



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département: Génie rural.

القسم: هندسة ريفية

Spécialité: sciences et techniques des agroéquipements

التخصص: علوم و تقنيات العتاد الفلاحي

Mémoire De Fin D'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

**THEME :**

Modélisation et Simulation de la distribution lumineuse dans les bâtiments avicoles :  
vers un outil d'aide au dimensionnement et au calepinage des systèmes d'éclairage

Présenté Par :

- SAADNA Abdelkarim.
- MABROUKI Mohammed El Amine.

Soutenu Publiquement le 30/10/2025

Devant le jury composé de :

<b>Encadreur :</b>	ETSOURI S.	MCA, ENSA
<b>Présidente :</b>	GUEDIOURA I.	MCA, ENSA
<b>Examineurs :</b>	MOHAMMEDI Z.	MCA, ENSA
	BOURAS F. Z.	MCA, ENSA
<b>Invité :</b>	BENIDIR S.	MAA, ENSA

Promotion : 2020/2025

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

## CHAPITRE I : LA PHOTOMETRIE APPLIQUEE A L'ECLAIRAGE

I.1. INTRODUCTION.....	1
I.2. RADIOMETRIE ET PHOTOMETRIE .....	5
I.2.1. NOTIONS FONDAMENTALES DE PHOTOMETRIE.....	7
I.2.1.1. FLUX LUMINEUX .....	7
I.2.1.2. INTENSITE LUMINEUSE .....	7
I.2.1.3. LUMINANCE .....	8
I.2.1.4. ECLAIREMENT.....	8
I.2.2. LOIS FONDAMENTALES DE LA PHOTOMETRIE .....	8
I.2.2.1. LOI DE L'INVERSE DU CARRE DE LA DISTANCE .....	8
I.2.2.2. LOI DU COSINUS DE LAMBERT .....	9
I.2.3. MODES DE PRODUCTION DE LA LUMIERE .....	10
I.2.3.1. INCANDESCENCE .....	10
I.2.3.2. LUMINESCENCE .....	11
A. CATHODOLUMINESCENCE .....	11
B. PHOTOLUMINESCENCE .....	11
C. ÉLECTROLUMINESCENCE .....	11
D. CHIMIOLUMINESCENCE ET BIOLUMINESCENCE.....	11
E. TRIBOLUMINESCENCE.....	12
I.3. LAMPES UTILISEES EN ECLAIRAGE ARTIFICIEL.....	12
I.3.1. AMPOULES A INCANDESCENCE CLASSIQUES (BULB D'EDISON) .....	12
I.3.2. LAMPES A DECHARGE .....	13
I.3.3. DIODES ELECTROLUMINESCENTES « LED » .....	13
I.3.4. AVANTAGES ET LIMITES D'UTILISATION .....	13

## **CHAPITRE II : ENVIRONNEMENT LUMINEUX ET BIEN-ETRE ANIMAL**

II.1. INTRODUCTION .....	16
II.2. DIMENSIONS CLES DE L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX .....	16
II.2.1. LA PHOTOPERIODE .....	16
II.2.2. L'INTENSITE LUMINEUSE .....	17
II.2.3. LE SPECTRE LUMINEUX .....	17
II.2.4. L'UNIFORMITE LUMINEUSE .....	17
II.3. IMPACT SUR LE BIEN-ETRE ANIMAL .....	18
II.4. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES ET NORMATIVES .....	18
II.5. LA MODELISATION PHOTOMETRIQUE COMME OUTIL D'INGENIERIE .....	19
II.6. SYNTHESE ET POSITIONNEMENT DU PROJET.....	19

## **CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES**

III.1. L'ENQUETE.....	21
III.1.1. DESCRIPTION GENERALE .....	21
III.1.2. ZONE D'ETUDE ET POPULATION CIBLEE .....	21
III.1.3. ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE .....	21
III.1.4. TRAITEMENT ET EXPLOITATION DES DONNEES .....	22
III.2. CONSTRUCTION DU MODELE .....	22
III.2.1. ÉQUATIONS, VARIABLES ET HYPOTHESES.....	22
III.2.1.1. GRANDEURS PHOTOMETRIQUES .....	22
III.2.1.2. PRESENTATION DES EQUATIONS PHOTOMETRIQUES UTILISEES.....	22
III.2.2. INDICE D'UNIFORMITE (U) .....	26
III.2.2.1. COHERENCE AVEC LES LOIS PHYSIQUES.....	27
III.2.2.2. DEMONSTRATION NUMERIQUE .....	27
III.3. ARCHITECTURE FONCTIONNELLE .....	28
III.3.1. MODULE WEB (APP.PY) .....	28
III.3.2. RENDU DYNAMIQUE (MODULE DE TEMPLATING & MODULE STATIQUE) .....	28
III.3.2.1. MODULE DE TEMPLATING (APP/TEMPLATES) .....	28
III.3.2.2. MODULE STATIQUE (APP/STATIC) .....	28

III.3.3. COUCHE DE PRESENTATION (INTERFACE UTILISATEUR) .....	29
III.3.4. COUCHE DE LOGIQUE METIER (MOTEUR DE CALCUL) .....	29
III.3.5. COUCHE D'ACCES AUX DONNEES (DATA MANAGER) .....	30
III.4. CHARGEMENT DE RESSOURCES.....	30
III.5. DIAGRAMME DE SEQUENCES .....	30
III.5.1. INITIALISATION ET LANCEMENT DE LA SIMULATION .....	31
III.5.2. RECUPERATION DES DONNEES .....	32
III.5.3. PREPARATION DE LA SIMULATION .....	32
III.5.4. CALCUL DE L'ÉCLAIRAGE .....	33
III.5.5. ANALYSE DES RESULTATS.....	33
III.5.6. GENERATION DES SORTIES.....	33
III.5.7. AFFICHAGE DES RESULTATS.....	34
III.6. FONCTIONNEMENT DE L'APPLICATION.....	35
III.6.1. DEMARRAGE DU SERVEUR DE L'APPLICATION WEB.....	35
III.6.2. INTERFACE UTILISATEUR ET ACCUEIL DE L'APPLICATION WEB .....	36
III.6.3. AJOUT D'UN NOUVEAU BATIMENT.....	37
III.6.4. AFFICHAGE DES DONNEES.....	38
III.6.5. AFFICHAGE DE SIMULATION .....	39
III.6.6. RECONFIGURATION DE DISTRIBUTION LUMINEUSE.....	40

## **CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION**

IV.1. CONTEXTE .....	42
IV.2. CARACTERISTIQUES GENERALES DES ELEVAGES ENQUETES.....	42
IV.3. ANALYSE DESCRIPTIVE .....	43
IV.3.1. ANALYSE DESCRIPTIVE DU TYPE DE LOGEMENT AVICOLE .....	43
IV.3.2. ANALYSE DESCRIPTIVE DU TYPE D'ÉCLAIRAGE .....	44
IV.3.3. ANALYSE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « CAPACITE » .....	46
IV.3.4. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « LONGUEUR DES BATIMENTS » .....	47
IV.3.5. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « LARGEUR DES BATIMENTS » .....	49
IV.3.6. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « HAUTEUR DES BATIMENTS » .....	50
IV.3.7. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « SUPERFICIE DES BATIMENTS » .....	52
IV.3.8. ANALYSE DESCRIPTIVE DE LA VARIABLE « DENSITE » .....	53

IV.3.9. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « PUISSANCE ELECTRIQUE » .....	55
IV.3.10. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA VARIABLE « HAUTEUR DES LAMPES » .....	57
IV.3.11. MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES.....	58
IV.3.11.1. CORRELATIONS FORTES ET POSITIVES .....	59
IV.3.11.2. CORRELATIONS MODEREES .....	60
IV.3.11.3. CORRELATIONS FAIBLES OU NULLES .....	60
IV.3.12. COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS DES VARIABLES.....	61
IV.3.12.1. COMPARAISON PAR « TYPE DE LOGEMENT » .....	61
A. DENSITE (SUJETS/M <sup>2</sup> ) .....	62
B. HAUTEUR DU BATIMENT (M) .....	62
C. ANALYSE COMPARATIVE ET INTERPRETATION .....	62
IV.3.12.2. COMPARAISON DE LA DISTRIBUTION DE LA PUISSANCE PAR « TYPE DE LAMPE » .....	63
A. ANALYSE DES LAMPES LED .....	63
B. ANALYSE DES LAMPES INCANDESCENTES (INC) .....	64
C. INTERPRETATION COMPARATIVE .....	64
IV.4. ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES .....	64
IV.4.1. CARTE DE CHALEUR DES CONTRIBUTIONS DES VARIABLES AUX DIFFERENTES COMPOSANTES .....	64
IV.4.2. INTERPRETATION DU BIPLLOT ACP OPTIMISEE .....	66
IV.4.3. INTERPRETATION DU CERCLE DE CORRELATION DES VARIABLES.....	68
IV.5. TYPES DE DISTRIBUTION DE L'ÉCLAIREMENT .....	71
IV.5.1. DISTRIBUTION NON-UNIFORME OU PAR POINTS CHAUDS.....	71
IV.5.2. DISTRIBUTION PLUS UNIFORME OU ÉTENDUE.....	71
IV.6. NIVEAUX D'ÉCLAIREMENT MOYEN ET UNIFORMITE .....	72
IV.6.1. ÉCLAIREMENT MOYEN EMOYEN .....	72
IV.6.2. UNIFORMITE.....	72
IV.7. LES CAS EXTREMES.....	72
CONCLUSION GENERALE.....	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

## ملخص :

يهدف هذا العمل إلى دراسة توزيع الضوء داخل مبنى لتربية الدواجن من خلال النمذجة الرقمية والمحاكاة الضوئية، بهدف تحسين الإنتاج الحيواني. يعتمد هذا الأداء على شدة الضوء وتجانسه الذي تتلقاه الدواجن. إن سوء توزيع الإضاءة (مناطق الظل أو فرط الإضاءة) يسبب التوتر والتجمعات غير الطبيعية. قد أظهرت التحقيق الميداني وجود تنوع كبير في الترتيبات التي تُهمل معيار الكفاءة (الارتفاع، القدرة، نوع المصباح، إلخ).

يهدف هذا المشروع إلى إنشاء نموذج تنبؤي لمحاكاة أداء نظام الإضاءة قبل تركيبه، وفقاً لهندسة المبنى.

**الكلمات المفتاحية:** تربية الدواجن، إضاءة الدواجن، النمذجة الرقمية، المحاكاة الفوتومترية، تجانس الإضاءة.

## Abstract :

This work aims to study the distribution of light in a poultry house through numerical modeling and photometric simulation, in order to optimize zootechnical performance. This performance depends on the intensity and uniformity of the light received by the chickens. Poor light distribution (areas of shadow or overexposure) causes stress and abnormal clustering. The survey revealed a wide variety of configurations that neglect the efficiency criterion (height, power, lamp type, etc.). This project aims to develop a predictive model to simulate the performance of a lighting system before its installation, according to the geometry of the building.

**Key Words:** Poultry farming, poultry lighting, numerical modeling, photometry simulation, light uniformity.

## Résumé :

Ce travail vise à étudier la distribution de la lumière dans un bâtiment d'élevage avicole à travers la modélisation numérique et la simulation photométrique, afin d'optimiser la performance zootechnique. Celle-ci dépend de l'intensité et de l'uniformité de la lumière reçue par les poulets. Une mauvaise répartition (zones d'ombre ou suréclairées) provoque du stress et des regroupements anormaux. L'enquête menée révèle une grande diversité de configurations négligeant le critère d'efficacité (hauteur, puissance, type de lampe, etc.). Ce projet a pour objectif de créer un modèle prédictif permettant de simuler la performance d'un système d'éclairage avant son installation, selon la géométrie du bâtiment.

**Mots clés :** Elevage avicole, éclairage avicole, modélisation numérique, simulation photométrique, uniformité de l'éclairage.

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

## CHAPITRE I : LA PHOTOMETRIE APPLIQUEE A L'ECLAIRAGE

I.1. INTRODUCTION.....	1
I.2. RADIOMETRIE ET PHOTOMETRIE .....	5
I.2.1. NOTIONS FONDAMENTALES DE PHOTOMETRIE.....	7
I.2.1.1. FLUX LUMINEUX .....	7
I.2.1.2. INTENSITE LUMINEUSE .....	7
I.2.1.3. LUMINANCE .....	8
I.2.1.4. ECLAIREMENT.....	8
I.2.2. LOIS FONDAMENTALES DE LA PHOTOMETRIE .....	8
I.2.2.1. LOI DE L'INVERSE DU CARRE DE LA DISTANCE .....	8
I.2.2.2. LOI DU COSINUS DE LAMBERT .....	9
I.2.3. MODES DE PRODUCTION DE LA LUMIERE .....	10
I.2.3.1. INCANDESCENCE .....	10
I.2.3.2. LUMINESCENCE .....	11
A. CATHODOLUMINESCENCE .....	11
B. PHOTOLUMINESCENCE .....	11
C. ÉLECTROLUMINESCENCE .....	11
D. CHIMIOLUMINESCENCE ET BIOLUMINESCENCE.....	11
E. TRIBOLUMINESCENCE.....	12
I.3. LAMPES UTILISEES EN ECLAIRAGE ARTIFICIEL.....	12
I.3.1. AMPOULES A INCANDESCENCE CLASSIQUES (BULB D'EDISON) .....	12
I.3.2. LAMPES A DECHARGE .....	13
I.3.3. DIODES ELECTROLUMINESCENTES « LED » .....	13
I.3.4. AVANTAGES ET LIMITES D'UTILISATION .....	13