

Conception, réalisation et expérimentation d'une couveuse électrique et automatique pour l'incubation des œufs de poule à l'Institut Supérieur de Technologie de Mamou, République de Guinée

**Ansoumane SAKOUVOGUI^{1*}, Orabaou BEAVOGUI², Mohamed Salif CAMARA²,
Jean Ouèrè TOUPOVOGUI² et Mamby KEITA³**

¹ *Institut Supérieur de Technologie de Mamou, Département Energétique, BP 63, Mamou, Guinée*

² *Institut Supérieur de Technologie de Mamou, Département Instrumentation et Mesures Physiques, BP 63, Mamou, Guinée*

³ *Université Gamal Abdel Nasser de Conakry Faculté des Sciences, Département de Physique, BP 1147, Conakry, Guinée*

(Reçu le 24 Septembre 2023 ; Accepté le 05 Décembre 2023)

* Correspondance, courriel : ansoumane2015@gmail.com

Résumé

La présente étude a pour objectif, la conception et l'expérimentation d'une couveuse électrique et automatique pour l'incubation des œufs de poules. La méthodologie consiste à déterminer les paramètres géométriques de la couveuse ; choisir les différents composants électroniques et électriques ; programmer les différentes commandes, faire le bilan thermique ; faire le schéma de l'ensemble du système ; construire et expérimenter la couveuse. La couveuse conçue est caractérisée par les dimensions (80 × 66 × 32,5), avec trois claies de 3600 cm² de surface chacune et le nombre d'alvéole par claie est de six. Le bilan thermique journalier relatif au dispositif est de 2551,744 kJ. La température et l'humidité moyennes journalières d'essai à vide à l'intérieur et dans le milieu ambiant sont respectivement 37,24°C et 57,68%. Durant les 21 jours d'incubation, la température intérieure moyenne a varié de 36,10°C (21^{ème} jour) à 37,65°C (3^{ème} jour), avec une moyenne de 37,20°C. L'humidité relative a varié de 53 % (7^{ème} jour) à 74 % (20^{ème} jour), avec une moyenne de 59,61 %. Le dispositif réalisé a permis d'éclorre 470 œufs sur 540 dans la couveuse soit un taux éclosion de 87 %.

Mots-clés : *couveuse électrique et automatique, réalisation, expérimentation, œufs de poule.*

Abstract

Design and construction of an electric and automatic incubator for the incubation of chicken eggs at the Higher Institute of Technology at Mamou, Republic of Guinea

The objective of this study is to design and build an electric and automatic incubator for the incubation of chicken eggs. The methodology consists of: determining the geometric parameters of the incubator; choose the various electronic and electrical components; build the incubator; program the various commands, make the heat balance; draw the diagram of the whole system and experiment with the incubator. The incubator

produced is characterized by the dimensions ($80 \times 66 \times 32.5$), with three racks with an area of 3600 cm^2 each and the number of cells per rack is six. The total daily thermal balance relating to the device is 2551.744 kJ . The average daily vacuum test temperature and humidity indoors and in the ambient are 37.24°C and 57.68% respectively. During the 21 days of incubation, the average internal temperature varied from 36.10°C (21st day) to 37.65°C (3rd day), with an average of 37.20°C . The relative humidity varied from 53% (7th day) to 74% (20th day), with an average of 59.61% . The device produced made it possible to hatch 470 eggs out of 540 in the incubator, i.e. a hatching rate of 87% .

Keywords : *electric and automatic incubator, realisation, experimentation, chicken eggs.*

1. Introduction

Pour les besoins de survie, l'être humain est appelé à se nourrir. Cette alimentation doit être complète pour assurer la croissance des hommes. Parmi les multiples aliments contribuant à cet équilibre figurent en bonne place les protéines. Une des sources de ces protéines et pas des moindres est le poulet [1]. Actuellement en Afrique de l'Ouest, le développement de la filière avicole telle que la production de poulets de chair et poules pondeuses, apporte une grande contribution dans la lutte contre la pauvreté. C'est pourquoi la modernisation de la conception des incubateurs fait l'objet de recherche [2]. La République de Guinée est un pays à forte tradition pastorale, disposant d'immenses potentialités naturelles grâce à la diversité de ses conditions agro-écologiques. L'élevage demeure la deuxième activité du secteur rural après l'agriculture. Il concerne plus 500 mille éleveurs recensés en 2015, dont les effectifs des cheptels en 2016 sont estimés à 6759 mille bovins, 2,38 millions ovins, 2,85 millions caprins, 130 mille porcins et 30 millions de volailles. Il procure des revenus à 30% de la population rurale [3]. L'aviculture guinéenne traditionnelle ou moderne demeure une activité économique largement pratiquée par la population. L'aviculture moderne est basée essentiellement sur l'élevage de poules pondeuses. Les poussins sont soit importés ou issus des couvoirs locaux. Malgré les efforts des producteurs locaux, les aviculteurs guinéens font face à d'énormes contraintes liées notamment au manque de financement, à l'approvisionnement en aliments de volailles et surtout à la concurrence des importations de la viande de poulet [4].

L'incubation des œufs peut se faire naturellement ou artificiellement. Les incubateurs artificiels ont été inventés pour mener à terme le développement des embryons sans l'aide de leurs géniteurs [5]. L'incubation artificielle est l'ensemble des opérations qui, à partir d'une quantité d'œufs pondus, permet d'obtenir le maximum de poussins viables au coût le plus bas possible. Cette technique utilise des incubateurs [6]. Un incubateur est un dispositif composé essentiellement d'une enceinte fermée, qui peut être maintenue à une température et une humidité constantes grâce à un système de contrôle, et des œufs y sont placés pendant l'incubation. Les matériaux utilisés pour l'enceinte doivent être non poreux et faciles à entretenir pour le nettoyage ; le PVC et l'aluminium sont idéaux à cet effet. Ils doivent également être de bons isolateurs thermiques [7, 8]. La durée d'incubation varie selon l'espèce, la souche, les conditions physicochimiques, la durée de conservation des œufs, l'âge des reproducteurs et les conditions physiques dans l'incubateur. Les paramètres importants agissant sur l'incubation sont : la température, l'humidité, l'aération, la ventilation, le retournement et l'âge des œufs [9]. Le phénomène naturel de production du poussin consiste à faire couvrir une poule pour une période de 21 jours. Ce processus artisanal ne peut permettre de subvenir aux besoins de la population ; il se pose alors un problème de production en grand nombre de poussins qui seront fournis aux aviculteurs pour leurs activités [10, 11]. La nécessité des méthodes d'incubation artificielle s'impose et s'appuie sur la méthode artisanale. L'aviculteur optera pour une production massive et habituelle. Les poules étant incapables d'assurer les ambitions de ce dernier, il

se penchera sur les incubateurs artificiels. Ainsi, après une prise de décision, il faudrait que l'aviculteur choisisse parmi les modèles déjà existants et adaptés à son environnement pour un meilleur rendement. Nous nous rendons compte que les couveuses importées causent des problèmes dans nos industries dues aux variations climatiques. C'est dans cet ordre d'idée que nous nous sommes proposé la conception et l'expérimentation d'une couveuse électrique et automatique pour l'incubation des œufs de poule. L'objectif global de ce travail consiste à concevoir et expérimenter une couveuse artificielle capable de recréer les conditions idéales d'incubation d'œufs de poule. Cela inclut un contrôle de la température, de l'hygrométrie, une certaine ventilation, mais aussi l'inclusion d'un mécanisme de retournement des œufs.

Ce travail vise à répondre aux hypothèses suivantes :

- *Quels sont les paramètres à prendre en compte et comment les contrôler?*
- *Comment évaluer les besoins en énergie et les matériaux nécessaires à la réalisation des objectifs?*
- *Par quelles étapes passent la conception et la construction de la couveuse ?*
- *Comment poursuivre ce travail de recherche, l'améliorer et l'adapter à d'autres situations ?*

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Présentation du cadre d'étude

Ce travail a été réalisé au laboratoire d'Electronique du département Instrumentation et Mesures Physiques de l'Institut Supérieur de Technologie de Mamou. Ce département est l'un des six départements dudit Institut qui fut créé par arrêté Ministériel N° : 2004/9245/MESRS/CAB du 25 août 2004. C'est une Institution publique à caractère professionnel, scientifique, technique et technologique, relevant du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation. Avec une étendue de 6 hectares, elle est située au quartier Télico à 4 km du centre-ville de Mamou et à 270 km de Conakry [12].

2-1-2. Equipements de travail

Dans le cadre de ce présent travail, les équipements sont constitués : d'outils de travail ; de composants de la partie mécanique, électrique et électronique.

a) Outils de travail

Les outils de travail sont : kit de tournevis, perceuse, plaque à essais, pinces, étain, paire de ciseaux, ruban adhésif, paire de gants, papier de verre, centimètre, multimètre, colle, lame de scie, cutteur, etc.

b) Composants de la partie mécanique

Les composants de la partie mécanique sont : fer plat de 20 mm, cornière de 20 mm, vis-écrous, grillage, châssis qui encadre le système de retournement, alvéoles en carton, support en isorel de 15 mm, plexiglas, vitre, contreplaqué, formica, etc.

c) Composants de la partie électronique et électrique

Les composants de la partie électronique et électrique sont : carte Arduino uno, afficheur LCD, transistors (C1815), capteur de température et d'humidité (DHT11), module de relais de 12v DC, ampoules de 60 W, résistances de différentes valeurs, condensateurs chimiques et secs, régulateurs 7812 et 7809, diodes 1N4007, moteur électrique (lève vitre électrique), diodes électroluminescentes (DEL), batterie de 12V DC et ventilateurs électriques 220V AC [13 - 15].

2-2. Méthodes

La méthodologie adoptée dans ce travail consiste à : élaborer l'organigramme du programme, faire la programmation des commandes, faire le bilan thermique, choisir les différents composants électroniques et électriques, faire le schéma de l'ensemble du système, réaliser et expérimenter le dispositif.

2-2-1. Programmes des commandes

Les programmes et les différents codes dans le logiciel Arduino qui permettent de faire fonctionner le système portent sur la programmation des commandes du DHT11 ; de l'affichage numérique via un écran LCD ; des sources de chaleur et du moteur.

2-2-2. Bilan thermique

Le bilan thermique est constitué de pertes thermiques externes, des charges thermiques externes et internes liées au dispositif.

a) Pertes thermiques externes

Les pertes thermiques (Q_i) dues différentes parois de la couveuse sont déterminées par la **Formule 1** [16].

$$Q_i = K_i \times S_i \times \Delta T \quad (1)$$

où, Q : pertes thermiques en (W) ; S : surface de la paroi considérée en (m^2) ; ΔT : différence de température entre les deux côtés de la paroi en ($^{\circ}C$) ; K : coefficient global de transmission thermique des parois considérées exprimé en ($W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$) ; i : correspond aux numéros des différentes faces de la couveuse, allant de 1 à 6. Avec :

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{h_{ex}} + \sum_i^n \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{in}}} \quad (2)$$

où, h_{ex} : coefficient de convection extérieure en ($W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$) ; h_{in} : coefficient de convection intérieure en ($W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$) ; e_i : épaisseur de la paroi considérée en (m) des différents matériaux utilisés qui sont : le contreplaqué et le plexiglas ; λ_i : coefficient de conductivité thermique de la paroi considérée en ($W/m \text{ } ^{\circ}C$).

Ainsi, les différentes pertes thermiques externes sont calculées comme suit :

- Pour la face 1 constituée de plexiglas (à travers lequel on regarde l'intérieur de la couveuse) et le contreplaqué en bois on a (3) :

$$Q_{F1} = Q_{F1CP} + Q_{F1PG} = (K_{1CP} \times S_{1CP} \times \Delta T) + (K_{1PG} \times S_{1PG} \times \Delta T) \quad (3)$$

$$\text{Pour la face 2 constituée de contreplaqué en bois on a (4) : } Q_{F2} = K_{2CP} \times S_{2CP} \times \Delta T \quad (4)$$

$$\text{Pour la face 3 constituée de contreplaqué en bois on a (5) : } Q_{F3} = K_{3CP} \times S_{3CP} \times \Delta T$$

$$\text{Pour la face 4 constituée de contreplaqué en bois on a : } Q_{F4} = Q_{F3} \quad (5)$$

$$\text{Pour la face 5 constituée de contreplaqué en bois on a (6) : } Q_{F5} = K_{5CP} \times S_{5CP} \times \Delta T \quad (6)$$

$$\text{Pour la face 6 constituée de contreplaqué en bois on a (7) : } Q_{F6} = K_{6CP} \times S_{6CP} \times \Delta T \quad (7)$$

Les pertes de chaleur à travers les différentes parois de la couveuse sont donc (8) [17] :

$$Q_1 = Q_{F1} + Q_{F2} + Q_{F3} + Q_{F4} + Q_{F5} + Q_{F6} \quad (8)$$

Les pertes thermiques dues à l'ouverture de la porte (Q_2) sont calculées comme suit (9):

$$Q_2 = n \times \frac{V_u}{V_{S1}} \times \Delta H \quad (9)$$

avec, $n = \frac{65}{\sqrt{V_u}} = 96,89$: taux de renouvellement de l'air extérieur ; $V_u = L \times l \times h = 0,450m^3$: volume utile intérieur de la couveuse ; $V_{S1} = V_u/m = 0,163 m^3/kg$: volume spécifique intérieur et $m = 2,755kg$: masse de la couveuse ; $\Delta H = H_{in} - H_{ex} = 10 kJ/kg$: différence d'enthalpie ; $H_{ex} = 88 kJ/kg$: enthalpie extérieure ; $H_{in} = 98 kJ/kg$: enthalpie intérieure.

Les pertes dues aux œufs (Q_3) sont calculées comme suit (10) : $Q_3 = m \times c \times (T_1 - T_2)$ (10)

où, $m = 50 g$: masse d'un œuf ; $c = 3,18 kJ/kg^\circ C$: chaleur massique ; $T_1 = 32^\circ C$ et ($T_2 = 37^\circ C$) sont respectivement les températures du milieu ambiant et celles de la surface des œufs.

b) Charges thermiques internes

Les différentes charges thermiques internes de la couveuse sont : les apports dus à la respiration des œufs et aux ventilateurs. Les pertes de charges thermiques dues à la respiration des œufs (Q_4) sont calculées comme suit (11) :

$$Q_4 = m \times q_{res} \quad (11)$$

où, $m = 27 kg$: Masse totale des œufs ; $q_{res} = 226 kJ/kg$: Chaleur de respiration des œufs.

Apports dus aux ventilateurs (12).

$$Q_5 = n \times P \times t \quad (12)$$

avec, $n = 2$: Nombre de ventilateurs ; $P = 22 W$: Puissance d'un ventilateur ; $t = 24 h$: le temps de fonctionnement des ventilateurs.

c) Bilan thermique provisoire

Le bilan thermique provisoire (Q_p) est la somme de différentes pertes de charges thermiques calculées (13) [18].

$$Q_p = \sum_1^5 Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (13)$$

d) Pertes thermiques non chiffrées

Les pertes thermiques non chiffrées représentent 4 % du bilan provisoire, soit (14) :

$$Q_6 = 4 \% \times Q_p \quad (14)$$

e) Bilan thermique total

Le bilan thermique total (Q_t) lié au système est obtenu comme suit (15) :

$$Q_t = Q_p + Q_6 \quad (15)$$

f) Puissance thermique des lampes

La puissance thermique des lampes est déterminée par la **Relation (16)**:

$$P = \frac{Q_t}{t} \quad (16)$$

avec, Q_t : en (kJ); $t = 86400$ s : temps de fonctionnement de la cuveuse en seconde.

2-2-3. Choix des composants

Les différents composants pour l'élaboration de l'alimentation sont :

a) Choix des régulateurs

Pour le bon fonctionnement du dispositif, nous avons besoin des régulateurs: 7805 qui délivrent une tension continue de 5V lorsqu'il reçoit une tension supérieure à la tension d'au moins de 3V qui est la chute de tension aux bornes du régulateur intégré ; le 7812 qui va délivrer une tension continue de 12V et un courant de 1,5A lorsque la tension appliquée est d'au moins supérieure à la tension de sortie de 3V pour l'alimentation du module de relais ; le 78T12 qui est un régulateur de tension capable de fournir une tension continue de 12V et un courant de 3A lorsqu'il reçoit à l'entrée une tension supérieure à la tension de 3V.

b) Choix du condensateur de filtrage

Un condensateur se charge et se décharge à courant constant pour maintenir une tension constante à ses bornes en éliminant les parasites autour d'une tension continue. La tension minimale à l'entrée du régulateur 7812 est de (17) :

$$U_{\text{cmin}} = U_{\text{sortie.rég.}} + U_{\text{dif.rég.}} = 12V + 3V = 15V \quad (17)$$

La tension maximale aux bornes du condensateur est de (18) :

$$U_{\text{Cmax}} = \sqrt{2}U_{2\text{eff}} - 2U_{\text{Diodes}} = \sqrt{2} \times 15V - 2 \times 0,7V = 19,8V \quad (18)$$

L'ondulation résiduelle aux bornes du condensateur est de (19) :

$$\Delta U = U_{\text{Cmax}} - U_{\text{Cmin}} = 19,8V - 15V = 4,8V \quad (19)$$

La capacité du condensateur de filtrage est déterminée par la relation (20) :

$$C = \frac{I_s}{\Delta U \times F} = 6250 \mu F \quad (20)$$

où, $I_s = 3A$: Courant de sortie du régulateur ; $F = 100\text{Hz}$: Fréquence.

c) Choix du transformateur

Le prix d'une alimentation est fonction du condensateur de filtrage et du transformateur ; il faudra donc trouver un compromis entre le condensateur de filtrage et le transformateur. Ce choix dépend des éléments suivants : la tension efficace au primaire du transformateur V_1 ; la tension efficace au secondaire V_2 ; et la puissance apparente : $P = V_2 \times I_2$, avec $V_2 = 1,2 \times V_s$. On prendra un transformateur de tension efficace secondaire égale à 15V.

2-2-4. Expérimentation de la couveuse

a) Essai à vide de la couveuse

Après la réalisation de la couveuse, nous avons procédé à un essai à vide le 02 mai 2022, durant douze (12) heures de 6h00 à 18h00, pour que la température soit uniformément répartie à l'intérieur de la couveuse.

b) Suivi du fonctionnement de la couveuse

Les œufs ont été introduits dans la couveuse le 03/05/2022 à 6h00. L'évolution de la température, de l'humidité à l'intérieur de la couveuse et dans le milieu ambiant ont été suivis et enregistrés chaque une heure le premier jour ; le 10^{ème} jour ; le 17^{ème} jour et le 20^{ème} jour. A partir du 18^{ème} jour (début de l'éclosion), les œufs ont été mirés avant de les transférer dans l'éclosoir. Durant les 21 jours du processus (du 03 au 24/05/2022) les températures moyennes journalières ont été enregistrées.

c) Test de performance de la couveuse

Le test de performance de la couveuse est fonction du taux d'éclosion des œufs. Ce taux est le rapport entre le nombre d'œufs éclos ($N_{écl}$) et le nombre total des œufs (N_{Toeuf}) dans la couveuse. Il est déterminé par la **Formule 21** [5].

$$T_{éclo} = \frac{N_{écl}}{N_{Toeuf}} \times 100\% \tag{21}$$

3. Résultats et discussion

Les résultats obtenus au cours de ce travail sont consignés dans les tableaux et représentés par les courbes des **Figures** ci-dessous.

3-1. Caractéristiques géométriques de la couveuse

Les caractéristiques géométriques de la couveuse, le nombre de claies, d'alvéoles d'œufs et le taux d'éclosion sont donnés dans le **Tableau 1**. Les principales dimensions de la couveuse déterminées sont : la hauteur (80 cm) ; la longueur (66 cm) et la largeur (32,5 cm).

Tableau 1 : Caractéristiques géométriques de la couveuse

Caractéristiques	Symbole	Valeur	Unité
Hauteur	H	80	cm
Longueur	L	66	cm
Largeur	L	32,5	cm
Volume	V	171600	cm ³
Surface des claies	S_{cl}	3600	cm ²
Nombre de claies	N_{cl}	3	-
Nombre d'alvéole par claie	$N_{al/cl}$	6	-
Nombre d'œufs par alvéole	$N_{œuf/al}$	30	-

3-2. Couveuse réalisée

La couveuse réalisée avec ses différentes parties est donnée par la **Figure 1**. Elle est caractérisée par les dimensions suivantes (80 × 66 × 32,5) ; soit un volume total de 171600 cm³. Avec trois (3) claies et dont la surface de chacun est de 3600 cm². Le nombre d'alvéole par claie est de six (6) et chaque alvéole contient 30 œufs soit un total de 540 œufs. Le dispositif réalisé est une petite couveuse expérimentale.



Figure 1 : Couveuse réalisée

3-3. Caractéristiques thermiques de la couveuse

Le bilan thermique total journalier relatif au dispositif est de 2551,744 kJ. Ce bilan a permis de déterminer la puissance nécessaire des lampes à installer dans la couveuse pour le chauffage des œufs. Ainsi, les lampes de 30 à 60 W peuvent être utilisées. Dans le cadre ce travail, des lampes de 30 W ont été utilisées. Les caractéristiques thermiques du dispositif sont données dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Caractéristiques thermiques du dispositif

Bilan thermique	Symbole	Valeur	Unité
Pertes de chaleur à travers les différentes parois	Q_1	- 4774,92	kJ/j
Pertes thermiques dues à l'ouverture de la porte	Q_2	-2674,877	kJ/j
Pertes dues aux œufs	Q_3	- 0,795	kJ/j
Pertes de charges thermiques dues à la respiration des œufs	Q_4	6102	kJ/j
Pertes de charges thermiques dus aux ventilateurs	Q_5	3801,6	kJ/j
Bilan thermique provisoire	Q_p	2453,01	kJ/j
Pertes thermiques non chiffrées	Q_6	98,144	kJ/j
Bilan thermique total	Q_t	2551,744	kJ/j
Puissance thermique des lampes	P	29,53	W

3-4. Schéma général du circuit de réalisation

Le schéma général du circuit de réalisation de la couveuse est donné par la **Figure 2**. A la mise sous tension, les lampes s'allument en même temps, les ventilateurs se mettent en marche, la température et l'humidité relative s'affichent à l'écran LCD, l'indicateur de mise sous tension de l'appareil s'allume ainsi que la LED qui surveille la plage de température. L'unité de traitement des données qui est conçue autour d'une carte Arduino, contrôle et affiche dans le moniteur série la température et l'humidité à chaque cinq secondes. La régulation de température entre 37°C et 38°C à l'intérieur de la couveuse est réalisée grâce à un capteur de température de type DHT11 qui communique à l'unité de traitement des données (Arduino Uno) la température de l'enceinte et envoie à son tour des impulsions de commande sur la base du transistor qui commande l'ouverture et la fermeture des contacts du relais qui allume ou éteint les lampes qui apportent de la chaleur à l'intérieur de la couveuse. Les lampes s'allument lorsque la température devient inférieure

ou égale à 37°C et s'éteignent quand la température excède les 38°C. Le système de retournement est déclenché par l'envoi d'impulsions de commande sur les grilles des MOSFET qui commandent le moteur et met en marche le système de retournement. Après chaque huit heures de fonctionnement de l'appareil, le moteur tourne d'un sens à l'autre pour le retournement automatique des œufs comme le fait une poule naturelle afin d'avoir un bon taux d'éclosion des œufs.

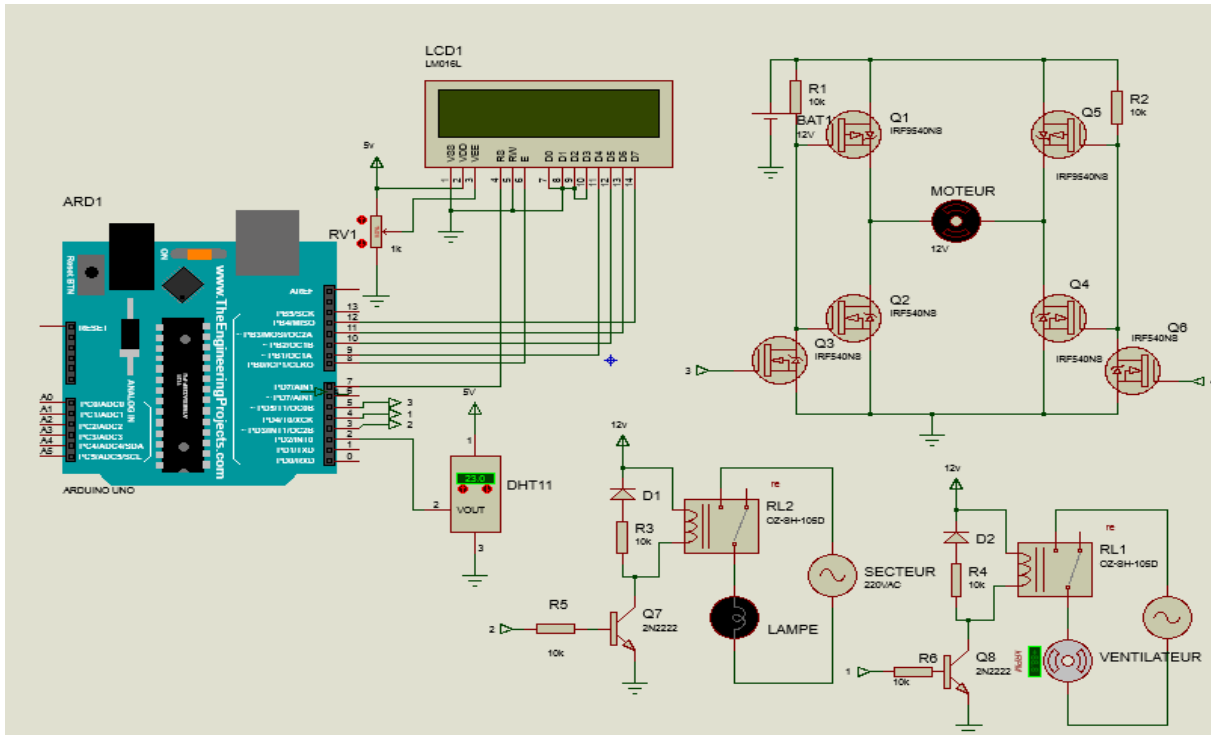


Figure 2 : Schéma général du circuit de la réalisation

3-5. Expérimentation

3-5-1. Test à vide de la couveuse

Avant l'introduction des œufs dans la couveuse, le dispositif a été mis en marche pendant douze heures, de 6h à 18h pour que la température soit uniformément répartie à l'intérieur de la couveuse. Les courbes de la **Figure 3** montrent l'évolution de la température et de l'humidité d'essai à l'intérieur de la couveuse et dans le milieu ambiant durant 12 heures de 6 h à 18 h. Les températures moyennes à l'intérieur de la couveuse ont varié de 34°C à 39°C avec une moyenne journalière de 37,24°C, qui est relativement égale à la valeur moyenne recommandée (37°C) qui certifie l'efficacité d'une couveuse avant l'introduction des œufs [19]. Les températures moyennes du milieu ambiant ont varié de 23,20°C à 28,6°C, avec une moyenne journalière de 26,18°C, qui correspond environ à la température moyenne de la zone d'étude. Les courbes de variation de l'humidité relative moyenne sur l'axe secondaire de la Figure 3 montrent que l'humidité relative moyenne à l'intérieur de la couveuse varie de 54 % à 64 %, avec une moyenne journalière de 57,68 % ; cette valeur se situe dans la gamme d'humidité relative (50 à 70 %) pour le bon fonctionnement d'une couveuse à œuf [20]. La courbe de variation d'humidité relative à l'intérieur de la couveuse est au-dessous de celle du milieu ambiant, dont les valeurs varient de 57 % à 70 %, avec une moyenne de 63,04 %, qui est relativement égale à la valeur moyenne mensuelle du milieu d'étude 65 %.

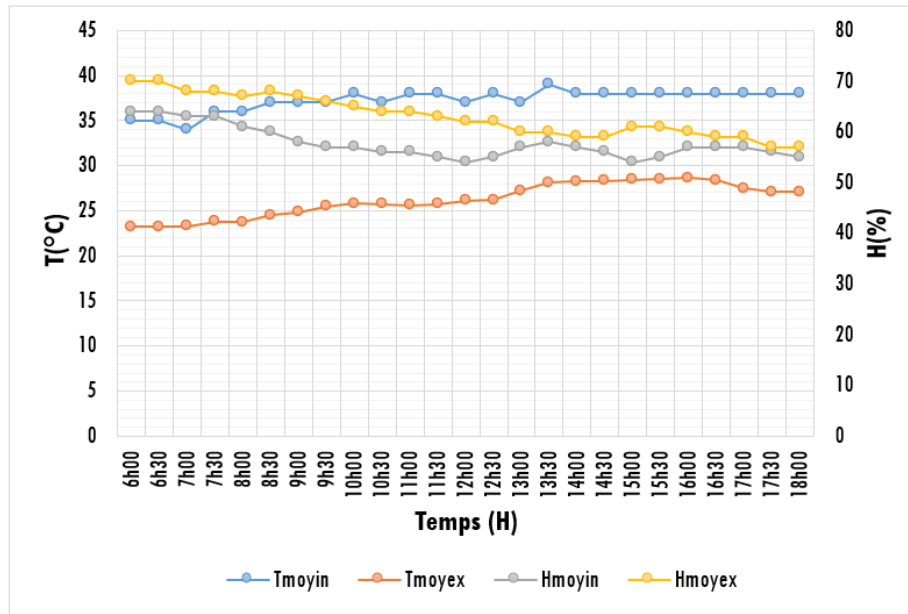


Figure 3 : Courbes d'évolution de la température et de l'humidité d'essai à vide

3-5-2. Température et humidité du 1^{er}, 10^{ème} et 20^{ème} jour de fonctionnement

Les courbes d'évolution de la température et de l'humidité du 1^{er}, 10^{ème} et 20^{ème} jour de fonctionnement de la couveuse sont données dans les **Figures 4, 5 et 6**. Les courbes de variation de la température et de l'humidité du 1^{er} jour (03/05/2023) de fonctionnement de la couveuse montrent que la température a varié de 37,4°C à 37,78°C l'intérieur de la couveuse avec une moyenne de 37,60°C ; cette température reste favorable pour le bon fonctionnement au processus d'incubation des œufs [21]. La température du milieu ambiant a varié de 22,16°C à 28,15°C ; avec une moyenne de 24,85°C. L'humidité relative d'incubation et dans le milieu ambiant a varié respectivement de 54 % à 56 % et de 70 % à 76 %, avec des moyennes de 55,08 % à 71,2 %. Ces valeurs sont acceptables pour le bon fonctionnement de la couveuse [22]. La courbe de variation de l'humidité relative dans le milieu ambiant reste au-dessus de celle de l'incubation, cela se justifie par le système de chauffage interne de la couveuse (**Figures 4**).

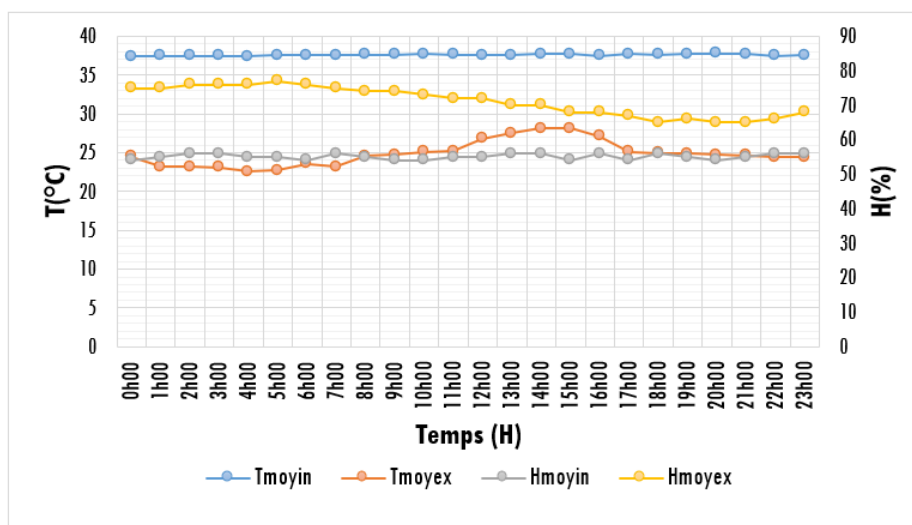


Figure 4 : Courbes de la température et humidité du 1^{er} jour de fonctionnement

Les courbes de variation de la température et de l'humidité du 10^{ème} jour (12/05/2023) d'incubation sont relativement similaires à celles du 1^{er} jour ; la température a varié de 37,45°C à 37,73°C l'intérieur de la couveuse avec une moyenne de 37,59°C. La température du milieu ambiant a varié de 22°C à 28,15°C, avec une moyenne de 24,63°C ; ces valeurs restent presque les mêmes que le premier jour. L'humidité relative d'incubation et dans le milieu ambiant a varié respectivement de 56 % à 57 % et de 66 à 78 %, avec des moyennes de 56,29 % à 71,96 %. Ces valeurs sont très proches de celles du premier jour et restent toujours dans la gamme d'incubation optimale des œufs de 37°C à 38°C et 54 % à 70 % (Figures 5) [23]. Ce qui montre une très faible perturbation de la température et de l'humidité d'incubation dans le milieu ambiant.

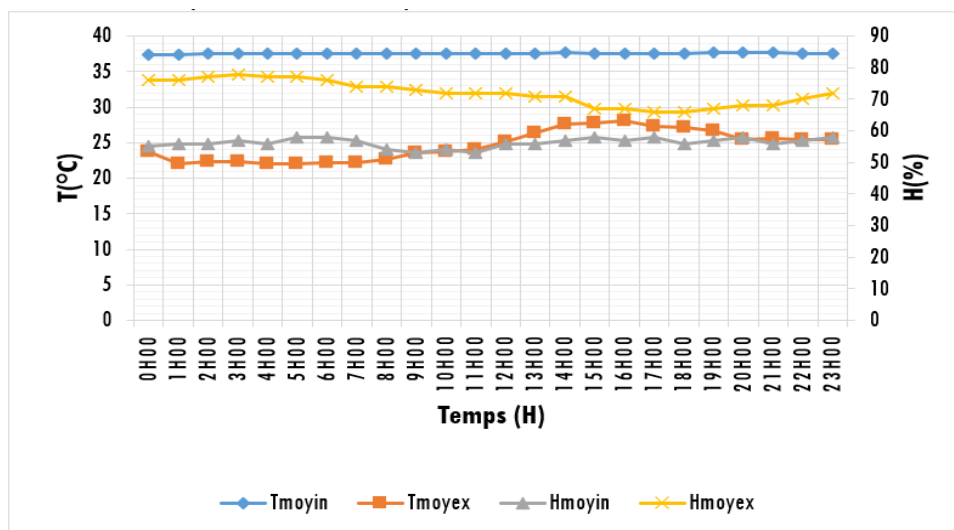


Figure 5 : Courbes de la température et humidité du 10^{ème} jour de fonctionnement

Les courbes de variation de la température et de l'humidité du 20^{ème} jour (22/05/2023) à l'intérieur de la couveuse et dans le milieu ambiant restent uniformes à celles du premier jour et du 10^{ème} jour d'incubation. Les valeurs moyennes de la température et de l'humidité d'incubation et dans milieu ambiant sont respectivement : 37,15°C ; 24,43°C ; 71,42 % et 72,75 %. A partir de ce 20^{ème} jour, certains œufs ont éclos, ce qui a entraîné une légère augmentation de l'humidité relative et une diminution de la température dans la couveuse (Figure 6).

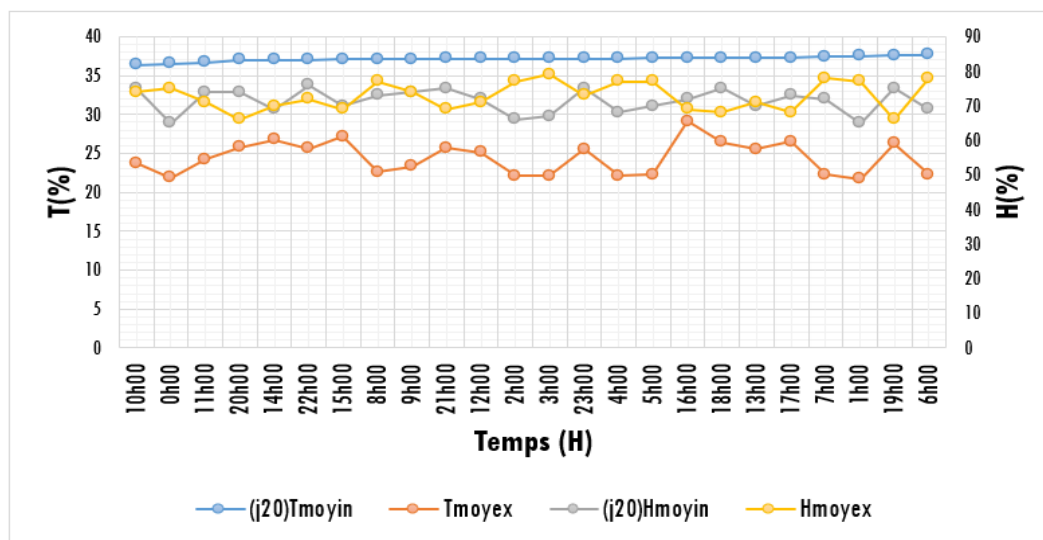


Figure 6 : Courbes de la température et de l'humidité du 20^{ème} jour de fonctionnement

3-5-3. Température et humidité relative d'incubation du 1^{er}, 10^{ème} et 20^{ème} jour

Les courbes de la (**Figure 7**) font une comparaison entre l'évolution de la température et de l'humidité relative d'incubation pendant le 1^{er}, 10^{ème} et 20^{ème} jour. Les courbes de variation de température d'incubation du premier jour et du 10^{ème} jour restent très similaires et uniformes, avec des valeurs minimales et maximales respectives suivantes : le 1^{er} jour (37,40°C et 37,78°C) et le 10^{ème} jour (37,45°C et 37,73°C). Avec une même moyenne journalière égale à 37,59°C. Ce qui montre une uniformité relative de température dans la couveuse durant les deux premières semaines dans la couveuse. La courbe de variation du 20^{ème} jour montre de brusques variations les 24 heures, avec une variation de température de 36,40°C à 37,65°C, pour une moyenne journalière de 37,15°C. Cette courbe est en dessous des deux autres du 1^{er} et du 10^{ème} jour. Cela se justifie par la période d'éclosion des œufs, du 18^{ème} au 21^{ème} jour d'incubation [24]. L'allure des courbes d'humidité relative d'incubation pendant les trois jours (1^{er}, 10^{ème} et 20^{ème}) restent relativement uniformes, avec des variations suivantes : 1^{er} jour de 54 % à 56% pour une moyenne de 55,08 % ; 10^{ème} jour de 53 % à 58 % pour une moyenne de 56,29 % ; 20^{ème} jour de 65 % à 76 % pour une moyenne de 71,42 %. Les valeurs de l'humidité relative du 20^{ème} jour restent supérieures à celles du 1^{er} et du 10^{ème} jour ; ainsi, la courbe de variation de l'humidité relative du 20^{ème} jour est au-dessus de celles du 1^{er} et du 10^{ème} jour. Cela se justifie par la période d'éclosion des œufs [25].

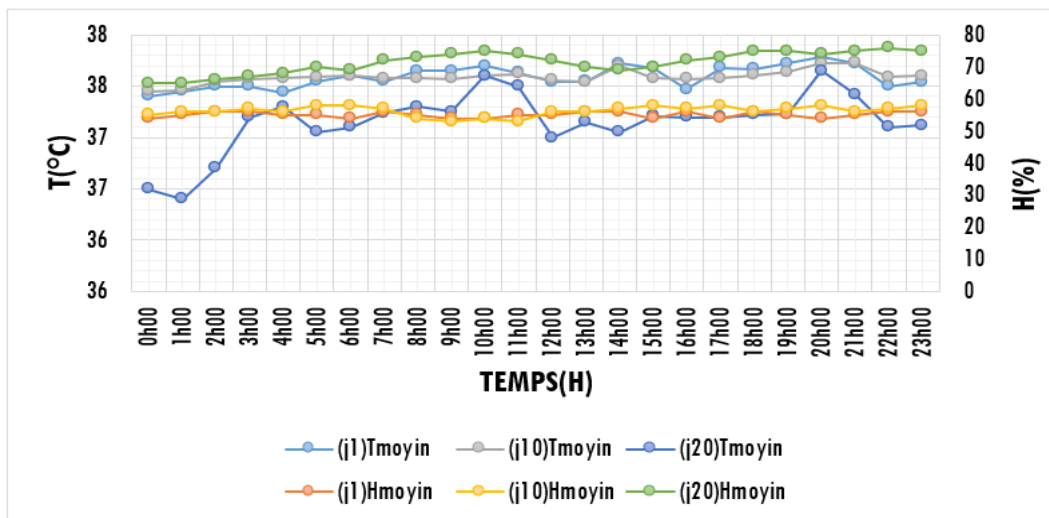


Figure 7 : Température et humidité relative d'incubation du 1^{er}, 10^{ème} et 20^{ème} jour

3-5-4. Température et humidité moyennes durant les 21 jours

Les courbes de variation de la température et de l'humidité (interne et externe) de la couveuse durant les 21 jours d'incubation sont illustrées par la **Figure 8**. Les courbes de température et d'humidité moyennes journalières des 21 jours d'incubation et dans le milieu extérieur montrent que, la courbe de variation de la température à l'intérieur de la couveuse est restée relativement uniforme durant les 17 premiers jours d'incubation, avec une légère diminution durant les quatre derniers jours du 18 au 21^{ème} jour. Durant les 21 jours d'incubation, la température intérieure de la couveuse a varié de 36,10°C (21^{ème} jour) à 37,65°C (3^{ème} jour), avec une moyenne de 37,20°C ; cette valeur est optimale pour de meilleures éclosions des œufs [26]. Celle du milieu extérieur a varié de 23,50°C (14^{ème} jour) à 26,70°C (17^{ème} jour), avec une moyenne de 25,21°C. L'humidité relative à l'intérieur de la couveuse a varié de 53% (7^{ème} jour) à 74% (20^{ème} jour), avec une moyenne de 59,61 %, qui est une valeur favorable pour le processus d'éclosion des œufs [27]. Celle du milieu ambiant a varié de 67 % (13^{ème} jour) à 74 % (16^{ème} jour), avec une moyenne de 70,43 %. Le nombre d'œufs éclos est de 470 sur un total de 540 œufs, soit un taux éclosion de 87% ; cette valeur est relativement inférieure à celle trouvée par [28]. Ce rendement montre une bonne efficacité du dispositif réalisé.

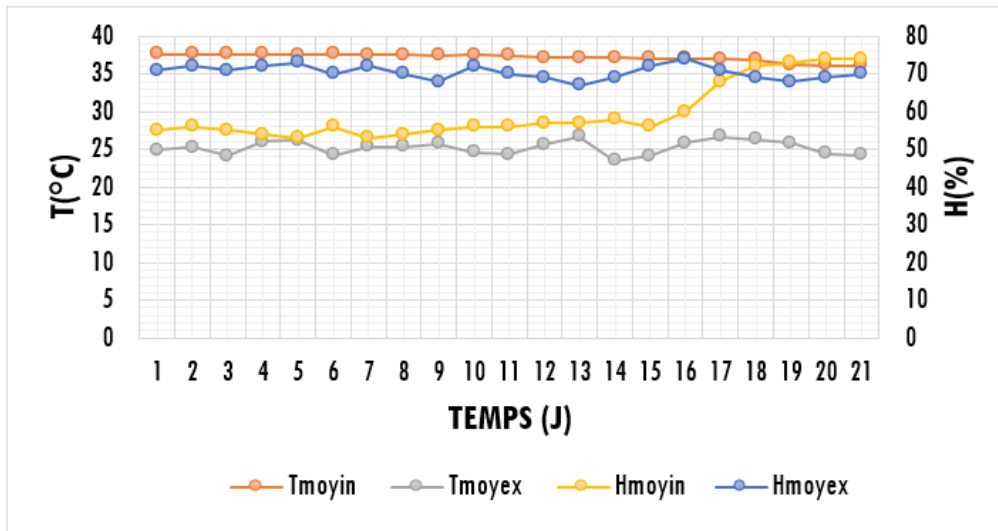


Figure 8 : Courbes de la température et de l'humidité moyennes journalières de fonctionnement

Les **Figures 9 à 14** montrent certaines étapes de la réalisation de la couveuse et de son expérimentation. Le système de retournement favorise l'uniformisation de la température autour des œufs (**Figure 9**); l'isolation thermique de l'enceinte de la couveuse est assurée par du contreplaqué (**Figure 10**); les équipements électroniques et électriques sont montés sur la partie supérieure de la couveuse (**Figure 11**). Le dispositif réalisé est illustré (**Figure 12**). Dès que la phase d'éclosion des œufs commence, ils sont transférés dans l'éclosoir (**Figures 13 et 14**).



Figure 9 : Système de retournement



Figure 10 : Réalisation du bâti



Figure 11 : *Système électronique*



Figure 12 : *Couveuse réalisée*



Figure 13 : *Phase d'éclosion*



Figure 14 : *Phase d'éclosion*

4. Conclusion

L'aviculture est une activité commerciale importante en Afrique de l'Ouest, notamment les centres urbains et périurbains. Le développement de la filière avicole telle que la production de poulets de chair et poules pondeuses, apporte une grande contribution dans la lutte contre la pauvreté grâce à l'auto-emploi qu'elle génère. C'est pourquoi la modernisation de la conception des incubateurs fait aujourd'hui l'objet de recherche. Ce présent travail a abouti à des résultats suivants : la détermination paramètres géométriques de la couveuse (80 cm x 66cm x 32,5cm); sa réalisation et son expérimentation ; le bilan thermique journalier relatif à la couveuse a été évalué (2551,744 kJ) ; le schéma de fonctionnement du dispositif est réalisé ; l'expérimentation de la couveuse a permis d'éclore 470 œufs sur 540 soit un taux de 87 % ; la température et l'humidité moyennes d'incubation durant les 21 jours ont été enregistrées (37,20°C et 59,61 %). Le coût du dispositif est estimé à 5 millions de francs guinéens, comparativement aux coûts des couveuses importées qui se chiffrent environ de 8 millions à 10 millions de francs guinéens. Il ressort de cette étude, de faire la promotion et la vulgarisation de ce type d'incubateur artificiel dans tout le pays. De même, la poursuite des travaux de recherche par l'amélioration des prototypes tout en les rendant autonomes du point de vue source d'énergie par l'utilisation de système solaire photovoltaïque.

Références

- [1] - DIKY ZAKARIA, MUHAMMAD BILAL HAMZAH, DANY SYAUQI NAZHIF, MUHAMMAD HUSNI MUTTAQIN, MUHAMMAD RIZALUL WAHID, REZKA BUNAIYA PRAYUDHA, AGUS RAMELAN, ADI NUGRAHA, "Egg Incubator Control System : A Review", *Journal of Electrical, Electronic, Information, and Communication Technology*, 05 (1) (2023) 33 - 37
- [2] - ABDOU KHADRE FALL, THIERRY DANIEL TAMSIR NESSEIM, SOKHNA DIARRA NDOUR, "Déterminants sociotechniques de l'élevage de la volaille au sein des concessions dans la commune de Bambey, Sénégal", *European Scientific Journal, Natural/Life/Medical Sciences*, 17 (40) (2021) 158 - 177
- [3] - ANSOUMANE SAKOUVOGUI, YOUNOUSSA MOUSSA BALDE, MAMADOU FOULA BARRY, CELLOU KANTE et MAMBY KEITA, "Évaluation du potentiel en biogaz de la bouse de vache, de la fiente de poule et en codigestion à Mamou, République de Guinée", *Afrique SCIENCES*, 14 (5) (2018) 147 - 157
- [4] - Rapport, Annuaire des "Statistiques de l'élevage 2015 - 2019", Ministère de l'élevage Bureau de Stratégie et de Développement (BSD), (2020) 98 p.
- [5] - MAHDI HASHEMZADEH, NACER FARAJZADEH, "A Machine Vision System for Detecting Fertile Eggs in the Incubation Industry", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9 (5) (2016) 850 - 862
- [6] - B. A. AJAYI and G. F. KOLEDOYE, "Effectiveness of Traditional Methods of Incubation and Hatching of Eggs Among Indigenous Poultry Keepers in Kwara State, Nigeria", *Agricultural and Food Science Journal of Ghana*, Vol. 13, (2020) 1291 - 1282
- [7] - PHILIPPE EBUMA DONGO, JB. ZANYAKO BOSANZA, DAMAS BOBOY MANZONGO, BENJAMIN, ZOAWÉ GBOLO, AMEDEE KUNDANA GBATEA, MUHAMMAD RIDWAN, KOTO-TE-NYIWA NGBOLUA, "Design of Egg Incubator Based-Palm Oil in Bokonzi City (Sud Ubangi Province), Democratic Republic of the Congo". *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 3 (2) (2021) 135 - 142
- [8] - A. B. UMAR, K. LAWAL and M. T. MUKHTAR and M. S. ADAMU, "Construction of an Electrically-Operated Egg Incubator", *International Journal of Modern Engineering Sciences*, 5 (1) (2016) 1 - 18
- [9] - BF. GETACHEW, M. ABERRA, E. WONDMEH, G. GEBEYEHU and D. TADELLE, "Analysis of fertility, embryonic death, hatchability of artificial incubator used and egg quality of indigenous chickens' ecotypes in Gambella regional state Ethiopia", *International Journal of Animal Science, Husbandry and Livestock Production*, 7 (3) (2021) 389 - 397
- [10] - A. M. KINGORI, "Review of the Factors That Influence Egg Fertility and Hatchability in Poultry," *International Journal of Poultry Science*, 10 (6) (2011) 483 - 492
- [11] - L. NIRANJAN, C. VENKATESAN, A. R. SUHAS, S. AAQIB NAWAZ, "Design and implementation of chicken egg incubator for hatching using IoT". *Int. J. Computational Science and Engineering*, 24 (4) (2021) 363 - 372
- [12] - Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche Scientifique, Arrête, 2008/509/ MENRS/CAB, "Portant Règlementation intérieure de l'Institut Supérieur de Technologie (IST) de Mamou, Conakry", le 18 février 2018
- [13] - Frimpong Kyeremeh and Forson Pephrah, "Design and Construction of an Arduino Microcontroller-based EGG Incubator", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 168, (1) (2017) 15 - 23
- [14] - T. A. ADEGBULUGBE, A. O. ATERE, O. G. FASANMI, "Development of an Automatic Electric Egg Incubator", *International Journal of Scientific Engineering Research*, (4) (9) (2013) 914 - 918
- [15] - FRIMPONG KYEREMEH and FORSON PEPRAH, "Design and Construction of an Arduino Microcontroller based EGG Incubator", *International Journal of Computer Applications*, 168 (1) (2017) 15 - 23
- [16] - A. B. T. UMAR, K. LAWAL, M. MUKHTAR and M. S. ADAMU, "Construction of an Electrically-Operated Egg Incubator" *International Journal of Modern Engineering Sciences*, 5 (1) (2016) 1 - 18

- [17] - SHAYMAA A. HASSAN, MUBARAK M. MUSTAFA, MARWA S. ABDO and MAHMOUD Z. ATTAR, "Thermochemical battery for poultry egg incubation", *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 39 (3) (2022) 475 - 492
- [18] - A. A. SUNDAY, O. A. OGUNBODE, E. GODWIN BABATUNDE & A. MUYIDEEN OLALEKAN, Design and Construction of Automated Eggs Incubator for Small Scale Poultry Farmers. *International Journal of Technical Research & Science*, 5 (8) (2020) 1 - 9
- [19] - B. SC. JORGE RETAMOZO, Ph.D. Freddy J. Rojas, "Design and economic analysis of a solar poultry incubator for rural sectors located in Pucallpa-Peru" 20th International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'22) Vigo (Spain), 27th to 29th July (2022) 318 - 323
- [20] - FORSON PEPRAH, SAMUEL GYAMFI, MARK AMO-BOATENG, ERIC BUADI, MICHAEL OBENG, "Design and construction of smart solar powered egg incubator based on GSM/IoT", *Scientific Africane* 0132617, (2022) 10 p.
- [21] - SHAYMAA A. HASSAN, MUBARAK M. MUSTAFA, MARWA S. ABDO and MAHMOUD Z. ATTAR, "Thermochemical battery for poultry egg incubation", *MISR Journal of Agricultural Engineering*, 39 (3) (2022) 475 - 492
- [22] - SUSMITA M. CHOUGULE, VIRASHREE B. DESAI, POOJA S. GAIKWAD, SHWETA S. KAMBLE, Prof. Vishal T. Metkari, "Smart egg incubator", *International Journal of Advance Scientific Research and Engineering Trends*, 6 (6) (2021) 72 - 75
- [23] - A. NAWAZ, "Design and implementation of chicken egg incubator for hatching using IoT", *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, 24 (4) (2021) 363 - 372
- [24] - MUKHTAR IBRAHIM BELLO, ALHASSAN BALA, ABDU IBRAHIM ADAMU, ABDULKADIR SHEHU BARI, MUHAMMAD AHMAD BABALLE, "Construction of the Artificial Egg Incubator", *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences*, 03 (04) (2023) 40 - 44
- [25] - F. KYEREM EH & F. PEPRAH, "Design and Construction of an Arduino Microcontroller - based egg Incubator". *International Journal of Computer Applications*, 168 (1) (2017) 15 - 23
- [26] - S. SHAFIUDIN & N. K HOLIS, Monitoring System and Temperature Controlling on PID Based Poultry Hatching Incubator. IOP Conference Series : *Materials Science and Engineering*, 336 (1) (2018) 10 p.
- [27] - T. ANDRIANI & M. HIDAYATULAH, "Application of I2C SHT11 Sensors on Automatic Egg Hatching Machines". *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, 9 (4) (2019) 130 - 134
- [28] - MOHAMMED JUHAR MUSA ADAME, YESIHAK YUSUF, NABIYU TILAHUNKUDA, "Influences of Types of Incubators on Hatchability of Eggs", *Advances in Applied Sciences*, 8 (3) (2023) 80 - 85