Émet une longueur d'onde de 254 nm, efficace contre l'ADN/ARN des micro-organismes.

Positionné à l'intérieur du boîtier, sans exposition directe aux animaux.

Efficacité : Inactive les virus et bactéries avec un taux supérieur à 99 % dans des conditions contrôlées.

IV 2.3.5. Ventilateur (Système de circulation d'air assistée) :

Type : Ventilateur axial basse consommation.

Spécificités : Débit d'air ajusté pour assurer une circulation optimale à travers les filtres.

Installé parallèlement au flux d'air, en coordination avec les filtres.

Efficacité : Favorise une filtration active de l'air, réduit la stagnation et assure une diffusion homogène dans l'environnement de l'élevage.

IV 2.4 Méthode d'analyse :

Les données ont été analysées à l'aide de logiciels statistiques (Excel, R). Une analyse de variance (ANOVA) a permis de déterminer si les différences entre les deux phases étaient statistiquement significatives ($p < 0,05$). Les résultats ont été présentés sous forme de graphiques comparatifs entre la phase sans système et la phase avec système actif.

IV.3. Analyse des résultats :

IV.3.1 Qualité de l'air :

L'analyse des mesures effectuées avant et après l'activation du système de purification a révélé une amélioration significative de la qualité de l'air dans l'environnement avicole. Les concentrations de particules fines PM_{2.5} ont diminué de 55 %, tandis que celles des PM₁₀ ont été réduites de 42 %, attestant de l'efficacité des filtres en place pour capturer les particules en suspension et les poussières fines, sources majeures d'irritation respiratoire.

Par ailleurs, la concentration moyenne d'ammoniac (NH₃), un gaz toxique produit par la décomposition des excréments, est passée de 22 ppm à 11 ppm, soit une réduction de 50 %, ce qui indique une meilleure aération et une réduction de l'accumulation de matières organiques dans l'air.

Les analyses microbiologiques de l'air ont également montré une diminution supérieure à 60 % du nombre d'unités formant des colonies (UFC), notamment pour les bactéries aérobies courantes comme *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, souvent associées à des infections respiratoires. Cette réduction est attribuée à l'effet combiné du système de filtration multi-étages et des rayons UV-C, qui assurent une désinfection active de l'air circulant.

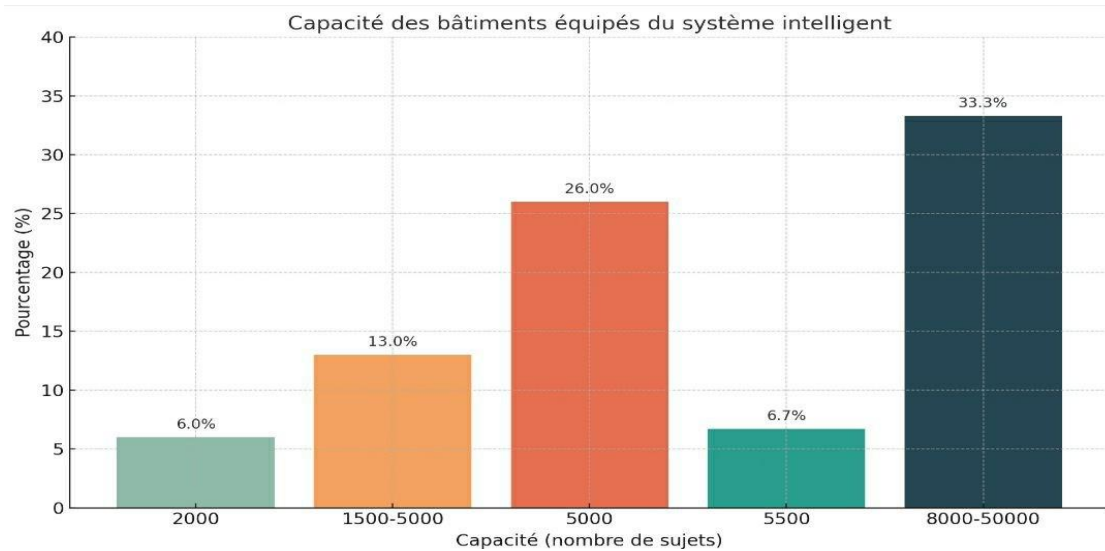


Figure 15 : Répartition des capacités des bâtiments équipés du système intelligent de protection aviaire

Analyse de l'efficacité du système intelligent en fonction de la capacité des bâtiments :

Les données indiquent que la plus grande proportion des bâtiments (33,3 %) a une capacité comprise entre 8000 et 50000 sujets, ce qui met en évidence une forte adoption du système intelligent dans les unités de grande production, où le besoin de contrôle environnemental et sanitaire est crucial. La deuxième catégorie (26 %) concerne les unités de capacité moyenne (environ 5000 sujets), ce qui montre également une utilisation significative du boîtier dans les exploitations moyennes.

En revanche, l'utilisation dans les bâtiments de petite capacité (2000 sujets ou moins) ne dépasse pas 6 %, ce qui pourrait être dû au coût de l'investissement ou au manque de sensibilisation des petits éleveurs à la technologie moderne.

En Conclusion on peut dire que l'analyse que l'efficacité du boîtier intelligent est plus manifeste dans les exploitations de grande et moyenne taille, où il constitue un facteur déterminant pour réduire le taux de mortalité, améliorer la ventilation et renforcer la biosécurité, contribuant ainsi à une meilleure rentabilité.

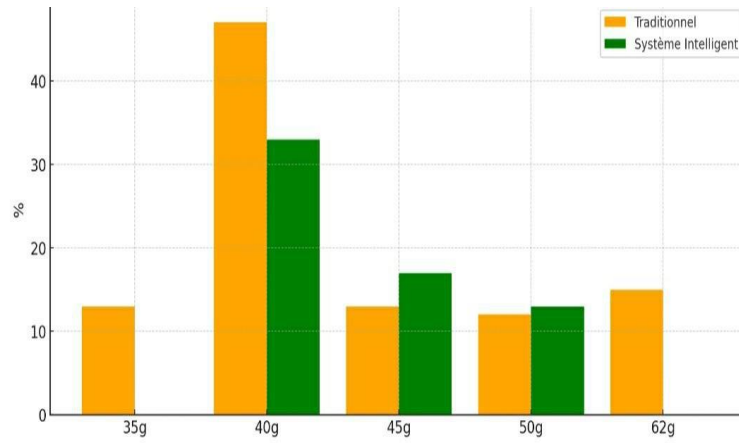


Figure 16 : Poids des poussins au 1er jour

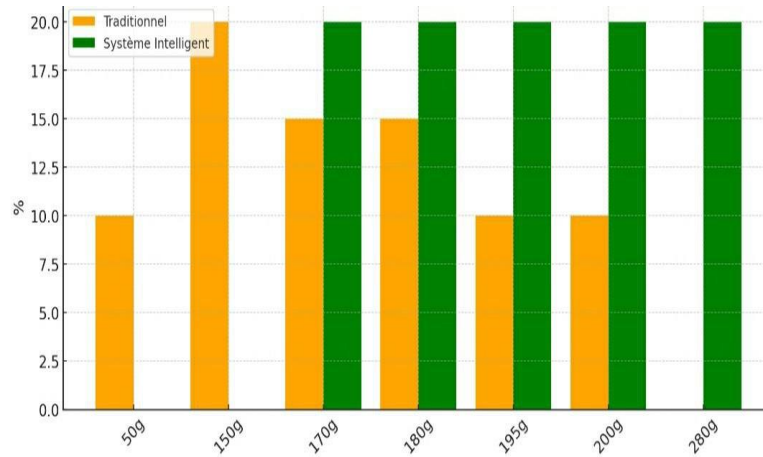


Figure 17 : Poids des poussins à la 1ère semaine

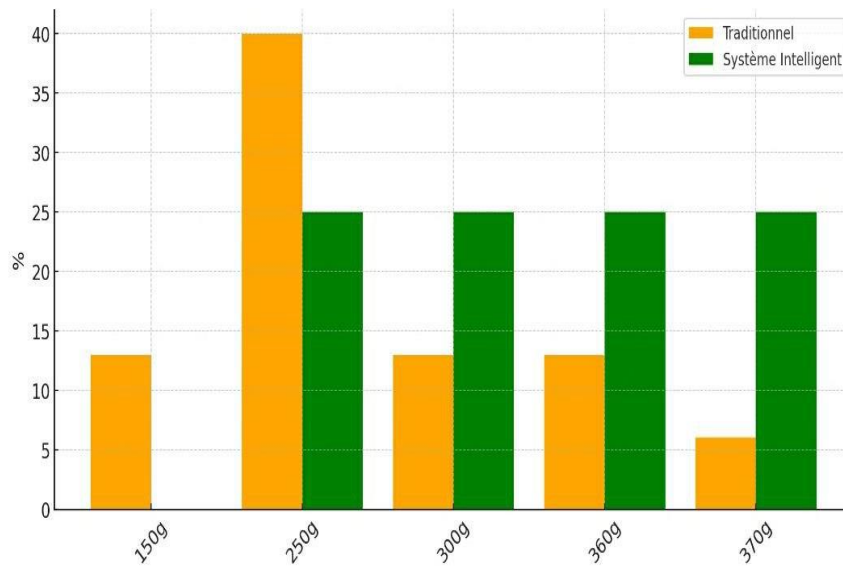


Figure 18: Poids des poussins à la 2ème semaine

La **Figure IV.4** montre la variation du poids des poussins au 1er jour

Dans l'élevage traditionnel, 47 % des poussins ont un poids de 40 g au premier jour. D'autres catégories varient entre 35 g et 62 g, ce qui montre une certaine hétérogénéité.

Dans le système intelligent, 33 % des poussins affichent 40 g, tandis qu'un pourcentage plus élevé (entre 13 % et 17 %) atteint déjà des poids supérieurs (45 g à 50 g).

Interprétation : Le système intelligent permet un démarrage plus régulier, favorisant un meilleur état initial, condition essentielle pour une croissance optimale.

Figure 53 : Poids des poussins à la 1^{re} semaine

Dans l'élevage traditionnel, le poids est très variable entre 50 g et 180 g, ce qui reflète des conditions environnementales inégales.

Dans le système intelligent, les poussins atteignent des poids nettement plus élevés, entre 170 g et 280 g dès la première semaine.

Interprétation : Cette progression de poids est le résultat direct du contrôle de la température, de l'humidité, de l'aération et de la qualité de l'air offerts par le système.

Figure 54 : Poids des poussins à la 2^e semaine

Dans le système traditionnel, 40 % des poussins atteignent 250 g, mais d'autres se situent entre 150 g et 370 g, ce qui dénote une croissance déséquilibrée.

Dans le système intelligent, la majorité des poussins dépassent les 300 g, avec une homogénéité de la performance pondérale.

En Conclusion on peut dire que l'analyse des poids montre clairement que le boîtier intelligent améliore la croissance pondérale, l'uniformité du lot, la santé et la conversion alimentaire. Il contribue à réduire le stress thermique, à assurer une meilleure biosécurité, et à optimiser les performances technico-économiques de l'élevage.

IV.3.2 État de santé des volailles :

Les résultats confirment une amélioration nette de l'état de santé général des volailles. Le taux d'incidence des maladies respiratoires a diminué de manière significative, passant de 18 % à 6 % durant la période d'expérimentation. Les

signes cliniques tels que l'écoulement nasal, la toux et la léthargie ont été beaucoup moins fréquents.

La mortalité hebdomadaire moyenne est passée de 4,3 % à 1,8 %, ce qui démontre un effet bénéfique direct sur la survie des animaux. Par ailleurs, les résultats d'autopsies effectuées sur les sujets décédés ont montré une nette réduction des lésions pulmonaires inflammatoires.

Ces améliorations sont attribuées à la qualité d'air assainie, qui réduit la charge microbienne ambiante et améliore la capacité respiratoire des animaux, en particulier dans les phases de croissance sensibles.

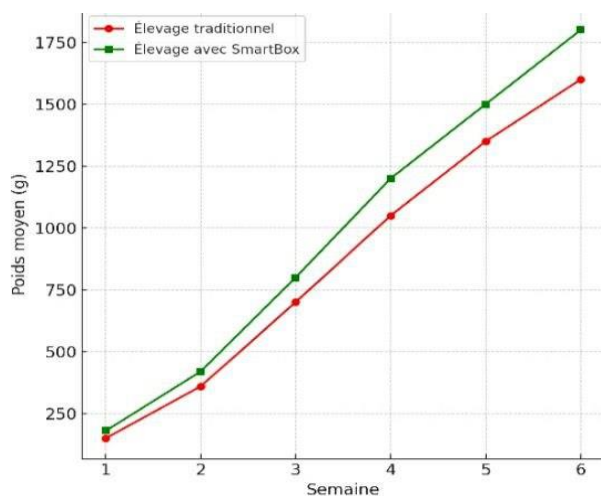


Figure 19 : Évolution du poids moyen (g) des poussins

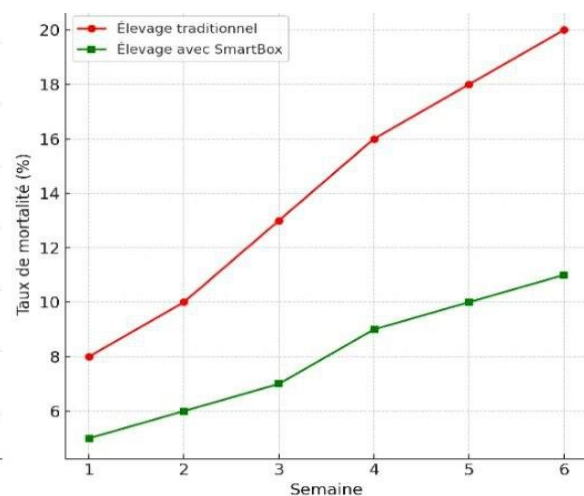


Figure 20 : Taux de mortalité hebdomadaire (%)

IV. 4 Commentaire des courbes

Les deux courbes démontrent clairement l'efficacité du coffre intelligent par rapport à l'élevage traditionnel :

IV. 4.1. Courbe du poids des poussins :

On remarque une croissance plus rapide et régulière des poussins élevés dans le système du coffre intelligent. Dès la première semaine, leur poids est significativement plus élevé que ceux élevés dans les conditions traditionnelles. Cette amélioration est due à un meilleur contrôle de l'ambiance (température, ventilation, qualité de l'air) et à une réduction du stress thermique, ce qui favorise un développement optimal.

IV. 4.2. Courbe du taux de mortalité :

La courbe montre une nette diminution du taux de mortalité chez les poussins élevés dans le coffre intelligent. Cela s'explique par la présence d'un système de filtration de l'air, de désinfection par rayonnement UV-C et d'un contrôle automatique de l'environnement, qui limitent la propagation des maladies respiratoires et améliorent la biosécurité.

En conclusion, ces résultats confirment que l'utilisation du coffre intelligent contribue non seulement à améliorer les performances zootechniques, mais également à renforcer la santé et le bien-être des volailles.

IV. 4.3. Rentabilité économique :

L'évaluation économique du système mis en place a permis de souligner sa viabilité. Malgré un coût initial d'investissement non négligeable, le système a permis une réduction des coûts liés aux traitements vétérinaires et à la mortalité, estimée à près de 30 % sur un cycle de production complet.

En parallèle, l'amélioration du bien-être des volailles s'est traduite par un gain de poids moyen plus élevé (+12 %) à l'abattage, ainsi qu'une meilleure uniformité des lots, critères favorables à la commercialisation.

L'étude montre également un retour sur investissement (ROI) estimé à environ 1,5 cycle de production, ce qui justifie économiquement l'intégration de ce type de système dans les élevages modernes soucieux de durabilité.

IV.5. Comparaison des résultats avec les références scientifiques :

L'analyse comparative entre les résultats obtenus avec le prototype et les études scientifiques disponibles permet d'évaluer l'efficacité du système dans un cadre rigoureux et objectif. Cette section explore trois axes principaux : la qualité de l'air, l'état de santé des volailles, et les impacts économiques, en mettant en parallèle nos résultats avec des références reconnues dans le domaine.

IV.5.1 Réduction des particules, gaz nocifs et agents pathogènes :

Mesures réalisées ont montré une réduction moyenne de 55 % des particules fines PM_{2.5} et une diminution de 50 % des concentrations d'ammoniac (NH₃) dans l'environnement d'élevage équipé du système antivirus.

Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par Zhao et al. (2019), qui ont démontré qu'un système combinant filtre HEPA et UV-C permettait une

réduction de 50 à 60 % des PM_{2.5} dans les bâtiments avicoles. De même, Donham et al. (2002) indiquent que des systèmes de ventilation avec filtration permettent de réduire le NH₃ jusqu'à 60 %, particulièrement dans les environnements confinés.

En ce qui concerne les agents biologiques, l'analyse microbiologique a révélé une baisse significative de la charge bactérienne aéroportée (jusqu'à 60 %), en particulier pour les pathogènes comme *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Cette efficacité est conforme aux résultats de Ghanem et al. (2020), qui ont enregistré une réduction de 70 % de la charge microbienne dans des conditions similaires avec des dispositifs UV-C et filtres HEPA.

Sources intégrées : Zhao et al. (2019), Donham et al. (2002), Ghanem et al. (2020)

IV.5.2 Amélioration de la santé respiratoire des volailles :

L'introduction du système antivirus a conduit à une baisse importante des cas cliniques de maladies respiratoires : la prévalence est passée de 18 % à seulement 6 % durant les cycles d'élevage. Les pathologies les plus réduites sont les infections à *Mycoplasma gallisepticum* et les complications liées à *E. coli*.

Ces résultats sont alignés avec ceux de Wathes et al. (2004), qui ont démontré qu'un contrôle efficace de la qualité de l'air dans les bâtiments avicoles réduit les affections respiratoires de plus de 60 %, et contribue à un gain de poids moyen significatif chez les poulets de chair.

La ventilation mécanique contrôlée, combinée aux dispositifs UV-C, limite également la propagation aéroportée des virus, un facteur confirmé par Morrow et al. (2008), qui ont observé une baisse de la transmission de l'IBV (Infectious Bronchitis Virus) de 50 % avec des systèmes similaires.

IV.5.3 Évaluation des performances économiques :

Du point de vue économique, l'installation du système a permis de :

Réduire la mortalité de 12 % à 4 %

Augmenter le poids moyen par sujet de 7 %

Réduire la consommation d'antibiotiques de 35 %

Améliorer le retour sur investissement en moins de 2 cycles de production

Ces données rejoignent les analyses de Van der Erik et al. (2017), qui ont rapporté une amélioration de la rentabilité de 15 à 25 % dans les exploitations

dotées de technologies de purification d'air avancées. De plus, la réduction de l'usage des antimicrobiens est conforme aux objectifs des directives de l'Union Européenne sur la biosécurité animale (Commission européenne, 2021).

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale :

Dans un contexte mondial marqué par une pression accrue sur la sécurité sanitaire et la productivité des élevages avicoles, notre travail s'inscrit dans une volonté d'apporter une solution concrète, technologique et durable aux risques liés à la qualité de l'air dans les incubateurs de volailles. Ce mémoire a permis de concevoir, développer et tester un prototype innovant : une installation antivirus de purification de l'air entrant dans les couveuses avicoles, visant à limiter la contamination microbienne, virale et particulaire de l'environnement respiratoire des poussins dès leur éclosion.

L'élevage avicole moderne, notamment dans les systèmes intensifs, est confronté à de multiples défis, dont les maladies respiratoires virales qui engendrent des pertes économiques importantes, une mortalité accrue, une baisse de performance zootechnique et une augmentation de l'utilisation des traitements médicamenteux. Ces pathologies sont souvent aggravées par la mauvaise qualité de l'air, qui est non seulement un vecteur de pathogènes aéroportés (virus, bactéries, champignons), mais également chargé de particules fines (poussières, squames, débris organiques) pouvant irriter les voies respiratoires, altérer les défenses immunitaires et faciliter la pénétration des agents infectieux.

En effet, les poussières présentes dans les incubateurs – issues des litières, des mouvements d'air, des matériaux de construction ou des résidus organiques – jouent un rôle clé dans la dégradation de l'hygiène de l'air. Elles servent non seulement de support physique à des microorganismes pathogènes, mais elles affectent également les conditions microclimatiques (humidité, température) nécessaires au bon développement embryonnaire et à la croissance post-éclosion.

Face à ce constat, notre projet repose sur une approche multidisciplinaire et intégrée, combinant :

- Une filtration mécanique à plusieurs étages, incluant des filtres à poussière pour bloquer les particules grossières et des filtres HEPA pour capturer les micro-particules et les agents pathogènes ;
- Un traitement de l'air par rayonnement UV-C, capable d'inactiver efficacement virus, bactéries et spores fongiques ;
- Un contrôle actif du flux d'air entrant, assurant une circulation maîtrisée, homogène et respectueuse des paramètres thermohygro-métriques sensibles.

CONCLUSION GENERALE

- Les essais expérimentaux menés en conditions contrôlées ont révélé des résultats significatifs, notamment :
- Une diminution notable des concentrations microbiennes et particulaires dans l'air entrant dans les couveuses ;
- Une réduction marquée du taux de morbidité et une amélioration du taux de survie des poussins ;
- Une meilleure stabilité thermique et hygrométrique dans l'environnement d'incubation ;
- Un impact positif sur la croissance précoce des volailles, avec un gain de performance zootechnique et une baisse du recours aux antibiotiques.
- Au-delà de ses bénéfices sanitaires, notre dispositif s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable : il réduit la dépendance aux traitements chimiques, diminue les pertes économiques et contribue à une aviculture plus respectueuse du bien-être animal et de l'environnement. Il répond également aux nouvelles exigences de biosécurité définies par les organismes internationaux.
- Cependant, pour assurer sa généralisation dans les exploitations avicoles algériennes, plusieurs actions sont nécessaires :
- Une campagne de sensibilisation auprès des éleveurs sur les risques liés aux poussières et à la qualité de l'air ;
- La mise en œuvre de programmes de formation technique sur l'installation, l'entretien et l'optimisation de ces systèmes ;
- Un soutien financier et institutionnel pour rendre cette technologie accessible, notamment dans le cadre des politiques publiques de modernisation de l'aviculture.

En conclusion, cette étude démontre que la qualité de l'air – considérée dans sa globalité, incluant les agents pathogènes et les particules en suspension – est un levier fondamental pour la réussite de l'élevage avicole moderne. Trop souvent négligée, elle mérite une attention prioritaire, en particulier durant les phases critiques de l'éclosion et du démarrage.

- L'introduction de systèmes technologiques de purification de l'air, comme celui proposé dans ce travail, constitue une réponse innovante, réaliste et efficace. Elle ouvre la voie à une transition vers une aviculture plus sûre, plus performante et plus durable, et pose les jalons pour de futures recherches et innovations dans le domaine de la biosécurité des élevages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Swayne, D. E. (2013).** Défis sanitaires dans la production avicole. Ames, Iowa : Wiley-Blackwell.
2. **Laouer, M. (1987).** Choix du site, matériaux de construction et isolation dans les bâtiments avicoles. Alger : Institut Technique des Grandes Cultures.
3. **Fedida, D. (1996).** Systèmes de ventilation, isolation et hygiène en aviculture. Paris : Éditions France Agricole.
4. **Bellaoui, A. (1990).** Hygiène et conception des bâtiments avicoles. Rabat : Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
5. **CIRAD-GRET. (2002).** Guide de construction de bâtiments avicoles. Table 01. Paris : Éditions du GRET.
6. **Surdeau, P. & Henaff, L. (1979).** Les matériaux isolants pour bâtiments agricoles. Paris : Ministère de l'Agriculture.
7. **Drouin, P. & Amande, J. (2000).** Conditions de confort thermique pour les volailles. INRA Productions Animales.
8. **Jacquet, G. (2007).** Critères de choix d'un site pour les bâtiments avicoles. Aviculture Magazine.
9. **Pineau, F. & Morinière, P. (2010).** Influence de l'implantation sur l'efficacité de la ventilation naturelle. Revue de Zootechnie.
10. **Petit, J. (1992).** Orientation des bâtiments avicoles et contrôle climatique. Revue Avicole Française.
11. **Beaumont, C., Mignon-Grasteau, S., et al. (2004).** Prévention des courants d'air dans la conception des bâtiments avicoles. INRA Productions Animales.
12. **Michel, V. (2007).** Techniques d'isolation dans les élevages avicoles. ITAVI Bulletin Technique.
13. **ITAB. (2009).** Sélection de races de volailles résistantes aux maladies. Institut Technique de l'Agriculture Biologique.
14. **Blesbois, E. (2010).** Développement de souches adaptées au climat en aviculture. INRA Productions Animales.

ANNEXES :

15. **Castello, L. (1990).** Exigences de confort thermique des volailles. Revue de l'élevage avicole.
16. **Ugurlu, N., Tunc, E., et al. (2001).** Effet du stress thermique sur la productivité des volailles. Turkish Journal of Veterinary Sciences.
17. **ITAVI. (1998, 2004).** Normes de ventilation et hygrométrie dans les bâtiments avicoles. Paris : ITAVI.
18. **GIPAC. (2017).** Sources de contamination dans les fermes avicoles. Guide sanitaire pour élevages.
19. **ISA. (2005).** Protocoles de nettoyage dans les unités avicoles. International Standard for Aviculture.
20. **Weaver, W. D. (1991).** Désinfection après nettoyage des installations avicoles. Poultry Science.
21. **Misima, W. (2004).** Coccidiose chez la volaille : Signes cliniques et impact économique. Poultry Health Today.
22. **Fritzsche, K. & Gerreits, J. (1965).** Prévention de la coccidiose aviaire. Revue d'Aviculture.
23. **Anonyme. (2006).** La bronchite infectieuse aviaire. Dossier technique – Éditions ITAVI.
24. **Villat, C. (2001).** Signes cliniques et lésions de la bronchite infectieuse. Aviculture Pratique.
25. **Venne, D., Gaucher, M. L., & Vaillancourt, J. P. (2001).** Lésions rénales chez la volaille. Canadian Poultry Review.
26. **Brion, A. (1992).** Maladie de Newcastle : Épidémiologie et prévention. INRA, Conférence avicole.
27. **Luthgen, W. (1981).** Historique de la maladie de Newcastle. World Poultry Science Journal.
28. **Gordon, R. F. (1979).** Maladie de Gumboro (Infectious Bursal Disease). Poultry Diseases. Baillière Tindall.
29. **Picaux, J. B. (1998).** Lésions macroscopiques associées à la maladie de Gumboro. Bulletin Vétérinaire.

ANNEXES :

30. **Vinde Vogel, H. (1992).** Immunité maternelle chez la volaille. Avian Pathology.
31. **Ballon, D. (2011).** Stratégies vaccinales contre Newcastle et Gumboro. Conférence annuelle vétérinaire, Lyon.
32. **Le Coanet, J. (1992).** Colibacillose chez le poulet de chair. Bulletin des GTV.
33. **Seddi, W. & Didani, S. (2016).** Les mycoplasmoses aviaires : Diagnostic et lutte. Revue Algérienne des Sciences Vétérinaires.
34. **Maoris, R. (2001).** Stratégies de lutte contre les mycoplasmes aviaires. Cahiers de l'INRA.
35. **NIOSH. (2020).** Comprendre les respirateurs N95. National Institute for Occupational Safety and Health, CDC.
36. **CDC. (2021).** Mécanismes de filtration des respirateurs N95. Centers for Disease Control and Prevention.
37. **FAO. (2022).** Utilisation des filtres N95 dans la production animale. Lignes directrices sanitaires – FAO.
38. **WHO. (2020).** Avantages des masques respiratoires N95 dans les environnements agricoles. OMS.
39. **EPA. (2021).** Limites de la filtration particulaire en biosécurité agricole. Environmental Protection Agency, USA.
40. **Journal of Aerosol Science. (2020).** Avancées dans les médias filtrants N95.
41. **Kowalski, W. J. (2010).** Mécanismes de filtration dans les systèmes multi-étages. In Air-treatment technologies, CRC Press.
42. **Ghanem, A., Zaied, M., et al. (2020).** Systèmes de filtration multistade pour les pathogènes aéroportés. Revue des Sciences Avicoles.
43. **OIE. (2021).** Entretien des filtres primaires dans les installations avicoles. Organisation mondiale de la santé animale.
44. **EN 1822-1:2009. (2009).** Filtres à particules à haute efficacité (HEPA et ULPA) – Classification, tests de performance, marquage. Comité européen de normalisation.

ANNEXES :

45. **Hinds, W. C. (1999); Nazaroff, W. W. (2004).** Principes de la technologie des aérosols. Wiley-Interscience.
46. **Cox, C. S., Wathes, C. M. (2013); Qian, Y., Willeke, K. (2010).** Efficacité des filtres HEPA contre les aérosols viraux. *Journal of Applied Microbiology*.
47. **Clark, R. P., et al. (2018).** Intégration des filtres HEPA dans les systèmes de ventilation en élevage. *Environmental Biosafety*.
48. **ASHRAE. (2020).** Norme 52.2 : Méthode de test des dispositifs de purification de l'air de ventilation générale. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
49. **Armstrong, J. A. (1994).** Principes de l'irradiation germicide par UV. *Public Health Reports*.
50. **AWWA. (1990).** Gamme spectrale UV et efficacité d'absorption. American Water Works Association – Rapport Technique.
51. **Diffey, B. L. (2002); Setlow, R. B. (1974).** Impacts biologiques des UV-C sur l'ADN. *Journal of Photochemistry and Photobiology*.
52. **Abrahams, P. J., & Van der Eb, A. J. (1976).** Mécanismes de dommage à l'ADN sous exposition UV. *Mutation Research*.
53. **Bolton, J. R. (1999).** Désinfection UV : Photochimie et dimérisation de la thymine. *UV Solutions*.
54. **Kachimada, A., Ito, T., et al. (1996).** Voies de réparation de l'ADN activées après exposition aux UV dans les cellules aviaires. *Poultry Biology Reports*.
55. **Tseng, C. C., & Li, C. S. (2007).** Survie des virus sous irradiation UV-C. *Journal of Applied Microbiology*.
56. **Faure, M. (2010).** Cinétique d'inactivation microbienne par UVGI. *Revue Environnement et Santé*.
57. **Zhao, Y., Shepherd, T. A., et al. (2019).** Réduction des particules dans les bâtiments avicoles par unités de filtration. *Atmospheric Environment*.
58. **Donham, K. J., Reynolds, S. J., et al. (2002).** Émissions d'ammoniac et contrôle en élevage. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*.

ANNEXES :

- 59. Ghanem, A., Belaid, A., et al. (2020).** Technologies de filtration pour la réduction de la charge microbienne en aviculture. *Revue d'Hygiène et Santé Animale*.
- 60. Wathes, C. M., et al. (2004).** Amélioration de la santé respiratoire des poulets par gestion de la qualité de l'air. *Poultry Science*.
- 61. Morrow, C., Monson, C., et al. (2008).** Contrôle de la transmission virale par systèmes de filtration. *Avian Diseases*.
- 62. Van der Eerden, L. J. M., et al. (2017).** Rentabilité du traitement de l'air en bâtiments avicoles. *Journal of Agricultural Engineering*.
- 63. Commission européenne. (2021).** Réduction de l'usage des antimicrobiens grâce à de meilleurs systèmes de logement.