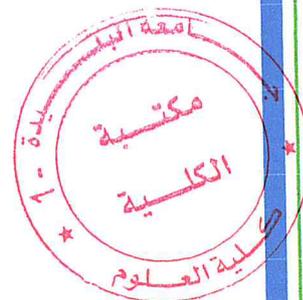


MA-004.527.1

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de  
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Sciences  
Département d'Informatique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention

Du Diplôme de Master en Informatique

Option : systèmes d'informatiques et réseaux

**THEME**

Vers des Bâtiments Intelligents pour l'élevage

de volailles

ORGANISME D'ACCUEIL : Laboratoire d'Informatique, Mathématiques et  
Physique pour l'Agriculture et les Forêts (LIMPAF). Université de Bouira

Réalisé par:

M. HAOUA Zakaria et M. MOHAMED MAHMOUD Othman

Promotrice : Mme LEILA OUAHRANI (Université de BLIDA)

Encadreur : M. BENNOUAR DJAMAL (Université de BOUIRA)

4-527-1

## ***REMERCIEMENTS***

En préambule à ce mémoire, nous remercions ALLAH qui nous a aidé et donné la patience et le courage durant cette longue année d'étude.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Ces remerciements vont tout d'abord à notre promotrice Mme LEILA OUAHRANI Pour sa disponibilité tout en long de la réalisation de ce Mémoire, Ainsi pour son inspiration, aide et son suivi.

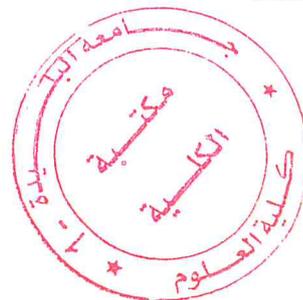
Nous remercions très chaleureusement aussi, Mr BENNOUAR DJAMAL, Notre encadreur, pour sa confiance et ses encouragements.

*Nos remerciements iront également vers tous ceux qui ont accepté avec bienveillance de participer au jury de ce mémoire.*

On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire

Merci à tous et à toutes



# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes parents qui depuis mon plus jeune âge ont toujours fait leur maximum, en consacrant temps et argent, pour m'éveiller et m'encourager dans mes passions. C'est grâce à vous et pour vous que j'ai fait mon mémoire. Aucun mot sur cette page ne saurait exprimer ce que je vous dois, ni combien je vous aime. Qu'Allah vous bénisse, vous assiste, vous vienne en aide

A mon binôme OUTHMAN

A mes chers frères, sœurs et mes neveux

A ma promotrice Mme LEILA OUAHRANI

A mon encadreur Mr BENNOUAR DJAMAL

A tous mes collègues, plus particulièrement : MOHAMED, YUCEF, FETHI ABDELGHAFAR, OMAR, AYMEN, MOUSTAFA et toute la section Master2

SIR

en témoignage de mon amitié sincère;

A tous mes amis, plus particulièrement : HOSSIN, ZINOUE, AHMED,

ABDERAOUF

en témoignage de mon amitié sincère;

A tous ceux qui m'ont soutenu, qu'ils trouvent ici l'expression de mon

Amour et ma profonde

**Gratitude**

**Zakaria**

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes parents, à mes chères sœurs, à mon frère « YOUCEF » pour m'avoir encouragé, Sans eux, je n'en serais pas là.

J'exprime toute ma reconnaissance et gratitude à l'administration et à l'ensemble du corps enseignant de l'Université de (SAAD DAHLAB) pour leurs efforts à nous garantir la continuité et l'aboutissement de ce programme de Master.

Je tiens à remercier aussi et chaleureusement mes encadreurs Mme (OUAHRANI) et Mr (BENNOUAR DJAMAL) de m'avoir permis de mener ce travail, pour leur engagement et leur soutien ainsi que pour la pertinence de leur remarques et de leur feed-back.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, Je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, à mes amis, ma famille, Merci.

**Othmane**

## ملخص

يهدف مشروعنا إلى تحديث قطاع تربية الدواجن في الجزائر وذلك من خلال تحقيق نظام السيطرة والتحكم الآلي في حظائر الدواجن، سيسمح هذا النظام للمربين من خلال الإنترنت بالتحكم الفعال في مباني مزارع الدواجن لضمان إنتاج كمي ونوعي ممتاز من ناحية ومن ناحية أخرى لتقليل تكاليف التشغيل عن طريق الأتمتة والتحكم الآلي. ولتحقيق هذه الفكرة قمنا بتقسيم المشروع إلى ثلاثة أجزاء: الجزء الأول يتمثل بإنشاء شبكة من المستشعرات تغطي منطقة التربية بأكملها ومن ثم ربطها بمركز المعالجة، مما يتيح المراقبة في الوقت الحقيقي لحالة المعلمات المناخية في مباني تربية الدواجن. في الجزء الثاني قمنا بتطوير منصة و التي تمكن عبر الإنترنت من : عرض المعلومات المناخية في الوقت الحقيقي على الواجهة الرئيسية، تخزينها في قاعدة البيانات، إمكانية ضبط القيم الوسيطة الخاصة بالمتحكم والتدخل اليدوي على المنفذات و المتحكمات في مبنى تربية الدواجن ... وأخيرا قمنا بإنشاء نموذج لمبنى التربية الذي سمح لنا باختبار الأداء وحسن سير المشروع الذي قمنا به.

**الكلمات المفتاحية :** قطاع الدواجن ، نظام التحكم ، مباني التربية ، شبكة الاستشعار ، المعلمات المناخية ، تطبيق الويب ، قاعدة البيانات ، النموذج الأولي.

## Résumé

Notre projet vise à moderniser le secteur avicole en Algérie en mettant en place un système de contrôle et de régulation automatique dans les bâtiments d'élevage de volailles. Ce système permettra aux éleveurs, à travers internet, le contrôle efficace de leurs bâtiments d'élevage afin d'assurer d'une part une excellente production quantitative et qualitative et d'autre part réduire les coûts exploitation via l'automatisation et le contrôle automatique. Pour concrétiser cette idée, nous avons divisé le projet en trois parties:

La première partie consiste à la mise en place d'un réseau de capteurs couvrant toute la surface d'élevage puis le raccorder à un centre de traitement, ce qui permet le suivi en temps réel de l'état des paramètres climatiques dans les bâtiments.

Dans la deuxième partie, nous avons développé une plateforme qui permet via internet de : visualiser les paramètres climatiques en temps réel et de les enregistrer dans une base de données, configurer les consignes du régulateur et intervenir manuellement sur les actionneurs de bâtiment...

Enfin nous avons réalisé un prototype d'un bâtiment d'élevage qui nous a permis de tester les performances et le bon fonctionnement de notre système.

**Mots clés** : secteur avicole, Système de contrôle, bâtiments d'élevage, réseau de capteurs, paramètres climatiques, application web, base de données, Prototype.

## Abstract

Our project aims to update the Algerian poultry sector through achieving an automated control system for poultry farms. This system will allow breeders through the internet to effectively control poultry building to ensure excellent quantitative and qualitative production on one hand and reduce operation costs through automation and automated control. To achieve this idea we split the project into 3 parts:

First is to create a network of sensors to cover the entire breeding area and then link them to the treatment center, allowing real time monitoring of the climatic conditions and parameters in the breeding buildings.

Second we have developed a platform interface that enables through the internet to: see real time climate information on the main interface, store it in the database, adjust the control and performs manual intervention on the controls in the poultry building.

And last, we have created a prototype to test the performance and the conduct of the project.

**KEYWORDS:** poultry sector, control system, breeding building, sensor network, climate parameters, web application, database, prototype.

# Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
1. Contexte général.....	2
2. Problématique.....	2
3. Objectifs .....	3
4. Organisation de Mémoire.....	4
<b>Chapitre 1: Les concepts d'Internet Des Objets.....</b>	<b>5</b>
I. Introduction.....	6
II. Internet des objets.....	6
1. Evolution du Web et de l'Internet.....	6
2. Définition de l'IoT.....	7
3. Technologies utilisées dans l'IoT.....	9
4. Domaines d'applications de l'IoT.....	13
5. Travaux existants dans l'IoT.....	15
6. Travaux futurs.....	16
7. Risques de l'IoT pour la sécurité.....	17
III. Conclusion.....	17
<b>Chapitre 2 : La filière avicole en Algérie.....</b>	<b>18</b>
I. Introduction.....	19
II. La filière avicole .....	19
1. L'évolution de la filière avicole en Algérie.....	19
2. L'élevage de poulets de chair.....	21
2.1 Bâtiment d'élevage de poulet.....	21
2.1.1 Présentation du bâtiment d'élevage .....	21
2.1.2 Les équipements d'un bâtiment d'élevage .....	22
2.2 Les conditions d'ambiance climatique dans le bâtiment d'élevage.....	24
2.3 Cycle de production.....	27
3. Vers une aviculture intelligente .....	32
III. Conclusion.....	34

<b>Chapitre 3 : Etude de la partie matérielle du projet</b> .....	35
I. Introduction.....	36
II. Etude de la partie matérielle .....	36
1. Présentation des choix de la solution.....	36
1.1 Carte Arduino.....	37
1.2 Carte NodeMCU.....	37
1.3 Carte Raspberry Pi.....	38
1.4 Les Critères de choix de la solution.....	38
1.5 Etude comparative.....	39
1.6 La Carte ESP32.....	40
2. Capteurs / Accessoires utilisés .....	42
2.1 Capteur de Luminosité LDR .....	42
2.2 Capteur de température / humidité DHT11.....	42
2.3 Capteur de CO2 SEN0159 .....	43
2.4 Capteur de qualité de l'air MQ-135 .....	44
2.5 Module GSM SIM800L .....	45
2.6 Module Relais .....	46
2.7 Ventilateur .....	47
2.8 Autres composants .....	47
3. Etude socioéconomique .....	48
III. Conclusion .....	49
<b>Chapitre 4 : Analyse &amp; Conception du système</b> .....	50
I. Introduction.....	51
II. Spécification des besoins .....	51
1. Besoins Fonctionnels.....	51
1.1. La Supervision .....	51
1.2. Gestion Des Lieux.....	52
1.3. Gestion Des Alertes.....	52
2. Les besoins Techniques .....	52
III. Démarche de modélisation .....	53

1.	Choix du modèle de conception .....	53
IV.	Conception.....	53
1.	La conception software .....	54
1.1	Identification les acteurs du système .....	54
1.2	Diagramme de cas d'utilisation .....	54
1.2.1	Diagramme de cas d'utilisation Globale .....	55
1.2.2	Diagramme de cas d'utilisation « Gestion des lieux » .....	55
1.2.3	Diagramme de cas d'utilisation « Gestion des Alertes » .....	56
1.2.4	Diagramme de cas d'utilisation « Consulter l'historique » .....	56
1.2.5	Diagramme de cas d'utilisation « Gérer les bâtiments d'élevages » .....	57
1.3	Diagramme de classes .....	57
1.3.1	Classe Centre d'alerte.....	59
1.3.2	Classe Equipement .....	59
1.3.3	Classe capteur : .....	60
1.3.4	Classe évènement .....	60
1.3.5	Classe SmartFerme .....	60
1.4	Diagrammes de séquence.....	61
1.4.1	Diagramme de séquence « Superviser l'état des bâtiments d'élevages » .....	61
1.4.2	Diagramme de séquence « Gestion des lieux » .....	62
1.4.3	Diagramme de séquence « Scénario d'Alarme » .....	64
1.4.4	Diagramme de séquence « Consulter l'historique » .....	65
1.4.5	Diagramme de séquence « gérer les bâtiments d'élevage » .....	65
2.	Le déploiement du système .....	67
2.1	Architecture Du Système .....	67
2.2	La conception des composants électronique .....	68
2.2.1	Schéma du système de détection de température et d'humidité.....	68
2.2.2	Schéma du système de détection de Gaz Ammoniac.....	69
2.2.3	Schéma du système de détection de Gaz CO2.....	70
2.2.4	Schéma du système de détection de luminosité .....	70
2.2.5	Schéma du système d'envoi des Messages.....	71

2.2.5 Schéma du système du branchement des différents équipements .....	71
V. Conclusion.....	72
<b>Chapitre 5 : Implémentation et Tests.....</b>	<b>73</b>
I. Introduction.....	74
I I. Présentation de la plateforme.....	74
1. Module Tableau de bord.....	75
2. Module Historique.....	76
3. Module Command.....	77
4. Module Gestion de la ferme .....	79
5. Module Alerte.....	80
III. Test & Evaluation du système.....	82
1. Test de fonctionnalité de système.....	82
2. Evaluation des performances du système.....	83
IV. Environnement ET Outils de développement.....	86
V. Conclusion.....	89
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>90</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>93</b>

## Liste des figures

Figure 1: Une nouvelle dimension pour l'IoT .....	8
Figure 2 Quelques exemples sur les objets connectés .....	9
Figure 3 Différentes catégories de réseaux sans fil .....	9
Figure 4 Exemples des capteurs sans fil.....	12
Figure 5 exemple d'un système RFID .....	13
Figure 6 Domaines d'application de l'IoT .....	13
Figure 7 Exemple d'un bâtiment d'élevage (Photo source personnelle) (la Ferme de l'ORAC Meftah-Blida).....	21
Figure 8 Les interactions entre les paramètres de l'ambiance climatique.....	24
Figure 9 Le poulailler en période de démarrage (Photo source personnelle) (Bellat Boufarik-Blida-).....	29
Figure 10 Le poulailler en période de croissance (Photo source personnelle) (Bellat Boufarik-Blida-).....	30
Figure 11 Le poulailler en période de finition (Photo source personnelle) (Bellat Boufarik-Blida-).....	31
Figure 12 Exemples des cartes Arduino .....	37
Figure 13 Exemples des cartes NodeMcu .....	37
Figure 14 Carte Raspberry Pi.....	38
Figure 15 schéma de brochage de l'ESP32 .....	41
Figure 16 Une Photorésistance avec son symbole.....	42
Figure 17 Capteur DHT11 et son schéma de brochage .....	43
Figure 18 Capteur de CO2 SEN0159.....	44
Figure 19 Capteur de qualité de l'air MQ-135.....	45
Figure 20 le module GSM SIM800L.....	46
Figure 21 Un relais à 8 canaux.....	47
Figure 22 Ventilateur 12 volts.....	47
Figure 23 diagramme de cas d'utilisation global .....	55
Figure 24 : diagramme de cas d'utilisation "Gestion des lieux".....	56
Figure 25: diagramme de cas d'utilisation " Gestion des Alertes " .....	56
Figure 26:Diagramme de cas d'utilisation «Consulter l'historique» .....	57
Figure 27 Diagramme de cas d'utilisation «Gérer les bâtiments d'élevages» .....	57
Figure 28 Diagramme des classes .....	58
Figure 29: Classe Centre d'alerte .....	59
Figure 30: Class Equipement .....	59

Figure 31 Classe capteur .....	60
Figure 32 Classe évènement.....	60
Figure 33 Class SmartFarm.....	61
Figure 34 Classe Bâtiment .....	61
Figure 35 Diagramme de séquence «Superviser l'état des bâtiments d'élevages».....	62
Figure 36 Diagramme de séquence « Gestion des lieux » .....	63
Figure 37 Diagramme de séquence «Scénario d'Alarme» .....	64
Figure 38 Diagramme de séquence «Consulter l'historique» .....	65
Figure 39 Diagramme de séquence «gérer les bâtiments d'élevage» .....	66
Figure 40 Schéma globale du système à concevoir .....	68
Figure 41 Schéma du système de détection de température et d'humidité .....	69
Figure 42 Schéma du système de détection de Gaz Ammoniac .....	69
Figure 43 Schéma du système de détection de Gaz CO2 .....	70
Figure 44 Schéma du système de détection de luminosité.....	70
Figure 45 Schéma du système d'envoi des Messages .....	71
Figure 46 Schéma du système du branchement des différents équipements.....	72
Figure 47 Vue sur les Modules de la plateforme développée .....	74
Figure 48 Module Tableau de bord qui montre l'évolution des paramètres climatiques.....	76
Figure 49 Module Historique « page de Température» .....	77
Figure 50 Sous module de Commande.....	78
Figure 51 Sous module de Configuration.....	79
Figure 52 Module Gestion de la ferme « calendrier» .....	80
Figure 53 Partie alerte .....	81
Figure 54 les boutons de notification .....	81
Figure 56 Enregistrement de l'évolution d'humidité.....	84
Figure 57 Enregistrement de l'évolution Température .....	84
Figure 58 Enregistrement de l'évolution d'Ammoniac .....	85
Figure 59 Enregistrement de l'évolution de carbone dioxyde .....	85

## Liste des tableaux

Tableau 1 L'évolution de la production des viandes blanches en Algérie, Source :	20
Tableau 2 Densité à l'intérieur de bâtiments selon le type de production	22
Tableau 3 Les différents équipements de bâtiment d'élevage (Photos source personnelle) (Meftah-Blida-)	23
Tableau 4 Température idéale pour les poussins en fonction de leur âge	25
Tableau 5 Les normes d'humidité optimale	25
Tableau 6 Taux de ventilation minimale	26
Tableau 7 Programme de lumière recommandé	26
Tableau 8 Etude comparative de quelques cartes disponibles sur le marché	39
Tableau 9 Estimation du prix de revient de notre projet	49
Tableau 10 fonctionnalité de systèmes	83

## Liste des Abréviations

- RFID:** Radio Frequency Identification.
- NFC:** Near Field Communication.
- FTP:** File Transfer Protocol.
- HTTP:** HyperText Transfer Protocol.
- URI:** Uniform Resource Identifier.
- WSN:** Wireless Sensor Network.
- QOS:** Quality Of Service.
- ONAB :** Office national des aliments du bétail
- ORAC :** Office Régional Aviculture du Centre.
- ORAVIE :** Office Régional Aviculture de l'Est.
- ORAVIO :** Office Régional Aviculture de l'Ouest.
- PPM:** Partie par million.
- GPIO:** General Purpose Input/Output.
- RAM:** random access memory.
- ROM:** read only memory.
- EPROM:** Erasable Programmable Read-Only Memory
- TCP/IP:** Transmission Control Protocol/Internet Protocol.
- WPA:** Wi-Fi Protected Access.
- WiFi:** Wireless Fidelity.
- GPS:** Global Positioning System.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## 1. Contexte général

La filière avicole connaît depuis plusieurs années, un développement important dans tous les pays concernés par la volonté d'augmenter la qualité et la quantité de ces produits avicoles, destinés à la consommation alimentaire des populations. Les avancées technologiques ont pu créer ce qu'on appelle aujourd'hui l'aviculture intelligente et digitale.

En Algérie, La filière avicole a aussi connu un développement notable depuis les années 1980 grâce à l'intervention de l'Etat, et a permis d'améliorer la ration alimentaire du point de vue protéique et de faire vivre plus de deux millions d'employés, Mais malheureusement le fonctionnement de cette filière reste toujours en dessous des normes internationales avec des niveaux technologiques relativement dépassés au regard des standards technologiques en vigueur dans le monde. Ceci se traduit ensuite par des surcoûts à la production, influe sur les prix à la consommation et entrave toute tentative de développement de cette filière.

Aujourd'hui, le challenge est de procurer aux éleveurs, un cadre de travail organisé afin d'améliorer la conduite d'élevage, d'augmenter la production et de mettre à la disposition du consommateur un produit sain de bonne qualité à des prix raisonnables et disponibles le long de l'année.

Dans ce contexte, notre contribution consiste à développer un système informatique pour le contrôle des bâtiments d'élevage en vue d'avoir une ferme intelligente et autonome à basse consommation avec la possibilité de gestion à distance. Ceci doit permettre aux éleveurs de piloter, contrôler et de surveiller en temps réel l'état de leurs bâtiments d'élevage de volaille. Cette amélioration de l'efficacité technique tente d'apporter un développement considérable dans la filière avicole algérienne en améliorant les rapports coûts/qualités par rapport aux éleveurs et aux consommateurs en même temps.

## 2. Problématique

Malgré tous les efforts fournis par l'état à travers différents programmes de développement, à ce jour le fonctionnement du secteur avicole reste archaïque. En effet, une simple inspection dans les endroits de production montre que la grande partie des fermes d'élevage est à caractère privé non évolutif et très classique dans les

modèles de production(ventilation statique, défaillances d'équipement, maîtrise insuffisante des conditions d'ambiance climatique, les boitiers de régulation ne fonctionnent pas le plus souvent , la régulation se fait donc d'une façon manuelle et par l'observation de l'éleveur...). C'est ainsi qu'un grand retard technologique est remarqué au niveau des différents processus de production. Malheureusement ces processus ne répondent pas aux normes zootechniques, et entraînent par la suite, une faible productivité avec des surcoûts de produit pour le consommateur. Aujourd'hui, nous pensons que la production de volaille en Algérie peut être améliorée grâce à l'utilisation de solutions dites «Smart». Parallèlement à la production, d'autres facteurs peuvent être améliorés comme le confort des employés et leur sécurité ainsi que la fiabilité des équipements et leur bonne marche.

### **3. Objectifs**

L'objectif de notre projet de fin d'études est de réaliser un système informatique qui permettrait le contrôle efficace et optimal des paramètres d'un environnement d'élevage de volaille. L'environnement est souvent représenté par un garage dans lequel évolue un nombre important de sujet (poulet, dinde etc..). Le contrôle efficace de l'environnement d'élevage de volaille assure d'une part une excellente production quantitative et qualitative et d'autre part réduire les coûts d'exploitation via l'automatisation et le contrôle automatique des activités quotidiennes dans les bâtiments d'élevage. Dans sa forme finale, ce système doit permettre aux éleveurs via l'internet de :

- ❖ Contrôler l'état des paramètres climatiques des différents bâtiments d'élevage de la ferme en temps réel (avec alerte via SMS/Appel dans les cas anormaux).
- ❖ Configurer les consignes du régulateur selon le type de sujet (poulet, dinde etc...).
- ❖ Possibilité de l'intervention manuelle sur les actionneurs et choisir le type de commande automatique.
- ❖ Exploitation des historiques des paramètres climatiques enregistrés sur une base de données et la visualisation de l'analyse de ces données sur des graphes.
- ❖ Suivi de l'élevage des différents bâtiments.

## 4. Organisation de Mémoire

Le premier chapitre est consacré à la notion de l'internet des objets, nous y parlerons des technologies utilisées ainsi que les domaines d'application; ainsi que les difficultés et obstacles. Dans le deuxième chapitre, nous faisons une analyse sur l'évolution de la filière avicole en Algérie avec une description détaillée du bâtiment d'élevage, ses équipements, son processus de production, et enfin les conditions d'ambiance climatiques les plus importants dans la croissance des volailles. Cette analyse est réalisée suite à plusieurs visites que nous avons réalisées dans différentes fermes d'élevage. Le troisième chapitre englobe une description de la partie matérielle du projet, en identifiant le choix du microcontrôleur le plus adapté, ainsi que le choix des capteurs et actionneurs que nous allons utiliser. Le quatrième chapitre est la représentation des besoins et des exigences qui ont incité au développement de ce Système ainsi que la conception que nous avons adopté pour sa réalisation. La réalisation de notre Système est présentée, dans le cinquième chapitre, qui regroupe la présentation de l'environnement de développement et les différentes étapes de la construction du notre prototype, le montage des divers composants, et enfin l'interprétation des résultats des tests effectués. Nous terminons ce rapport par une conclusion générale récapitulative des différentes phases de notre travail, signalant les côtés bénéfiques du projet et énonçant les perspectives du travail élaboré.

# **Chapitre 1: les concepts d'Internet Des Objets**

## **I. Introduction**

Notre vie quotidienne a été bouleversée par l'évolution de l'Internet, qui nous relie les uns aux autres indépendamment des distances et des fuseaux horaires qui nous séparent. Cette évolution a concouru au développement d'une nouvelle génération d'objets interconnectés et dotés d'une capacité de communication et de détection en utilisant les différentes technologies existantes (technologie RFID, réseaux sans fils,...). Il s'agit donc d'une nouvelle façon d'interagir avec les objets qui peut changer radicalement notre vie, c'est «L'Internet des Objets ou plus couramment IoT pour Internet of Things en anglais».

La section suivante est consacrée à l'IoT, l'évolution du web et d'internet, Nous donnons ensuite une brève description de la notion d'objet par rapport à l'IoT, une définition de l'IoT, ainsi que ses objectifs. Par la suite, nous citerons les technologies utilisées dans l'IoT (Bluetooth, Wifi, NFC, RFID...) et les différents domaines d'application. Pour finir, quelques travaux existants sont présentés. Enfin, nous citerons les risques de l'IoT qui peuvent toucher notre sécurité.

## **II. Internet des objets**

À l'origine, le terme Internet des objets a été utilisé pour la première fois en 1999 par Kevin Ashton pour décrire des objets équipés de puces d'identification par radio fréquence (ou puce RFID). Chaque objet identifié de manière unique et universelle et peut alors être rattaché à un ensemble d'informations le concernant, ces dernières étant lisibles par d'autres machines. Le concept a toutefois évolué avec le temps et s'est généralisé vers une approche consistant à connecter un très grand nombre d'objets du quotidien au réseau Internet, les dotant ainsi d'une identité propre et leur permettant, entre autres, d'offrir des services et de collecter des informations de manière autonome [1].

### **1. Évolution du Web et de l'Internet**

On confond souvent entre ces deux termes. En effet, le Web est un ensemble d'informations, tandis que l'Internet est le réseau informatique qui permet de les transporter (canal de communication), Internet existait avant le Web et proposait bien d'autres services qui fonctionnent toujours aujourd'hui (mail, news, ftp ...).

## 1.1 Le Web

Le web est une application du réseau Internet était initialement utilisé par des universités à des fins de recherche. Par la suite Il est passé par plusieurs phases distinctes jusqu'à devenir un ensemble de technologies permettant de représenter des ressources identifiées par des adresses uniques (URI) , ces ressources pouvant être des pages Web, mais aussi des fichiers, des flux ou des services (Facebook, Twitter..) [2] . À l'heure actuelle, le Web interconnecte un très grand nombre d'appareils fortement hétérogènes et permet aux utilisateurs de communiquer, de rester en contact et de partager des informations (textes, photos et vidéos) avec d'autre personnes

## 1.2 L'internet

Contrairement au Web, l 'Internet se développe et s'améliore constamment. Dans ce contexte l'importance d'Internet des Objets devient considérable, (puisque'il s'agit de la première véritable évolution d'Internet). Celle-ci donnera lieu à des applications révolutionnaires capables de transformer profondément notre mode de vie, et notre façon d'apprendre, de travailler et de nous divertir [2].

## 2. Définition de l'IoT

Selon l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), L'Internet of Things (IoT) est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution » [3]. L'IoT peut se définir aussi comme étant « un réseau qui relie et combine les objets avec l'Internet, en suivant les protocoles qui assurent leurs communication et échange d'informations à travers une variété de dispositifs. » [4] , Il existe plusieurs définitions sur le concept de l'IoT, mais la définition la plus pertinente a notre travail de recherche est celle proposée par Weill et Souissi qui ont défini l'IoT comme «L'Internet des objets est une extension de l'Internet actuel à tous les objets pouvant communiquer de manière directe ou indirecte avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à l'Internet. Cette nouvelle dimension de l'Internet s'accompagne de forts enjeux en matière technologique, économique, sociale et de gouvernance» [5] . Cette vision de l'IoT introduira une nouvelle dimension aux technologies de l'information et de la communication qui permettent

aux personnes de se connecter à n'importe quel moment depuis n'importe quel place a n'importe quel objet.

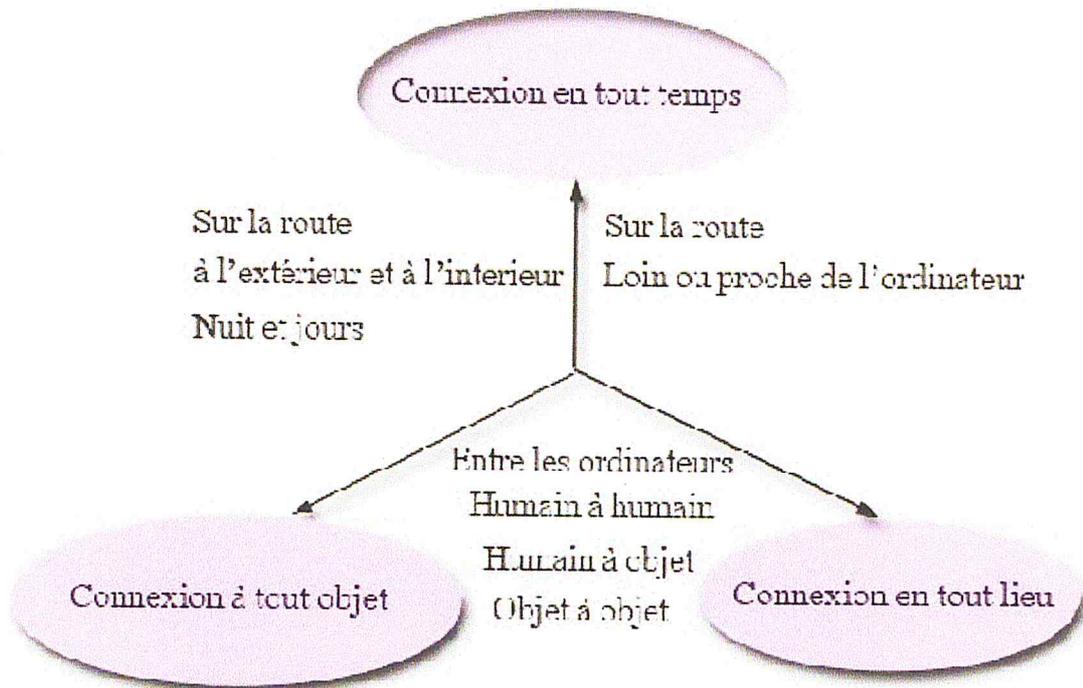


Figure 1: Une nouvelle dimension pour l'IoT [3]

## 2.1 Sens d'objet pour l'IoT

Un objet avant toute est une entité physique par exemple un livre, un montre, une voiture ou un téléphone ,et l'objet connecté est un matériel a de composants électroniques lui permettant de communiquer des informations avec un autre objet en utilisant une liaison sans fil par exemples Bluetooth ou Wifi etc.

Un objet connecté peut effectuer généralement deux rôles :

- un rôle de capteur pour surveiller l'apparition d'un événement ou récupérer des informations [6] (capteur de température, capteur de présence, mesure de la distance...)

- un rôle d'actionneur pour réaliser une action suite à un événement spécifique mesuré ou détecté [6] (alerte via SMS en cas de danger, allumage du ventilateur à distance ...)

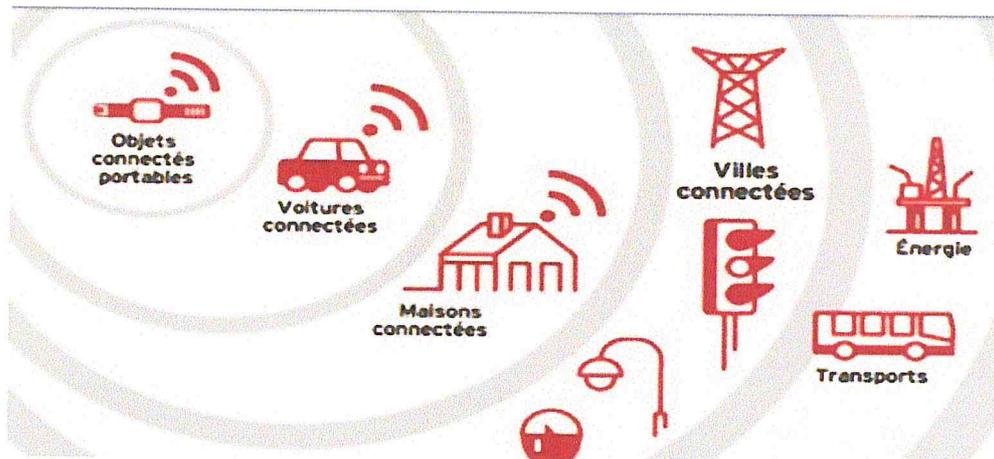


Figure 2 Quelques exemples sur les objets connectés

## 2.2 Objectifs de l'IoT

L'IoT doit permettre une connectivité pour tout le monde dans tout le temps, partout et idéalement depuis n'importe quelle plate-forme [7].

## 3. Technologies utilisées dans l'IoT

Plusieurs technologies sont utilisées pour faire communiquer un objet avec Internet. Dans ce qui suit, nous présentons les différents concepts et technologies de l'IoT :

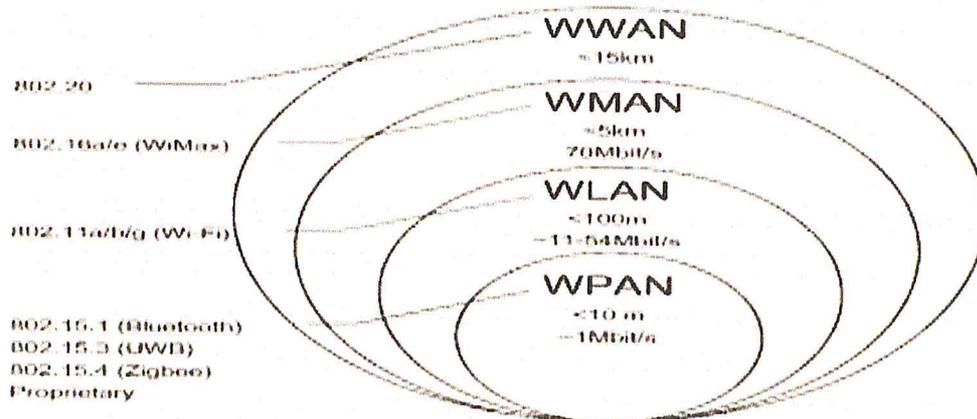


Figure 3 Différentes catégories de réseaux sans fil

### **3.1 WWAN (IEEE 802.20)**

La norme IEEE 802.20, connue sous le nom de MBWA (Mobile Broadband Wireless Access) a été développée en 2002. Elle permet de créer les réseaux métropolitains mobiles qui ont pour but de permettre le déploiement mondial de réseaux sans fil haut débit à un coût accessible et disponible avec une connexion permanente. Cette norme utilise des bandes de fréquences en dessous des 3,5 GHz. Elle permet des débits maximaux par utilisateur de 1 Mbits/s en descente et 300 Kbit/s en montée avec des cellules d'un rayon de 15 km maximum, Il existe d'autres versions sont prévues, utilisant un canal plus large de 5 MHz permettant des débits de 4 Mbits/s en descente et 1,2 Mbit/s en montée pour chaque utilisateur [8].

### **3.2 WMAN (IEEE 802.16)**

La norme IEEE 802.16 est appelée aussi BWA (Broadband Wireless Access). Elle a pour but de créer des réseaux locaux sans fil de la taille d'une ville. Elle offre une alternative aux réseaux câblés entre différents bâtiments. Il existe plusieurs versions de cette norme. La norme IEEE 802.16 fonctionne dans la bande de fréquence 10 à 66 GHz. La norme IEEE 802.16a fonctionne quant à elle dans la bande de fréquence de 2 à 11 GHz, cette dernière permet la couverture de larges zones jusqu'à 50 Km de rayon et atteindre une bande de fréquence 10 à 66 GHz comme le transport de flux audio/vidéo, la téléphonie numérique. La norme IEEE 802.16e ajoute la mobilité à ces réseaux. Enfin, la norme IEEE 802.16.2 permet l'inter compatibilité entre toutes les normes 802.16. Toutes Ces dernières incluent la notion de Qualité de Service (QoS) permettant par exemple le transport la voix ou la vidéo [8].

### **3.3 WLAN (IEEE 802.11)**

La norme IEEE 802.11 sert à créer des réseaux sans fil, d'une taille d'une cinquantaine de mètres. Elle est prévue pour transférer de gros débits. Il existe de nombreuses normes dérivées de celle-ci. Les trois plus connues sont la norme 802.11b qui offre un débit de 11 Mbit/s dans la bande de fréquence des 2,4 GHz, la norme IEEE 802.11a qui offre un débit de 54 Mbit/s dans la bande de fréquence des 5,3 GHz et la norme IEEE 802.11g qui est un mariage des deux précédentes en offrant un débit de 54 Mbit/s dans la bande de fréquence des 2,4 GHz [8].

### 3.4 WPAN (IEEE 802.15)

Elle sert à créer des petits réseaux sans fil, appelés WPAN. Ces réseaux sont de l'ordre d'une dizaine de mètres et sont prévus pour connecter différents périphériques autonomes entre eux (réseaux de capteurs). Cette norme est appelé Bluetooth. En réalité, ce n'est qu'un seul cas de cette norme. La norme IEEE 802.15.1 a été adoptée à partir des spécifications Bluetooth déjà existantes. Mais la norme IEEE 802.15 est divisée en quatre parties [8] :

- IEEE 802.15.1 : Définit le standard Bluetooth 1.X permettant un débit d'environ 1 Mbit/s. Ce débit a été multiplié par 24 avec la norme Bluetooth 3.x.
- IEEE 802.15.2 : Définit des recommandations pour l'utilisation de la bande de fréquence des 2.4 GHz (fréquence utilisée par d'autres réseaux sans fil).
- IEEE 802.15.3 : Définit la norme UWB (Ultra Wide Band), standard connu sous le nom de Wimedia, géré par la Wimedia Alliance.
- IEEE 802.15.4 : Définit la norme ZigBee qui possède un débit faible mais à faible consommation d'énergie.

### 3.5 Wireless Sensor Networks :

Les réseaux de capteurs (Wireless Sensor Networks) constituent une catégorie de réseaux bien distincte des autres familles vues jusqu'ici. Alors que les WWAN, WMAN, WLAN et WPAN sont conçus pour répondre à des problématiques de communications où l'homme est souvent un acteur principal (accès à un réseau global comme Internet, téléphonie, télécommande...), les WSN offrent des moyens de communication très souvent spontanés entre objets autonomes, généralement sans aucune intervention humaine. Les réseaux de capteurs sont utilisés dans divers domaines: (militaire, environnement, commerce: gestion de stocks, médical, bâtiment: surveillance des infrastructures, transport: identification des bagages...) [9].



Figure 4 Exemples des capteurs sans fil

### 3.6 RFID

Le plus souvent désigné par son acronyme RFID (Radio Fréquence Identification), est une technologie permettant de mémoriser et de récupérer des informations stockées sur des supports distants. Cette technologie assurera deux fonctions basiques pour l'Internet des Objets : l'identification et la communication.

Un système d'identification par radio-fréquence est constitué de trois éléments:

- Une **Radio-étiquette (RFID tag)** : c'est un circuit intégré mémorisant l'information sur l'objet auquel la puce est incorporée. Il est muni d'une antenne pour la réception/transmission des signaux.
- Un **lecteur** : utilisé pour envoyer le signal radio à la puce RFID et capturer la réponse de cette dernière, Le système opère dans la bande de fréquence non licenciée **ISM** (Entre : 125KHz - 2,45GHz). Cette fréquence dépendra la distance de Communication entre le lecteur et l'antenne (de 1 à 10m) ainsi que la vitesse de transfert des données (de 10Kb/s à 200Kb/s).
- Un **intergiciel** : il reçoit et traite les informations reçues du lecteur.

Son principe de fonctionnement général est le suivant : Le lecteur initie la communication en diffusant une requête via une antenne. Les radio-étiquettes du voisinage utilisent l'énergie électromagnétique émise par cette antenne pour s'alimenter et transmettre leur identifiant et leurs données stockées, Le lecteur interprète ensuite ces informations en binaire. La technologie RFID est utilisée aujourd'hui dans beaucoup d'autres domaines tels que les Titres de transport, Identification des animaux, Traçabilité des bagages dans les aéroports... [10].



Figure 5 exemple d'un système RFID [10]

### 3.7 Autres types de réseaux sans fil

Il existe d'autres types de réseaux sans fil qui sont utilisées dans l'IoT, on cite : NFC, wirelessHART, 6lowPAN...

## 4. Domaines d'applications de l'IoT

Plusieurs domaines d'application sont touchés par l'IoT ,Parmi ces principaux domaines nous citons: le domaine du sécurité, le domaine du transport, l'environnement et l'infrastructure et les services publics....etc. Quelques exemples courants sont présentés dans la figure suivante :

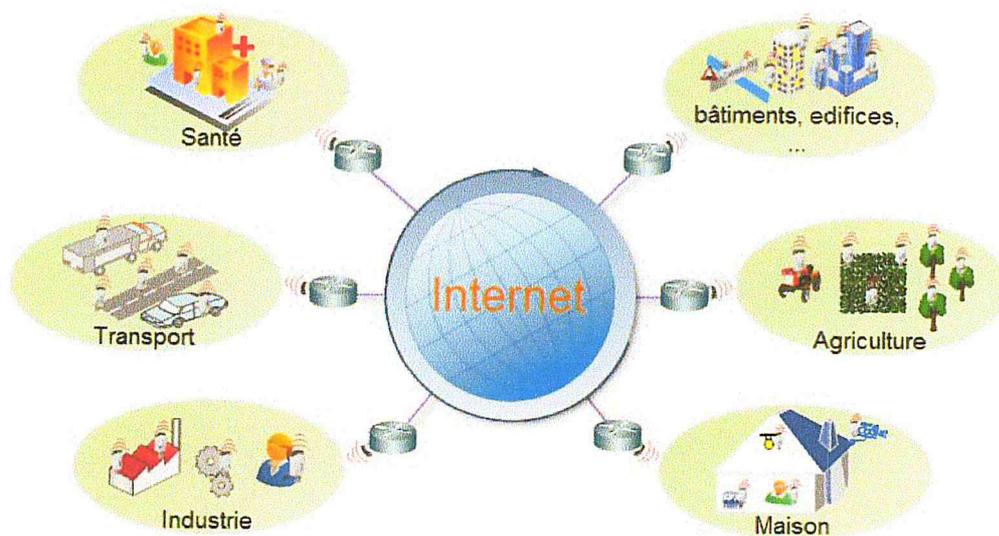


Figure 6 Domaines d'application de l'IoT

Nous allons maintenant détailler ces secteurs avec des exemples de projets.

### 4.1 Les transports:

Depuis la création de l'IoT en 1999, le nombre des véhicules intelligents sont en croissance, presque Tous les véhicules vendus aujourd'hui dans le monde

renferment déjà des capteurs et de moyens de communication pour traiter la congestion du trafic, la sécurité, la pollution et le transport efficace des marchandises, etc. L'objectif est qu'une voiture soit capable de communiquer de façon autonome avec d'autres véhicules ou une centrale de surveillance pour prévenir les accidents et réduire les coûts d'assurance. Des applications Smartphone (comme Waze) sont déjà très répandues dans le monde pour avertir les usagers de l'application en temps réel sur la présence d'un radar de vitesse mobile, d'accidents ou de ralentissement sur les autoroutes voire de proposer un itinéraire plus rapide à l'aide de Google Maps. Certaines voitures sont également équipées de la fonction appel SOS. Si la voiture subit un accident, elle appelle automatiquement les secours, fournit sa localisation et la possibilité de communiquer avec les usagers. Cette option devient même obligatoire dans les voitures neuves commercialisées dans l'union européenne à compter du 1er avril 2018 [11]. Les constructeurs automobiles travaillent aussi sur des projets de véhicules autonomes (sans conducteur) capables de se déplacer d'un point A à un point B sans aucune intervention humaine.

#### **4.2 La santé :**

Le secteur de la santé a connu un très grand nombre d'applications permettant à un patient et à son docteur de recevoir des informations, parfois même en temps réels, qu'il aurait été impossible de connaître avant l'apparition d'IoT. Par exemple, (Porteuse Digital Health) qui est le premier médicament connecté sur le marché grâce à un capteur directement intégré dans l'être humain qui permet après ça le suivi des patients à distance. il existe Plusieurs autres dispositifs sont disponibles, fixé autour du poignet et permettent également de suivre l'activité physique quotidienne du patient, mesurer le taux de sucre, compter le nombre de pas, les kms parcourus, le nombre de calories brûlées..., Le dispositif lui envoie une alerte dans les cas anormaux. Récemment, Goldman Sachs a publié une étude qui prouve que l'Internet des Objets pourrait faire économiser des milliards de dollars au service de santé américain [12].

#### **4.3 La domotique :**

La domotique regroupe l'ensemble des technologies permettant l'automatisation des équipements d'un habitat. Elle vise à apporter des fonctions de

confort : commandes à distance, gestion d'énergie (optimisation de l'éclairage et du chauffage... etc.), sécurité (comme les alarmes) et de communication (contacts et discussion avec des personnes extérieures) [13].

Les services offerts par la domotique couvrent 3 domaines principaux :

- Assurer la protection des personnes et des biens en domotique par la prévenir des risques d'accident (incendie, fuite de gaz, etc.).
- Confort de la vie quotidienne surtout pour les personnes âgées ou handicapées
- Faciliter les économies d'énergie grâce à la réactivité maîtrisée d'une maison intelligente.

#### **4.4 Agriculture :**

L'agriculture intelligente a pour objet de renforcer la capacité des systèmes agricoles, de contribuer à la sécurité alimentaire en intégrant le besoin d'adaptation et le potentiel d'atténuation dans les stratégies de développement de l'agriculture durable [14].

Cet objectif a été atteint enfin par l'utilisation des nouvelles technologies, telles que l'imagerie satellitaire et l'informatique, les systèmes de positionnement par satellite de comme GPS, aussi par l'utilisation des capteurs qui vont s'occuper de récolter les informations utiles sur l'état du sol, taux d'humidité, taux des sels minéraux, etc. et envoyer ces informations au fermier pour prendre les mesures nécessaires garantissant la bonne production.

### **5. Travaux existants dans l'IoT**

Plusieurs travaux sont déjà présentes dans tous les secteurs : aéronautique, automobile, ferroviaire, fabrication industrielle et médicale, énergie, etc. Parmi ceux là nous citons :

– Kolibree : est la première brosse à dents intelligente, équipé de plusieurs capteurs qui lui permettent d'évaluer quels endroits de la bouche l'utilisateur a effectivement brossés et le indique lorsqu'il faut changer de zone afin d'améliorer la qualité du brossage [15].

Kolibree propose le choix de partager les données avec un dentiste pour estimer l'état de vos dents.

– PlasticCard : Une carte qui fait réunir tous les systèmes de paiement en un seul lieu. Cette carte est équipée de puces NFC et RFID, ainsi que d'une bonne vieille puce et d'une bande magnétique. Un écran tactile est placé en façade. Il permet de passer différentes informations : nom du porteur, numéro de carte...etc. La sécurité est prise en considération. Dès qu'elle n'est plus à portée du Smartphone auquel elle est reliée, la carte peut afficher un message pour demander de la renvoyer à son propriétaire ou, pour plus de prudence, un dispositif d'effacement à distance s'active.

## **6. Travaux futurs**

Selon les statistiques, en 2020 il devrait y avoir 50 milliards d'objets connectés à Internet [7]. Ces objets connectés comprennent non seulement les Smartphones, les tablettes, les téléviseurs mais aussi les horloges, les ampoules, les serrures, les chaussures, les colliers de chien, des trottinettes etc. Parmi ceux-là nous citons :

– Google prévoit de lancer une bicyclette intelligente (Google self-driving bike) avec la fonction de guidage automatique sans que vous ayez besoin de la diriger. Tout ceci grâce à une caméra 360 située à l'avant du vélo.

Le vélo peut fonctionner comme un Uber et venir vous chercher là où vous le demandez simplement depuis l'application mobile dédiée. Cet appareil a pour ambition de faciliter la vie des habitants du pays qui sont les plus cyclistes du monde [16].

– L'entreprise « Deeper » vient de sortir un nouvel objet connecté qui s'intitule le « Deeper Fishfinder ». Cet objet a été créé pour les pêcheurs amateurs et professionnels. En effet, ce nouvel appareil est étudié pour localiser les poissons, donner des informations sur la température de l'eau et sa profondeur ainsi que le relief sous-marin. Il est utilisable dans l'eau douce et l'eau salée.

– Le Parlement Européen a adopté l'obligation pour les constructeurs automobiles d'intégrer le système eCall dans toutes les voitures neuves disposant d'un système d'alerte. Concrètement, les véhicules seront tous équipés d'un système de téléphonie mobile et d'une carte SIM dédiée, qui permet de joindre les centres de secours gratuitement [11].

## **7. Risques de l'IoT pour la sécurité**

Plus les technologies informatiques se diversifient, et plus les possibilités de contournement (Hacking) se multiplient. Or l'IoT risque de ne pas échapper à la règle. Une étude du cabinet d'analystes VDC [17] tend d'ailleurs à confirmer cette crainte : seuls 27% des professionnels des systèmes embarqués estiment que les objets connectés sont peu ou pas vulnérables aux attaques. Si cette étude met surtout en avant le fait que les données transmises automatiquement par les objets peuvent être altérées par l'utilisateur, l'interception des données lors de leur transmission (piratage du moyen de communication : signal GPS, réseau Wifi, etc.) Pose un très grand risque.

### **III. Conclusion**

Jusqu'ici, nous avons présenté une vision générale de l'IoT, la définition, les technologies utilisées et les domaines d'application. De ce qu'on a vu, on peut dire que l'IoT est conçue pour offrir une meilleure qualité de vie par l'automatisation des gestes quotidiens en fonction des besoins et des attentes de l'utilisateur final.

# **Chapitre 2**

## **La filière avicole en Algérie**

## **I. Introduction**

La filière avicole Algérienne est parmi les productions animales qui a connu l'essor le plus spectaculaire depuis les années 1980 grâce à l'intervention de l'Etat. Ceci a permis d'améliorer la ration alimentaire du point de vue protéique et de faire vivre actuellement près de deux millions de personnes. La section suivante est consacrée à la présentation du système d'élevage exploré lors des visites effectuées au sein des fermes d'élevage de poulet de chair afin de compléter notre étude théorique. Nous présentons en premier lieu, l'évolution de la filière avicole en Algérie. Brièvement nous rappelons la politique de l'Algérie depuis l'indépendance à ce jour envers le secteur aviculture. En second lieu, nous donnons une description du bâtiment d'élevage et ses équipements et son processus de production, ainsi que Les conditions d'ambiance climatique les plus importants dans la croissance des volailles, nous clôturons ce chapitre par les dernières technologies utilisées dans le secteur aviculture.

## **II. La filière avicole :**

### **1. L'évolution de la filière avicole en Algérie**

Depuis l'indépendance de l'Algérie, différentes phases chronologiques ont guidé le développement de cette filière avicole, l'aviculture familiale était bien intégrée dans la majorité des systèmes fermiers

#### **1.1 La première phase (de 1962 à 1968) :**

Au lendemain de l'indépendance, le système d'élevage était quasiment absent et concentré seulement sur la transformation des anciennes porcheries en poulaillers d'engraissement. la consommation par habitant et par an était environ 500g de viande blanche et une dizaine d'œufs [18].

#### **1.2 La deuxième phase (de 1969 à 1989) :**

Cette période a été marquée par la naissance d'une grande l'entreprise publique l'ONAB (L'Office national des aliments du bétail). Cette entreprise était créée pour objectif de la production des aliments composés du bétail (essentiellement l'alimentation de la volaille), le développement de l'élevage avicole et même de la régulation des marchés des viandes rouges. Cependant des problèmes tels que la

superposition de nombreuses fonctions ainsi que l'incohérence dans la conduite du processus de développement et dans le but de généraliser l'activité à l'ensemble du territoire national une première restructuration de l'ensemble du système était fait à partir de 1980 dans le cadre des deux plans quadriennaux (1980-1984 et 1985-1989). Pendant plans quadriennaux, l'activité aviculture était confiée à trois offices régionaux (ORAC) dans la région du centre, (ORAVIE) à l'Est et (ORAVIO) à l'Ouest [18].

L'analyse de cette période révèle que Depuis la mise en œuvre des politiques avicoles en 1980, la filière avicole en Algérie a connu le premier développement notable dans la production de la viande blanche, cependant aucune évolution significative n'est apparue dans la structure des élevages du secteur privé.

### 1.3 La troisième phase (de 1990 à nos jours) :

Malheureusement, l'Algérie a connu une instabilité de la production de viande blanche au cours de la décennie 1990-2000 pour cause de la décennie noir. Ci après la production était en croissance, où par exemple, une hausse très appréciable de 67,97 % de la production a été enregistrée en 2006 par rapport à 2005. Il en est de même, mais à un degré moindre (1.19 %), pour ce qui concerne la production d'œufs qui s'est évaluée à plus de 3,5 milliard d'unités. En 2011, les chiffres de production remontent à 300 000 tonnes de viandes blanches et presque 5 milliards d'œufs [19].

Au plan des structures, la filière avicole a connu, depuis 1997, une restructuration profonde dans le sens de l'émergence d'entreprises et de groupes intégrés (aliments du bétail, reproduction du matériel biologique, abattage) [20].

La synthèse de cette période montre que le développement de la filière avicole en Algérie a permis d'améliorer la consommation des populations en protéines animales. Cependant les prix restaient excessivement élevés à cause la faiblesse de la productivité des élevages ainsi que la production semi-industrielle et les marges élevées imposées par l'aval.

Unité : 10<sup>3</sup> Tonnes

Période	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2014	2015	2016	2017
Production	198	150	170	241	306	475	463	460	515	529

Tableau 1 L'évolution de la production des viandes blanches en Algérie, Source : [21] [19] [22]

## 2. L'élevage de poulets de chair

Avant de s'immerger dans notre projet, Nous devons d'abord connaître les principes d'élevage et en vue d'explorer ces principes, nous avons eu l'occasion de réaliser plusieurs visites aux bâtiments d'élevages réels (ORAC Meftah, Ferme privée Arbaa, Bellat Boufarik). Cette section contient une présentation de tout ce que nous avons appris de cette expérience.

### 2.1 Bâtiment d'élevage de poulet

#### 2.1.1 Présentation du bâtiment d'élevage :

Bâtiment d'élevage ou le poulailler, est le Lieu destiné au logement et à l'élevage de volaille, en particulier de poules. Le poulailler offre la possibilité de s'affranchir les différentes contraintes extérieures (pluie, vent, neige, les prédateurs...) et créer un environnement donné (microclimat) avec des conditions meilleures que celles existantes naturellement afin d'obtenir une meilleure qualité du produit.

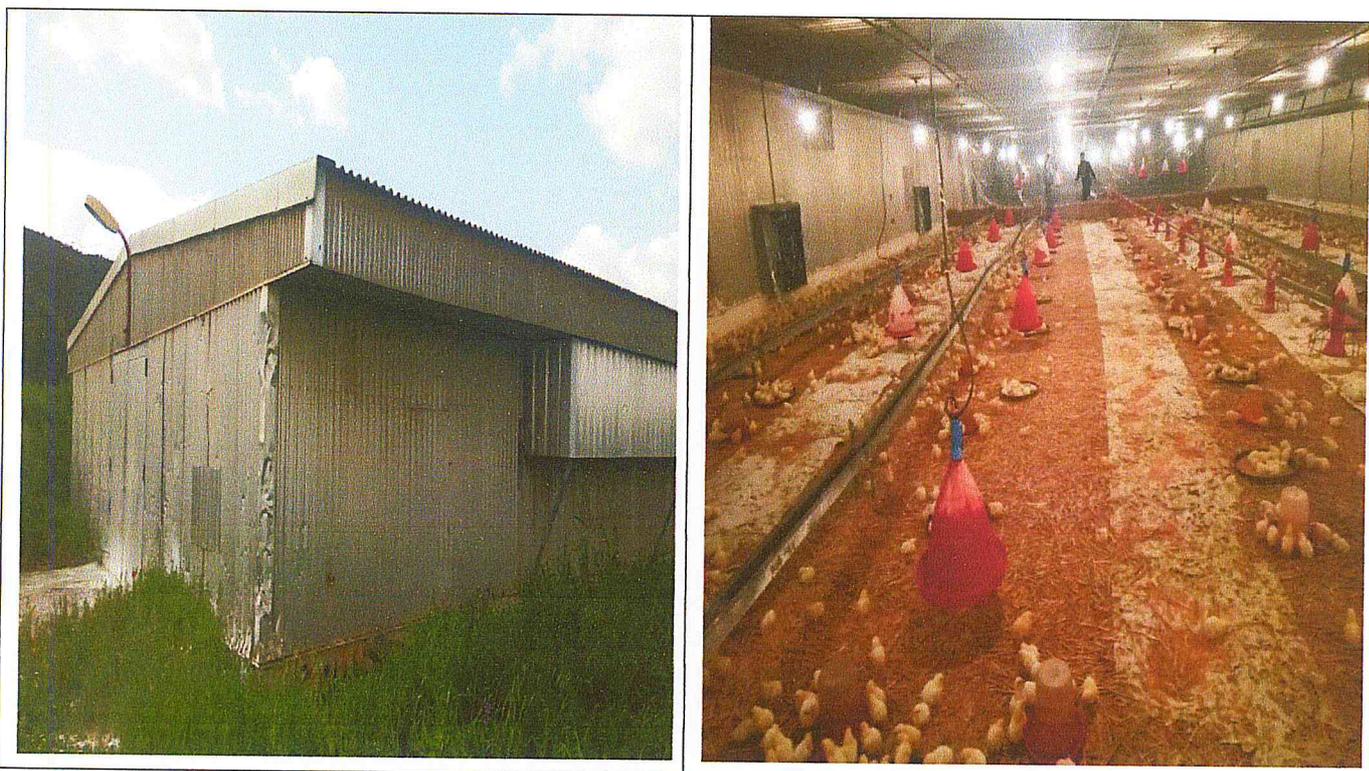


Figure 7 Exemple d'un bâtiment d'élevage (Photo source personnelle) (la Ferme de l'ORAC Meftah-Blida)

Les dimensions d'un bâtiment (largeur, hauteur, surface ouverte) sont déterminées en premier lieu par le type de production et le nombre maximal de volailles par bâtiment :

Type	Poulet de chair	Poules pondeuses	Dinde
Densité	8 à 10 poulets/m <sup>2</sup>	7 à 8 poulettes /m <sup>2</sup> au sol 30 à 50 poulettes /m <sup>2</sup> en cage	4 à 6 dindonneaux /m <sup>2</sup>

Tableau 2 Densité à l'intérieur de bâtiments selon le type de production [23] [24]

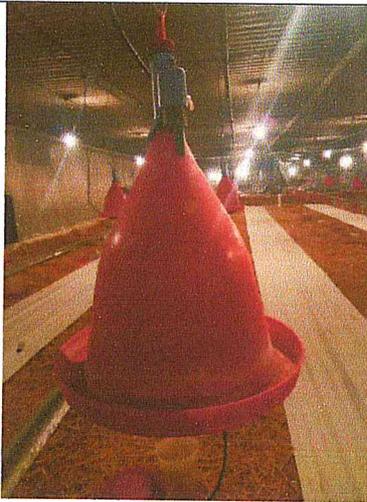
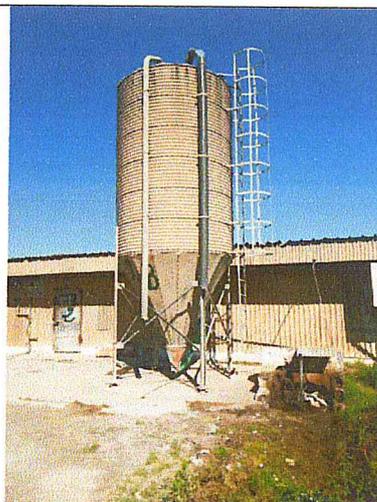
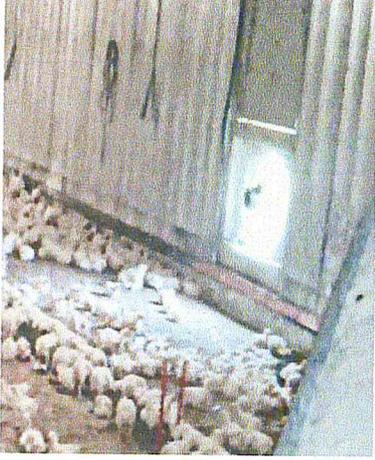
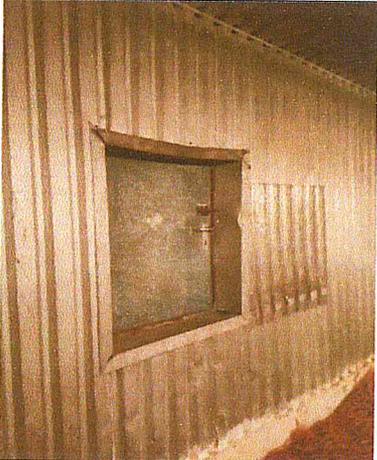
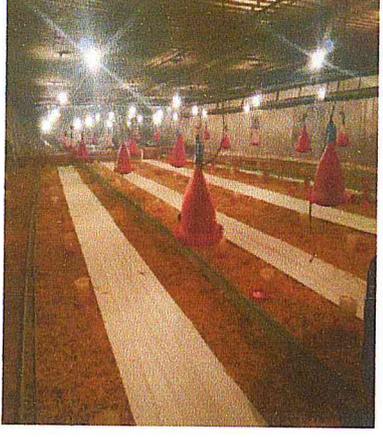
### 2.1.2 Les équipements d'un bâtiment d'élevage

Les équipements techniques d'un bâtiment d'élevage sont constitué principalement de :

- **Citerne d'eau:** distribuent en permanence de l'eau propre pour les volailles car L'eau est le premier aliment des volailles (elles boivent presque deux fois plus qu'elles ne mangent).
- **Abreuvoirs à cloche :** sont des mangeoires sous forme d'assiettes plastiques Creuses permettent un accès optimal à l'aliment pour les volailles (Il existe plusieurs tailles selon l'âge et la hauteur de l'animal).
- **Silo d'aliments:** Un silo est un réservoir de stockage destiné à entreposer la nourriture pour les volailles (il est présents au sein de chaque bâtiment).
- **Ventilateurs :** apportent l'oxygène nécessaire aux poulets et évacuent les gaz (Ammoniac, CO<sub>2</sub>, vapeur d'eau) résultant de l'aération et des fermentations de la litière.
- **Trappe et Fenêtre d'aération:** sont des trappes d'entrée d'air jouent un rôle important pour assurer une veine d'air régulière sur la longueur du bâtiment.
- **Lampes:** sont des lampes spéciales conçues pour l'éclairage d'animaux dans le poulailler.
- **Chauffages:** sont des matériels de chauffage des poussins utilisé pendant la période d'hiver.
- **thermomètres:** sont Utilisés pour assurer un meilleur contrôle des variations de température.

Il existe d'autres Accessoires qui sont utilisées dans les poulaillers, tel que :

Groupe électrogène, Matériel contre incendie, Matériel d'intervention (vaccination), Balance, Outils et produits de désinfection et de désinsectisation...

		
<p align="center"><b>Citerne d'eau</b></p>	<p align="center"><b>Abreuvoir à cloche</b></p>	<p align="center"><b>Silo d'aliments</b></p>
		
<p align="center"><b>Ventilateur</b></p>	<p align="center"><b>Trappe d'aération</b></p>	<p align="center"><b>Fenêtre d'aération</b></p>
		
<p align="center"><b>Lampes</b></p>	<p align="center"><b>Chauffages</b></p>	<p align="center"><b>Thermomètre</b></p>

**Tableau 3 Les différents équipements de bâtiment d'élevage (Photos source personnelle) (Meftah–Blida-)**

Le matériel doit toujours rester propre afin de ne pas contaminer l'eau et la nourriture des volailles de différents parasites et bactéries nuisibles.

## 2.2 Les conditions d'ambiance climatique dans le bâtiment d'élevage

L'ambiance climatique dans laquelle vivent les volailles, constitue un paramètre essentiel de leur environnement car elle intervient de façon prépondérante dans leur croissance et développement. En Algérie, les aires climatiques sont très diversifiées et le climat varie de type méditerranéen au type saharien. Au nord, les hivers pluvieux et froids, les étés chauds et secs tandis qu'au sud, les températures sont très élevées les jours ( $35^{\circ}$ ) et très bas la nuit ( $0^{\circ}$ ).

Un bâtiment bien adapté doit permettre à l'éleveur de mieux maîtriser cette ambiance tout au long du cycle de production (La maîtrise de l'ambiance, c'est l'appréciation des interactions multiples).

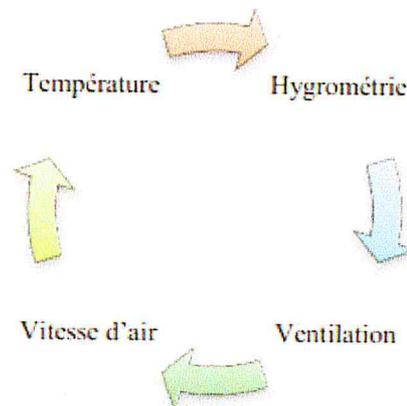


Figure 8 Les interactions entre les paramètres de l'ambiance climatique

Parmi les facteurs les plus importants qui influent l'ambiance climatique à l'intérieur de poulailler. Nous citons :

### 2.2.1 Température

Le contrôle adéquat de la température est le facteur le plus important pour garantir une bonne croissance des volailles. En effet, la température et l'un des paramètres le plus important dans la gestion du climat, et aussi le plus difficiles à gérer. La température optimale diffère selon l'âge de la volaille et toute grande déviation de la température par rapport aux températures typiques des volailles provoque un ralentissement de la croissance et la détérioration dans certains cas. Il est recommandé de maîtriser la température ambiante durant le cycle d'élevage comme montré dans le tableau ci-dessous

Âge	Température Idéale
0 – 4 jours	35 – 32 °C
5 – 7 jours	32 – 30 °C
2 <sup>ème</sup> semaine	30 °C
3 <sup>ème</sup> semaine	28 °C
4 <sup>ème</sup> semaine	26 °C
5 <sup>ème</sup> semaine	21 °C
>5 <sup>ème</sup> semaine	21 – 18 °C

Tableau 4 Température idéale pour les poussins en fonction de leur âge [25]

### 2.2.2 L'humidité

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ambiant, elle a une grande incidence à l'intérieur du poulailler sur les possibilités de refroidissement corporel des animaux. Le respect des normes d'humidité a pour objet de favoriser la croissance des volailles tout en améliorant leur qualité, éviter les problèmes respiratoires, maintenir une bonne quantité de litière et réduire les dépenses des produits vétérinaires.

Âge	Humidité Idéale
1 – 21 jours	55 – 60 %
22 – 28 jours	55 – 65 %
> 29 jours	60 – 70 %

Tableau 5 Les normes d'humidité optimale [26]

### 2.2.3 Ventilation

La ventilation a pour objet le renouvellement de l'air dans le bâtiment, elle apporte l'oxygène nécessaire aux volailles, évacue au maximum les vapeurs d'eau et de gaz nocifs, élimine les poussières dans l'air et réduit les pertes de chaleur afin de créer un bon climat à l'intérieur du bâtiment [22] [25], il existe de types de ventilation :

- Ventilation statique : ouverture des trappes et fenêtres d'aération.
- Ventilation dynamique : utilisation des extracteurs d'air et ventilateurs.

Âge	Taux de ventilation (m <sup>3</sup> /heure/sujet)
1 – 7 jours	0,16
8 – 14 jours	0,42
15 – 21 jours	0,59
22 – 28 jours	0,84
29 – 35 jours	0,93
36 – 42 jours	1,18
43 – 49 jours	1,35
50 – 56 jours	1,52

Tableau 6 Taux de ventilation minimale [27]

#### 2.2.4 Eclairage

La lumière est en relation directe avec la quantité de moulée que consomment les poulets, C'est pour cela que Le poulailler doit être éclairé la nuit pour permettre au poulet de s'alimenter jour et nuit afin qu'il croisse rapidement.

Le programme le plus courant chez le poulet de chair est de 23 heures de lumière et une heure d'obscurité (Mais il peut varier en fonction de la souche et L'âge des poulets) pour permettre aux poussins de s'habituer à l'obscurité en cas de panne d'électricité.

Âge	Durée de la période avec lumière
1 – 4 jours	23 heures
5 – 10 jours	20 heures
10 à la fin	23 heures

Tableau 7 Programme de lumière recommandé [25]

### **2.2.5 Composition d'air**

Une meilleure qualité de l'air garantit que les poulets seront toujours actifs. Pour cette raison, l'air à l'intérieur de poulailler doit conforme les normes suivants:

- Le besoin en oxygène ( $O^2$ ) des volailles est de  $750 \text{ cm}^3 / \text{Kg}$  de poids vif/ Heure [26].
- Le gaz carbonique ( $CO^2$ ) est un déchet de la respiration. A partir du taux supérieur à 999 ppm il devient toxique. La teneur maximale adaptée est de 400 ppm [26].
- L'ammoniac ( $NH_3$ ) produit dans les bâtiments, est un gaz provient de la dégradation des protéines contenues dans les déjections des volailles, il doit être donc éliminé. Le seuil de tolérance acceptable est d'environ 20 ppm [26].

### **2.3 Cycle de production**

Un cycle de production comprend toutes les étapes depuis le vide sanitaire du poulailler jusqu'à la préparation de l'opération d'abattage. Un cycle de production comprend ainsi les étapes suivantes :

- Le vide sanitaire
- La préparation du poulailler
- La période de démarrage
- La période de croissance
- La période de finition

#### **2.3.1 Vide sanitaire**

Le vide sanitaire consiste à laisser le bâtiment vide après la désinfection (sans humain et sans oiseau) pour une période minimum de 10 à 15 jours, toutefois la durée de repos peut être prolongée jusqu'à 30 à 40 jours si l'exploitation connaît des problèmes sanitaires.

Le vide sanitaire a pour l'objectif de compléter le programme d'hygiène par la destruction des microorganismes qui ont échappé à l'action de la désinfection [25].

#### **2.3.2 La préparation du poulailler**

Après le vide sanitaire, nous passerons vers La préparation du poulailler qui se fait généralement le jour précédent l'arrivée des nouveaux poussins. C'est une étape cruciale dans l'élevage du poulet de chair puisque les taux de mortalité les plus importants surviennent au début et à la fin de la vie des oiseaux. Il est donc primordial de bien recevoir les poussins, dans un environnement accueillant pour eux, et en leur prodiguant les soins adéquats, Parmi les opérations à effectuer :

- Réaliser la deuxième désinfection quand le matériel est en place.
- Remplir les abreuvoirs avec de l'eau sucrée.
- Placement d'environ 8 cm de litière dans toute la surface de poulailler (La litière joue un rôle d'isolateur thermique)
- Mettre en marche les chaufferettes et surveiller leur bon fonctionnement (le temps de préchauffage peut être de 36 à 48 heures avant l'arrivée des poussins pour que la température soit appropriée).
- Remettre en place le matériel premier âge tout en vérifiant son fonctionnement.

### **2.3.3 La période de démarrage**

La phase de démarrage est d'environ 15 jours pendant laquelle le poussin va développer son emplumement. Durant les premiers jours de vie, Le poussin est fragile et incapable de régler sa propre température corporelle jusqu'à atteindre l'âge de 12-14 jours. Son confort dépend totalement du contrôle des paramètres extérieurs, la capacité de l'éleveur, la qualité du bâtiment et de l'équipement. C'est pourquoi il faut la maîtrise de l'ambiance (L'ambiance bioclimatique dans laquelle vivent les volailles, constitue l'un des paramètres les plus importants de leur environnement; un bâtiment bien adapté doit permettre à l'éleveur de mieux la maîtriser tout au long du cycle de production).

Par ailleurs pendant cette période se déroule le programme de vaccination qui va permettre de protéger l'oiseau des principales maladies virales (Marek, Bronchite Infectieuse, New Castle...) et parasitaire (vaccination anticoccidienne-, premiers vermifuges...). Il s'agit donc d'une période relativement délicate, qui suppose beaucoup de présence et d'attention de la part de l'éleveur [25].



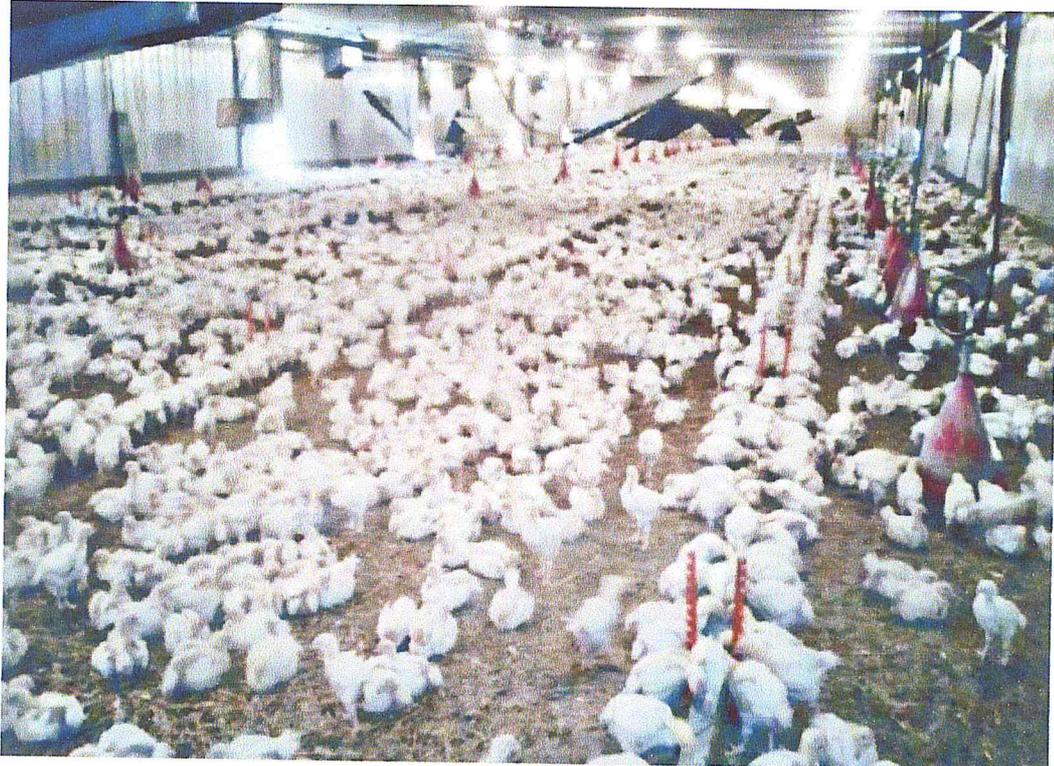
**Figure 9 Le poulailler en période de démarrage (Photo source personnelle) (Bellat Boufarik- Blida-)**

La densité du poulailler en période de démarrage (Poussin de 1 à 15 jours) est de 30 à 20 poulets /m<sup>2</sup>.

#### **2.3.4 La période de croissance**

La phase croissance correspond à la période 15 à 30 jours d'âge du poulet, pendant laquelle il consommera environ 75 à 85 g d'aliment par jour et soit en moyenne 1,5 kg sur cette période.

En période de croissance, la maîtrise des paramètres de l'ambiance devient de plus en plus importante car le poids vif par m<sup>2</sup> augmente rapidement ainsi que les besoins en oxygène, eau, aliment. Il est donc nécessaire d'assurer les équilibres, et y respecter les normes.



**Figure 10** Le poulailler en période de croissance (Photo source personnelle) (Bellat Boufarik- Blida-)

La densité du poulailler en période de croissance (15 à 30 jours) est de 20 à 15 poulets/m<sup>2</sup>.

### **2.3.5 La période de finition**

La phase de finition est la dernière période d'élevage, dont la durée varie entre 31 à 50 jours d'âges en fonction des objectifs de production (âge et poids à l'abattage) et des circuits de commercialisation.

Dans les derniers jours d'élevage, les animaux sont très sensibles aux variations de température, ils sont moins mobiles de fait de la concentration et leurs performances dépendant beaucoup du nombre et de la proximité des points d'alimentation et d'abreuvement.

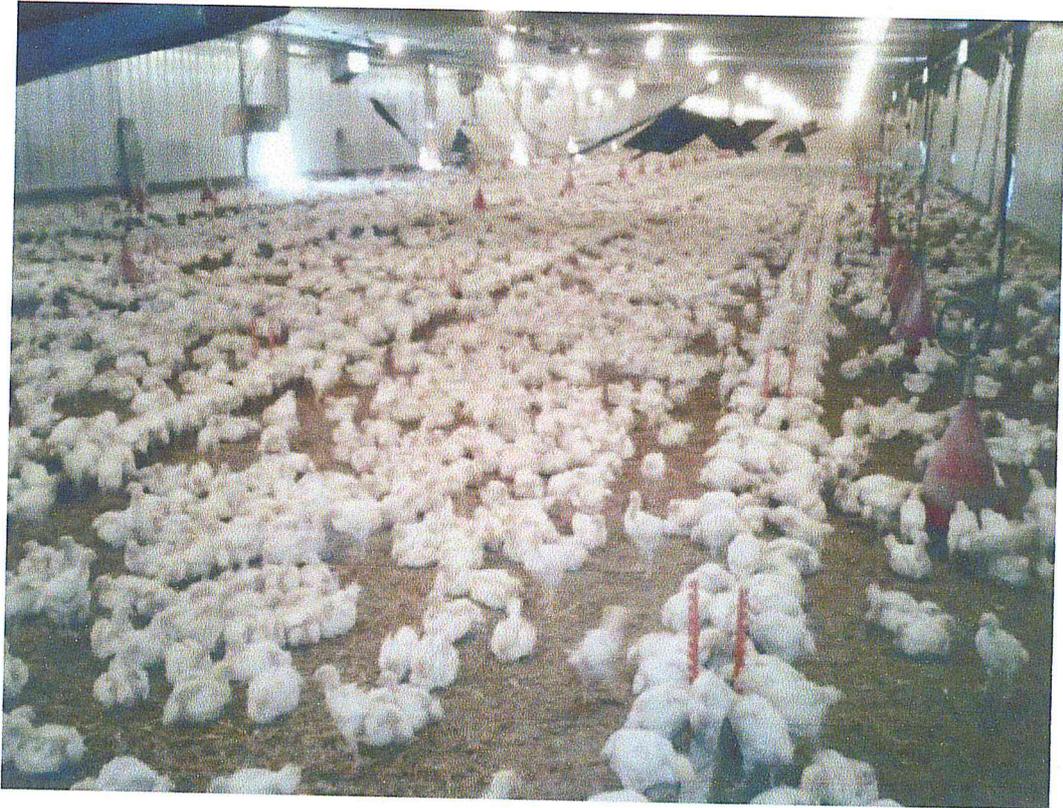


Figure 11 Le poulailler en période de finition (Photo source personnelle) (Bellat Boufarik- Blida-)

La densité du poulailler en période de croissance (15 à 30 jours) est 10 poulets/m<sup>2</sup>.

Concernant l'opération d'abattage, des échantillons de poulets doivent être envoyés au laboratoire vétérinaire pour les analyses. Par la suite, un certificat d'abattage est délivré par l'autorité vétérinaire compétente sur la base des bulletins des résultats obtenus.

Après la fin de chaque cycle de production, l'éleveur est amené à calculer les facteurs de rentabilité qui se rapportent au rendement zootechnique (Indice de consommation et taux de mortalité) et au rendement économique.

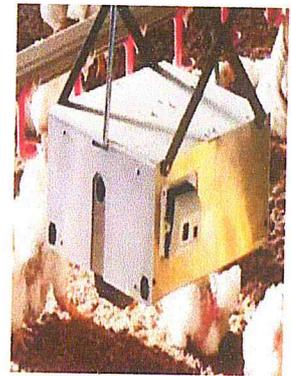
En général, l'on parvient dans de bonnes conditions à produire des poulets de 2,5 à 3 kg de poids vif au bout de 45 jours avec 5 kg d'aliment. Le taux de mortalité acceptable est de 6 % [28].

### 3. Vers une aviculture intelligente

La consommation mondiale de la viande augmente de plus en plus et c'est ce qui exige le développement des nouvelles méthodes de production pour suivre le rythme de ces progrès. Ci-dessous, nous présentons quelques-uns des travaux existant dans ce domaine :

#### 3.1 ChickenBoy :

ChickenBoy est le premier robot dans le monde suspendu sur le toit de poulailler. le Robot surveille la qualité de l'air, la santé des poulets, la litière, le fonctionnement des équipements ... et informe les agriculteurs, les éleveurs ou les vétérinaires via des alarmes mobiles Dans les cas anormaux 24x7. Le robot est une invention de la société Faromatics, il est actuellement en cours de développement et sera bientôt disponible sur le marché [29].



#### 3.2 Eggs Iting

Eggs Iting est un poulailler intelligent lancé par une startup française en décembre 2016, il contient un panneau solaire et de nombreux capteurs et autres outils technologiques Avec la possibilité de se connecté à internet via le réseau Wi-Fi domestique pour permettre à l'éleveur de prendre le contrôle de poulailler via un ordinateur ou Smartphone directement depuis le site



eggs iting. Le contrôle se fait via Internet et non depuis le réseau WiFi local, ce qui le rend possible de n'importe où (lieu de travail, de vacances, etc.).

Le poulailler est capable de gérer intelligemment la fermeture et l'ouverture des portes, chauffage, éclairage, présence d'œuf, niveau de graine, ce poulailler intelligent offre une belle palette d'innovation. Son seul inconvénient est son prix élevé (un poulailler de 5 à 6 poules peut atteindre 2 500€ !) [30].

### 3.3 Robo-poulailler:

l'entreprise Ukko Robotics a lancé en septembre 2016 le premier poulailler Autonome dans le monde. Ce poulailler peut se contrôler à partir d'un téléphone mobile et fonctionne 100 % à l'énergie solaire (peut rester Autonome jusqu'à sept jours). Il se déplace pour permettre aux poulets de manger l'herbe et de faire leurs besoins, sans qu'on ait à changer la litière. Le poulailler est disponible en différentes grandeurs, certains pouvant accueillir une centaine de poulets, d'autres entre 15 et 20 [31].



### **III. Conclusion**

De tout ce qui précède, Nous pouvons conclure que l'aviculture en Algérie est encore très loin d'être intelligente. En effet, une simple visite aux endroits de production nous a montré que la grande partie des fermes d'élevage est à caractère privé non évolutif et très classique dans les modèles de production. C'est ainsi qu'un grand retard technologique est remarqué au niveau des différents cycle de production, et cela entraînent par la suite, une faible productivité avec des surcouts de produit pour le dernier consommateur. Mais a ce jour, le chalenge est comment arrivé à produire un poulet à un poids élevé dans les délais les plus courts avec le moins de mortalité possible !

Nous présentons dans les chapitres suivants, notre solution proposée grâce à l'Internet des Objets afin d'améliorer la qualité de production dans les fermes d'élevage.

# **Chapitre 3:**

## **Étude de la partie matérielle du projet**

## **I. Introduction**

D'après ce que nous avons vu lors de diverses visites dans des fermes de poulets et les différents désavantages que nous avons remarqués dans ces derniers qui peuvent baisser considérablement leur rendement de la production, nous devons dire qu'il est nécessaire de développer un système de contrôle et le rendre automatique, tout en intégrant l'historique, les causes et même les actions correctives en cas d'absence de l'éleveur ainsi que l'installation des capteurs qui peuvent être un plus, pour renforcer la sûreté de fonctionnement et améliorer les conditions de l'ambiance climatique.

Dans ce chapitre, nous donnons en premier lieu, une étude comparative entre les différents types de cartes programmables disponible sur le marché dont le but de sélectionner la plus adaptée à nos besoins. Par la suite, nous présentons les différents capteurs et actionneurs qui nous permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatiques. Enfin, nous clôturons ce chapitre par une étude socioéconomique Pour estimer le coût de revient de notre projet.

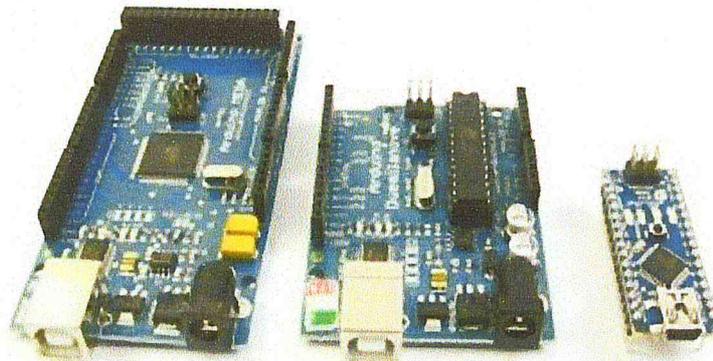
## **II. Étude de la partie matérielle :**

### **1. Présentation des choix de la solution**

Durant notre recherche sur la partie électronique qui va être implémentée pour automatiser les différents bâtiments d'élevage, nous avons constaté qu'au cours des dernières années, de nombreuses cartes de développement modulaire sont apparues. Chaque carte présente des avantages et des inconvénients. Elles se différencient par leurs fonctionnalités, leurs complexités et leurs prix. On peut citer parmi ces cartes :

#### **1.1 Carte Arduino**

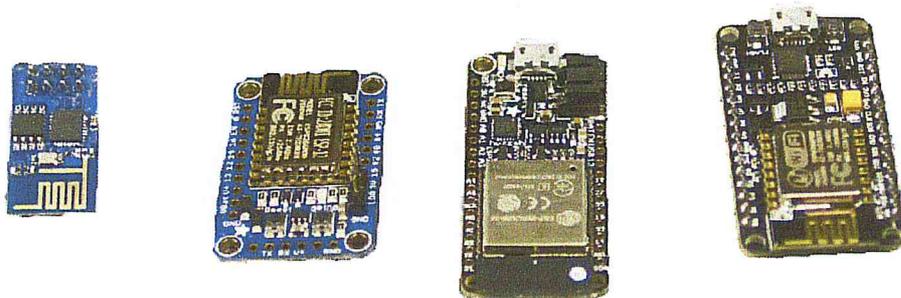
L'Arduino est un circuit intégré à base d'un microcontrôleur programmable qui peut analyser et produire des signaux électriques de façon à effectuer des tâches précises comme (le pilotage d'un robot, la détection de présence, le contrôle des appareils domestiques ...) [32].



**Figure 12 Exemples des cartes Arduino [32]**

### **1.2 Carte NodeMCU**

Une carte NodeMCU est une petite (3,00 x 5,50 cm) carte électronique équipée d'un microcontrôleur avec un carte wifi intégré pour établir des connexions TCP/IP. Les NodeMCU ont révolutionné le domaine de l'électronique à l'échelle mondiale depuis leur apparition en 2014 en raison de leur très grande capacité et leur faible prix.



**Figure 13 Exemples des cartes NodeMcu**

### **1.3 Carte Raspberry Pi**

Le Raspberry pi est un nano ordinateur de la taille d'une carte de crédit que l'on peut brancher à un écran et utilisé comme un ordinateur standard. Il est développé par une organisation britannique dans le but de fournir aux étudiants des ordinateurs à faible coût [33].

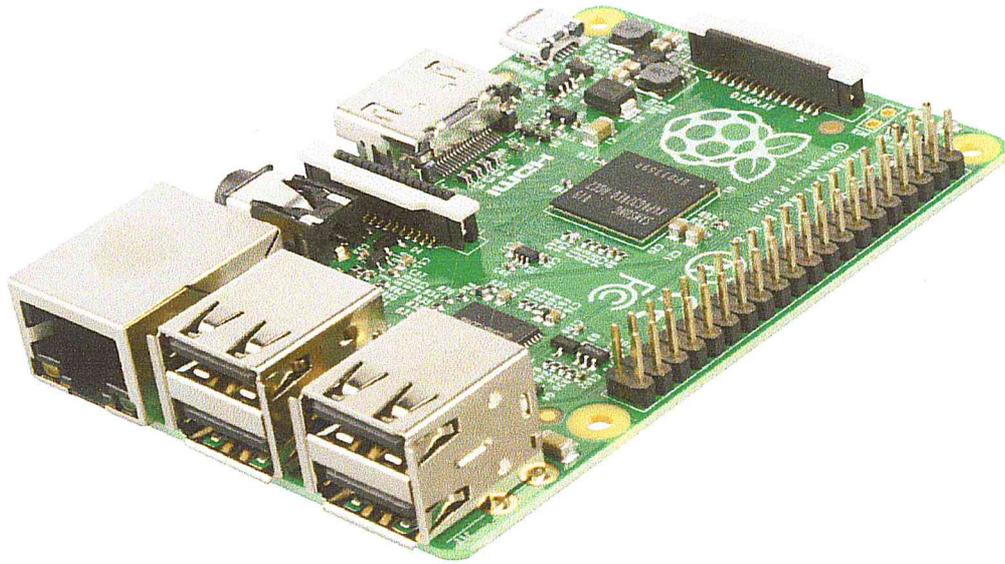


Figure 14 Carte Raspberry Pi [33]

#### 1.4 Les Critères de choix de la solution

Après la présentation des différentes cartes existantes sur le marché, nous passons vers l'une des étapes les plus importantes à la réalisation de notre projet qui est la sélection de la carte la plus adaptée à nos objectifs. Il existe beaucoup de critères de sélection dont nous devons tenir compte comme :

- Le nombre d'entrées/sorties analogiques.
- Le nombre d'entrées/sorties numériques.
- Puissance de calcul suffisamment élevée pour gérer des algorithmes en temps réel
- Taille de la mémoire programmée (pour contenir l'ensemble du programme).
- La taille de la mémoire RAM (pour les calculs que le microcontrôleur doit effectuer).
- La mémoire EPROM (si on a besoin que certaines données soient sauvegardées si l'alimentation se coupe).
- Le prix et la disponibilité sur le marché (Le prix joue un rôle très important dans notre cas, car nous avons besoin de plusieurs cartes afin de couvrir tout l'espace de bâtiment d'élevage).
- Idéalement : la possibilité de se connecter à internet pour envoyer et recevoir des données depuis un serveur distant.

## 1.5 Etude comparative

Nous résumons dans ce tableau une comparaison technique de quelques cartes programmables disponible sur notre marché :

Nom de la carte	Arduino UNO	Arduino Méga	NodeMcu ESP8266	NodeMcu ESP32	Raspberry Pi B+
Naissance	2005	2010	2014	2016	2016
Prix (DA)	2400	4500	1800	3000	12000
Processeur	ATMEGA 328	ATMEGA 2560	Xtensa L106 Single-Core	Xtensa Lx6 Dual-Core	Broadcom BCM2837
Fmax	16 Mhz	20 Mhz	160 Mhz	240 Mhz	1,2 Ghz
ROM	2 KB	256 KB	512 KB UP TO 4 MB	4 MB UP TO 16 MB	MicroSD
RAM	32 KB	8 KB	160 KB	512 KB	512 MB
EEPROM	1 KB	2 KB	1 KB	1 KB	MicroSD
E/S Digital	14	42	16	23	40
E/S Analog	6	16	1	18	0
WiFi	NON	NON	OUI	OUI	OUI

Tableau 8 Etude comparative de quelques cartes disponibles sur le marché [32] [34] [35]

### ❖ Analyse du tableau comparatif

- En tenant compte du tableau 1, Nous remarquons que les cartes Arduino ont une puissance bien moindre que celle délivrée par leurs deux camarades, qui nous a conduit à les éliminer de notre choix.
- Du l'autre côté, nous remarquons aussi qu'en termes de mémoire vive ou mémoire externe, les capacités de Raspberry et ESP32 sont plus gros que les autres cartes. Ainsi que les deux possèdent une carte wifi de plus par rapport aux autres.

- D'après une recherche réalisée, nous avons trouvé que Le prix de Raspberry est le plus élevé devant les autres cartes, et avec les frais de (MicroSD, chargeur, Ventilateur, convertisseur Analog to Digital) il peut atteindre jusqu'à 17000 DA ! De plus, il ne possède pas d'entrée analogique (dans notre cas, trois de nos capteurs sont analogique).

D'après l'analyse du tableau comparatif, on déduit que l'ESP32 représente un outil plus performant et mieux adapté à nos besoins. L'ESP32 possède le nombre de ports analogique le plus élevé, une fréquence pouvant atteindre jusqu'à 240 Mhz et une grande capacité mémoire ROM et RAM qu'ils lui permettront de gérer des algorithmes de régulation complexes, de plus, son prix est plus qu'abordable.

Il est aussi capable de se connecter à un réseau Wifi pour envoyer et recevoir des données par internet, ce qui le rend la solution la plus adaptée pour la réalisation de notre projet.

## **1.6 La Carte ESP32**

### **1.6.1 Présentation de l'ESP32**

L'ESP32 est un circuit intégré à microcontrôleur 32 bits produit en septembre 2016 par la société chinoise Espressif, comme déjà mentionné, il intègre un module Wifi 802.11b/g/n permettant d'établir des connexions TCP/IP, en mode client/serveur HTTP. La puissance de l'ESP32 en fait la solution idéale pour l'IoT (Internet des objets) et les projets connectés [36] .

#### **❖ Principales caractéristiques de l'ESP32 [35] :**

- processeur à double-cœur Xtensa LX6 32 bits cadencé jusqu'à 240 MHz.
- Mémoire flash entre 4 MB et 16 MB selon les modèles.
- 520 Ko de RAM pour les instructions et les données.
- Puce Wifi 2.4 GHz (802.11 b/g/n) avec antenne intégré.
- Bluetooth Low Energy (BLE, BT4.0, Bluetooth Smart) intégré.
- un Capteur de température intégré.
- un capteur à effet Hall intégré.
- un capteur tactile intégré.
- Compatible avec les sécurités WFA, WPA/WPA2 et WAPI.

- 23 Entrées/sorties numériques GPIO.
- 18 Entrées/sorties Analogiques GPIO.
- Alimentation 2,2 V à 3,6 V par l'intermédiaire du connecteur micro USB.

### 1.6.2 Brochage de l'ESP32

Grâce à la fonction de multiplexage de la puce ESP32, plusieurs fonctions sont attribuées à la même broche. Si vous ne les définissez pas sur le code, les broches seront utilisées par défaut- comme indiqué dans la figure ci-dessous (l'emplacement des broches peut changer en fonction du fabricant) [37].

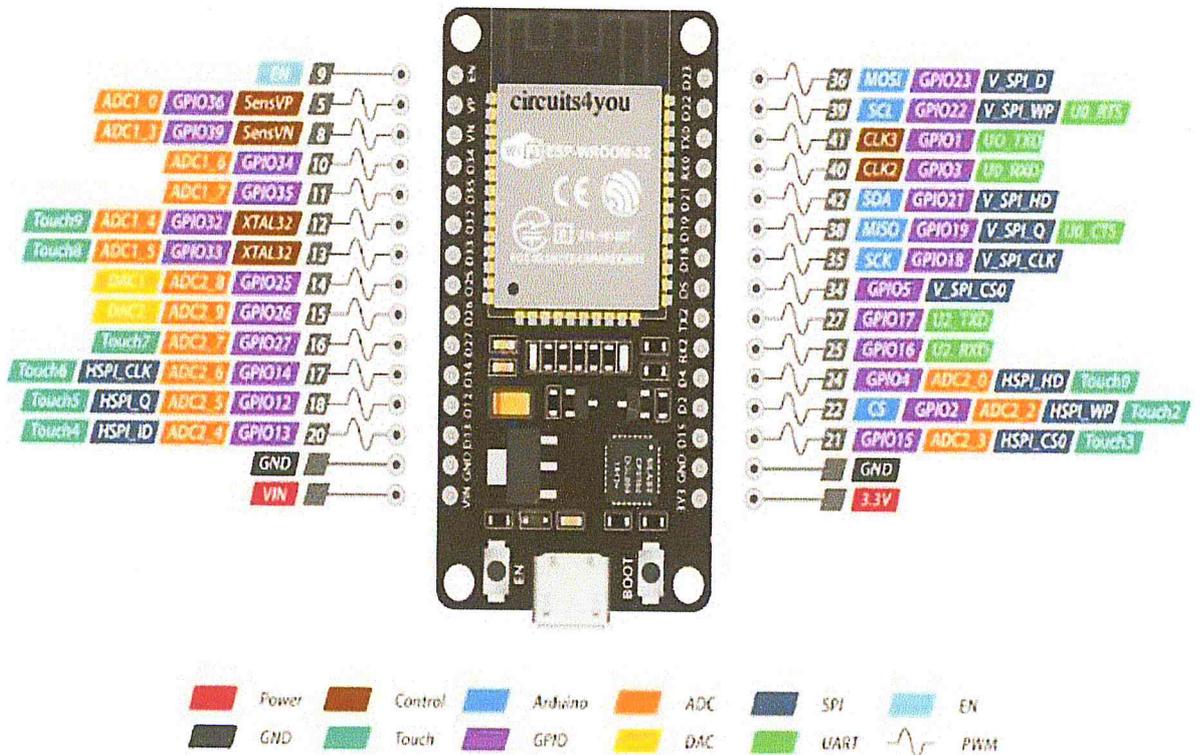


Figure 15 schéma de brochage de l'ESP32 [37]

### 1.6.3 Programmation du l'ESP32

Il existe plusieurs façons de programmer la carte ESP32 [38] :

- En script Lua, avec le firmware NodeMCU.
- En C, avec le SDK d'Espressif.
- En C, avec l'IDE Arduino.
- En JavaScript, avec le firmware Espruino.

➤ En MicroPython, avec le firmware MicroPython.

Pour la programmation du l'ESP32, nous allons utiliser l'environnement de développement d'Arduino car cet IDE présente beaucoup d'avantages (Gratuit, open-source, Multiplateforme ....).

## 2. Capteurs / Accessoires utilisés

Le contrôle des paramètres climatiques d'un bâtiment d'élevage nécessite des capteurs appropriés. Dans ce qui suit, nous présentons les différents Capteurs et accessoires que nous allons utilisés dans notre projet :

### 2.1 Capteur de Luminosité LDR

Une photorésistance ou LDR (Light Dépendent Résistor), est un composant dont la résistivité dépend de la luminosité ambiante. Autrement dit, c'est une résistance dont la valeur change en fonction de la lumière qu'elle reçoit. On peut donc utiliser une photorésistance pour ajuster l'intensité de la lumière dans le bâtiment d'élevage selon les différents cycles de productions.

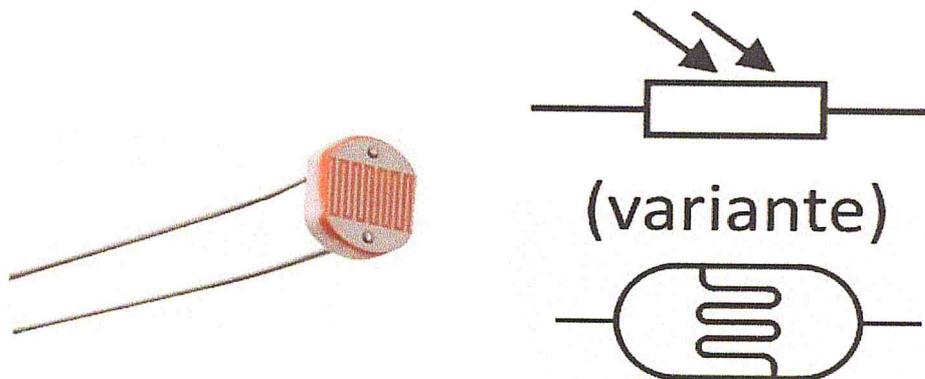


Figure 16 Une Photorésistance avec son symbole [39]

Il existe différents types de photorésistances, chacune ayant des valeurs de résistance différentes en fonction de la luminosité ambiante. Le type le plus classique de photorésistances est de 1M ohms (obscurité) / 12K ohms (pleine lumière) [39].

### 2.2 Capteur de température / humidité DHT11

Le capteur DHT11 fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée, il est constitué d'un capteur de température à base de NTC et d'un capteur d'humidité résistif, un microcontrôleur s'occupe de faire les mesures, les convertir et de les transmettre.

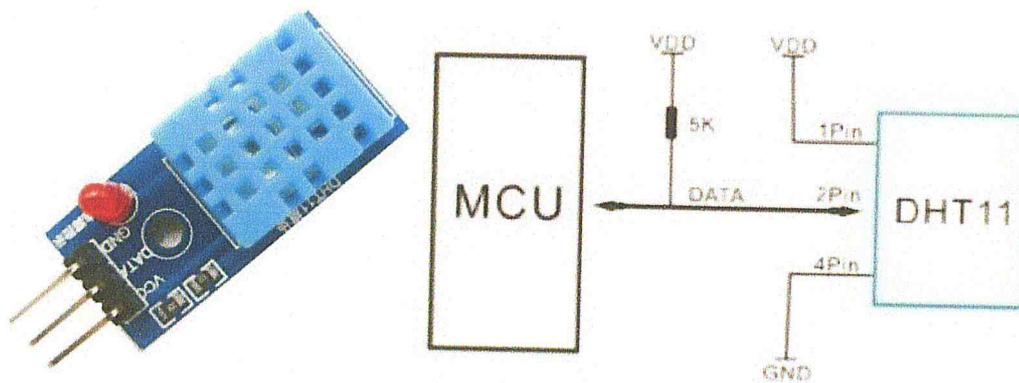


Figure 17 Capteur DHT11 et son schéma de brochage [36][40]

Il communique avec le microcontrôleur via une unique broche grâce au protocole OneWire, cette technologie utilisée par le capteur DHT11 garantit une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide [40].

#### ❖ Caractéristiques techniques du DHT11 [40]:

- Alimentation : 5 V
- Consommation : 0.5 mA en nominal / 2.5 mA maximum
- Etendue de la mesure de température : 0°C ~ 50°C
- Etendue de la mesure de l'humidité : 20 ~ 90%RH
- Précision : +/- 2°C et +/- 5%RH
- Période de mesure: 1Hz (1 mesure par seconde)
- Dimensions: 12x15.5x5.5 mm
- Stabilité à long terme : +/- 1% par an

### 2.3 Capteur de CO2 SEN0159

Ce module est basé sur le capteur de gaz MG-811 permettant de détecter la présence de CO2 afin que La tension de sortie du module diminue lorsque la concentration de CO2 augmente (Avec un potentiomètre on peut régler le seuil de

tension). Il intègre un circuit chauffant fournissant au capteur la meilleure température de fonctionnement et un autre Circuit de conditionnement pour amplifier le signal de sortie [41].

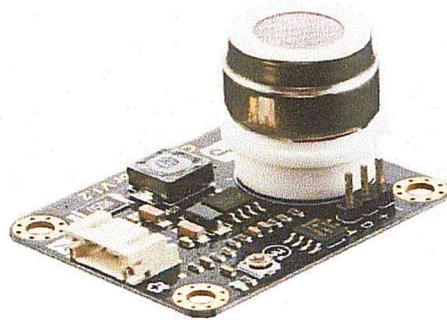


Figure 18 Capteur de CO2 SEN0159 [41]

❖ **Caractéristiques du capteur [41] :**

- Sortie : analogique (et une sortie numérique)
- Alimentation : 5V
- Potentiomètre et module capteur MG-811 ultra-sensible intégrés
- Un connecteur de haute qualité
- Circuit de conditionnement pour amplifier le signal de sortie
- Circuit chauffant intégré.
- Dimensions: 42 x 32 x 30 mm
- Haute sensibilité et temps de réponse rapide

Etant donné la cherté de ce capteur et son indisponibilité sur le marché algérien, nous avons procédé à son remplacement par le capteur MQ-2 qui a les mêmes caractéristiques que son frère à l'exception de précision qui est un peu moins.

#### 2.4 Capteur de qualité de l'air MQ-135

Le MQ135 est un capteur qui permet de mesurer la qualité de l'air. Le capteur est très sensible aux principaux polluants présents dans l'atmosphère tel que l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), l'alcool, Benzène, l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>), ainsi que la fumée [42]. Ce capteur a une sensibilité élevée et temps de réponse rapide ce qui le rend approprié pour notre projet.



Figure 19 Capteur de qualité de l'air MQ-135 [42]

❖ **Caractéristiques techniques du MQ-135 [42]:**

- Alimentation : 5 V
- Sortie : analogique (et une sortie numérique).
- Plage de détection: 10 ~ 1000 PPM
- Gaz détecté : NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcool, benzene, fumée et CO<sub>2</sub>
- le temps de réponse:  $\leq 1$  s
- Dimensions: 32x22x27mm
- la durée de vie: 5 ans

### **2.5 Module GSM SIM800L**

Le module SIM800 est un téléphone GSM simple, sans clavier, écran, micro ni haut-parleur mais possédant une liaison série à connecter à un microcontrôleur local. Ce module prend en charge le réseau quadri bande GSM / GPRS et disponible pour la Transmission et réception des SMS, de passer des appels... [43], ce qui en fait la solution idéale de notre projet pour l'envoi des notifications sous forme SMS aux utilisateurs dans les cas anormaux.

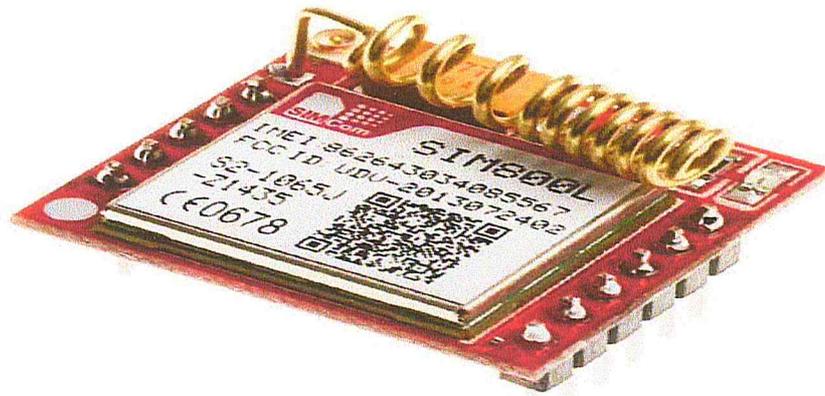


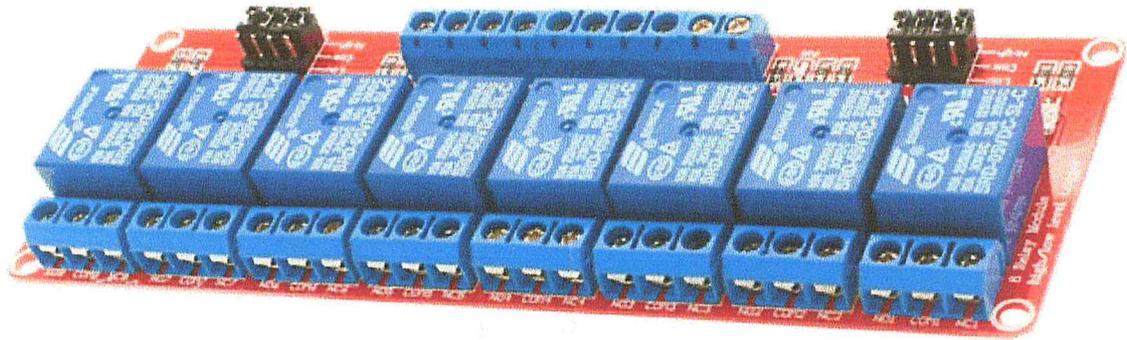
Figure 20 le module GSM SIM800L [43]

❖ **Caractéristiques techniques du SIM800L [43] :**

- Alimentation : 3,5 ~ 4,4 V
- Fréquence: 780MHz ~ 960MHz, 1710MHz ~ 2170MHz
- Effectuer et recevoir des appels vocaux à l'aide d'un casque et microphone externe
- Envoyer et recevoir des messages SMS
- Envoyer et recevoir des données GPRS (TCP / IP, HTTP, etc.)
- Numériser et recevoir des émissions de radio FM
- Dimensions: 2.5 cm x 2.3 cm x 0.7 cm

## 2.6 Module Relais

Le relais est un appareil joue le rôle d'un interrupteur commandé. Un relais électromécanique est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (électro-aimant). Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts électriques [44].



**Figure 21 Un relais à 8 canaux [44]**

Le module de relais est largement utilisé dans tous les domaines tels que le secteur industriel, contrôle PLC, contrôle de la maison intelligente, etc. Dans notre cas (notre prototype de poulailler), nous avons choisi un module de relais à 4 canaux car nous avons besoin de contrôler l'éclairage, Chauffage et 2 pièces pour les ventilateurs (En fait,, nous aurons besoin de plus que cela).

### **2.7 Ventilateur**

Les ventilateur permettent de forcer l'aération dans le Bâtiment d'élevage afin de garder les paramètres climatiques (température, humidité et la qualité de l'air) au voisinage des consignes choisies.



**Figure 22 Ventilateur 12 volts**

Dans la réalisation de notre prototype, nous utiliserons deux ventilateurs 12 volts. (En fait, le nombre des ventilateurs sera beaucoup plus grand que cela).

### **2.8 Autres composants**

Il y a beaucoup d'autres composants dont nous n'avons pas parlé en détail comme L'alimentation de system, Lampes d'éclairage, chauffage, Fils électriques, Plaque d'essai, Condensateurs, Résistances...

### 3. Etude socioéconomique

Pour estimer le coût de fabrication de notre système de contrôle d'ambiance climatique, nous avons fait une étude socioéconomique afin d'estimer le prix de fabrication :

Composant	Prix unitaire (DA)	Quantité	Total (DA)
ESP32	3000	3	9000
Capteur de Luminosité	500	2	1000
Capteur DHT11	650	2	1300
Capteur MQ-2	1000	2	2000
Capteur MQ-135	800	2	1600
Relais (4 canaux)	1200	1	1200
Ventilateur	500	2	1000
Module SIM800L	2200	1	2200
Arduino Uno	2000	1	2000
régulateur de tension	1200	1	1200
Alimentation de system	800	1	800
Câble d'alimentation	200	3	600
Lampes d'éclairage	120	1	120
Résistance chauffante	400	1	400
Condensateurs	50	5	250
Résistances	30	5	150
Pin de connexion	10	10	100
Bouton poussoir	50	4	200
Plaque d'essai	600	3	1800
Fils électriques	20	30	600
LED	20	6	120
<b>Total</b>			<b>27 640 DA</b>

### **Tableau 9 Estimation du prix de revient de notre projet**

D'après le tableau 9, le prix de revient est de **27 640.00 DA**, ce qui est très raisonnable par rapport aux avantages qu'il offre (ce montant est pour un poulailler jusqu'à 40 mètres Longueur avec 10 m de largeur).

### **III. Conclusion**

Dans ce chapitre, Nous avons présenté une étude comparative entre les différentes cartes électroniques disponibles sur le marché en fonction de plusieurs critères pour le but de sélectionner la plus adéquate à nos besoins. Puis, nous avons cité les différents composants et module ainsi leurs caractéristiques qui nous permettent de contrôler le système. Enfin, nous avons conclu ce chapitre avec une étude socioéconomique afin de déterminer le cout de réalisation, ce cout paraît acceptable comparé à ce que nous aurons obtenus à la fin.

Le prochain chapitre, sera dédié à la Conception et à la modélisation de notre système.

# Chapitre 4 :

# Analyse & Conception

# du système



## **I. Introduction**

Après avoir exprimé l'objectif de notre travail ainsi que les solutions technologiques les plus adaptées à nos besoins dans le chapitre précédent. Nous pouvons maintenant passer à la phase conception et modélisation du système qui représente une activité clé dans le processus de développement de notre projet de fin d'études. En effet, elle formalise et détaille ce qui a été ébauché au cours de préliminaire, et permet de dégager l'étude fonctionnelle du système. Elle permet ainsi d'obtenir une idée sur ce que va réaliser le système en termes de métier (comportement du système).

Tout au long de ce chapitre, nous commençons par définir les besoins fonctionnels et Techniques de la solution que nous allons proposer, ainsi que son architecture. Par la suite, nous passons vers la modélisation et Conception du notre application à travers les différents diagrammes (diagramme de classe, cas d'utilisation, séquence et de composant). Enfin, nous clôturons ce chapitre par présenter une conception hardware de différent composant électronique à travers les schémas de chaque branchement.

## **II. Spécification des besoins :**

### **1. Besoins Fonctionnels**

Pour assurer les différents besoins et attentes des éleveurs, notre système devra être intelligent et extensible permettant de superviser et contrôler les bâtiments d'élevage, et cela avec différents niveaux d'accès.

Notre système comprendra trois (03) fonctionnalités principales que nous allons présenter ci-dessous de façon plus détaillée afin d'être plus clairs.

#### **1.1.La Supervision**

Notre système doit permettre à l'utilisateur de suivre en temps réel l'état des bâtiments d'élevage de volaille et de la volaille elle-même, en offrant à l'utilisateur la possibilité :

- de montrer l'historique des états passés.
- d'accès à distance (à travers Internet).

## **1.2. Gestion Des Lieux**

Dans ce contexte, notre système offre la possibilité de gérer les différents équipements et dispositifs (extracteur d'air, régulateur de température, lampes...) de manière automatique, semi-automatique ou de manière manuelle.

## **1.3. Gestion Des Alertes**

Les différents capteurs et actionneurs installés dans les bâtiments d'élevage permettent au système d'avoir des informations sur les paramètres d'environnement (Ammoniac, l'humidité, la chaleur, ...) et ceci de manière continue. Ce dernier pourra analyser des données envoyées et lance l'alerte dans les cas anormaux (chaleur anormale...), et dans ces cas notre système réagira de façon automatique et autonome en effectuant une liste d'actions préconfigurées pour remettre les paramètres environnement à ses bonnes valeurs tout en envoyant des notifications aux utilisateurs (via SMS, Appel etc..) qui pourront eux même intervenir.

## **2. Les besoins Techniques :**

Les besoins Techniques concernent les contraintes à prendre en considération pour mettre en place une solution adéquate aux attentes des utilisateurs. Les principaux besoins Techniques que notre application doit nécessairement assurer, ce résumant dans les points suivants :

- Gestion des utilisateurs et droits d'accès : On distingue principalement deux types d'utilisateurs : "Dirigeant" et "Employé" pour notre système dont le premier permet de gérer les différents employés, ainsi que les différents bâtiments d'élevages de plus que l'autre.
- La sécurité : l'application devra être hautement sécurisée, les informations ne devront pas être accessibles à tout le monde, c'est-à-dire que le site web est accessible par un identifiant et un mot de passe attribué à une personne physique.
- L'interface : avoir une application qui respecte les principes des interfaces Homme/Machine (IHM) tels que l'ergonomie et la fiabilité.
- la portabilité et compatibilité: Notre application doit être portable sur tous les environnements logiciels (Windows, Mac OS, Linux), d'où compatible avec les autres services développés ou qui vont être développés.

### **III. Démarche de modélisation :**

Chaque application et chaque système avant d'être réalisé doit passer par une étape de conception en utilisant un langage de modélisation afin de représenter ses modèles. Cette étape permet de décrire les fonctionnalités du système, son comportement et tout le détail nécessaire pour la réalisation de ce système et son déroulement.

#### **1. Choix du modèle de conception:**

Dans le cas de notre projet, on a choisi l'approche objet pour la conception de l'application, en raison de ses nombreux avantages, tels que [45]:

- Le système développé est plus facile à maintenir du fait que les objets sont indépendants. Ils peuvent être modifiés. Mais, le fait de modifier l'implémentation d'un objet ou de lui ajouter des services ne doit pas affecter les autres objets du système (Contrairement à l'approche fonctionnelle).
- Les objets sont considérés comme des composants réutilisables appropriés vu leur indépendance. On peut alors développer des conceptions à l'aide des objets créés dans une autre conception.
- Pour certaines classes du système, il existe une correspondance claire entre les entités du monde réel (tels que les composants matériels) et les objets du système qui le contrôlent ce qui permet d'améliorer la compréhension de la conception.

Pour La Modélisation de notre application, on a choisi le langage UML (Unified Modeling Language) qui permet de modéliser un problème de façon standard... (Vous trouverez tous les détails d'UML sur ce lien) [46].

### **V. Conception**

Après avoir défini les fonctionnalités du notre système, il est indispensable de passer par la suite vers la conception qui s'intéresse à comment ces fonctionnalités seront implémentées et représente ainsi une ébauche de l'activité de développement. La conception passe par deux étapes : la conception software et la conception des composants électroniques (hardware).

## 1. La conception software :

Concerne une vision descriptive des éléments de la conception de la partie logiciel : sous systèmes (composants), classes et interfaces.

Dans ce qui suit nous allons décrire les éléments de la conception de notre système (cas d'utilisation, diagramme de classes et diagrammes de séquence) et cela en utilisant les outils de UML.

### 1.1 Identification les acteurs du système :

Un acteur est une entité externe qui agit sur le système (Utilisateur , dispositif matériel, autre système, etc.) et qui peut consulter et/ou modifier l'état du système.

Pour des fins de sécurité nous définissons deux catégories des acteurs:

- **Directeur** : est le responsable des différents bâtiments d'élevages (Peut être le propriétaire). Il a toutes les fonctionnalités de système telles que : La Supervision, Gestion des Lieux, Gestion des Alertes ainsi que la possibilité de créer un nouveau compte d'employé et de gérer les différents bâtiments d'élevages (Ajouter, Modifier, Supprimer).
- **Employé**: Assure la supervision des différents bâtiments, comme il peut accéder à des autres fonctionnalités du système (piloter les équipements, envoyer un message d'alerte et Consulter l'historique).

### 1.2 Diagramme de cas d'utilisation

Un cas d'utilisation permet de décrire l'interaction entre les acteurs (utilisateurs du cas) et le système, tel que chaque cas correspond à une fonction métier du système, selon le point de vue d'un de ses acteurs [47].

Nous présentons ci-dessous, les différents diagrammes de cas d'utilisation de notre système, qui donnent une vision globale et simple du comportement fonctionnel de ce dernier.

### 1.2.1 Diagramme de cas d'utilisation Globale :

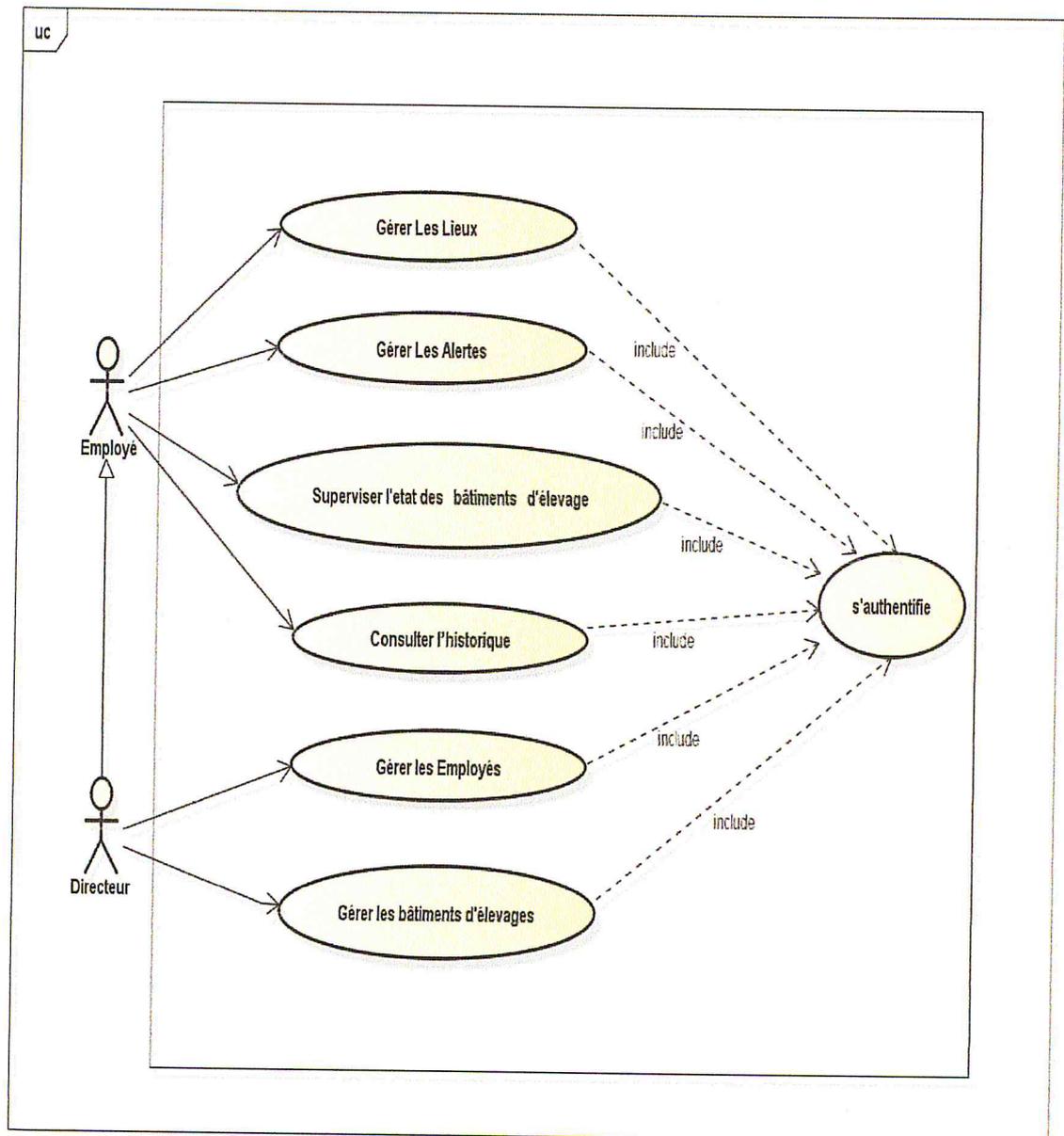


Figure 23 diagramme de cas d'utilisation global

Maintenant nous allons détailler ce diagramme général en détaillant les cas d'utilisations générales de notre système, commençant par le 1er cas d'utilisation qui est la gestion des lieux.

### 1.2.2 Diagramme de cas d'utilisation « Gestion des lieux » :

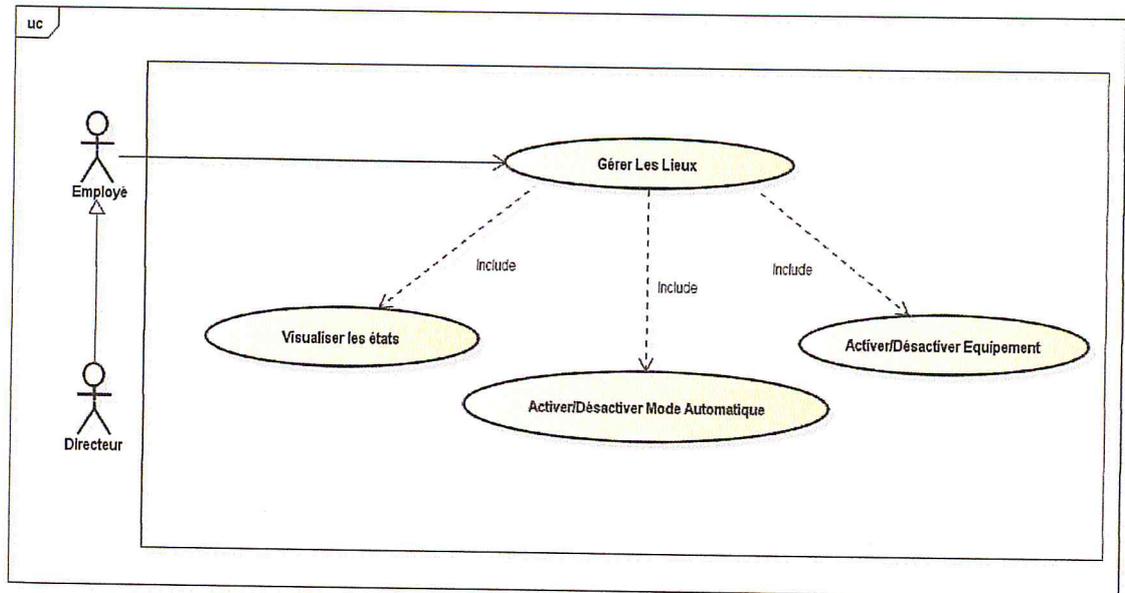


Figure 24 : diagramme de cas d'utilisation "Gestion des lieux"

### 1.2.3 Diagramme de cas d'utilisation « Gestion des Alertes »:

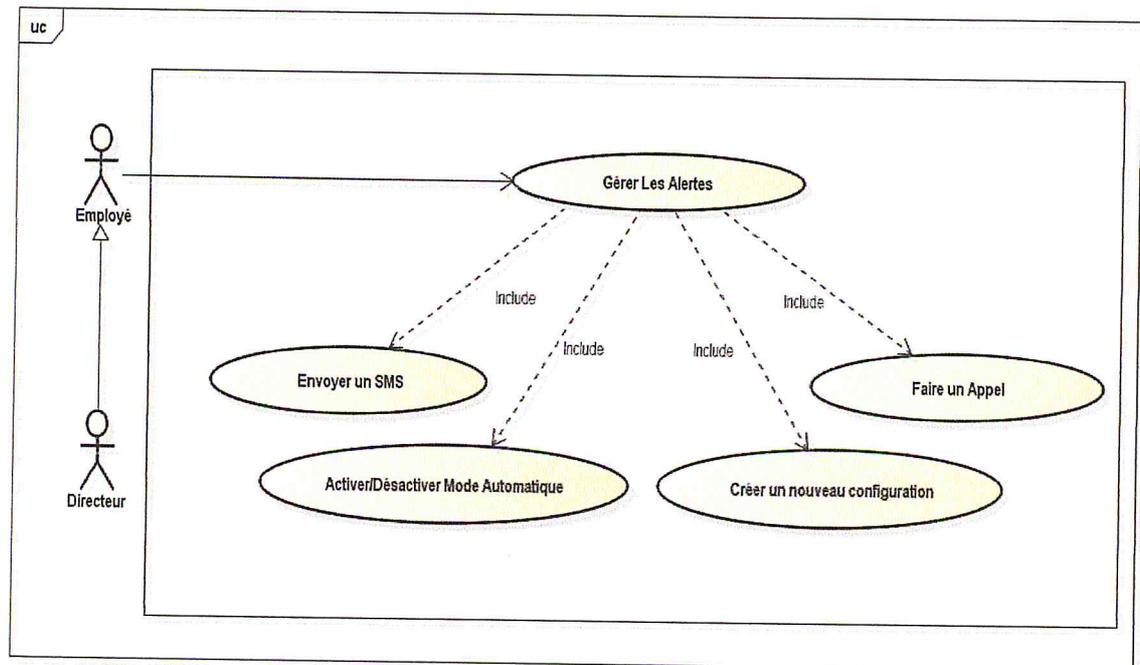


Figure 25: diagramme de cas d'utilisation " Gestion des Alertes "

### 1.2.4 Diagramme de cas d'utilisation « Consulter l'historique »

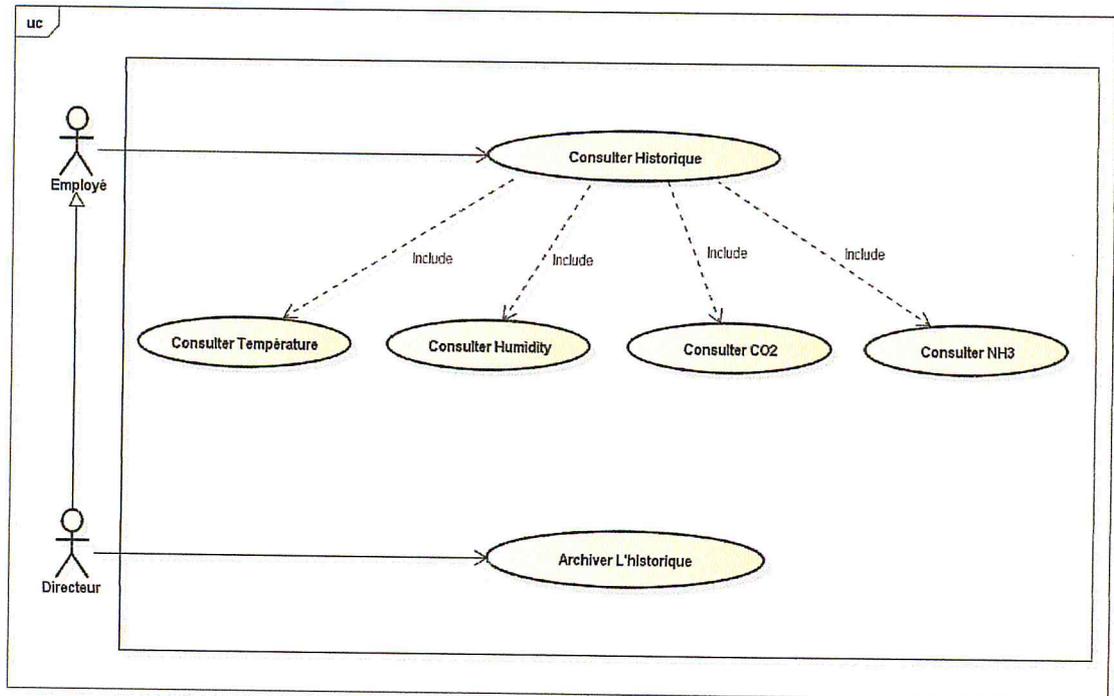


Figure 26: Diagramme de cas d'utilisation « Consulter l'historique »

### 1.2.5 Diagramme de cas d'utilisation « Gérer les bâtiments d'élevage »

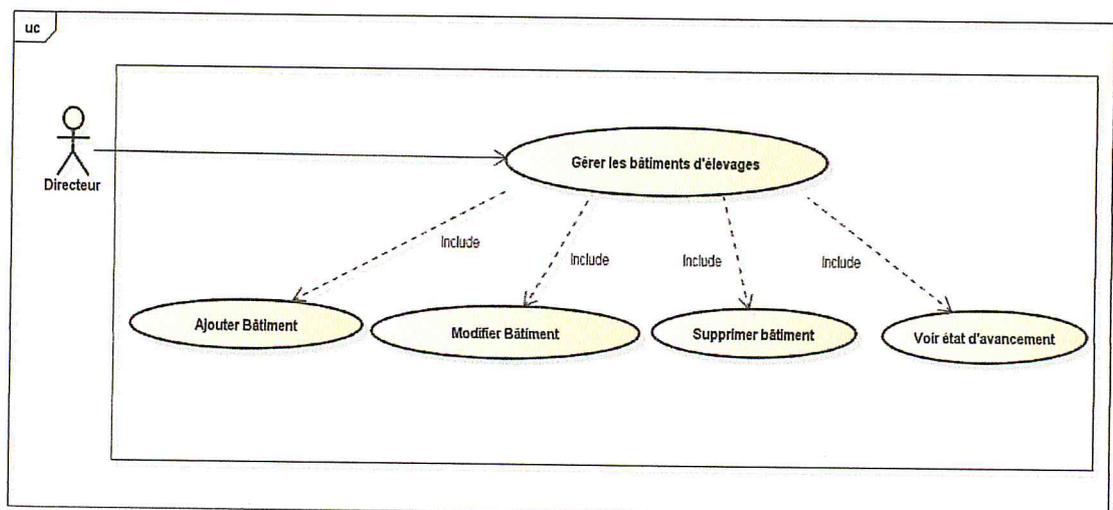


Figure 27 Diagramme de cas d'utilisation « Gérer les bâtiments d'élevage »

### 1.3 Diagramme de classes :

Le diagramme de classes décrit les types des objets qui composent un système et les différents types de relations statiques qui existent entre eux. Le diagramme de classes fait abstraction du comportement du système. Les classes qui composent notre système sont :

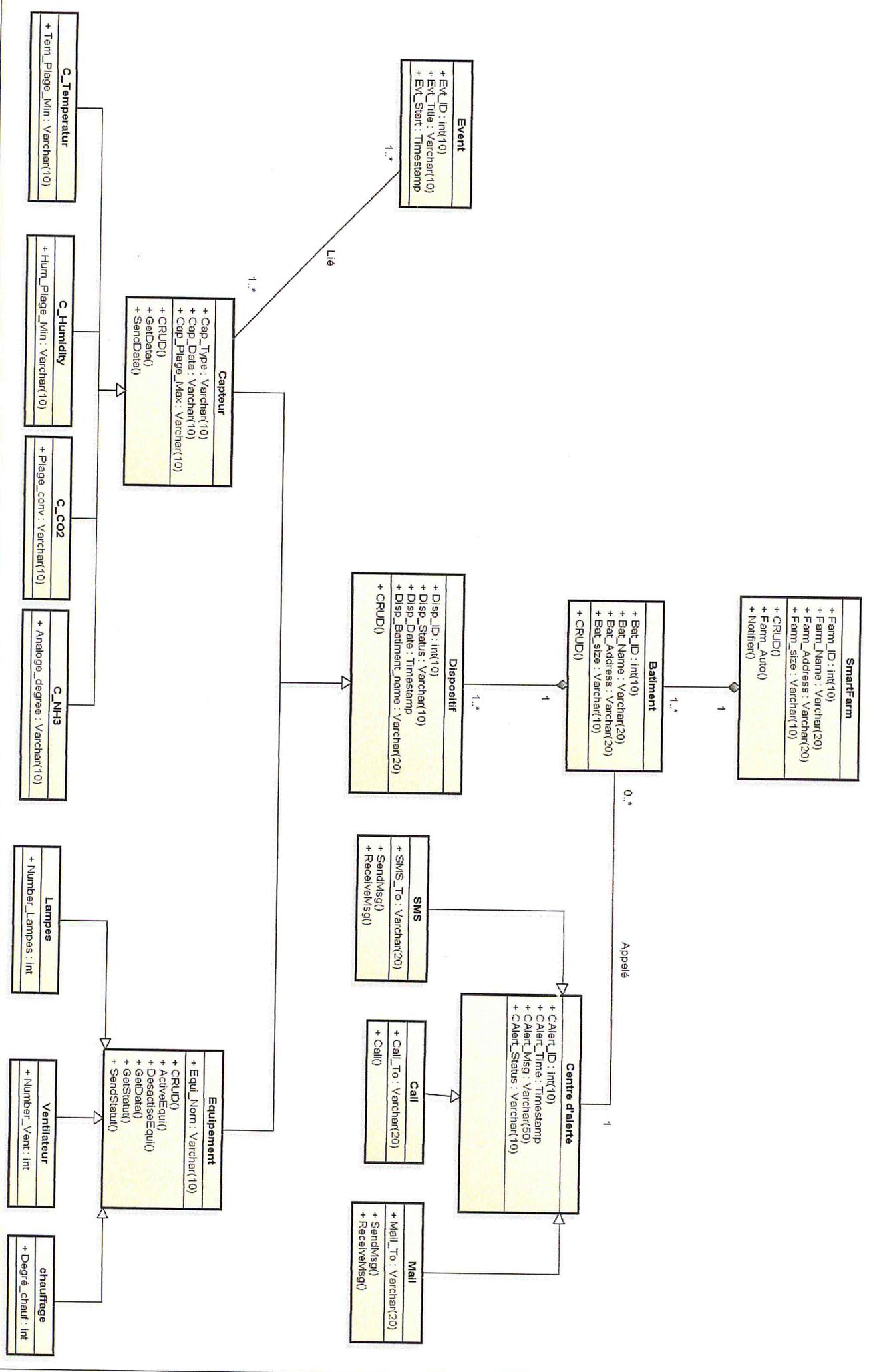


Figure 28 Diagramme des classes

La représentation détaillée (les attributs et les fonctions) de chaque classe est décrite dans les figures suivantes :

### 1.3.1 Classe Centre d'alerte :

C'est la class responsable d'envoi et de la réception des diverses Messages d'Alerte.

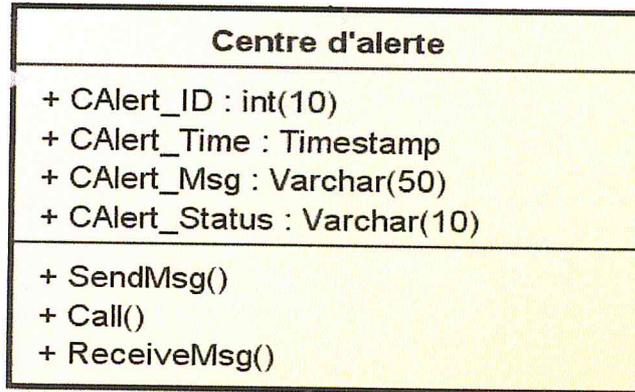


Figure 29: Classe Centre d'alerte

SendMsg () : permet d'envoyer un Message d'Alerte.

Call () : permet de passer un appelle téléphonique.

ReceiveMsg () : permet de recevoir un Message envoyé par le Responsable au système.

### 1.3.2 Classe Equipement :

C'est la class qui permet d'interagir entre la carte ESP32 (Actionneur) et le système, aussi le pilotage des équipements de bâtiment d'élevage.

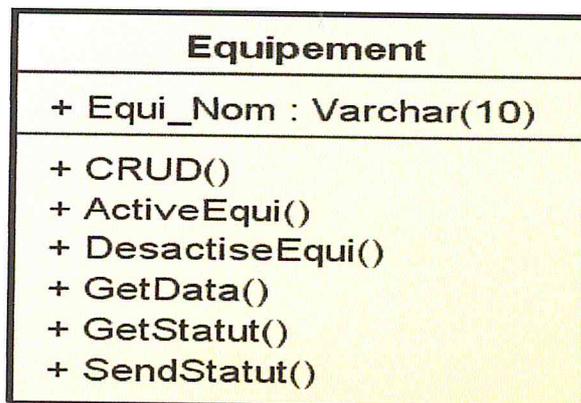


Figure 30: Class Equipement

ActiveEqui () : permet d'activer l'équipement.

DesactiseEqui () : permet de désactiver l'équipement.

GetData () : permet de recevoir les données envoyer par le system.

GetStatut () : permet de récupérer le statut d'un équipement électrique.

SendStatut () : permet d'envoyer le statut d'un équipement au system (ON/OFF).

### 1.3.3 Classe capteur :

C'est la class qui permet d'interagir entre la carte ESP32 (Capteur) et le système, aussi la réception des différents valeurs des paramètres climatiques.

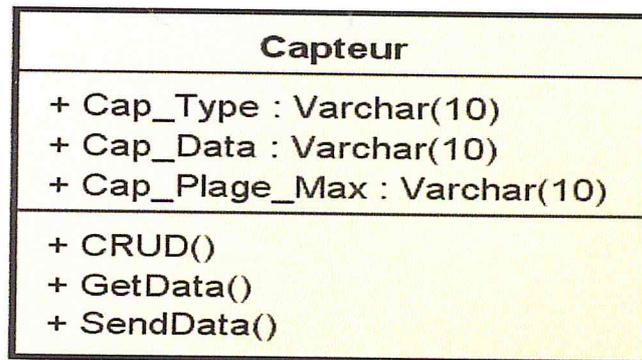


Figure 31 Classe capteur

GetData () : permet de recevoir les données envoyer par le system.

SendData () : permet d'envoyer les données au système.

### 1.3.4 Classe évènement :

C'est la classe qui permet de lie chaque information envoyer par la carte ESP32 (capteur) avec la date d'acquisition.

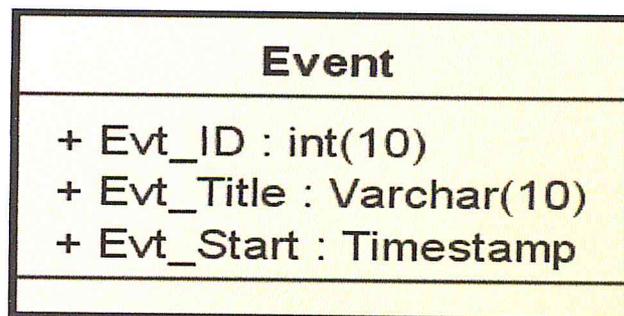


Figure 32 Classe évènement

### 1.3.5 Classe SmartFarm :

C'est la classe principale de notre system, elle se compose d'un à plusieurs bâtiments d'élevage et permet de faire toutes les contrôles et les actions.

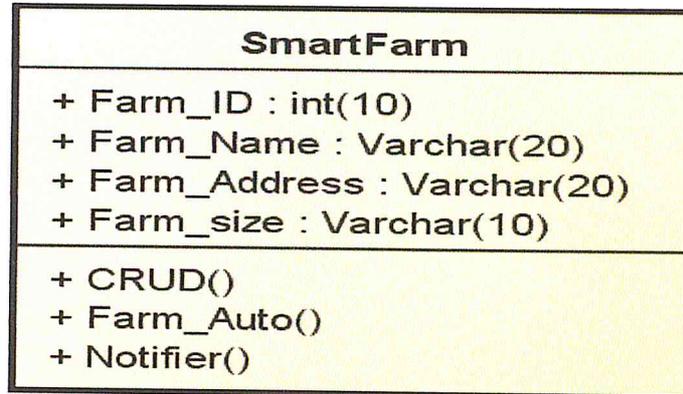


Figure 33 Class SmartFarm

Notifier () : permet d'envoyer un notification à l'utilisateur.

Farm\_Auto () : permet d'activer ou désactiver le Mode Automatique.

### 1.3.6 Classe Bâtiment :

La class qui représente un bâtiment d'élevage de poulet de chair, elle se compose d'un ensemble des Dispositif (capteurs et équipements).

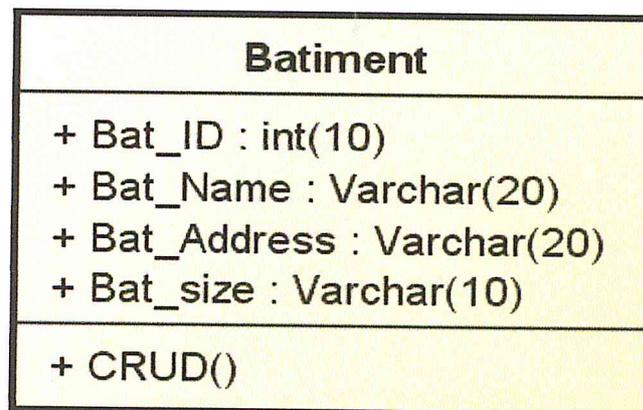
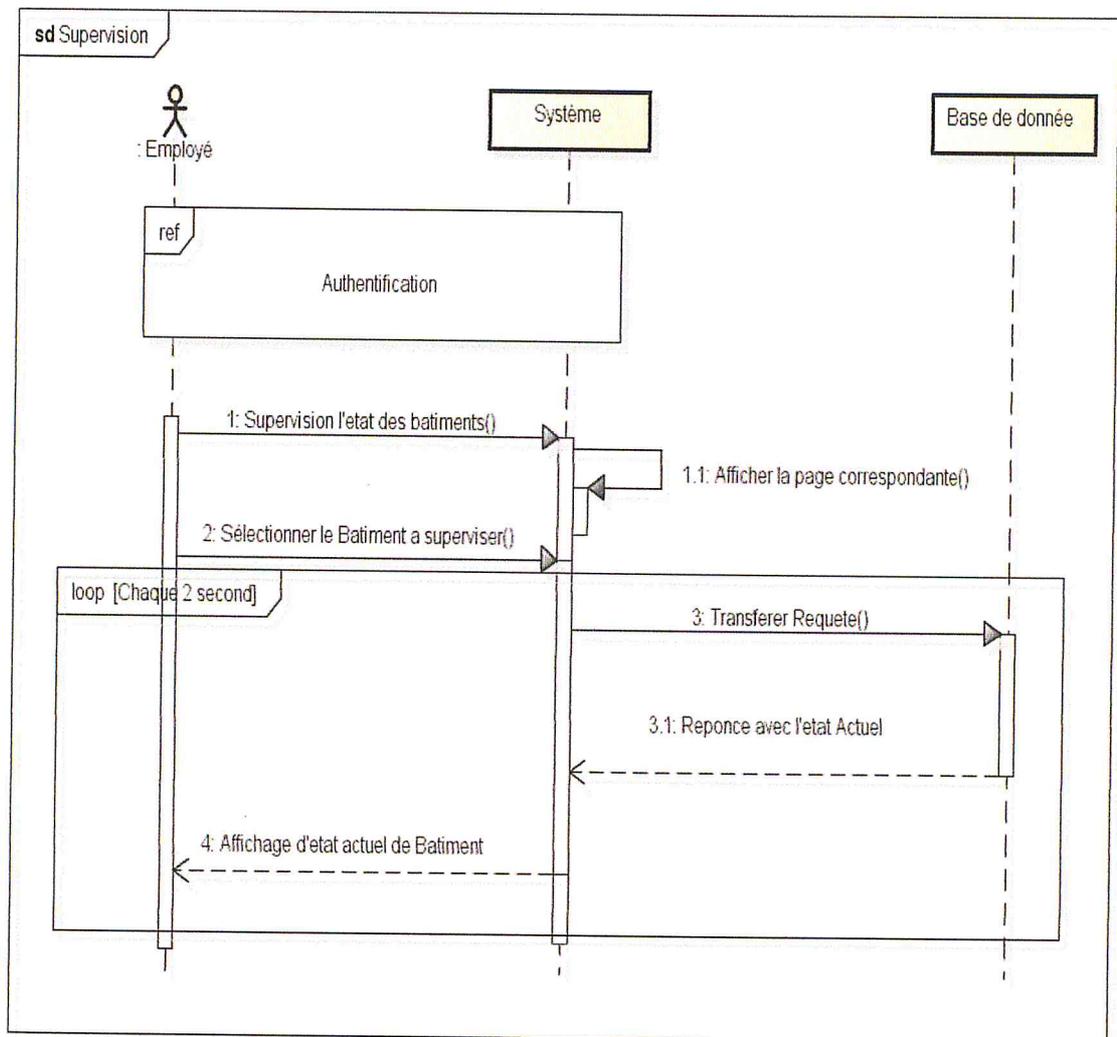


Figure 34 Classe Bâtiment

## 1.4 Diagrammes de séquence

Les diagrammes de séquences sont la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique. Dans ce qui suit, nous présenterons quelques diagrammes de séquences illustrant les interactions entre les acteurs et notre système.

### 1.4.1 Diagramme de séquence « Superviser l'état des bâtiments d'élevages »



powered by Astah

**Figure 35 Diagramme de séquence «Superviser l'état des bâtiments d'élevages»**

**Le Scénario :**

Après l'authentification, L'utilisateur (Employé ou Directeur) demande au système de Superviser l'état des bâtiments. Une fois l'interface demandée est affichée, il sélectionne le Bâtiment qu'il désire superviser. A son tour le système envoi un requête au serveur BD afin de déterminer l'état actuel de Bâtiment sélectionné, puis l'afficher. Ce procédé est exécuté chaque deux secondes après que l'utilisateur sélectionne le bâtiment, c'est pourquoi nous avons utilisé l'opérateur "loop".

**1.4.2 Diagramme de séquence « Gestion des lieux »**

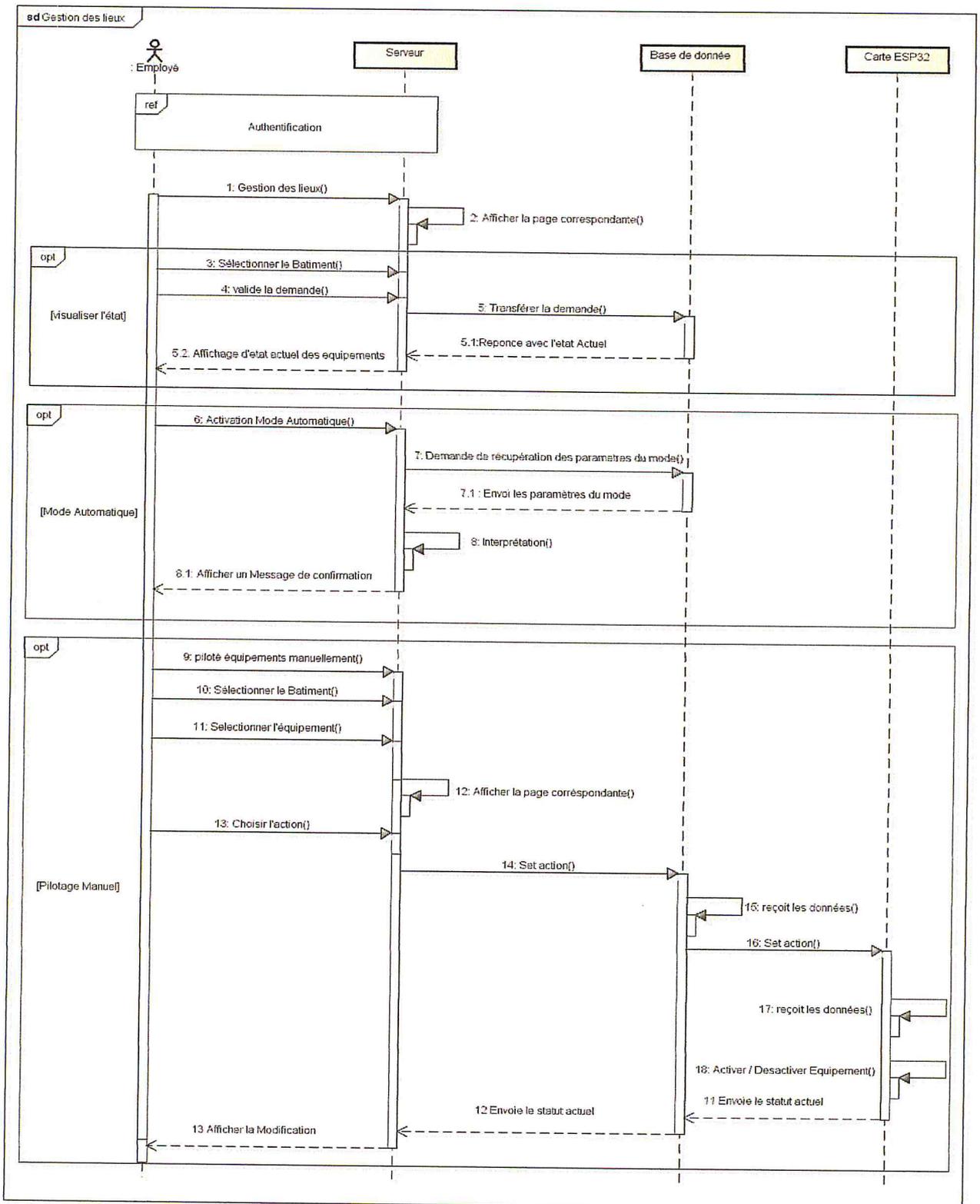


Figure 36 Diagramme de séquence « Gestion des lieux »

powered by Astal

**Le Scénario :**

Après l'authentification avec succès et l'affichage de l'interface demandée, Trois scénarios peuvent se présenter :

- **visualiser l'état des équipements:** L'utilisateur n'aura besoin que de sélectionner le bâtiment qu'il veut, puis valide la demande. A son tour le système transfère la demande au serveur BD afin de déterminer l'état actuel des équipements, puis les afficher.
- **Activation \ Désactiver Mode Automatique:** Rendre le système autonome est la fonctionnalité la plus importante de notre projet. L'utilisateur n'aura besoin que de lancer l'activation de mode automatique, Le système à leur tour communique avec le serveur BD afin de déterminer les paramètres nécessaires, puis affiche un message de confirmation à l'utilisateur (Pour désactiver le mode, L'utilisateur suit les même étapes).
- **Pilotage Manuel des équipements :** l'utilisateur commence par la sélection de Bâtiment puis il identifie l'équipement et l'action désiré. Ensuite le système a son tour envoi une requête au serveur BD. Le serveur BD transfère l'action vers la carte ESP32 qui va commander cet équipement soit en l'allumant ou en l'éteignant.

### 1.4.3 Diagramme de séquence « Scénario d'Alarme »

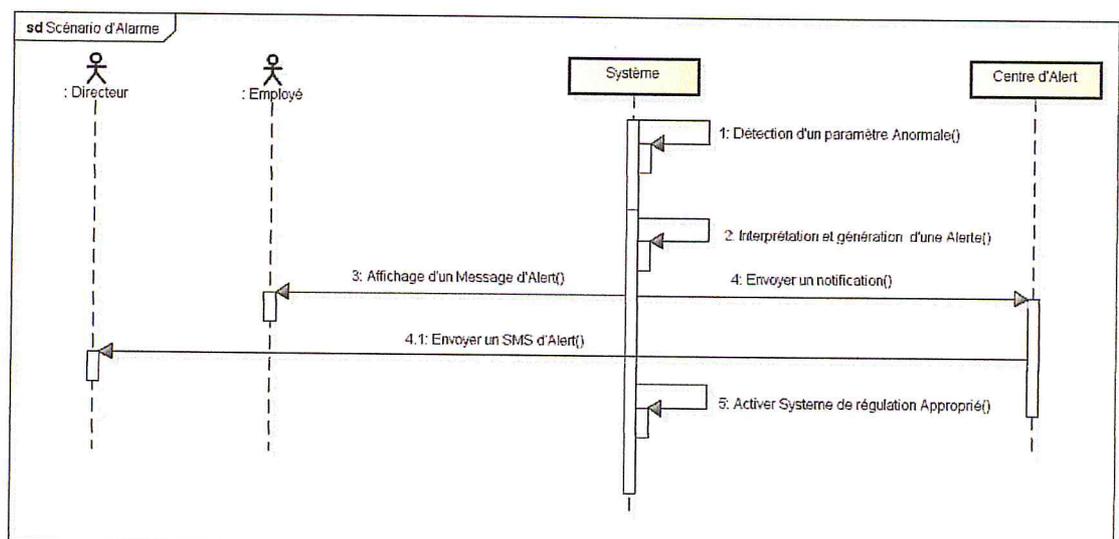
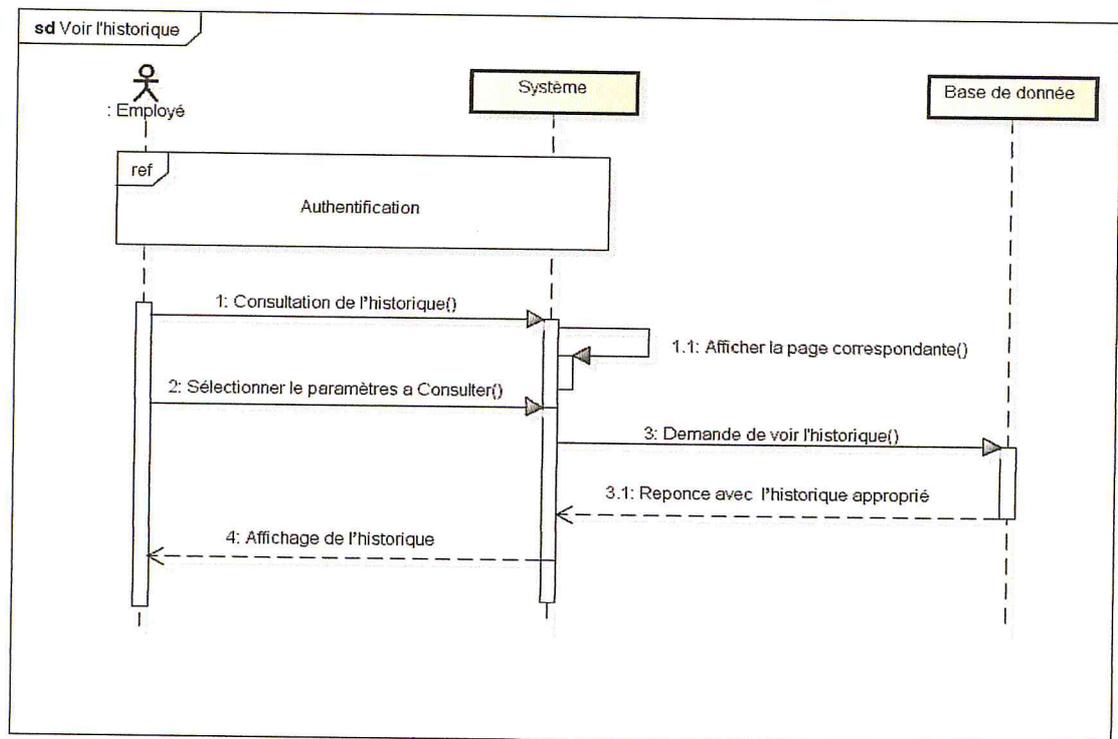


Figure 37 Diagramme de séquence «Scénario d'Alarme»

**Le Scénario :**

Dès que les différents capteurs détectent un phénomène anormal (chaleur anormale, gaz toxique...), Le système interprète l'évènement et déclenche une alarme en affichant un message d'alerte aux différents utilisateurs de notre application web avec la possibilité d'envoyer un SMS, Appel...aux responsables dans les cas grave. En même temps, il allume l'équipement Approprié afin de remettre le paramètre environnemental à sa bonne valeur avant qu'il ne soit trop tard.

#### 1.4.4 Diagramme de séquence « Consulter l'historique »



powered by Astah

Figure 38 Diagramme de séquence «Consulter l'historique»

#### Le Scénario :

Après l'authentification, tous les employés ont la possibilité de consulter l'historique, ils doivent d'abord sélectionner le paramètre d'environnement. A son tour le système envoie une requête au serveur BD afin de déterminer l'historique de paramètre sélectionné.

#### 1.4.5 Diagramme de séquence « gérer les bâtiments d'élevage »

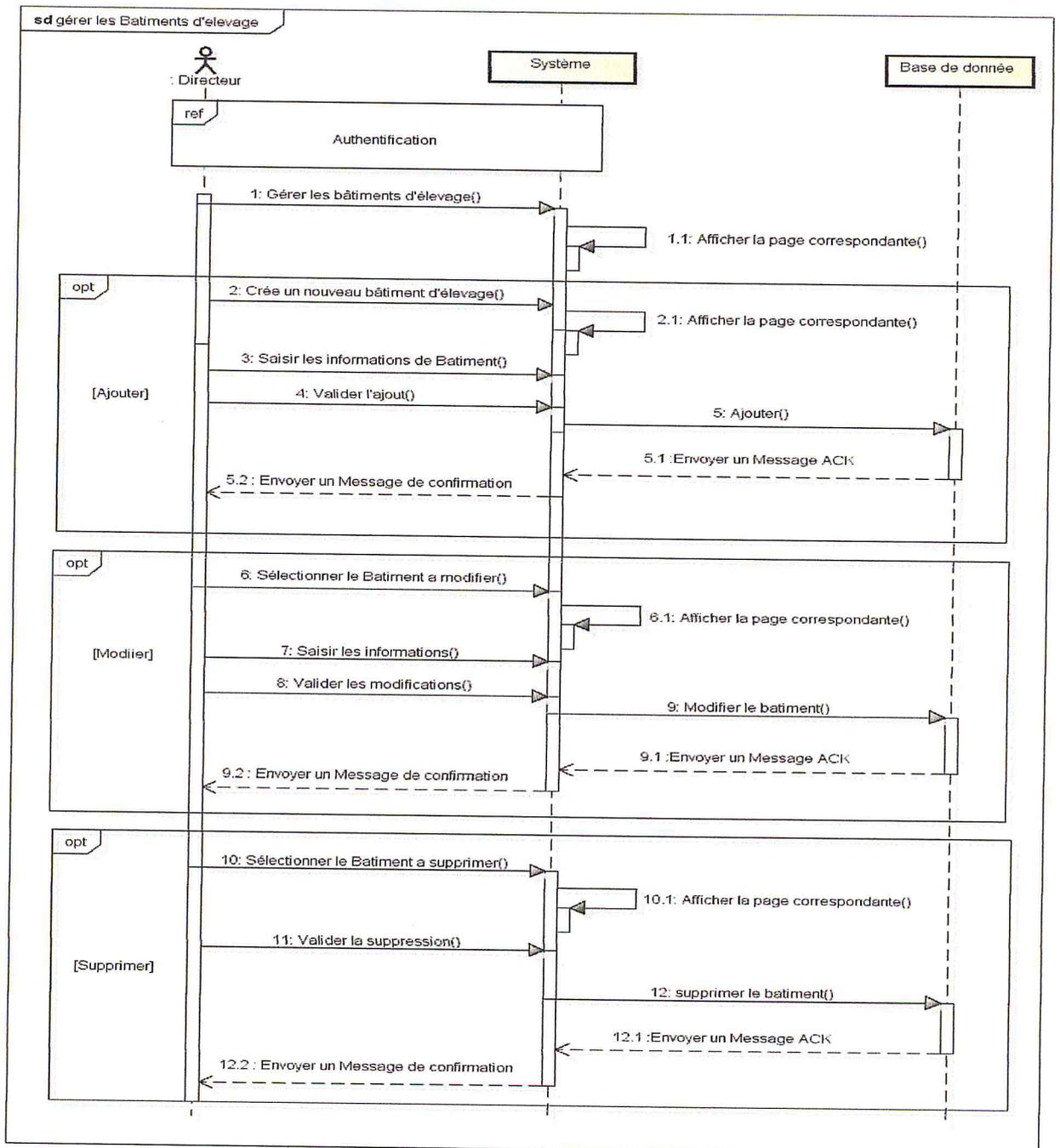


Figure 39 Diagramme de séquence «gérer les bâtiments d'élevage»

**Le Scénario :**

Après authentification, le directeur effectue une demande de gestion d'un bâtiment d'élevage. Le système affiche alors la page correspondante. Trois scénarios peuvent se présenter : Ajout d'un bâtiment, Suppression d'un bâtiment ou Modification d'un bâtiment.

- **Ajouter un bâtiment:** Après l'affichage de la page en passant en mode "Créer Bâtiment", le directeur ensuite saisit les informations de bâtiment qu'il veut ajouter, puis valide l'opération.
- **Modifier bâtiment:** Le directeur sélectionne le bâtiment concerné par la modification et effectue la demande de modification. Le système affiche alors dans le formulaire les informations de bâtiment sélectionné, dans lequel le directeur saisit les modifications et les valide.
- **Suppression d'un bâtiment :** Le directeur sélectionne le bâtiment concerné par la suppression. Le système à son tour affiche la page correspondante, une fois qu'il est affichée, le directeur supprime et valide l'action

**NB :** En ce qui concerne la **gestion des employés**, on suivra les mêmes étapes que dans la gestion des bâtiments d'élevage, pour ajouter, modifier ou supprimer un employé.

## 2. Le déploiement du système :

### 2.1 Architecture Du Système :

Nous présentons ci-dessous, une architecture de notre système où on peut voir le réseau de capteur qui va transmettre les données acquises à un centre de traitement composé d'un ou plusieurs ordinateurs connectés à intranet (ou à Internet). L'analyse des données permettrait d'élaborer des décisions. Ces décisions seront appliquées soient automatiquement, semi automatiquement ou de manière manuelle. Le centre de traitement permettrait aux techniciens et responsables de suivre en temps réel et à distance le bâtiment d'élevage de poulets. Il leur permettra aussi de prendre des décisions à la base d'informations fournies par le centre de traitement. L'interaction du centre de traitement avec les responsables pourrait se faire en utilisant internet, ou Intranet ou les services de messagerie courte (SMS) d'un opérateur de télécommunication. A titre d'exemple une alerte pourrait être envoyée au responsable et aux techniciens par SMS ou appel.

Le schéma synoptique suivant va nous permettre de mieux comprendre le fonctionnement global de notre système

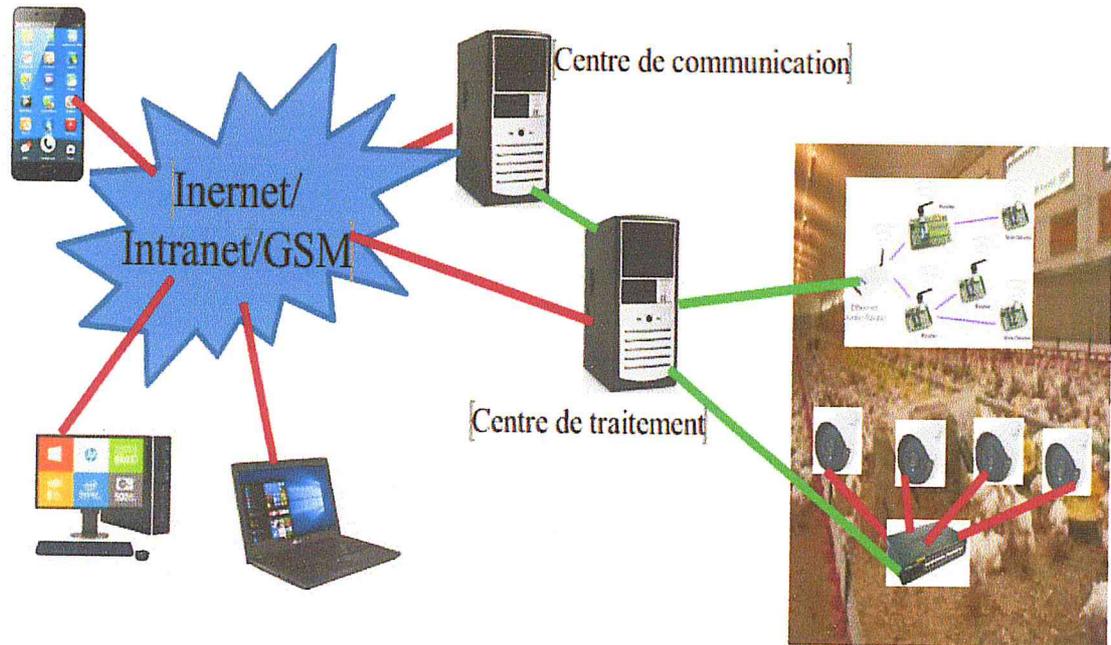


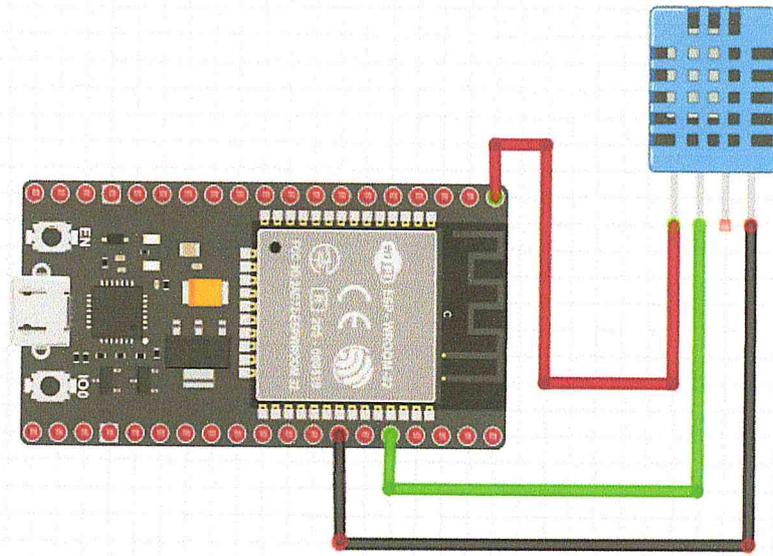
Figure 40 Schéma globale du système à concevoir

## 2.2 La conception des composants électronique :

Concerne une vision descriptive des éléments de la conception de la partie matérielle : composants, capteurs, microcontrôleurs.

Dans ce qui suit nous allons décrire les éléments de la conception de notre système (composants, capteurs, microcontrôleurs) et cela en utilisant les outils de conception électronique (fritzing). En effet, nous avons utilisé ce logiciel afin de mieux visualiser le bon déroulement du système ainsi que d'avoir une idée claire sur la partie matérielle et la conception des circuits imprimés avant de les mettre en place dans notre installation.

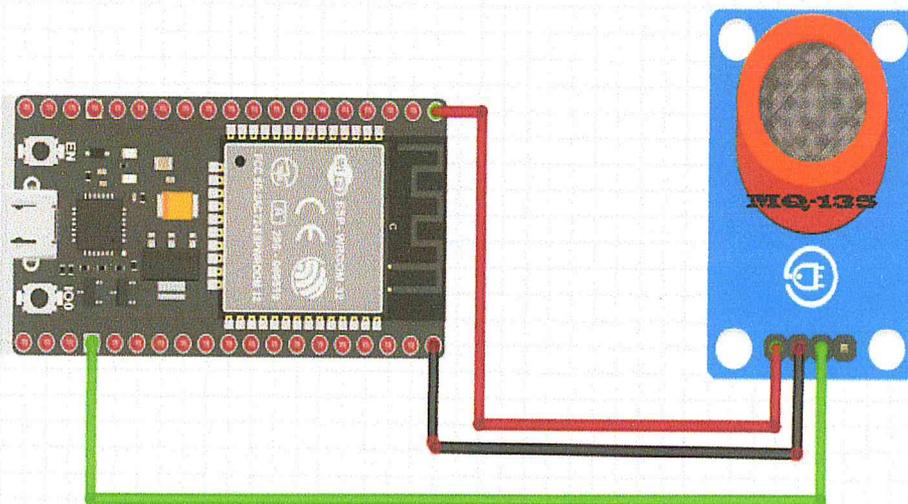
### 2.2.1 Schéma du système de détection de température et d'humidité



**Figure 41 Schéma du système de détection de température et d'humidité**

Le schéma de la figure 41 représente le branchement de capteur de température et d'humidité avec la carte ESP32. Le capteur température et humidité se compose de 3 branchements le premier de couleur vert « DATA », le deuxième et le troisième pour l'alimentation «+, - ».

### 2.2.2 Schéma du système de détection de Gaz Ammoniac



**Figure 42 Schéma du système de détection de Gaz Ammoniac**

Le schéma de la figure 42 représente le branchement de capteur d'Ammoniac. Il se compose de 3 branchements le premier de couleur vert pour « DATA », le deuxième et le troisième pour l'alimentation « +, - ».

### 2.2.3 Schéma du système de détection de Gaz CO2

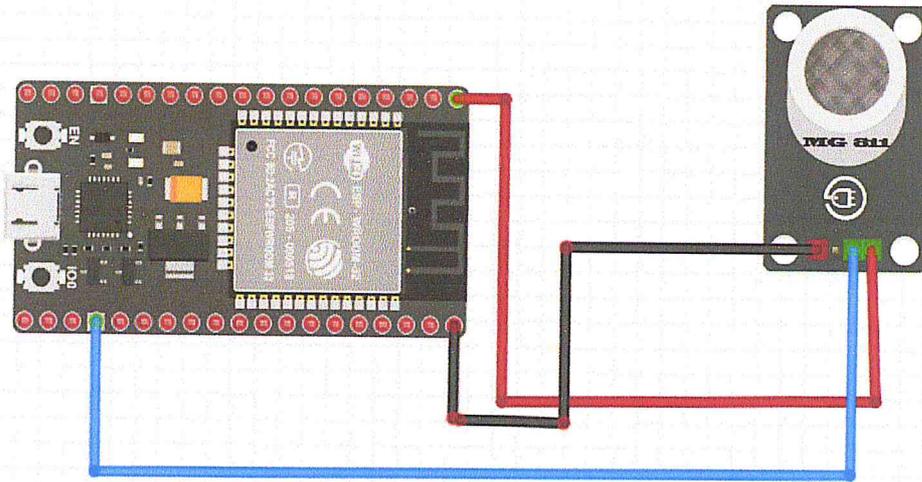


Figure 43 Schéma du système de détection de Gaz CO2

Le schéma de la figure 43 représente le branchement de capteur de CO2. Il se compose de 3 branchements aussi le premier de couleur Bleu « DATA », le deuxième et le troisième pour l'alimentation « +, - ».

### 2.2.4 Schéma du système de détection de luminosité

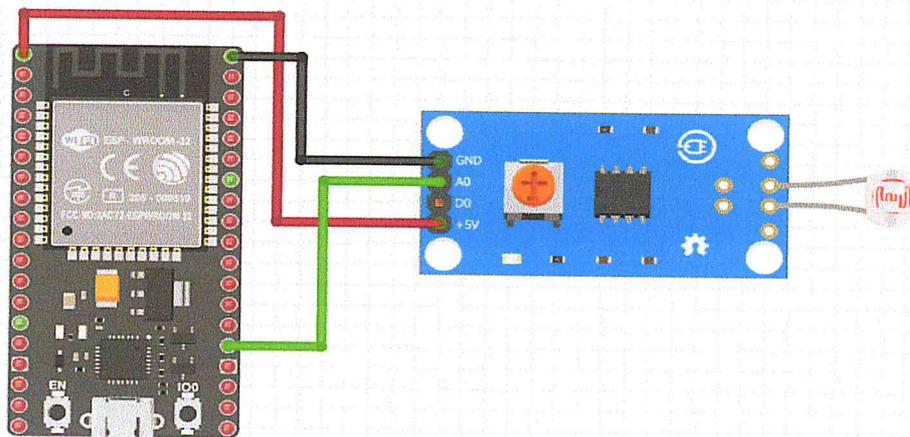


Figure 44 Schéma du système de détection de luminosité

Le schéma de la figure 44 représente le branchement de capteur luminosité avec la carte ESP32. Il se compose de 3 branchements le premier de couleur vert pour « DATA », le deuxième et le troisième pour l'alimentation « +, - ».

### 2.2.5 Schéma du système d'envoi des Messages

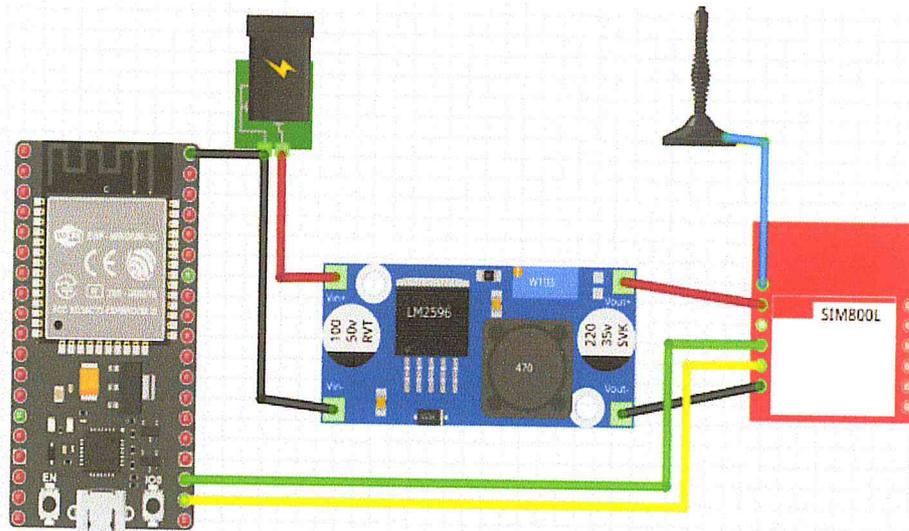


Figure 45 Schéma du système d'envoi des Messages

Le schéma de la figure 45 représente le branchement de Module GSM SIM800L avec la carte ESP32. Il se compose de 5 branchements les deux premier de couleur vert et Jaune pour « DATA », le troisième est Connecté à l'antenne (en bleu), le reste est pour l'alimentation « +, - ».

### 2.2.6 Schéma du système du branchement des différents équipements

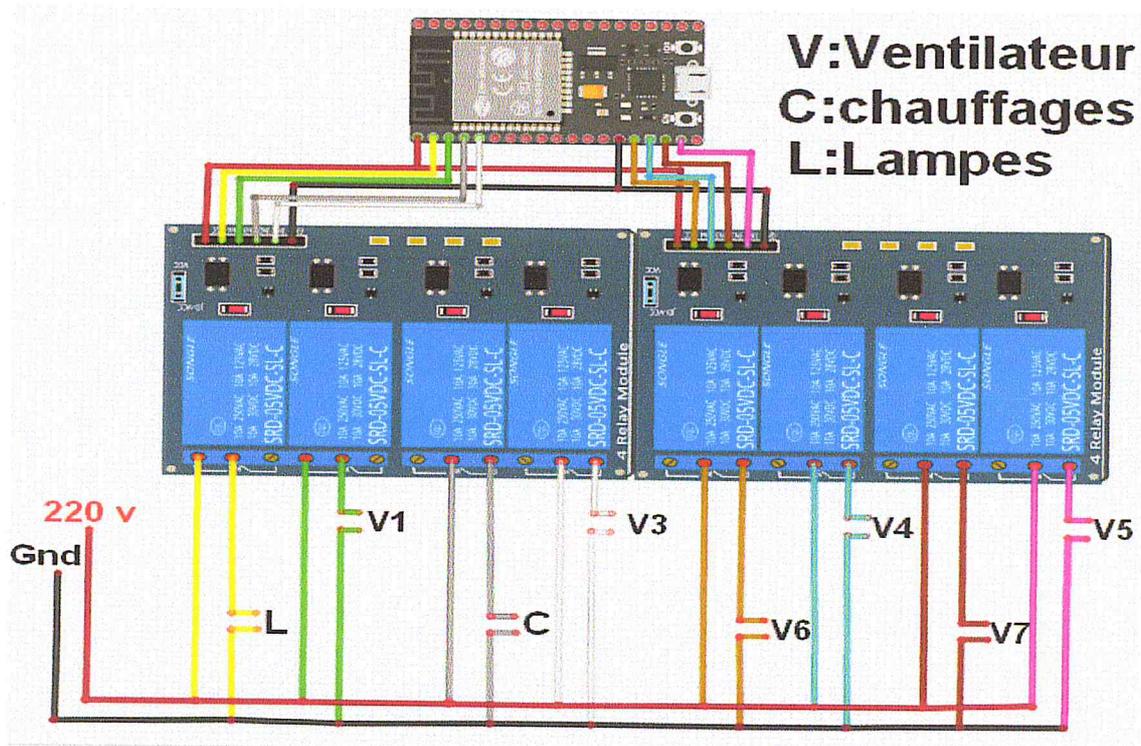


Figure 46 Schéma du système du branchement des différents équipements

Le schéma de la figure 46 représente le branchement des différents équipements d'un bâtiment d'élevage (lampes, Chauffages, Ventilateurs..).

## VI. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les différents besoins fonctionnels et techniques. Ensuite, nous avons présenté la conception software de l'application à travers les diagrammes de cas d'utilisation, diagramme de classe et en dernier les diagrammes de séquences. Enfin, nous avons conclu ce chapitre par présenter la conception hardware des différents composants électroniques à travers les schémas de chaque branchement ainsi que l'architecture de notre système.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons à l'implémentation du système.

# **Chapitre 5 : Implémentation et Tests**

## I. Introduction

Après une étude approfondie des concepts théoriques des techniques à implémenter, nous allons dans ce chapitre décrire le processus de réalisation de notre système en mettant en évidence l'ensemble des environnements de développement que nous avons utilisés, un aperçu sur les modules de notre application ainsi qu'une présentation des résultats obtenus des différents tests expérimentaux réalisés.

## II. Présentation de la plateforme

Afin d'avoir le contrôle de différents bâtiments d'élevage, nous avons développé une plateforme sous forme d'une application web, ce type d'application est très utilisé de nos jours car il offre la possibilité de contrôler un système depuis n'importe quel ordinateur connecté à internet sans avoir besoin d'installer des logiciels ou pilotes supplémentaires. Pour avoir accès à cette application, il suffit juste d'ouvrir le navigateur web et d'y entrer l'adresse de l'application.

Après avoir accédé et s'être authentifié, chaque utilisateur est dirigé vers son espace personnel. En fonction de son rôle et ses droits d'accès et il aura un menu différent. Dans ce qui suit, nous allons présenter les différents modules de notre plateforme en prenant en considération l'utilisateur de type « Directeur » car c'est celui qui possède toutes les fonctionnalités.

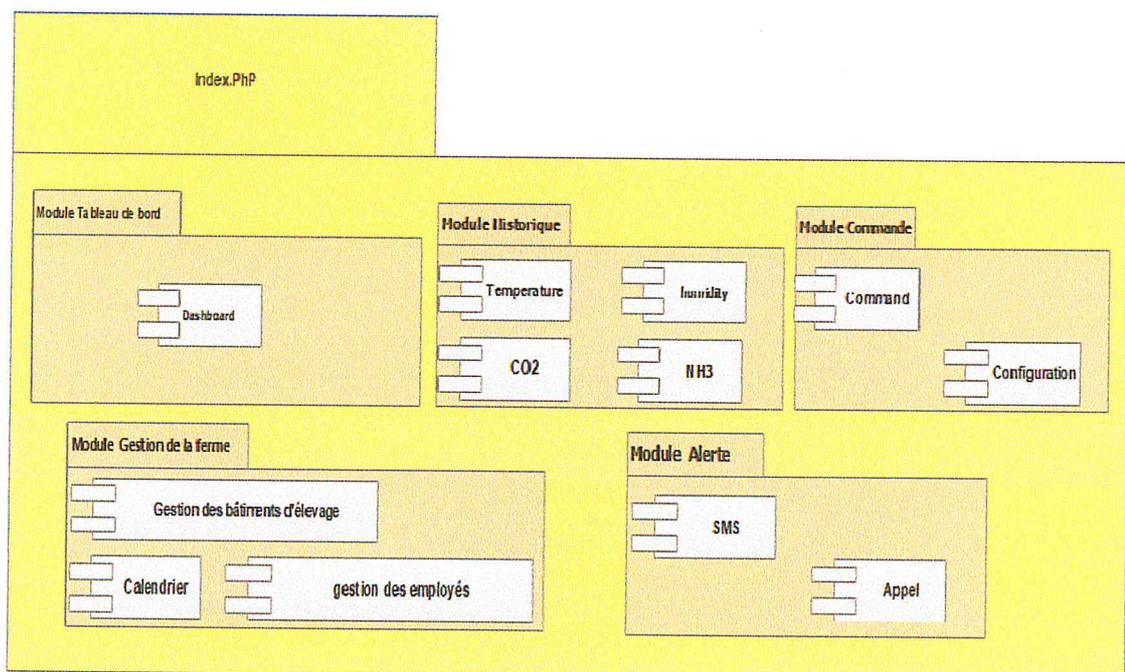


Figure 47 Vue sur les modules de la plateforme développée

Comme montré dans la figure 47, notre plateforme est constituée en 5 Modules : Module Tableau de bord, Module Historique, Module Commande, Module Gestion de la ferme, Module Alerte. Ils sont tous accessibles depuis la page principale de la plateforme.

Maintenant nous allons détailler chaque Module avec des captures d'écran et une description détaillée :

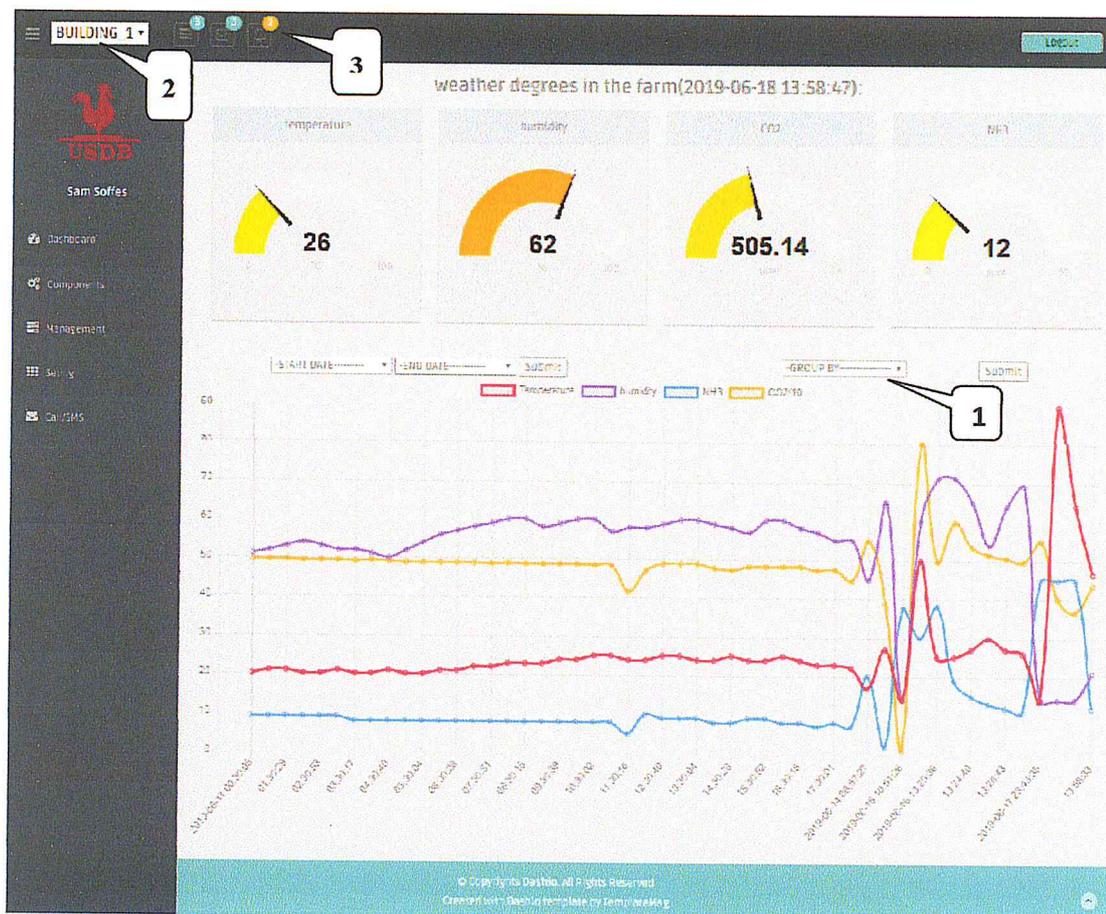
### **1. Module Tableau de bord**

Ce module, nous donne beaucoup d'informations sur l'évolution des paramètres de notre système (figure 48):

Nous avons 4 gauges colorées qui nous donne la valeur actuelle de chaque paramètre climatique, ces gauges sont actualisées chaque seconde et change de couleur selon la valeur des consignes du régulateur.

A l'aide du menu numéro « 1 » (figure 48), nous pouvons sélectionner entre plusieurs plages horaires pour les graphes qui nous montrent l'évolution de notre système, telle que nous pouvons choisir : 1 seconde, 1 jour, une semaine..., ou toute la durée de l'enregistrement.

De plus, les utilisateurs peuvent changer entre les divers bâtiments de la ferme à l'aide du menu numéro « 2 » (figure 48), Avec la possibilité de consulter l'état d'avancement (en %) des différents bâtiments qui sont en période d'élevage, les messages envoyés, les notifications d'alertes depuis le menu « 3 » (figure 48).



**Figure 48** Module Tableau de bord qui montre l'évolution des paramètres climatiques

Si en passant le curseur de la souris sur un point du graphe, un rectangle apparaît avec la date et l'heure de l'enregistrement ainsi que la valeur détaillée des paramètres enregistrés.

## 2. Module Historique

Ce module se compose de quatre pages (Température, Humidité, NH3, CO2), dont chacune est dédiée à la présentation d'historique d'un paramètre spécifique, en spécifiant (bâtiment d'élevage, la date, valeur actuelle, la période d'élevage, l'âge du poulet, valeur préférée, l'état actuel), avec la possibilité d'effectuer une recherche par nom.

elevation	date	temp	periode	Age	etat prefere	etat actuel
elevation1	2019-04-14 13:42:00	13 °C	NONE	NONE	NONE	NONE
elevation2	2019-04-14 13:46:44	13 °C	NONE	NONE	NONE	NONE
elevation3	2019-04-14 13:47:58	13 °C	NONE	NONE	NONE	NONE
elevation3	2019-04-14 13:48:22	13 °C	NONE	NONE	NONE	NONE
elevation1	2019-04-14 13:49:52	13 °C	NONE	NONE	NONE	NONE
elevation3	2019-04-14 13:54:29	13 °C	NONE	NONE	NONE	NONE
elevation2	2019-04-20 09:00:28	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:29	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:31	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:32	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:34	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:35	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:37	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:38	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger
elevation3	2019-04-20 09:00:40	44 °C	démarrage	0-4 jour	32-35°C	danger

Figure 49 Module Historique « page de Température »

### 3. Module Command

Ce module nous permet de choisir entre la commande automatique par régulation ou la commande manuelle, il est séparé en deux sous modules :

#### 3.1 Sous module de Command

Dans ce sous-module, nous avons le choix entre la commande manuelle ou automatique en cliquant sur le bouton « 1 » (figure 50).

❖ **C. Manuelle** : Dans le cas où la commande automatique est désactivée, nous pouvons commander manuellement les différents actionneurs de bâtiment d'élevage via les divers boutons situés en bas. Ces boutons nous donnent l'état actuel de chaque actionneur par leur couleur : Rouge pour éteint et Vert pour actionné. De plus, nous pouvons utiliser cette page pour envoyer des SMS et choisir l'option (message ou appel téléphonique) qui sera utilisée pour envoyer des alertes aux concernés afin de les informer sur l'état actuel de bâtiment en cliquant sur le bouton « 2 » (figure 50).

❖ **C. Automatique** : Lorsque la commande automatique est activée :

- Les SMS/Appel sont envoyés automatiquement dans des situations dangereuses.
- Les différents boutons changent leur couleur selon l'état de chaque actionneur, ce qui nous donne l'état de fonctionnement global de notre Bâtiment d'élevage.

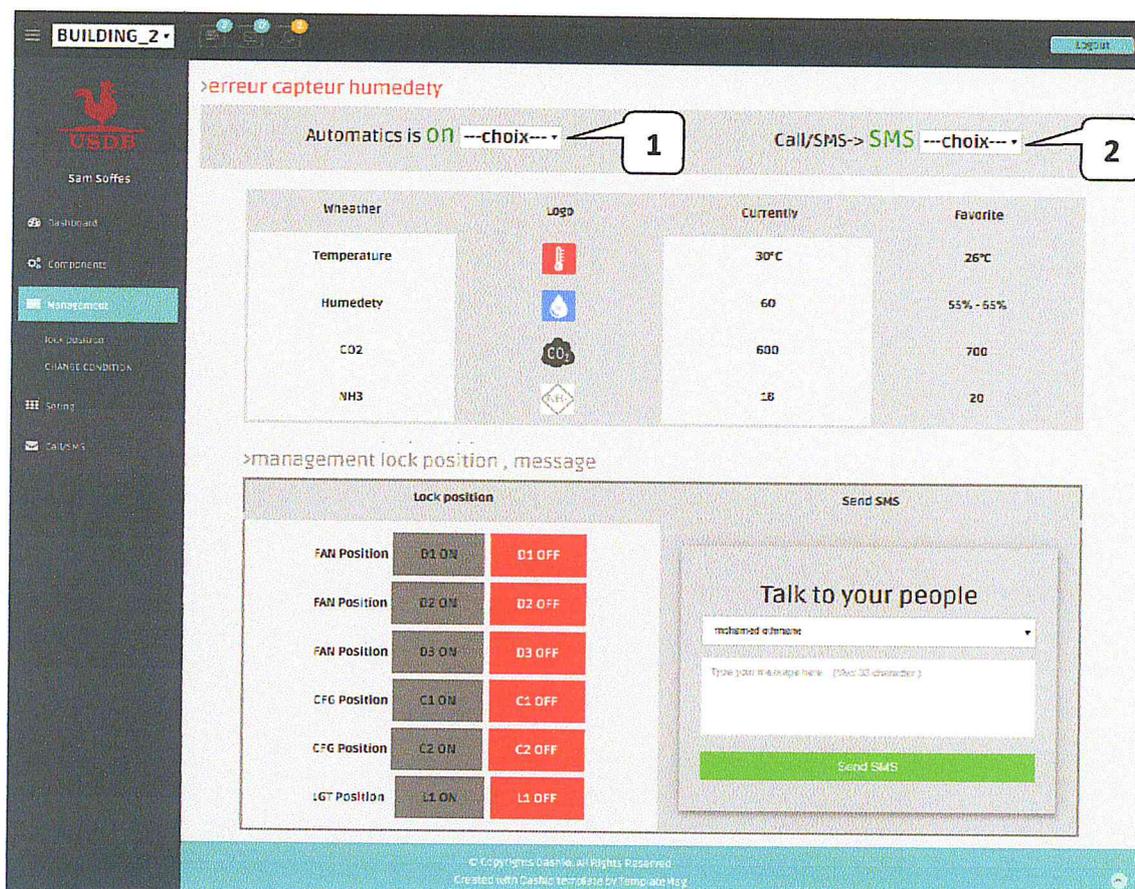


Figure 50 Sous module de Commande

### 3.2 Sous module de Configuration

Ce sous module, nous permet de configurer tous les paramètres de notre bâtiment d'élevage (Type d'animal, Durée d'élevage, Température maximale, Température minimale... ), ainsi que les différents condition de notre système (les conditions des notifications, le nombre maximum des notifications d'alerte par jour, le nombre maximum des messages envoyés par jour ... etc (Figure 51).

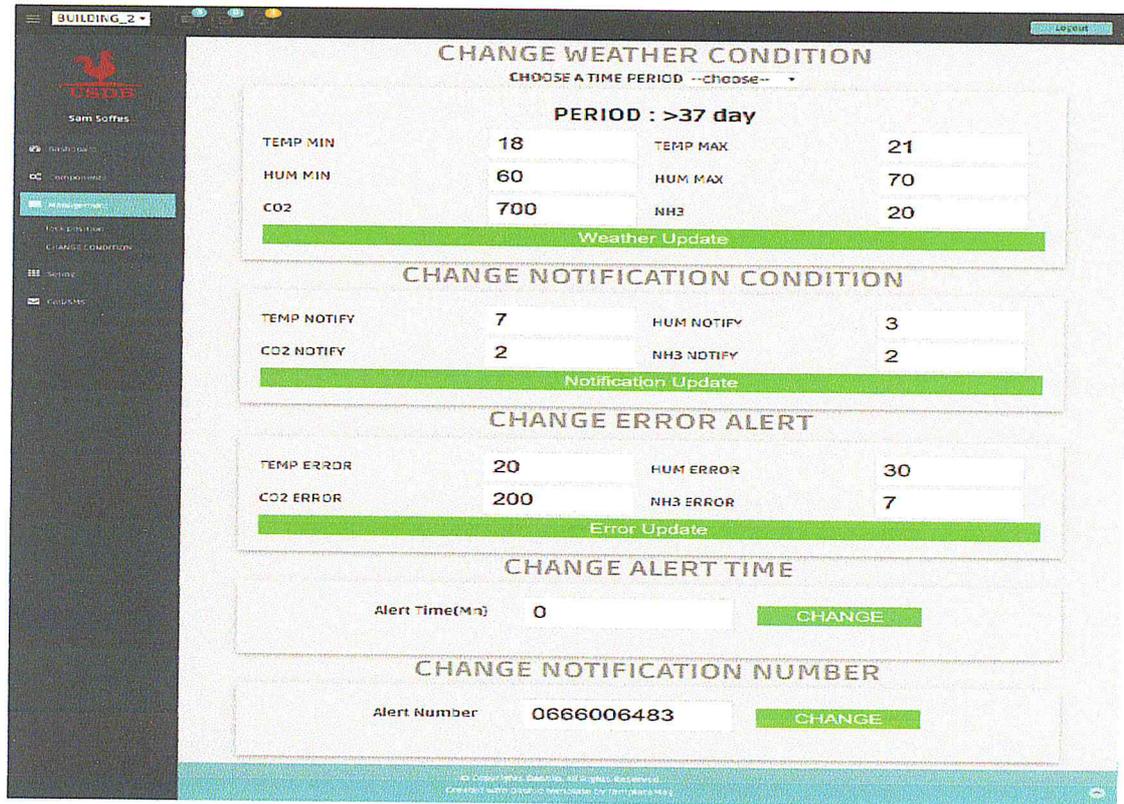


Figure 51 Sous module de Configuration

#### 4. Module Gestion de la ferme

C'est à partir de ce module que nous pouvons gérer les différents processus de la ferme, il se compose de trois sous modules :

##### 4.1 Sous module gestion des employés

Comme son nom, nous permet de gérer tous les employés de la ferme.

##### 4.2 Sous module gestion des bâtiments d'élevage

C'est le Sous module qui nous permet de gérer les différents bâtiments d'élevages (Ajouter, Modifier, Supprimer).

##### 4.3 Sous module calendrier

Représente la partie la plus importante dans le module gestion de la ferme, car elle permet aux différents employés de suivre l'état d'avancement des différents bâtiments qui sont en période d'élevage (Figure 52).



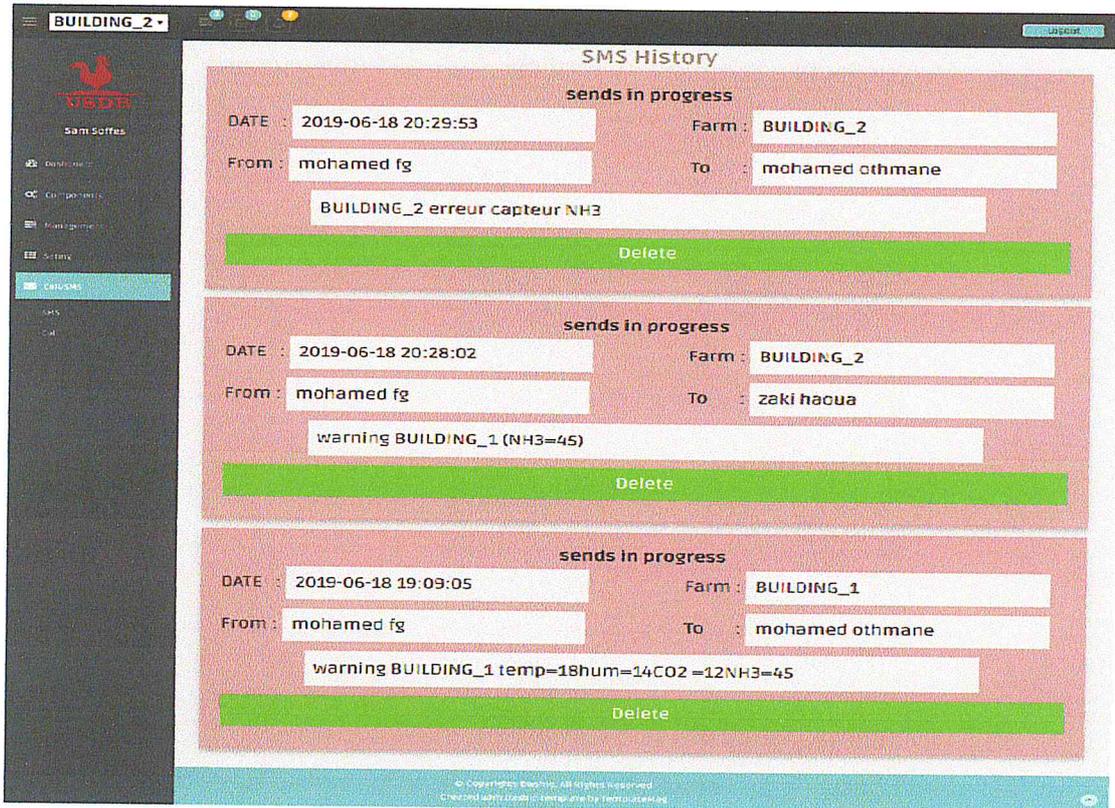


Figure 53 Partie alerte

À tous les modules nous pouvons voir l'état d'avancement (en %) des différents bâtiments qui sont en période d'élevage, les Messages envoyés, les notifications d'alertes (Figure 54).

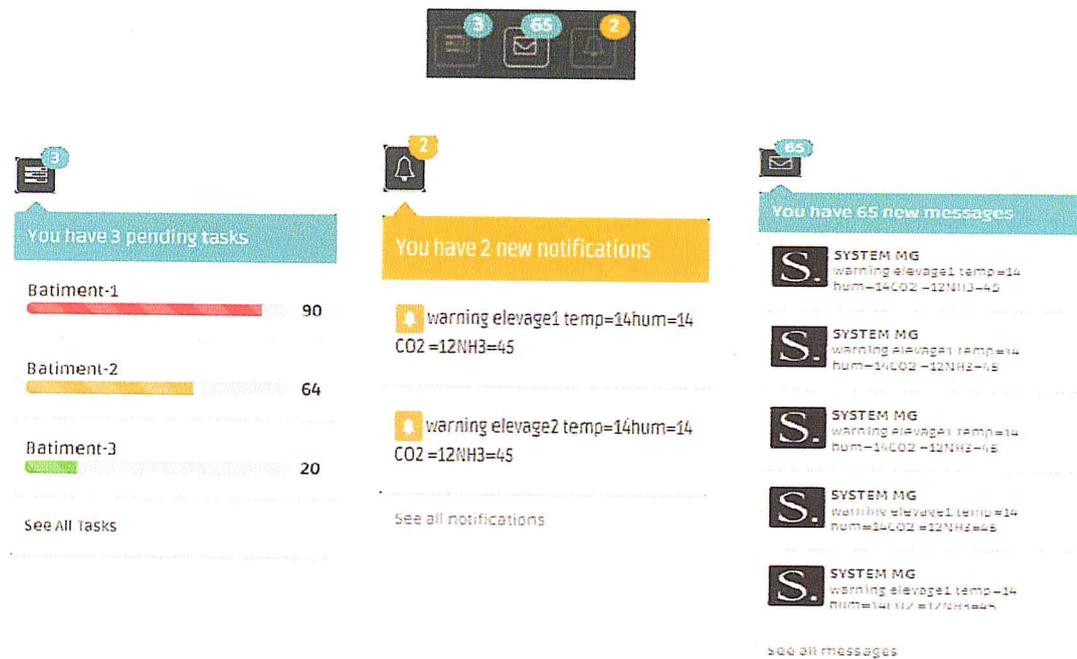


Figure 54 les boutons de notification

### III. Test & Evaluation du système

#### 1. Test de fonctionnalité de systèmes

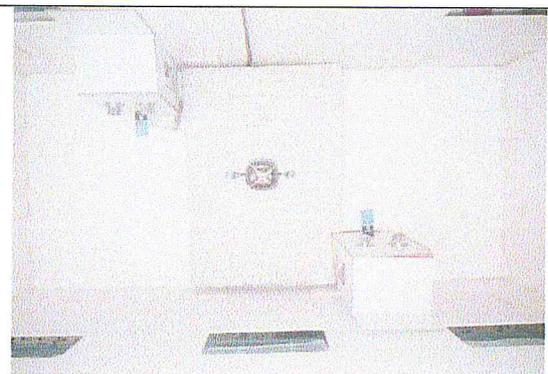
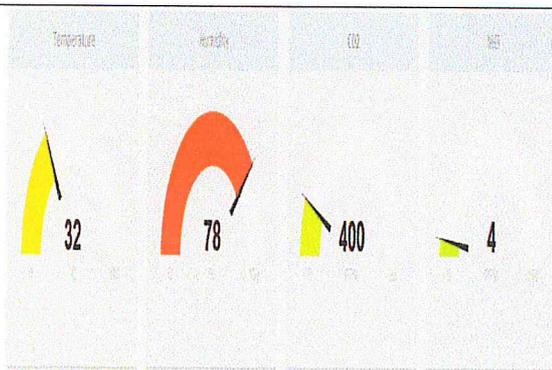
##### Fonction d'éclairage

La fonction d'éclairage est assurée via Notre Plateforme en appuyant sur le bouton approprié, qui va envoyer un signal par la suite vers le relais branché sur la carte ESP32 lié au routeur afin d'allumer les lampes d'éclairage (de même, dans le mode automatique).



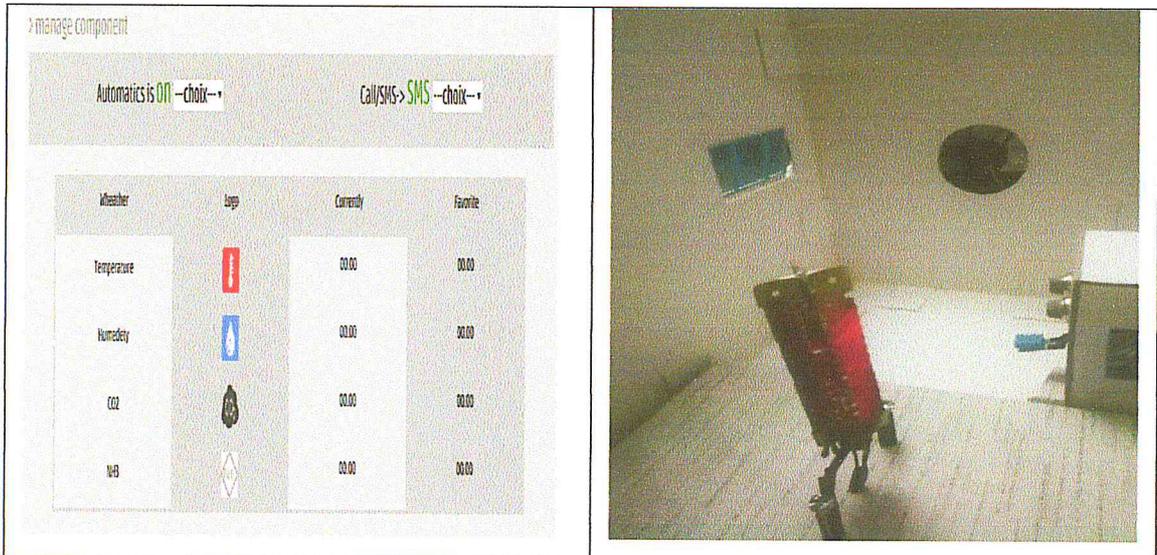
##### Fonction de l'acquisition des paramètres climatiques

La fonction d'acquisition des paramètres climatiques est réalisées via les différents capteurs (DHT11, MQ2, MQ135), par la suite les valeurs des degrés seront enregistrées et affichées sur la plateforme.



##### Fonction de régulation

La Fonction de régulation des paramètres climatiques à l'intérieur de bâtiment d'élevage est assurée Manuellement par l'intermédiaire de notre plateforme ou automatiquement vis-à-vis la variation des paramètres climatiques.



### Fonction d'Alerte

Cette fonction permet d'analyser les données envoyées par les différents capteurs et déclenche une alarme en affichant un message d'alerte aux différents utilisateurs de notre Plateforme en plus d'envoyer des SMS aux responsables dans le but de les avertir qu'il y a un cas anormal (gaz toxique, chaleur anormale ...).

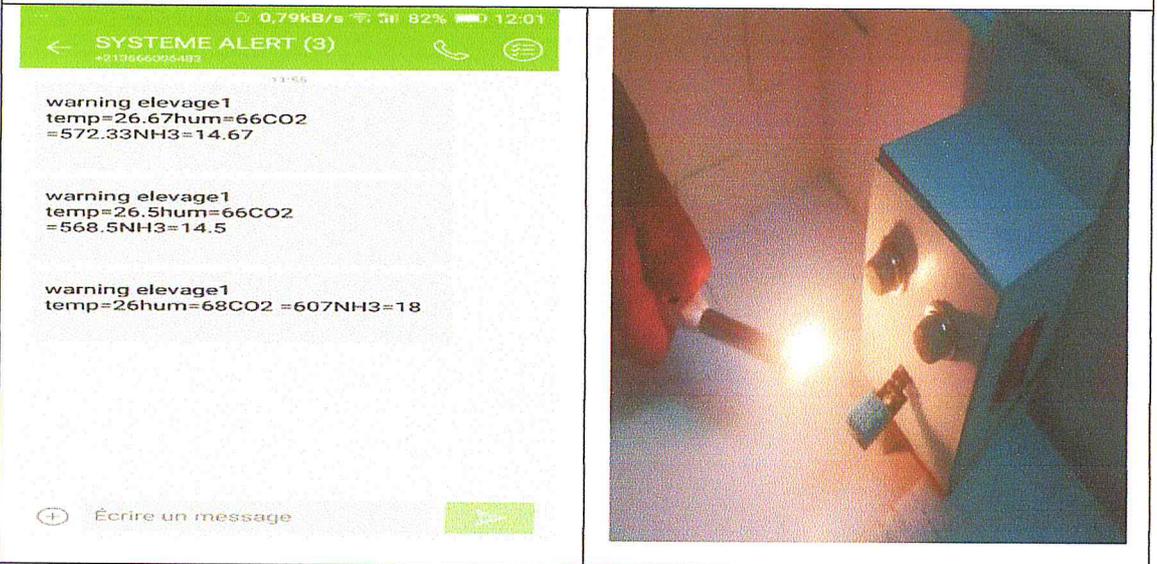


Tableau 10 fonctionnalité de systèmes

## 2. Evaluation des performances du système

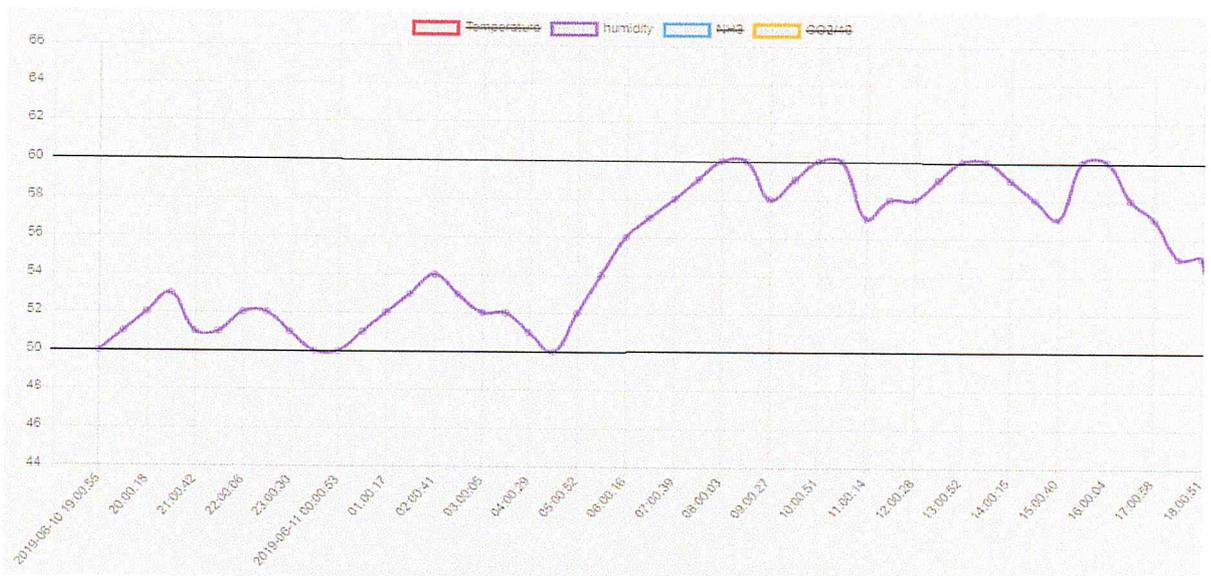
Afin de tester le bon fonctionnement et les performances de notre système de contrôle, nous avons réalisé un enregistrement de 24h dans les conditions d'environnement réelles.

Les figures 55, 56, 57 et 58 présentent l'évolution des valeurs de température,

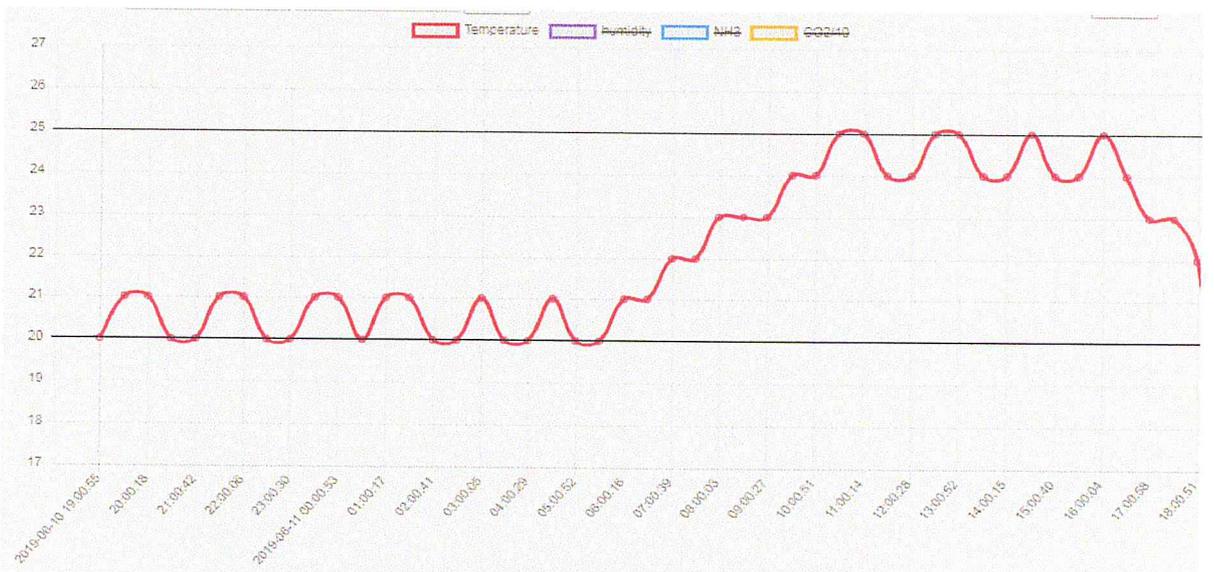
Humidité, l'ammoniac (NH3) et carbone dioxyde (CO2) durant 24h avec contrôle automatique de notre système. Cet enregistrement a été effectué le 11/06/2019.

Le système est configuré avec les consignes suivantes :

- **Température** : Min : 20°C Max : 25°C.
- **Humidité** : Min : 50% Max : 60%.
- **Ammoniac** : Max : 20 PPM
- **CO2** : Max : 560 PPM



**Figure 55 Enregistrement de l'évolution d'humidité**

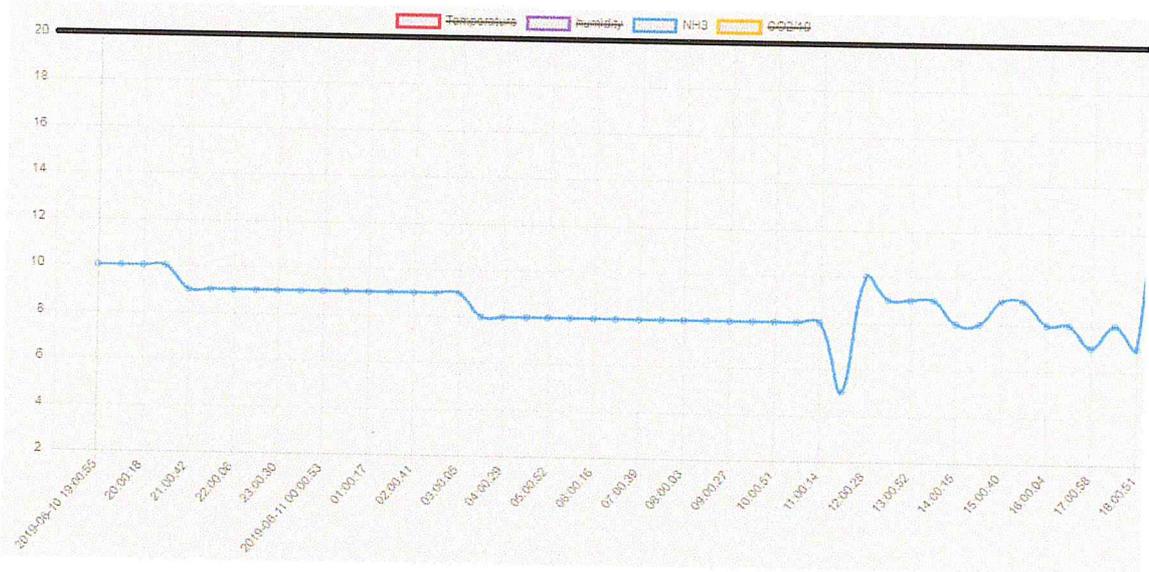


**Figure 56 Enregistrement de l'évolution Température**

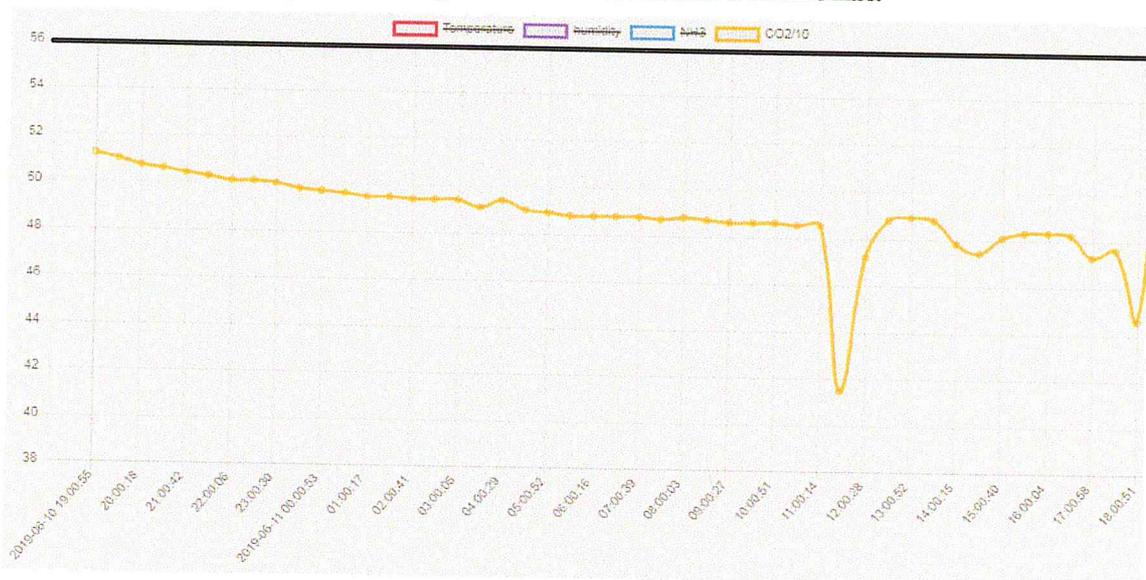
❖ **Interprétation :**

Nous constatons que durant le cycle nuit (entre 19:00 et 06:20), le paramètre d'humidité n'excède pas une certaine valeur inférieure à 50%. Durant ce même cycle,

la température reste plus ou moins stable dans l'intervalle 15-20°C, les deux paramètres augmentent progressivement au lever du soleil et dépassent les consignes maximales. Pendant toute la durée, le système agit selon le cas afin de garder les paramètres dans les intervalles préprogrammés.



**Figure 57 Enregistrement de l'évolution d'Ammoniac.**



**Figure 58 Enregistrement de l'évolution de carbone dioxyde**

❖ **Interprétation :**

Contrairement aux deux paramètres précédents, les valeurs de gaz d'ammoniac et carbone dioxyde restent dans les consignes préférables ( $\text{NH}_3 < 25 \text{ ppm}$ ,  $\text{CO}_2 < 999 \text{ ppm}$ ) Comme ce qui existe dans la nature, en raison de l'absence de tout facteur

conduisant à leur déséquilibre, tel que déchet de la respiration, déjections des volailles...

#### ❖ **Interprétation et discussion des résultats**

A partir des résultats obtenus de test sur les conditions d'environnement réels, nous avons constaté que les valeurs des différents paramètres climatiques à l'intérieur de notre prototype Restent toujours dans les consignes préprogrammée Pendant toute la durée d'enregistrement et ce qui confirme que les commandes appliquées par notre système de contrôle automatique donne des résultats très satisfaisants.

### **IV. Environnement ET Outils de développement**

Dans cette partie, nous allons présenter l'ensemble des logiciels et les langages de programmation utilisés dans le développement de notre système de contrôle.

#### **1. ARDUINO IDE**

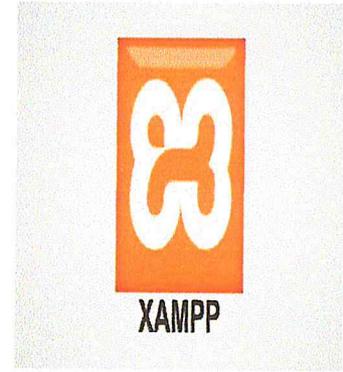
Le logiciel de programmation des modules Arduino et NodeMCU [32] est une application Java, libre et multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de



Compiler et uploader les Programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec avr-g++ 6, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++.

#### **2. XAMPP**

XAMPP est une distribution d'Apache populaire dans le milieu de la programmation PHP. Sa facilité d'installation et d'utilisation ainsi que sa gratuité permet à n'importe quel utilisateur de se mettre à la programmation PHP. Le XAMPP contient la plus part des outils nécessaires pour reproduire le comportement d'un serveur web, à savoir :



- Apache : il s'agit du serveur web, c'est lui qui va réceptionner les requêtes HTTP et les étudier afin de présenter au visiteur la page demandée.
- Mysql : il s'agit du Système de Gestion de Bases de Données (le SGBD), il va permettre de sauvegarder les données de manière organisée sur le serveur
- Php : ce module d'Apache va lui permettre d'interpréter les pages PHP.
- PhpMyAdmin : phpmyadmin est une interface entre vous et vos données, il est fait pour simplifier l'administration de mysql grâce à des pages web

### 3. Sublime Text :

Sublime Text [48] est un éditeur de texte générique codé en C++ et Python, disponible sur Windows, Mac et Linux. Le logiciel a été conçu tout d'abord comme une extension pour Vim, riche en fonctionnalités. Depuis, la version 2.0, sortie le 26 juin 2012, l'éditeur prend en charge 44



Langages de programmation majeurs, Tandis que des Plugins sont souvent disponibles pour les langages plus rares.

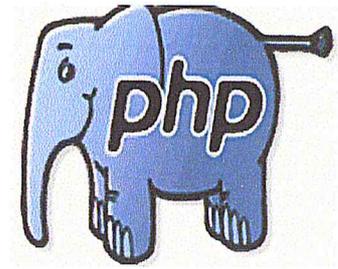
### 4. MySQL:

MySQL, le plus populaire des serveurs de bases de données SQL Open Source, c'est un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR). Il est distribué sous une double licence GPL et propriétaire. Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle, Informix et Microsoft SQL Server.



## 5. PHP

PHP (officiellement, ce sigle est un acronyme récursif pour PHP HypertextPreprocessor) [49] est un langage de scripts généraliste et Open Source, spécialement conçu pour le développement d'applications web. Il peut être intégré facilement au HTML. Ce qui distingue PHP des



Langages de script comme le Javascript, est que le code est exécuté sur le serveur, générant ainsi le HTML, qui sera ensuite envoyé au client. Le client ne reçoit que le résultat du script, sans aucun moyen d'avoir accès au code qui a produit ce résultat. Vous pouvez configurer votre serveur web afin qu'il analyse tous vos fichiers HTML comme des fichiers PHP. Ainsi, il n'y a aucun moyen de distinguer les pages qui sont produites dynamiquement des pages statiques.

## 6. JavaScript

Le Javascript [50] est un langage de script incorporé dans un document HTML. Historiquement il s'agit même du premier langage de script pour le Web. Ce langage est un langage de programmation qui permet d'apporter des améliorations au langage HTML en permettant d'exécuter



des commandes du côté client, c'est-à-dire au niveau du navigateur et non du serveur web. Ainsi le langage Javascript est fortement dépendant du navigateur appelant la page web dans laquelle le script est incorporé, mais en contrepartie il ne nécessite pas de compilateur, contrairement au langage Java, avec lequel il a longtemps été confondu.

## 7. FRIZING

Fritzing [51] est un logiciel libre, destiné aux non professionnels de l'électronique. Il a notamment pour vocation de favoriser l'échange de circuits électroniques libres et d'accompagner l'apprentissage de la conception de



Circuits. Le logiciel est disponible dans 16 langues dont le français. Il est adapté au débutant ou confirmés en électronique pour faire rapidement des circuits simples, et est également un bon outil didactique pour apprendre l'électronique par la pratique.

## V. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les détails techniques liés à la mise en œuvre de notre système de contrôle. Nous avons commencé par présentation de la plateforme développée avec une description des différentes Modules et fonctionnalités qu'elle fournit. Ensuite, nous avons décrit l'ensemble des tests de fonctionnement que nous avons fait dans les conditions réelles avec une description des résultats obtenus qui ont été très satisfaisants, dans l'espoir que nous aurons l'occasion de faire l'expérience du système dans un véritable poulailler à l'avenir. Et enfin, nous avons conclu le chapitre par présenter les technologies software que nous avons utilisé pour la réalisation de notre plateforme.

# **Conclusion Générale**

Afin d'augmenter la qualité et la quantité des produits avicoles en Algérie et de faire face à un marché très concurrentiel, il est nécessaire d'avoir un système qui permettrait le contrôle efficace et optimal des paramètres climatiques de l'environnement d'élevage de volaille.

Pour cela, nous avons développé un prototype de système pour l'automatisation et le contrôle des bâtiments d'élevage, qui permet aux éleveurs de piloter et de surveiller en temps réel l'état de leurs bâtiments d'élevage de volaille. Le système combine l'utilisation de composants électroniques (capteurs et actionneurs) installés sur toute la surface d'élevage et un développement logiciel sous forme d'une application Web pour le contrôle du système. Ce système permet aux éleveurs localement ou à distance de :

- Contrôler l'état des paramètres climatiques des différents bâtiments d'élevage de la ferme en temps réel (avec alerte via SMS/Appel dans les cas anormaux).
- Exploiter l'historique des paramètres climatiques enregistré sur la base de données et la visualiser sous forme de graphes.
- Gérer les différents équipements et dispositifs des bâtiments de manière automatique ou manuelle.
- Configurer les consignes du régulateur selon le type de sujet (poulet, dinde etc...), ce qui rend le système générique à tous les types d'animaux de la ferme.

En perspective nous prévoyons :

- Intégrer un système de surveillance par caméras pour suivre l'évolution des volailles (ex. poids, ..) et la détection des comportements anormaux des sujets (ex. Stress, ..).
- Utiliser des capteurs industriels dans le but d'améliorer la précision de captage des paramètres climatique.
- Ajouter d'autres actionneurs comme : Distributeurs de nourriture et d'eau ...
- Étendre l'application en plusieurs langues (en particulier la langue Arabe) pour devenir approprié par tous les éleveurs, quel que soit leur niveau.

Au terme de ce travail élaboré dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous considérons que ce projet nous a été bénéfique vu qu'il nous a permis de consolider

nos connaissances théoriques acquises pendant le cursus universitaire à la conception d'une application qui sera utile dans le domaine de l'avicole.

En effet, l'apport de notre projet se résume surtout dans la découverte des nouveaux domaines d'études tels que : l'aviculture (gestion du climat, cycle de production, les équipements...), la biotechnologie, l'électronique embarquée, électrotechnique et l'utilisation de plusieurs outils comme Arduino IDE avec le FRIZING, EasyEDA, Apache 2..., langages de programmation : Python, JavaScript, PHP...

Enfin, nous estimons que les objectifs qui ont été fixés au préalable ont été bien respectés et que l'application développée répond parfaitement aux exigences et aux besoins réels d'une petite ou grande Ferme d'élevage, d'après les avis de plusieurs éleveurs consultés.

# Bibliographie

- [1] B. Billet, “Système de gestion de flux pour l’Internet des objets intelligents.” Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines, 2015.
- [2] D. Evans, “L’Internet des objets Comment l’évolution actuelle d’Internet transforme-t-elle le monde,” *Livre Blanc, Édition: Cisco IBSG, États-Unis*, 2011.
- [3] UIT-T, “Présentation générale de l’Internet des objets,” *Sect. LA Norm. DES Telecommun. L’UIT*, no. 1, p. 24, 2012.
- [4] M. Han and H. Zhang, “Business intelligence architecture based on internet of things,” *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 50, no. 1, pp. 90–95, 2013.
- [5] M. Weill and M. Souissi, “L’Internet des objets: concept ou réalité?,” in *Annales des Mines-Réalités industrielles*, 2010, no. 4, pp. 90–96.
- [6] F. Lau, *Objets connectés, Un 360° pour bien les comprendre*, 1e éd. Paris, France: CIGREF, Réseau de Grandes entreprises, 2016.
- [7] C. G. Mmohamed, G. Franck, B. Ali, P. Fumery, and T. Demol, *Analyse et perspectives de l’internet des objets Horizons 2013-2020*, 1e éd. Lille, France: CITC-EuraRFID, 2013.
- [8] A. Mechraoui, “Co-conception d’un système commandé en réseau sans fil à l’aide de réseaux bayésiens distribués.” Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG, 2010.
- [9] A. Van Den Bossche, “Proposition d’une nouvelle méthode d’accès déterministe pour un réseau personnel sans fil à fortes contraintes temporelles.” Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, 2007.
- [10] P. O. Kamgueu, “Configuration dynamique et routage pour l’internet des objets.” Université de Lorraine, 2017.
- [11] B. Eric, “Tout savoir sur eCall 112, l’appel d’urgence automatique en voiture obligatoire,” *challenges.fr*, 2018. [Online]. Available: [https://www.challenges.fr/automobile/dossiers/tout-savoir-sur-ecall-112-1-appel-d-urgence-automatique-en-voiture-obligatoire\\_574886](https://www.challenges.fr/automobile/dossiers/tout-savoir-sur-ecall-112-1-appel-d-urgence-automatique-en-voiture-obligatoire_574886). [Accessed: 09-Feb-2019].
- [12] M.-T. Giorgio, “Des objets connectés dans le domaine de la santé,” *medecins-maitres-toile.org*, 2016. [Online]. Available: <http://www.medecins-maitres-toile.org/objets-connectes-sante-digitale/>. [Accessed: 05-Feb-2019].

- [13] L. Cédric, “La Domotique, c’est quoi ?,” *maison-et-domotique.com*, 2015. [Online]. Available: <https://www.maison-et-domotique.com/47895-la-domotique-cest-quoi/>. [Accessed: 13-Feb-2019].
- [14] FAO, “Définition de l’Agriculture intelligente face au climat,” *fao.org*, 2019. [Online]. Available: <http://www.fao.org/climatechange/epic/notre-action/definition-de-lagriculture-intelligente-face-au-climat/fr/#.XMf9c2hKjIV>. [Accessed: 13-Feb-2019].
- [15] P. Jérémy, “une brosse à dents connectée pour toute la famille,” *objetconnecte.net*, 2016. [Online]. Available: <https://www.objetconnecte.net/test-kolibree-brosse-dents-connectee/>. [Accessed: 25-Feb-2019].
- [16] D. Valentin, “Le vélo autonome de Google,” *stuffi.fr*, 2016. [Online]. Available: <https://www.stuffi.fr/video-velo-autonome-google/>. [Accessed: 26-Feb-2019].
- [17] Under News, “C’est quoi l’Internet des Objets ? Quels risques pour la sécurité ?,” *undernews.fr*, 2013. [Online]. Available: <https://www.panoptinet.com/cybersecurite-decryptee/cest-quoi-linternet-des-objets-quels-risques-pour-la-securite.html>. [Accessed: 13-Feb-2019].
- [18] A. Kaci and M. Boukella, “La filière avicole en Algérie: structures, compétitivité, perspectives,” *Cah. Agric.*, 2007.
- [19] M. de l’Agriculture et du D. Rural, “Rapport sur la situation du secteur agricole en Algérie,” 2006.
- [20] A. Kaci, “La filière avicole algérienne à l’ère de la libéralisation économique,” *Cah. Agric.*, vol. 24, no. 3, pp. 151–160, 2015.
- [21] A. Nadir, “Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie,” *J. la Rech. Avic. algérienne*, 2011.
- [22] Ministère de l’agriculture, “Evolution de la production des filières agricoles sur la période 2014-2017,” *Radio Algerie*, 2018. [Online]. Available: <http://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20180423/139515.html>. [Accessed: 05-Mar-2019].
- [23] K. BOUBACAR, “Aviculture au Maroc,” *avicultureaumaroc.com*, 2014. [Online]. Available: <http://www.avicultureaumaroc.com/batiment.html>. [Accessed: 05-Mar-2019].
- [24] J. Garbay, *Fiche technique Créer un atelier de volaille biologique Fiche technique*, 1e éd. France: biomidipyrenees.org, 2018.

- [25] D. Pierre and G. Pouliot, *Guide d'élevage du poulet de chair*, 1e éd. Canada: socodevi.org, 2013.
- [26] C. Hubbard, *Guide d'élevage du poulet de chair Hubbard 1*. LYON ,France: HubbardBreeders.com, 2015.
- [27] G. Aviagen, *Guide d'élevage du poulet de chair ROSS*. Italie: Aviagen.com, 2010.
- [28] C. Hubbard, *Guide d'élevage du poulet de chair Hubbard 2*. LYON ,France: HubbardBreeders.com, 2017.
- [29] Faromatics, "The ChickenBoy," *faromatics.com*, 2018. [Online]. Available: <http://faromatics.com/our-product/>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [30] company Iting, "Le Poulailier Connecté," *fr.eggs-iting.com*, 2016. [Online]. Available: <https://fr.eggs-iting.com/>. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [31] L. Hugo, "RÉVOLUTIONNER LE MONDE DE L'AVICULTURE," *radio-canada.ca*, 2017. [Online]. Available: <https://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/gravel-le-matin/segments/entrevue/24850/hugo-a-l-ouest-poulailier-mobile-campagne-ville-manitoba>. [Accessed: 19-Apr-2019].
- [32] C. Arduino, "What is Arduino?," *arduino.cc*. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [33] C. Raspberry Pi, "What is a Raspberry Pi?," *raspberrypi.org*. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberrypi/>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [34] company Raspberry Pi, "Raspberry Pi 3 Model B - Raspberry Pi," *raspberrypi.org*. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b/>. [Accessed: 21-Mar-2019].
- [35] S. Sara, "ESP32 vs ESP8266," *makeradvisor.com*, 2019. [Online]. Available: <https://makeradvisor.com/esp32-vs-esp8266/>. [Accessed: 21-Mar-2019].
- [36] C. Espressif, "Introduces on ESP32," *espressif.com*, 2017. [Online]. Available: [https://www.espressif.com/en/media\\_overview/news/zerynth-introduces-python-esp32](https://www.espressif.com/en/media_overview/news/zerynth-introduces-python-esp32). [Accessed: 23-Mar-2019].
- [37] L. Microcontrollers, "ESP32 pinout - How to use GPIO pins?," *microcontrollerslab.com*, 2019. [Online]. Available: <https://microcontrollerslab.com/esp32-pinout-use-gpio-pins/>. [Accessed: 23-

- Mar-2019].
- [38] S. Rui, "Getting Started with the ESP32 Development Board |," *Random Nerd Tutorials*, 2016. [Online]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [39] F. Batteix, "Mesurer la luminosité ambiante," *carnetdumaker.net*, 2017. [Online]. Available: <https://www.carnetdumaker.net/articles/mesurer-la-luminosite-ambiante-avec-une-photoresistance-et-une-carte-arduino-genuino/#quest-ce-quune-photoresistance>. [Accessed: 24-Mar-2019].
- [40] F. Batteix, "Utiliser un capteur de température et d'humidité DHT11," *carnetdumaker.net*, 2017. [Online]. Available: <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino/>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [41] F. DFRobot, "CO2\_Sensor\_SKU\_SEN0159-DFRobot," *dfrobot.com*, 2017. [Online]. Available: [https://wiki.dfrobot.com/CO2\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0159](https://wiki.dfrobot.com/CO2_Sensor_SKU_SEN0159). [Accessed: 24-Mar-2019].
- [42] D. Projets, "Mesurer la qualité de l'air et des polluants avec un capteur MQ135," *projetsdiy.fr*, 2016. [Online]. Available: <https://projetsdiy.fr/mq135-mesure-qualite-air-polluant-arduino/>. [Accessed: 24-Mar-2019].
- [43] Sharath, "SIM800L GSM Module," *factoryforward.com*, 2018. [Online]. Available: [https://www.factoryforward.com/sim800l-gsm-module-arduino-commands-library/?fbclid=IwAR3a\\_XGn05OApRQXqhM7Y9928Q3zkTSTsVd9kxSf\\_0AkiKvjKQq5aZ9UEfg](https://www.factoryforward.com/sim800l-gsm-module-arduino-commands-library/?fbclid=IwAR3a_XGn05OApRQXqhM7Y9928Q3zkTSTsVd9kxSf_0AkiKvjKQq5aZ9UEfg). [Accessed: 24-Mar-2019].
- [44] F. Electronics, "Électronique les Relais," *zpag.net*. [Online]. Available: <http://www.zpag.net/Electroniques/relais.htm>. [Accessed: 25-Mar-2019].
- [45] "L' Approche Orientée Objet," *eddirasa.com*. [Online]. Available: [https://eddirasa.com/wp-content/uploads/univ/math-informatique/mi2an-gl-approche\\_orientee\\_objet.doc](https://eddirasa.com/wp-content/uploads/univ/math-informatique/mi2an-gl-approche_orientee_objet.doc). [Accessed: 16-Apr-2019].
- [46] OMG, "UML Web Site," *uml.org*. [Online]. Available: <https://www.uml.org/>. [Accessed: 17-Apr-2019].
- [47] "PRÉSENTATION DU LANGAGE DE MODÉLISATION UML," *Université de LAC de Burundi*, 2015. [Online]. Available: <https://www.ult.bi/?q=student/chapitre-ii-presentation-du-langage-de-modelisation-uml>. [Accessed: 19-Apr-2019].

- [48] Sublime HQ Family, "Sublime Text a sophisticated text editor for code." [Online]. Available: <https://www.sublimetext.com/>. [Accessed: 25-May-2019].
- [49] The PHP Group, "Qu'est ce que PHP?," *php.net*. [Online]. Available: <https://www.php.net/manual/fr/intro-what-is.php>. [Accessed: 26-May-2019].
- [50] C. JavaScript, "JavaScript ?," *JavaScript.com*, 2016. [Online]. Available: <https://www.javascript.com/>. [Accessed: 26-May-2019].
- [51] Friends-of-Fritzing, "Fritzing ?," *fritzing.org*. [Online]. Available: <http://fritzing.org/home/>. [Accessed: 28-May-2019].

