



ETUDE DU CONDITIONNEMENT D'AIR DANS UN POULAILLER INDUSTRIEL

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER D'INGENIERIE EN SCIENCES DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT. OPTION : Génie Energétique

Présenté et soutenu publiquement le 23/06/2014 par

Manégré Yannick M.B KABORE

Travaux dirigés par :

- **Dr Pousga E.J-C KABORE**
Expert industriel au Bureau de Restructuration et de Mise à Niveau
- **Ing. Tchini Sévérin TANOH**
Ingénieur de recherche au Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants (LBEB)

Jury d'évaluation du stage :

Président : N'TSOUKPOE Edem Kokouvi

Membres et correcteurs : SEMPORE Francis

KABORE Pousga E.J-C

TANOH Tchini Sévérin

Promotion 2013/2014

DEDICACES

À DIEU QUI REND TOUTE CHOSE POSSIBLE ET QUI EST LA SOURCE DE LA PERFECTION. QU'IL DAIGNE ME PERMETTRE DE TOUJOURS TENDRE VERS CETTE PERFECTION.

À MES PARENTS POUR LEUR SOUTIEN DEPUIS LE DÉBUT DE MON PARCOURS SCOLAIRE. PUISSENT-ILS TROUVER DANS CE MÉMOIRE LE FRUIT MÛR DE LEUR SACRIFICE.

À MES SŒURS POUR LES CONSEILS ET LES ENCOURAGEMENTS DONT J'AI BÉNÉFICIÉ À TOUTES LES ÉTAPES DE MON PARCOURS. QUE CE MÉMOIRE SOIT LE MARCHEPIED DE LEURS FUTURS TRAVAUX DE RECHERCHE.

À MES CAMARADES ET AMIS AVEC QUI J'AI TRAVERSÉ DES MOMENTS DE JOIE, DE PEINES ET AVEC QUI JE PARTAGE DES ESPOIRS, PUISSIONS-NOUS PARTICIPER À L'ÉMERGENCE DE L'AFRIQUE NOTRE MÈRE.

REMERIEMENTS

Ce travail n'aurait pas connu d'aboutissement sans la sollicitude et la bienveillance de nombreuses personnes à qui nous adressons nos remerciements. De manière particulière nous pensons à:

Mr Sylvanus TRAORE, Directeur du BRMN pour nous avoir admis dans la structure qu'il dirige,

Mr Abou Simbel OUATTARA, administrateur général de MOABLAOU S.A pour nous avoir offert notre cas d'étude qui est son poulailler,

Dr Pousga.E.J.C KABORE, notre maître de stage pour l'encadrement,

Ing Sévérin Tchini TANO, notre encadreur pédagogique pour sa disponibilité et ses observations,

Mr Appolinaire COMPAORE pour ses explications et sa convivialité,

Mr Paul HENRI, Directeur d'exploitation de la ferme pour son partage d'expérience et nos échanges fructueux,

Bassirou OUATTARA, Arthur BORO, Hubert pour m'avoir accueilli et aidé à m'intégrer dans la ferme,

Tout le personnel de **MOABLAOU S.A.**

Tous ceux qui d'une manière ou d'une autre m'ont encouragé et permis de m'améliorer durant mes travaux.

Que Dieu vous comble au-delà de vos espérances !!!

RESUME

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'accompagnement des entreprises ayant bénéficié du Programme de Restructuration des Entreprises en Difficultés (PRED). Notre étude s'est faite sur MOABLAOU S.A. Elle a pour but d'optimiser la productivité de cette ferme industrielle en améliorant ses outils de production. Nous avons travaillé sur le conditionnement de l'air dans un des poulaillers de la ferme. Le fait que la productivité dépende des conditions atmosphériques dans lesquelles vivent les poules et le fait que les contraintes climatiques rencontrées en pays sahélien soient rudes nous ont poussés à nous intéresser au conditionnement de l'air.

Nous avons réalisé une étude bibliographique et des entretiens qui nous ont permis de faire l'état des lieux des techniques d'humidification et de ventilation existantes. A travers l'analyse de l'existant, des données d'exploitation et le redimensionnement des équipements existants, nous avons réalisé une étude comparative entre l'existant et les résultats de nos calculs.

De manière générale, il ressort une grande différence entre l'existant et les résultats de nos calculs : les pompes et les pad cooling sont surdimensionnés tandis que les ventilateurs extracteurs sont sous dimensionnés. Ces écarts ne sont pas sans conséquence sur la production et sur la consommation énergétique.

Cependant à travers les améliorations proposées qui consistent à installer des cheminés extracteurs à améliorer la qualité de l'eau et à réduire le volume climatisé, nous avons démontré qu'il est possible de réduire la consommation d'énergie et d'eau et d'augmenter du même coup la quantité et la qualité de la production. Avec un investissement de 6 717 500 FCA nous avons un retour sur investissement en trois (3) mois. Les solutions que nous proposons sont donc rentables.

A partir des expériences tirées sur l'exploitation des poulaillers et sur notre étude, nous avons proposé un guide de construction et d'équipement de poulailler spécifique au cas burkinabè, dans le but de participer à l'amélioration des conditions climatiques à l'intérieur du bâtiment.

Mots clés : poulailler, ventilation, humidification, pad cooling, conditionnement d'air

ABSTRACT

This study is part of supporting companies that benefited from the Program of Restructuring Firms in Difficulty (PRED). Our study has done on MOABLAOU SA. It aims to maximize the productivity of this industrial farm by improving its production. We worked on the air conditioning in one of the henhouse on the farm. The fact that productivity depends on the atmospheric conditions in which the hens and the fact that climate constraints in Sahelian countries is harsh pushed us to focus on air conditioning live.

We conducted a bibliographic review and interviews that have allowed us to make an inventory of existing humidification and ventilation techniques. Through the analysis of existing, operating data and the resizing of existing equipment we conducted a comparative study between the existing and the results of our calculations.

In general it appears a big difference between the existing and the results of our calculations: Pumps and cooling pad are oversized while the exhaust fans are undersized. These differences are not without impact on the production and energy consumption.

However, through the proposed improvements of which aims to install smokestack extractors to improve water quality and reduce cooled volume, we have demonstrated that it is possible to reduce energy and water consumption and at the same time increase the quantity and quality of production. With an investment of 6,717,500 CFA we have a return on investment in three (3) months. The solutions we propose are profitable.

From the experiences gained on the farm henhouses and on our study, we proposed a construction guide and equipment specific to the case of Burkina Faso in order to participate in the improvement of climatic conditions within the building.

Keywords: Henhouse, ventilation, humidification, cooling pad, air conditioning

LISTE DES ABREVIATIONS

BRMN : Bureau de Restructuration et de Mise à Niveau

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

OFNACER : Office National des Céréales

ITAVI : Institut des Techniques Avicoles

MRA : Ministère des Ressources Animales Burkina Faso

CNEVA : Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires

SARL : Société A Responsabilité Limitée

CFA : Communauté Financière d'Afrique

T : Température

Hr : Humidité relative

S: Surface

H: Coefficient global d'échange

h: coefficient de convection thermique

e: Epaisseur

hi: coefficient de convection interne

he: coefficient de convection externe

ΔT : différence de température

γ : Conductivité thermique

ρ : Masse volumique

V : volume

Cp : Capacité thermique massique

m_a : Débit massique de l'air à humidifier

m_e : Débit massique de l'eau

D_v : Débit volumique

Re : Nombre de Reynolds

ΔH_l : Perte de charge linéaire

ΔH_s : Perte de charge singulière

L : Longueur

U : Vitesse moyenne

λ : Coefficient de perte de charge linéaire

HMT : Hauteur Manométrique Totale

P_h : Puissance hydraulique

P_{el} : Puissance électrique

A : Section

g : accélération de la pesanteur

ΔT_f : Différence de température fictive



Table des matières

I-	INTRODUCTION	4
1.	Contexte de l'étude	4
2.	Problèmes et solutions techniques	5
3.	Objectifs de l'étude	5
4.	Présentation de la structure d'accueil	6
5.	Présentation du cadre d'étude : MOABLAOU S.A	6
5.1	Historique et activités.....	6
5.2	Organigramme.....	7
II-	ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	8
1.	Le processus de production des œufs.....	8
1.1	Description du processus de production.....	8
1.2	Les bâtiments industriels dans l'aviculture	9
2.	Le système de refroidissement en aviculture industrielle	10
2.1	Synthèse bibliographique.....	10
III-	ETUDE COMPARATIVE	15
1.	Présentation technique de l'existant	15
1.1	Choix et description physique du bâtiment étudié	15
1.2	Analyse de l'existant.....	16
2	Bilan thermique.....	17
2.1	Enonciation et validation des hypothèses.....	17
1.1	Les différents paramètres considérés pour le bilan thermique	21
1.2	Justification de la méthode de calcul du bilan thermique	22
1.3	Rappel méthodologie de dimensionnement d'un système de refroidissement par évaporation	22
1.4	Calcul des apports thermiques.....	23
2.	Dimensionnement des composantes du système de refroidissement.....	27
2.1	Les ventilateurs extracteurs	27
2.2	Le pad cooling.....	28
2.3	La pompe de recirculation.....	29
2.4	La tuyauterie.....	31

3.	Analyse du système de refroidissement par humidification.....	32
1.3	Le système de refroidissement utilisé à MOABLAOU	32
1.4	Impact du système de refroidissement tunnel actuel sur la production	32
1.5	Comparaison des systèmes de ventilation et d'humidification : choix du système optimal	35
1.6	Rapprochement des résultats théoriques obtenus et du système installé et discussion .	36
IV-	RECOMMANDATIONS.....	39
1.	Amélioration de l'efficacité énergétique et de la productivité	39
1.1	Actions à investissement nul et faible.....	39
1.2	Actions nécessitant un investissement élevé.....	40
2.	Estimation financière et calcul du temps de retour sur investissement.....	41
3.	Proposition d'un guide de construction et d'équipement pour l'implantation d'un nouveau bâtiment	42
V-	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	44
VI-	BIBLIOGRAPHIE.....	45
VII-	ANNEXES.....	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Température de vie optimale des poulettes[6].....	8
Tableau 2: Influence de la température sur la productivité des poules[6].....	9
Tableau 3: Densité des poules suivant la température et le mode d'élevage[6].....	9
Tableau 4: Coefficient de convection des murs	24
Tableau 5: Valeurs du rayonnement et des températures fictives à 12h en Avril.....	24
Tableau 6: Les puissances des apports thermiques	26
Tableau 7: Seuils minimaux de renouvellement d'air [13].....	27
Tableau 8: Comparaison des systèmes de ventilation	35
Tableau 9: Comparaison des systèmes d'humidification	36
Tableau 10: Comparaison des débits d'extraction.....	36
Tableau 11: Comparaison des surfaces d'admission d'air.....	36
Tableau 12: Puissance installée en fonction du débit et de la section [15]	37
Tableau 13: Incidence du débit et des vitesses d'air sur les poules [15]	37
Tableau 14: Comparaison du débit des pompes.....	38
Tableau 15: Comparaison de la puissance des pompes installées.....	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Ventilation latérale [7]	10
Figure 2:Ventilation longitudinale [7]	11
Figure 3:Ventilation longitudinale et aérienne [7].....	11
Figure 4:Ventilation transversale [7]	12
Figure 5:Ventilation tunnel [7]	12
Figure 6:Ventilation combitunnel [7]	13
Figure 7:Buse de brumisation [8]	13
Figure 8:Système d'humidification par évaporation [8].....	14
Figure 9:Vue en plan du bâtiment.....	15
Figure 10:Coupe latérale du bâtiment	16
Figure 11: Variation de la température de 1999 à 2012 à Ouagadougou	Source :
Weatherspark.....	18
Figure 12: Variation de l'humidité relative de 1999 à 2012 à Ouagadougou	
Source :Weatherspark.....	18
Figure 13: Répartition en % de la direction des vents à Ouagadougou	Source :
Weatherspark.....	19
Figure 14: Variation de la vitesse du vent de 1999 à 2012 à Ouagadougou	
Source : weatherspark.....	19
Figure 15:Changement d'état de l'air sur le diagramme psychrométrique	20
Figure 16: Répartition en % de la charge thermique	26
Figure 17: Taux de mortalité mensuel des poulettes.....	33
Figure 18:Evolution du taux de ponte des poulettes	34
Figure 19:Evolution mensuelle des différents calibres des oeufs	34
Figure 20: Evacuation des fientes.....	46
Figure 21:Fuite sur les pad cooling.....	46
Figure 22:Pad cooling	46
Figure 23:Poulettes en cage	46
Figure 24:Collecte des oeufs	46
Figure 25:Pad cooling bouché	47
Figure 26:Ventilateurs extracteurs.....	47
Figure 27:Tableau de commande de l'ambiance	47

I- INTRODUCTION

1. Contexte de l'étude

Les pays de l'UEMOA ont choisi depuis plusieurs décennies la voie de l'industrialisation en vue d'assurer leur développement économique et social (rapport politique industrielle commune, 1999). Une industrialisation qui nécessite de la matière première de la main-d'œuvre mais aussi de l'énergie conséquente à soutenir sa croissance.

Le Burkina Faso en tant que pays membre de l'UEMOA s'est aussi engagé dans l'industrialisation. Cette industrialisation rencontre des difficultés dans sa mise en œuvre notamment à cause du faible accès à l'énergie et de son coût élevé [1]. Parmi les nombreuses actions que l'énergie permet de réaliser, il y a le conditionnement d'air dans les bâtiments industriels.

Le Burkina Faso est un pays d'élevage. Plus de 80% de la population tire entièrement ou partiellement leur revenu de cette activité [2]. Avec un cheptel numériquement important et varié l'élevage contribue à plus de 18% à la formation du PIB et représente près de 26% des exportations en valeur [2]. Quant à l'aviculture moderne elle n'a été organisée qu'en 1998 par l'Etat et les promoteurs avec l'appui financier de la coopération française [3]. L'évolution de cette filière au Burkina Faso a connu des difficultés surtout dues aux conditions climatiques extrêmes (forte chaleur et faible taux d'humidité).

Pour atténuer ces effets, le conditionnement d'air dans les bâtiments avicoles s'avère nécessaire pour optimiser la productivité de la volaille présente dans les bâtiments d'aviculture moderne. Vu l'importance du conditionnement d'air dans l'aviculture moderne [4], [5], il apparaît important de maîtriser les paramètres entrant dans la conception et l'optimisation des systèmes de conditionnement d'air dans les bâtiments d'aviculture moderne.

Notre cas d'étude est un poulailler industriel de production d'œufs de l'entreprise MOABLAOU S.A, situé dans le village de Nambé, dans la commune rurale de Koubri. A l'intérieur du bâtiment il y a des poulettes, des équipements électriques, du personnel de surveillance et d'entretien. Les poulettes qui sont des races exotiques ont besoin d'une ambiance fraîche ($T=27^{\circ}\text{C}$ Hr= 40 à 80%) pour produire les œufs. Or, les conditions extérieures au Burkina Faso sont marquées par des températures élevées (45°C), une humidité relative (Hr=30%) faible surtout en période chaude et de grandes amplitudes thermiques. Les poulettes, le personnel et les équipements produisent aussi bien de la chaleur que des gaz nocifs qu'il faut évacuer.

Toutes ces contraintes énumérées précédemment suscitent de nombreuses interrogations.

Quels sont les paramètres qui permettent d'assurer le conditionnement d'air dans le poulailler ?

Comment optimiser le système de conditionnement d'air afin d'assurer une utilisation efficace de l'énergie ?

Quels critères à prendre en compte dans la construction d'un poulailler industriel pour optimiser son système de conditionnement d'air ?

Notre étude permettra de répondre d'une part aux questions liées au conditionnement d'air la ferme de MOABLAOU et de proposer un guide de construction des futurs bâtiments.

2. Problèmes et solutions techniques

Le principal problème est la mortalité des poules suite au stress thermique et une variabilité dans le rendement de production des œufs. Une mortalité d'autant plus élevée en période de forte chaleur. C'est cette raison qui nous a poussés à nous intéresser au système de ventilation du poulailler. Pendant l'étude nous avons constaté d'autres problèmes tels que le colmatage des pad cooling et de la tuyauterie. Comme solution nous avons préconisé l'installation de cheminés extracteurs afin de réduire la chaleur présente dans le bâtiment dans les mois les plus chauds que sont Mars, Avril, et Mai. Cela permettra d'améliorer la circulation de l'air. En outre nous avons proposé une amélioration de la position de pad cooling et l'installation de filtre.

3. Objectifs de l'étude

L'objectif global de l'étude est de déterminer les caractéristiques de dimensionnement d'un système de conditionnement d'air en aviculture industrielle.

Les objectifs spécifiques sont :

- Réaliser une étude bibliographique sur les bâtiments industriels avicole et en faire ressortir les principales caractéristiques en termes thermique et plus spécifiquement de conditionnement d'air.
- Réaliser une étude diagnostique énergétique du système de conditionnement d'air et comparer les résultats avec les données de l'étude bibliographique.
- Proposer des solutions d'amélioration à mettre en œuvre en les catégorisant par leur importance en termes d'investissement (étude technico économique).
- Proposer un guide de bonnes pratiques pour la construction d'un poulailler industriel et la mise en place d'un système de conditionnement d'air.

4. Présentation de la structure d'accueil

La structure d'accueil est le Bureau de Restructuration et de Mise à Niveau de l'industrie (BRMN). Elle coordonne la mise en œuvre de deux (2) programmes à savoir le Programme de Restructuration et de Mise à Niveau et le Programme de Restructuration des Entreprises en Difficulté.

Le PRMN est un programme sous régional qui concerne les 8 pays de l'UEMOA et qui s'intéresse aux entreprises qui ont une capacité d'autonomie financière pour financer leurs investissements.

Pour ce qui est du PRED, il s'agit d'un programme national initié par le gouvernement et qui s'intéresse aux entreprises en difficulté.

MOABLAOU S.A a bénéficié de l'accompagnement du PRED et notre stage au sein de cette entreprise a consisté au suivi de la mise en œuvre des plans de restructuration issus du diagnostic stratégique dont elle a bénéficié.

5. Présentation du cadre d'étude : MOABLAOU S.A

5.1 Historique et activités

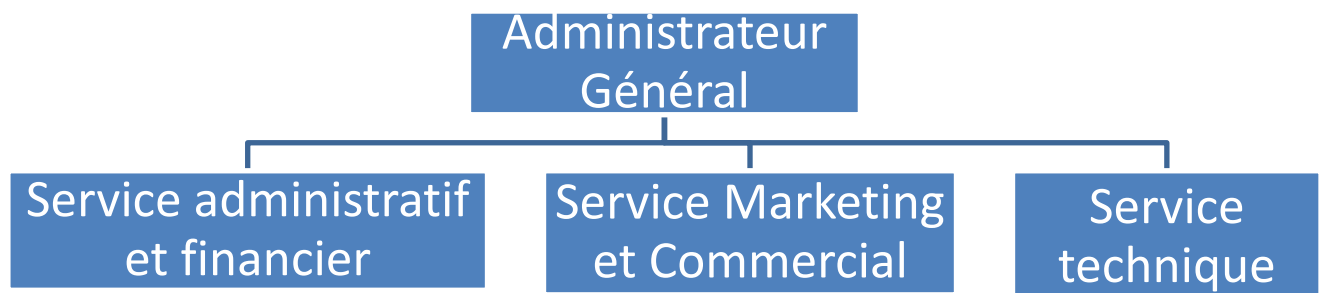
MOABLAOU S.A est une entreprise industrielle du secteur avicole créée en 1987. Son promoteur Abou Simbel OUATTARA est un ancien cadre de l'OFNACER qui s'est lancé dans l'aviculture moderne. La principale activité de MOABLAOU S.A est la production et la vente d'œufs. Les activités parallèles qu'elle mène sont la vente de fientes, la vente de poules reformées et l'approvisionnement des éleveurs en poussin de 1 jour. Parti de 500 pondeuses, l'entreprise compte aujourd'hui près de 100 000 pondeuses. Au départ dans le secteur informel (1987 à 1994), l'entreprise devient individuelle de 1995 à 2004, puis SARL en 2005. Depuis 2006, elle s'est muée en société anonyme avec un capital de 600 000 000 CFA. La société emploie une cinquantaine d'employés permanents et mène ses activités sur trois sites :

- ❖ le siège social situé à Ouagadougou au secteur 15
- ❖ l'unité de fabrique d'aliments qui se situe aussi à Ouagadougou au secteur 16
- ❖ la ferme qui se situe dans le village de Nambé, dans le département de Koubri à 25 km de Ouagadougou.

Notre étude s'est déroulée uniquement sur le site de la ferme à Nambé.

5.2 Organigramme

Le personnel de MOABLAOU est constitué de cadres supérieurs, de cadres moyens et d'ouvriers. Dans le service technique dans lequel nous étions la majeure partie des travailleurs sont des ouvriers. Ils sont chargés de surveiller les poulettes, de collecter les œufs et la fiente, et d'assurer la maintenance des installations. L'organigramme de l'entreprise est comme suit :



Un Administrateur Général dirige et veille au bon fonctionnement de la société.

Service Administratif et Financier (S.A.F)

Ce service est composé du service administratif, du service financier et comptable. Il est chargé du suivi des programmes économiques et financiers, de l'élaboration des budgets et du suivi de leurs exécutions, de la gestion du personnel des emplois et carrières et de la mise en oeuvre des programmes de formation, ainsi que de la gestion du système de facturation.

Service Marketing et Commercial (S.M.C)

Il est chargé d'une part de la définition et de la mise en œuvre de la politique de communication de MOABLAOU, de l'élaboration des objectifs de la Société ainsi que de la définition et de la mise en œuvre de son politique marketing ; d'autre part de la gestion de la clientèle, du recouvrement des factures clients, de la vente directe ainsi que de l'assistance et de l'information de la clientèle.

Service Technique (S.T)

Il est chargé de la maintenance et du suivi du matériel d'exploitation de la ferme, du suivi des programmes de prophylaxie médicale et sanitaire, de la gestion des stocks d'aliments et des produits vétérinaires (vaccins, vitamines et antibiotiques). Durant notre séjour nous avons travaillé au sein du service technique

II- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Le processus de production des œufs

1.1 Description du processus de production

A- Les poules pondeuses

La souche de la volaille utilisée pour la production des œufs est la Shaver 579 communément appelée Isa Brown. Elle a une forte productivité de 300 œufs par poulette, la première année de ponte. La Isa Brown est de couleur brun-roux (Figure 23:Poulettes en cage). Le cycle de production de la Isa Brown est de 18 mois.

La poule est le principal outil de production parce qu'elle fournit les œufs. De meilleures conditions de vie déterminent donc la qualité et la quantité de la production. Les conditions atmosphériques permettant une meilleure production des poules sont résumées dans le tableau ci-dessous en fonction de l'âge des poules

Tableau 1: Température de vie optimale des poulettes[6]

Age	Température
Jour 1-2	34-36
Jour 3-4	34-32
Jour 5-7	31
2me semaine	30
3me semaine	28-29
4me semaine	26-27
5me semaine	22-24
>6me semaine	18-20

La température optimale de vie des poulettes diminue au fur et à mesure que la poule vieillit. Ce sont des températures difficiles à obtenir naturellement dans les pays sahéliens. L'impact de la température sur la productivité des poules pondeuses est résumé dans le tableau 2

Tableau 2: Influence de la température sur la productivité des poules[6]

Type de production	Effet des températures élevées
Production d'œufs	Baisse à partir de 30°C
Calibre	Diminution de 0,4% par 1°C entre 23-27°C 0,8% par 1°C au-dessus de 27°C
Consommation d'aliment	Diminution de 1,4% pour 1°C entre 20-25°C 1,6% pour 1°C entre 25-30°C 2,3% pour 1°C entre 30-35°C 4,8% au-dessus de 35°C

L'analyse du tableau montre que la production d'œufs, le calibre des œufs et la consommation d'aliment diminuent lorsque la température augmente. Cette diminution est plus importante lorsqu'on atteint 30°C. En effet, lorsque la consommation d'aliment diminue il y a un impact sur la quantité et la qualité des œufs pondus.

B- L'aviculture industrielle ou élevage en batteries

L'aviculture industrielle a commencé pendant la première guerre mondiale aux Etats Unis et il se fait en étage. C'est un système de production dans lequel la poule est le principal outil de production. Les poules sont élevées en cage dans un bâtiment fermé. Un chariot automatisé sert l'aliment dans les mangeoires. Les cages possèdent des pipettes qui permettent aux poulettes de s'abreuver. Les œufs produits sont récupérés sur des tapis et envoyé par des convoyeurs au niveau de la salle de collecte (Figure 24:Collecte des oeufs).

1.2 Les bâtiments industriels dans l'aviculture

Les bâtiments industriels sont des bâtiments fermés avec une ventilation dynamique possédant un système de refroidissement. Les normes d'équipements et de densité des poules dans les élevages industrielles sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3: Densité des poules suivant la température et le mode d'élevage[6]

Température (°C)	Espace au sol		Espace à la mangeoire	Espace à l'abreuvoir	
	Litières (poules/m2)	Cages (cm ² /poules)	Mangeoire linéaire (cm/poule)	(Poules/Pipette)	Poules/Abreuvoir rond
25	5,5	450	10	20	75
30	4,5	550	15	10	60
35	3,5	650	20	5	50

2. Le système de refroidissement en aviculture industrielle

2.1 Synthèse bibliographique

Il existe deux (2) sortes de ventilation dans les poulaillers : la ventilation statique et la ventilation dynamique. La ventilation statique est une ventilation naturelle qui prend en compte les paramètres naturels comme l'exposition du bâtiment aux rayons solaires et la direction des vents dominants. La ventilation dynamique fait intervenir des équipements électriques de ventilation. La ventilation dynamique est celle qui est utilisée en aviculture industrielle.

A- Les variantes de système de ventilation dynamique

Les modèles présentés ci-dessous sont rencontrés dans les bâtiments d'élevage de volaille en cage. Ce sont des systèmes utilisés pour des bâtiments de plus de $1000m^2$.

a) Ventilation latérale

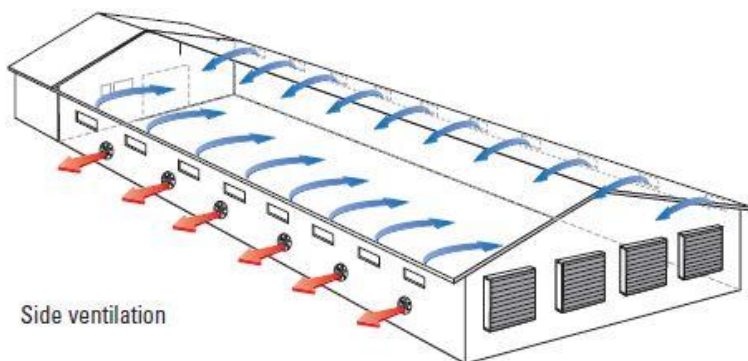


Figure 1: Ventilation latérale [7]

La ventilation se fait de manière transversale. L'air frais entre à travers des lanterneaux placés sur les côtés longitudinaux et l'air chaud est évacué grâce aux ventilateurs extracteurs sur un des côtés longitudinal.

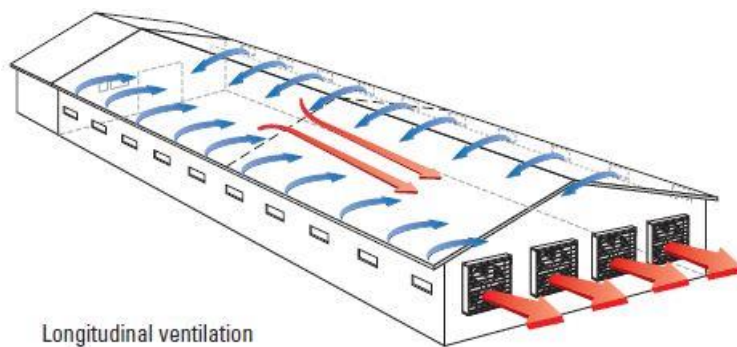
b) Ventilation longitudinale

Figure 2: Ventilation longitudinale [7]

La ventilation longitudinale consiste à admettre l'air par les lanterneaux sur les longueurs du bâtiment et à évacuer l'air par des ventilateurs muraux situés sur la largeur.

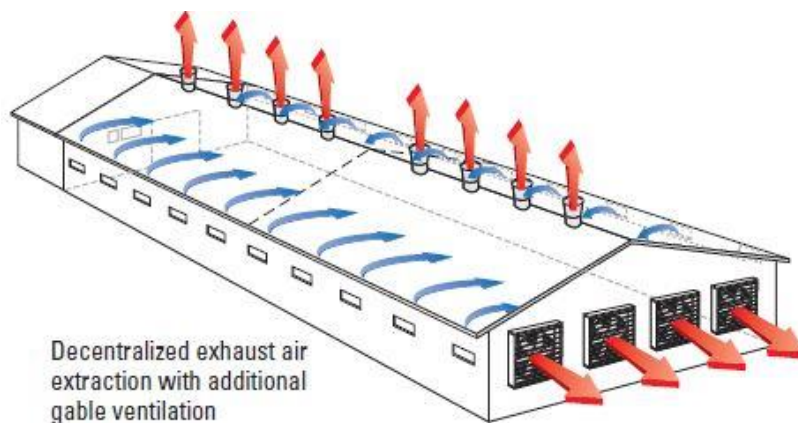
c) Ventilation par extraction longitudinale et aérienne

Figure 3: Ventilation longitudinale et aérienne [7]

Les entrées d'air se font par des lanterneaux situés en haut des côtés longitudinaux. L'air est rejeté par des ventilateurs muraux situés sur la largeur et par des cheminées placés sur le toit.

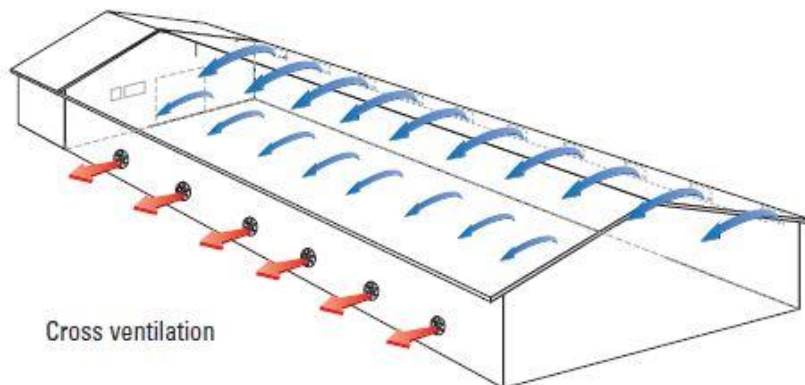
d) Ventilation transversale

Figure 4: Ventilation transversale [7]

Le flux d'air est uni-directionnel. L'admission de l'air se fait par des lanterneaux situés en haut d'un côté de la longueur et l'évacuation se fait sur la longueur opposée grâce à des ventilateurs extracteurs

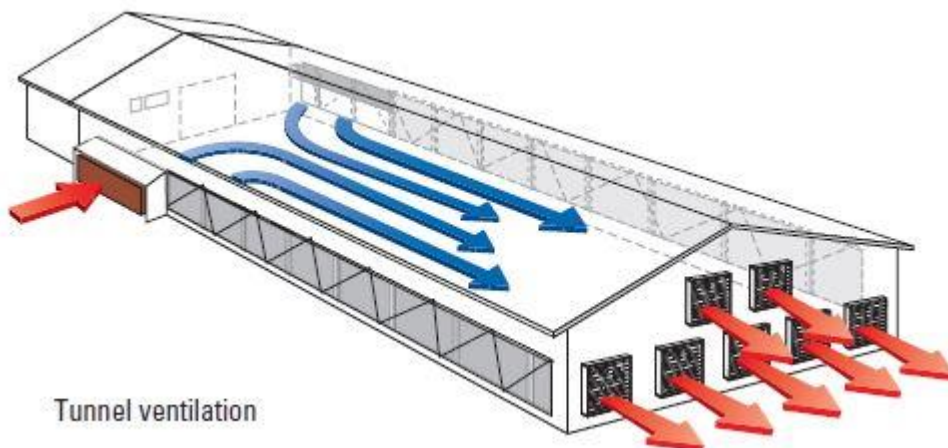
e) Ventilation tunnel

Figure 5: Ventilation tunnel [7]

La ventilation tunnel fait intervenir l'humidification de l'air en plus. L'air chaud entre par des ouvertures faites sur un matelas de cellulose. La cellulose est humidifiée et l'air après son passage s'humidifie et se refroidit du même coup. L'extraction se fait par des ventilateurs muraux situés en sens opposé au matelas de cellulose.

f) Ventilation combitunnel

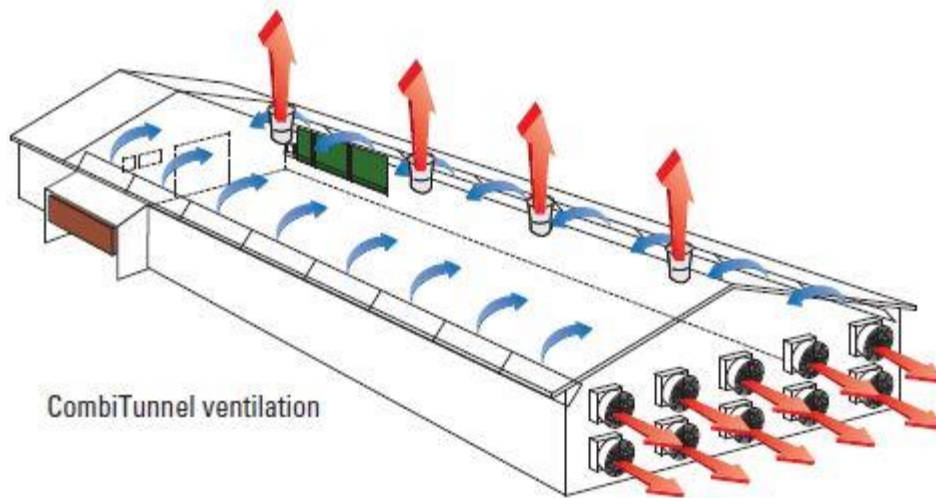


Figure 6: Ventilation combitunnel [7]

La ventilation combitunnel est une ventilation en tunnel qui a en plus une extraction par le haut, grâce à des cheminées équipées de ventilateurs hélicoïdaux.

B- Les technologies d'humidification des poulaillers industriels

Les principales technologies d'humidification les plus utilisées en aviculture industrielle sont l'humidification par évaporation et l'humidification par brumisation.

a) La brumisation

L'humidification par brumisation consiste à vaporiser de l'eau en très fines gouttelettes. De manière pratique, la brumisation se fait en pulvérisant un mélange d'eau et d'air comprimé.

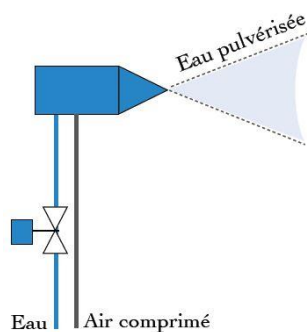


Figure 7: Buse de brumisation [8]

b) L'humidification par évaporation

L'humidification par évaporation consiste à faire passer de l'air à travers un médium humide. Dans la plupart des cas, cette paroi est en cellulose et est appelée pad-cooling. Une pompe de recirculation permet de mouiller le pad cooling en circuit fermé.

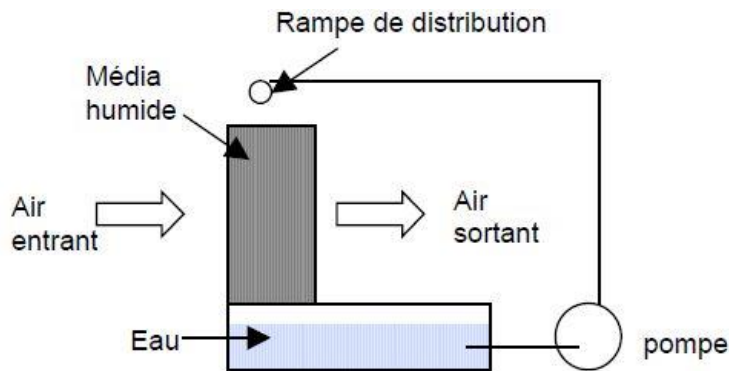


Figure 8: Système d'humidification par évaporation [8]

A. Détermination des paramètres d'efficacité énergétique ADEME/ITAVI

Les paramètres d'efficacité énergétique sont des critères qui permettent en fonction de leur valeur et des normes fixées de dire si oui ou non l'énergie est efficacement utilisée. Les ratios trouvés sont donnés par ADEME et ITAVI et sont exprimés en kWh/m²/an, en Wh/œuf/jour et en Wh/oiseau/jour. La difficulté que nous avons rencontrée est que le comptage concerne 5 bâtiments : 2 poulaillers et 3 poussinières. En outre, les ratios produits par ADEME/ITAVI et IFC ont été obtenus dans des fermes avicoles européennes où le plus grand poste de consommation est le chauffage à près de 80%. Il serait donc absurde de les considérer comme des repères en ce sens où la plus grande consommation en Afrique est due au refroidissement et où le chauffage est quasi inexistant.

III- ETUDE COMPARATIVE

1. Présentation technique de l'existant

1.1 Choix et description physique du bâtiment étudié

Le bâtiment étudié fait 85 m de long sur 16 m de large et 5 m de hauteur sous plafond (figure 9). Le bâtiment de ponte est construit avec des cailloux sauvage taillés et de la maçonnerie en ciment. Des cloisons longitudinales en parpaing de 20 cm d'épaisseur permettent de créer deux couloirs d'accès au poulailler de part et d'autres des cotés longitudinaux. Le toit est en double pente de 7%. Le toit est en polyuréthane de 3 cm d'épaisseur. Un faux-plafonds de 2 cm de polyuréthane recouvert d'un film d'aluminium est utilisé dans le bâtiment de ponte. Il est le plus aboutit de la ferme parce qu'il tient compte des améliorations faites sur les anciens bâtiments et des avancées de la technologie en terme de régulation.

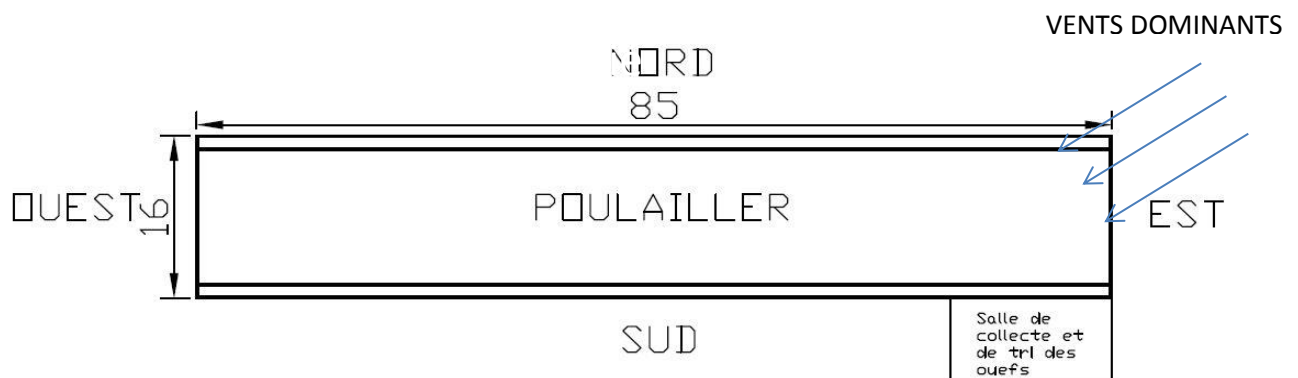


Figure 9: Vue en plan du bâtiment

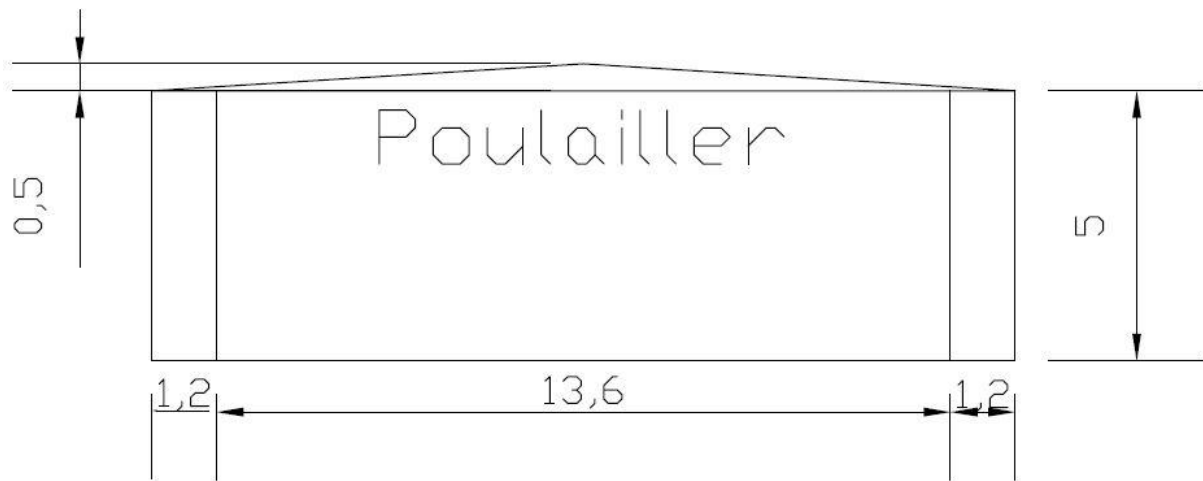


Figure 10: Coupe latérale du bâtiment

1.2 Analyse de l'existant

Notre séjour dans l'entreprise nous a permis de réaliser certains constats relatifs au système de refroidissement par évaporation.

➤ Le colmatage des pad cooling

Les orifices d'admission des pad cooling sont bouchés à cause des dépôts de calcaire et de magnésium provenant de l'eau d'alimentation et des résidus de pad cooling (Figure 25: Pad cooling bouché). La conséquence de ce phénomène est une augmentation des opérations de débouchage surtout pendant la période chaude de Mars à Mai. Le colmatage des pad cooling réduit leur efficacité et les nombreuses opérations de débouchage les abiment.

➤ Le fort taux de mortalité dans les cages supérieures

En période de forte chaleur, nous avons constaté que la plupart des poules mortes suite aux coups de chaleurs proviennent des cages supérieures. Nous avons donc émis l'hypothèse selon laquelle les poules des cages supérieures ne bénéficient pas de la ventilation. En effet, à cause de sa densité, l'air frais se retrouve en bas tandis que l'air chaud en haut.

➤ Les fuites d'eau sur les pad cooling

Les fuites d'eau sont importantes au niveau des pad cooling (Figure 21:Fuite sur les pad cooling). Elles sont dues au manque d'étanchéité de la tuyauterie. Elles sont aussi la conséquence du colmatage qui obstrue le passage de l'eau et l'oblige de ce fait à se déverser dans le poulailler.

➤ Le manque d'eau d'humidification

C'est la conséquence du colmatage des pad cooling, des fuites d'eau observées et de l'évaporation de l'eau sur les pad cooling. Il y a pénurie d'eau surtout durant les mois chauds ce qui oblige le promoteur à faire venir des citernes d'eau de Ouagadougou.

➤ L'absence d'un système ventilation naturelle d'urgence

Le système de ventilation est totalement dépendant de l'énergie électrique : il n'existe pas de système de ventilation naturelle. Certes, le site dispose de deux groupes électrogènes relais afin d'assurer la continuité de l'alimentation électrique. Cependant une panne électrique peut empêcher le fonctionnement des extracteurs et entraîner de nombreux dégâts. La présence d'un système de ventilation naturelle d'urgence peut dans une moindre mesure atténuer les effets des coups de chaleur et de l'étouffement. Suite au recensement de ces dysfonctionnements constatés, nous allons redimensionner les équipements existants afin de vérifier la conformité des installations.

2 Bilan thermique

2.1 Enonciation et validation des hypothèses

Notre site d'étude étant à 20 km de Ouagadougou et ne disposant pas de station météorologique, nous travaillerons avec les données météorologiques relevées de 1999 à 2012 au Burkina Faso, à Ouagadougou. A partir des courbes ci-dessous fournies par la base de données Weatherspark montrant les différentes variations des paramètres de l'air, nous déduirons les valeurs de température, d'humidité, la vitesse des vents dominants et leur direction.

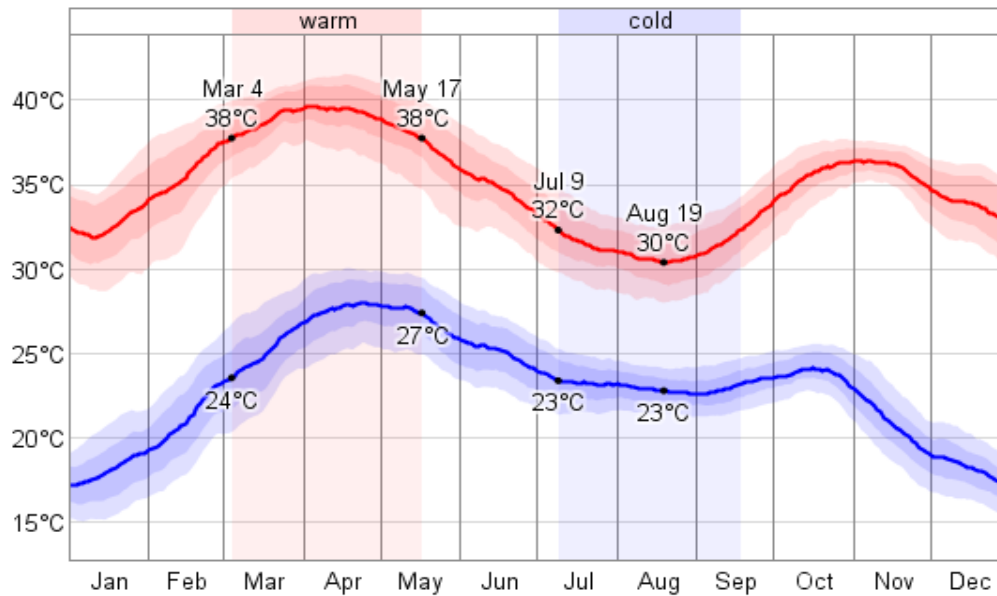


Figure 11: Variation de la température de 1999 à 2012 à Ouagadougou

Source : Weatherspark

Légende :

- Moyenne des minima de température
- Moyenne des maxima de température

Le mois le plus chaud est le mois d'Avril avec une température moyenne maximum de 40°C.

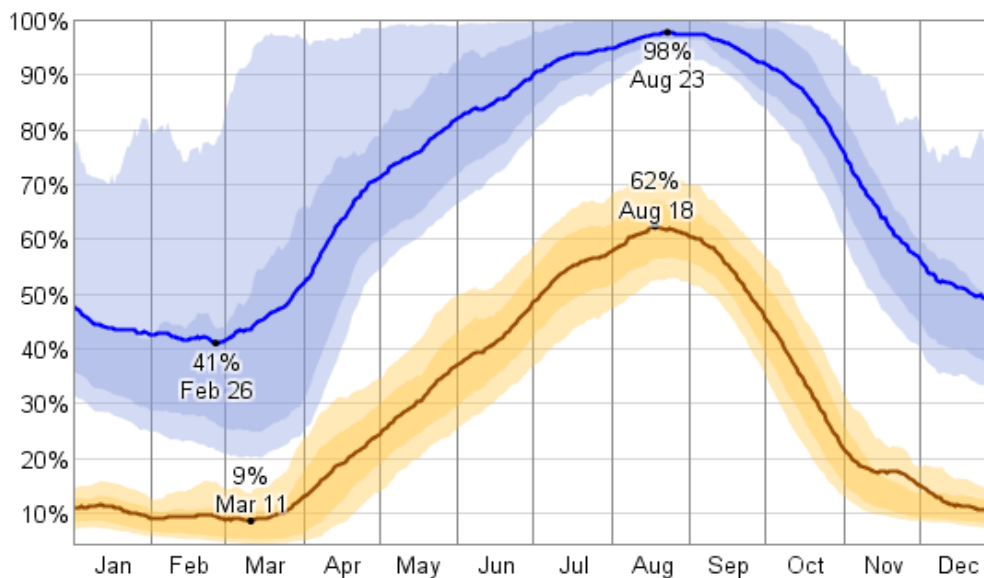


Figure 12: Variation de l'humidité relative de 1999 à 2012 à Ouagadougou

Source : Weatherspark

— Moyenne des maxima d'hygrométrie

— Moyenne des minima d'hygrométrie

Pour le mois d'Avril qui est le plus chaud, la condition la plus contraignante est celle d'une faible hygrométrie. Cela impliquera une grande quantité d'eau pour le refroidissement de

l'air. Nous considérerons à cet effet la moyenne minimale d'hygrométrie du mois d'Avril qui est 25%.

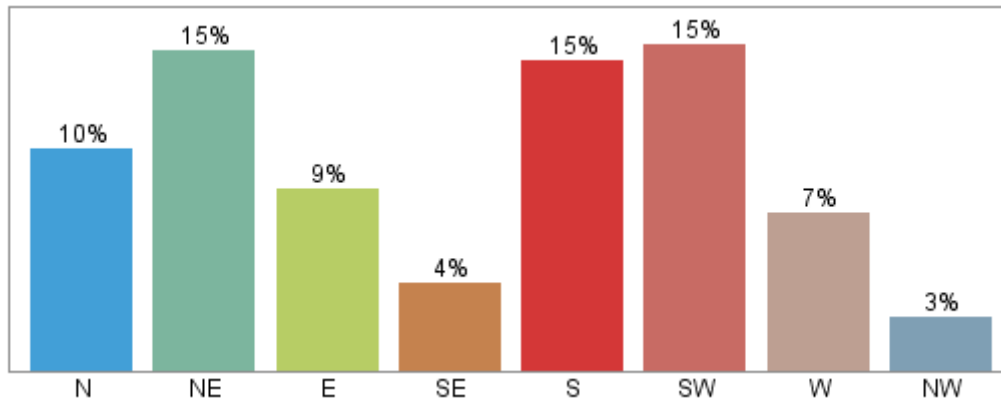


Figure 13: Répartition en % de la direction des vents à Ouagadougou

Source : Weatherspark

La répartition maximale des vents se fait sur l'axe Nord-Est vers le Sud-Ouest. Environ 30% des vents soufflent du **Nord-Est** vers le **Sud-Ouest**.

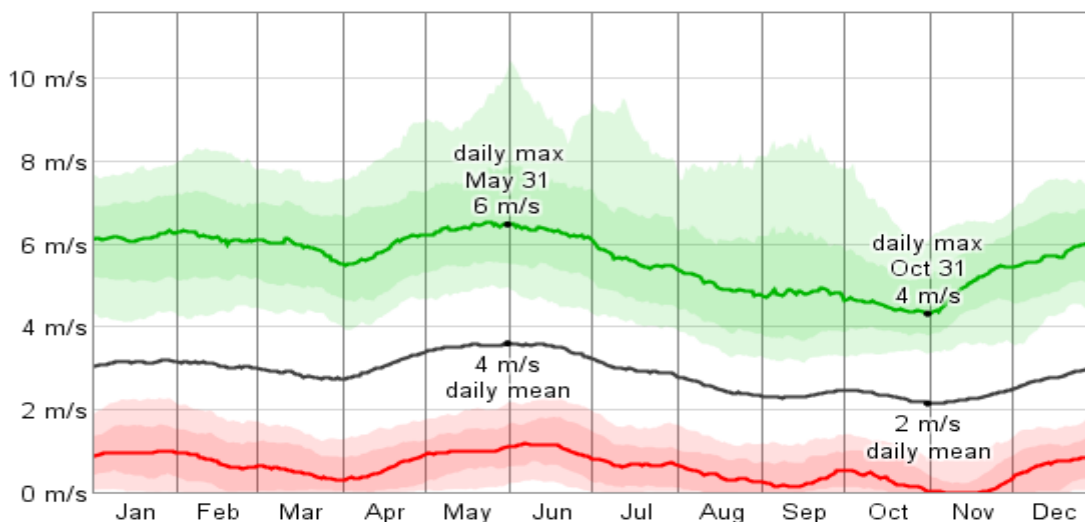
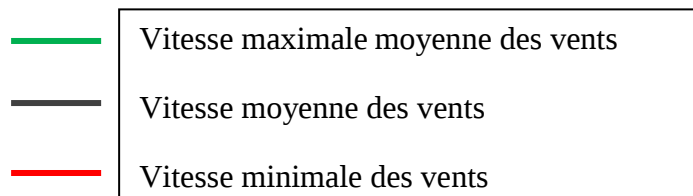


Figure 14: Variation de la vitesse du vent de 1999 à 2012 à Ouagadougou

Source : weatherspark



La vitesse moyenne minimale du mois d'Avril est de 3m/s. Elle permettra de calculer les surfaces d'entrées d'air.

Les changements d'états de l'air durant l'humidification sont représentés dans la figure ci-dessous. Etat 1 : T=40°C , Hr=25% et Etat2 : T=27°C, Hr=80%

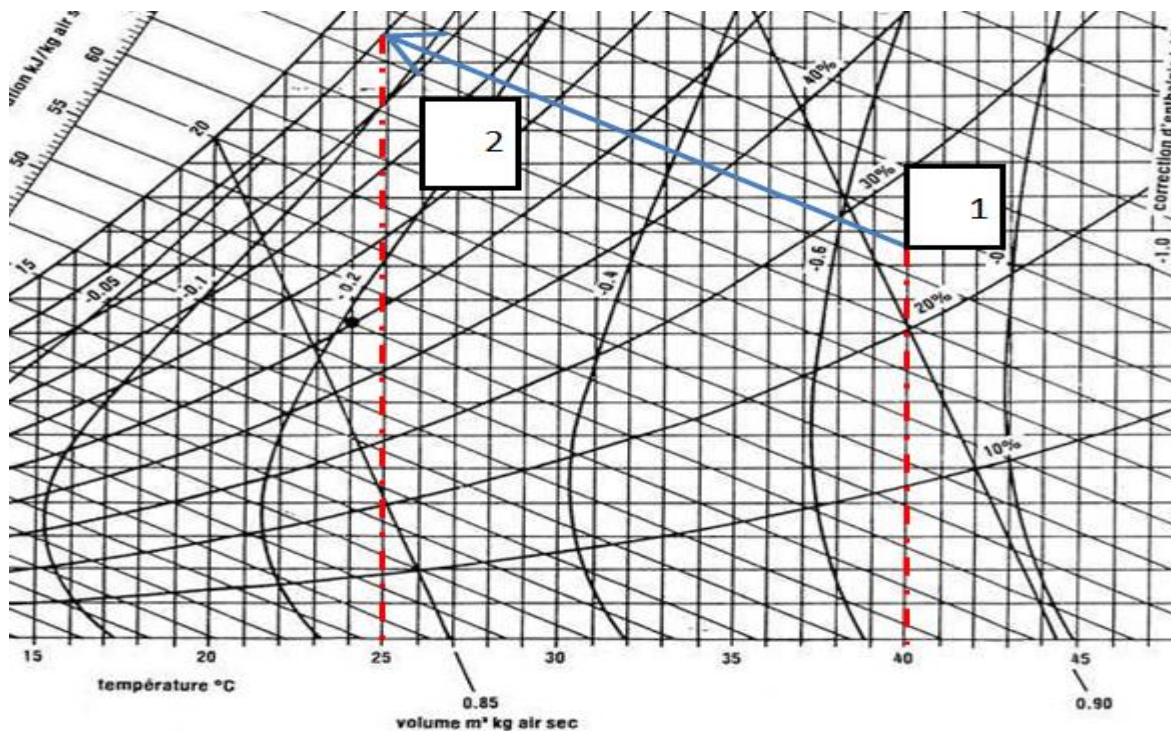


Figure 15: Changement d'état de l'air sur le diagramme psychrométrique

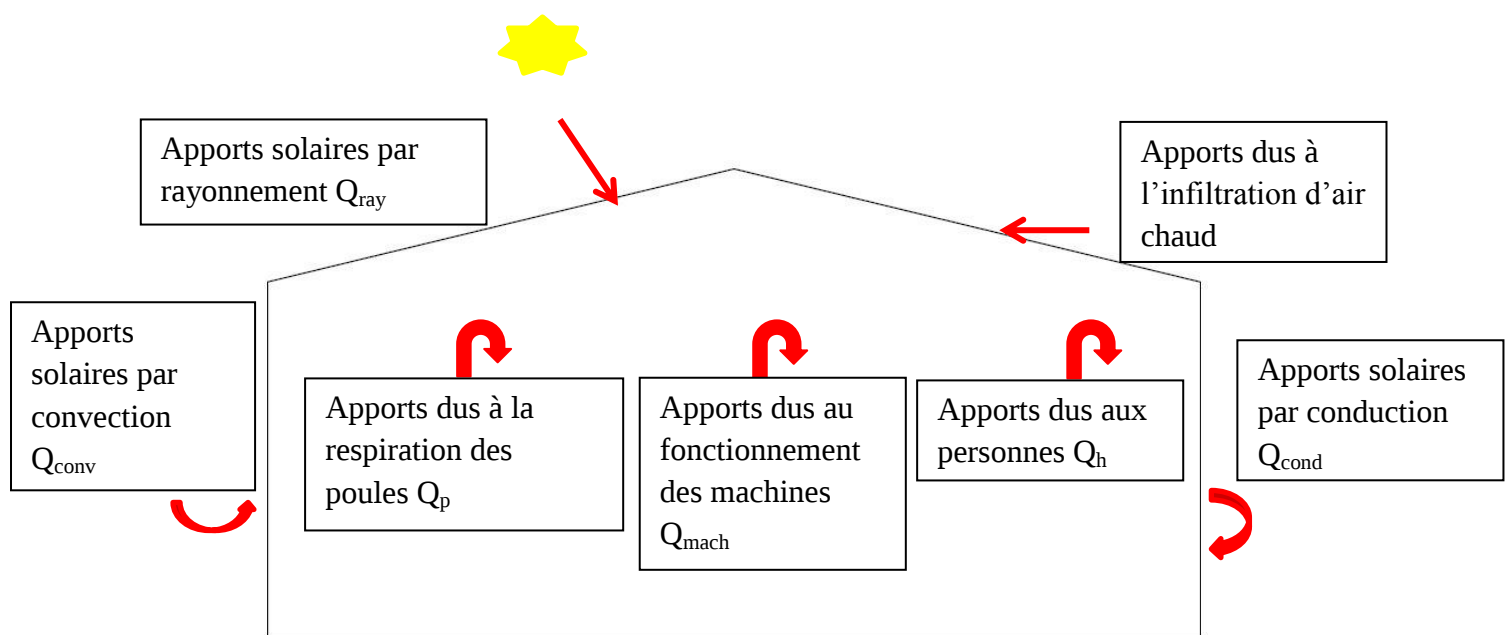
- ✚ Les épaisseurs et les coefficients de conductivité thermique des différents matériaux utilisés :
 - Cailloux latéritique taillés $e = 20\text{cm}$ et $\gamma = 0.51\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ [9]
 - Polyuréthane $e = 5\text{cm}$ $\gamma = 0.028\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
 - Faux plafond en polyuréthane $e = 2\text{cm}$ $\gamma = 0.028\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ✚ Le bâtiment est dimensionné pour contenir 55000 poulettes et un personnel de surveillance de 4 personnes
- ✚ La température de l'eau d'humidification est égale à la température humide de l'air. La température maximale de l'air est de 40°C.
- ✚ L'humidification se fait à température humide constante et à enthalpie constante. La température de l'eau d'humidification est égale à la température ambiante de l'air extérieur
- ✚ L'humidité relative de l'air ambiant est 25%. C'est la plus faible donc la plus contraignante obtenue durant le mois d'Avril.
- ✚ Le bilan thermique est réalisé à 12h au mois d'Avril.
- ✚ La température extérieure de dimensionnement est 40°C
- ✚ La température de consigne dans le local est de 27°C
- ✚ L'humidité relative maximale dans le local est de 80%
- ✚ Les échanges thermiques se font à travers les murs et la toiture. Le flux de chaleur à travers le sol est supposé nul.
- ✚ Les effets de la direction du vent sur la convection seront négligés à cause de la faible vitesse de l'air et de la végétation entourant le bâtiment.
- ✚ Le calcul ne tiendra pas compte des variations dues aux changements climatiques

- ✚ Le poids maximal des poulettes est de 2.5 kg

1.1 Les différents paramètres considérés pour le bilan thermique

Les principales sources d'apports thermiques considérés sont :

- ✚ Les apports solaires par conduction, par convection et par rayonnement au niveau des murs de la toiture et des ouvertures.
- ✚ Les apports dus à la respiration et la transpiration des poules
- ✚ Les apports dus à la respiration et la transpiration du personnel de suivi
- ✚ Les apports dus au fonctionnement des machines électriques
- ✚ Les apports dus aux infiltrations d'air



Le bilan thermique s'écrit :

Le système considéré : { le poulailler }

Flux entrant-Flux sortant + Flux généré = Flux stocké

Flux entrant = $Q_{ray} + Q_{cond} + Q_{conv}$

Flux sortant est le débit d'air à évacuer P

Flux généré = $Q_p + Q_{mach} + Q_h$

Le flux stocké est considéré nul

On a donc

$$Q_{ray} + Q_{cond} + Q_{conv} + Q_p + Q_{mach} + Q_h - P = 0$$

D'où

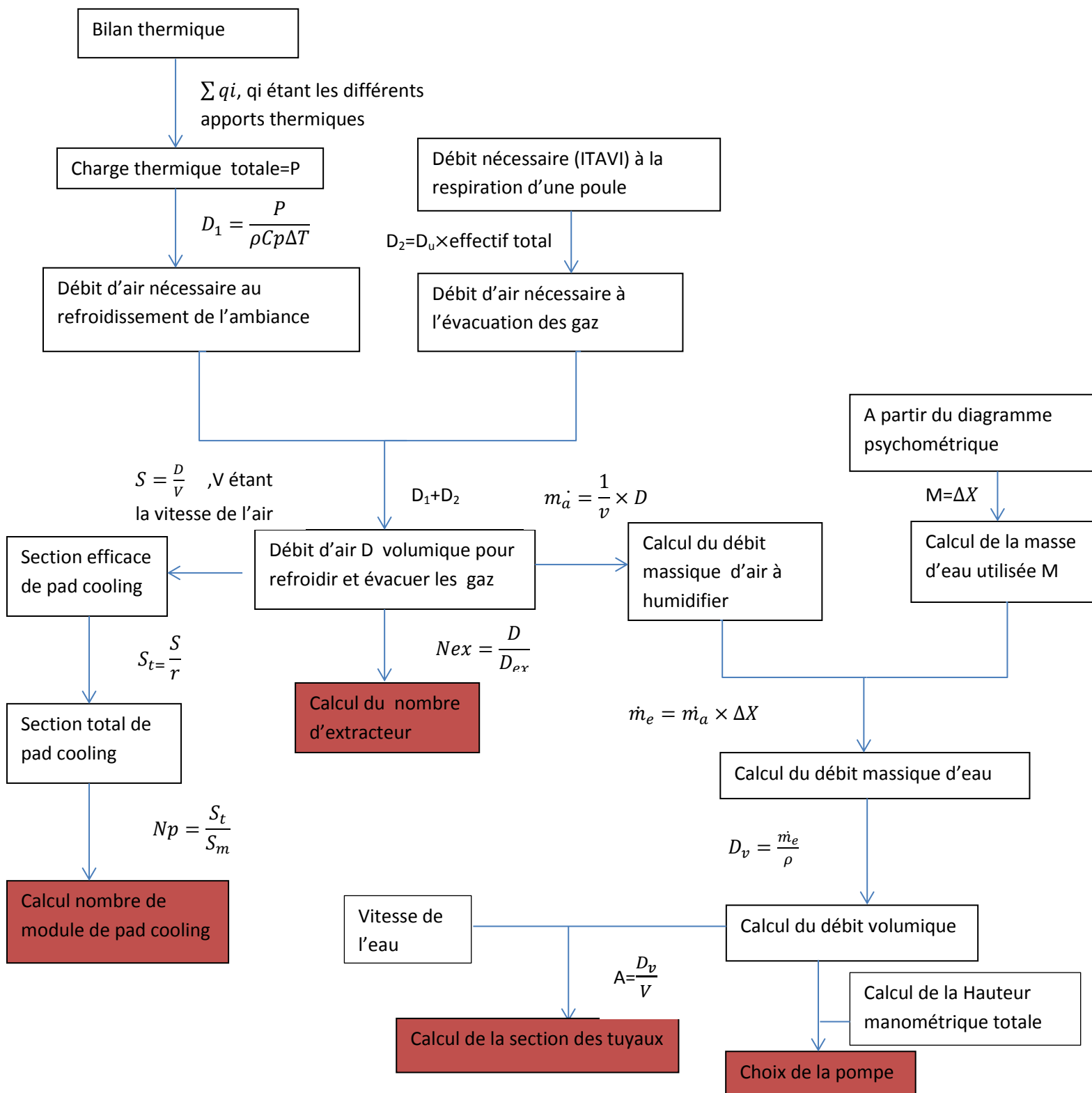
$$P = Q_{ray} + Q_{cond} + Q_{conv} + Q_p + Q_{mach} + Q_h$$

1.2 Justification de la méthode de calcul du bilan thermique

La méthode de calcul utilisée pour évaluer les apports thermiques est la méthode détaillée. Elle est la plus précise des méthodes connues. Puisque nous sommes dans une démarche d'efficacité énergétique, il est important que nous ayons les valeurs exactes du besoin afin d'estimer les économies d'énergie possibles. Les calculs sont résumés dans une feuille Excel en annexe.

1.3 Rappel méthodologie de dimensionnement d'un système de refroidissement par évaporation

Les différentes étapes de dimensionnement proposées par ITAVI dans les cahiers techniques sont résumées ci-dessous. Des valeurs empiriques basées sur les expériences et les statistiques sont données pour permettre aux éleveurs d'avoir des estimations des équipements dont ils ont besoin. Puisque nous sommes dans une logique d'optimisation nous calculerons à partir des éléments de thermique et d'aéraulique les besoins de la ferme.



1.4 Calcul des apports thermiques

Le calcul du gain de chaleur se fait en utilisant les formules

$Q = h \times S \times \Delta T$ respectivement pour la conduction et pour les apports par rayonnement solaire

❖ Calcul des coefficients globaux d'échange H de la latérite et du polyuréthane

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \frac{e}{\gamma}$$

Tableau 4: Coefficient de convection des murs en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

Sans flux de matière	Murs externes		Murs internes	
Ascendant	$h_i=11,1$	$h_e=20$	$h_i=10$	$h_e=10$
Descendant	$h_i=6$	$h_e=20$	$h_i=6$	$h_e=6$

On obtient après calcul :

$H=1.52 W/m^{-1} K^{-1}$ pour les murs intérieurs en latérite taillée

$H=1.63 W/m^{-1} K^{-1}$ pour les murs extérieurs en latérite taillée

$H=0.5 W/m^{-1} K^{-1}$ pour le toit et le faux-plafond

❖ Calcul des différences de températures

Pour la conduction dans les murs extérieurs Est/Ouest on a : $\Delta T = (40 - 27) = 13^\circ C$

Pour la conduction dans les murs cloisons Nord/Sud on a $\Delta T = (40 - 3 - 27) = 10^\circ C$

Pour les apports solaires on introduit une différence de température fictive due au déphasage et à la nature des matériaux.

$$\Delta T = a \frac{F}{h_e} = 1 \times \frac{0.6}{15} = 0.04$$

$$\Delta T_f = \Delta T \times G$$

On a ainsi

Tableau 5: Valeurs du rayonnement et des températures fictives à 12h en Avril

	$G (W/m^2)$	$\Delta T_f (^\circ C)$
Sud	425	17
Ouest	209	8,36
Nord	209	8,36
Est	258	12,71

❖ Calcul de la surface des murs, du toit, des portes et des fenêtres

Les surfaces de mur sont :

$$\text{Murs Nord/Sud} = 467.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Murs Est/Ouest} = 88 \text{ m}^2$$

$$\text{Toiture} = 7984 \text{ m}^2$$

$$\text{Fenêtre Sud} = 3 \times 2.5 \times 1.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Fenêtre Ouest} = 20 \times 1 \times 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Fenêtre Nord} = 3 \times 2.5 \times 1.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Porte} = 4 \times 2.1 \times 1.2 \text{ m}^2$$

Les apports sensibles internes concernent les poulettes, les équipements électriques et l'éclairage et le personnel de surveillance.

La production de chaleur totale de la poule est calculée par

$$\phi_{tot,poule} = 10 \times m^{0.62} [10]$$

m : la masse de la poule en kg

Pour un effectif total de 55000 poules ayant 2.5 kg chacun, nous avons une chaleur totale produite de **970 kW**.

$$\phi_{lat,poule} = \phi_{tot,poule} \times \text{Max}(0.2 + 1.85 \times 10^{-7} * (t_i + 13)^4; 0.95) [10]$$

$$\phi_{lat,poule} = 922 \text{ kW}$$

La chaleur sensible se déduit alors de la chaleur totale.

$$\phi_{sensible,poule} = \phi_{tot,poule} - \phi_{lat,poule}$$

$$\phi_{sensible,poule} = 970 - 922$$

$$\phi_{sensible,poule} = 48 \text{ kW}$$

La chaleur latente émise par les poules est plus importante que la chaleur sensible. En effet, l'essentiel de la production de chaleur des animaux en période chaude est émise sous forme de vapeur d'eau [11], [12].

Le bilan de puissance des équipements à l'intérieur du local nous donne 26.5kW (cf. bilan de puissance en annexe)

La chaleur apportée par les infiltrations d'air concerne les entrées d'air au niveau des portes et des fenêtres essentiellement. Elle a une composante sensible Q_s et une latente Q_l . Le débit d'air infiltré q_v dépend de la nature des matériaux utilisée pour les ouvertures. Pour les

fenêtres et portes métalliques le débit d'air infiltré est de $36 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une vitesse de vent maximale de 10 m/s .

$$Q_s = 0.29 \times q_v \times \Delta T$$

$$Q_l = 710 \times q_v \times \Delta X$$

$$Q_s = 181 \text{ W}$$

$$Q_l = 41 \text{ W}$$

On a

La charge thermique totale est de **1145 kW**. La répartition des apports thermiques est donnée dans le tableau et le diagramme ci-dessous.

Tableau 6: Les puissances des apports thermiques

Les apports par conduction sur les murs	70507,7319 W
Les apports par conduction sur les fenêtres et les portes	1520 W
Les apports par rayonnement solaire	71426,8044 W
Les apports sensibles internes	79465,4463 W
Les apports latents internes	922208,196 W

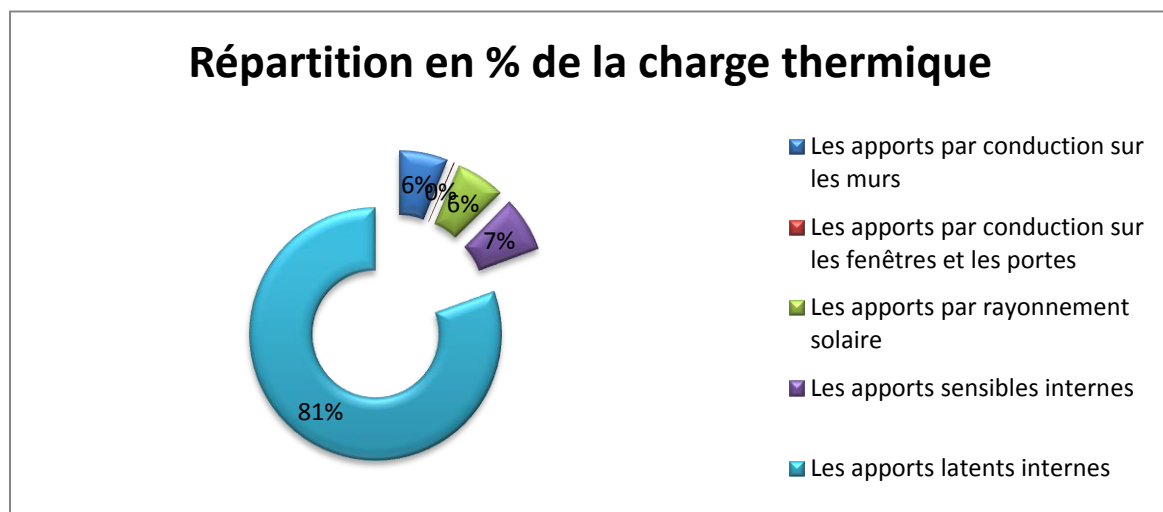


Figure 16: Répartition en % de la charge thermique

Plus de 80% de la charge thermique est générée à l'intérieur du poulailler. Evacuer cette chaleur produite peut donc participer au refroidissement. Les apports par rayonnement et par conduction sont ensuite les plus importants. L'amélioration de l'isolation et la mise en place de masque solaire pourrait contribuer à réduire ces apports.

2. Dimensionnement des composantes du système de refroidissement

2.1 Les ventilateurs extracteurs

Tableau 7: Seuils minimaux de renouvellement d'air [13]

Critères à prendre en compte	Débit d'air (m ³ /h/kg de poulet vif)
Oxygène O ₂	0,1 à 0,3
Gaz de combustion	0,4 à 1,2
Ammoniac	1 à 1,5
Chaleur minimale	3 à 5

Le tableau ci-dessus donne les seuils minimaux de renouvellement d'air selon les critères à prendre en compte pour une bonne ventilation dans un poulailler industriel. Parmi ces critères, le gaz de combustion n'est pas pris en compte dans les pays sahélien car il concerne la production de gaz carbonique due aux machines à chauffage fonctionnant au gasoil. Nous ne nous intéresserons qu'au volume d'air nécessaire à l'apport d'oxygène et à l'évacuation de la chaleur et de l'ammoniac. Quant au débit d'air nécessaire pour extraire la chaleur, il sera calculé à partir du bilan thermique du poulailler précédemment réalisé. Pour les volumes d'ammoniac et d'oxygène, nous utiliserons les ratios fournis par le Service Technique Avicole français. La somme de tous ces débits nous permet d'obtenir le débit total tenant compte de tous les critères.

- Le débit d'air nécessaire à l'extraction de la chaleur dans le local

Le débit d'air est calculé à partir du bilan thermique obtenu précédemment.

$$D_1 = \frac{P}{\rho \Delta T c_p} \text{, avec } \Delta T \text{ la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur}$$

$$D_1 = 259\,078 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Le débit d'air D_2 nécessaire à apporter l'oxygène et à extraire l'ammoniac

Le débit d'air total par kg de poulette est la somme des seuils maximaux de l'oxygène ($0.3m^3/h$) et de l'ammoniac ($1.5m^3/h$)

Le poids maximal d'une poulette est 2.5 kg [13], [14]

$$D_2 = \text{Nombre de poule} \times \text{Poids moyen d'une poule} \\ \times \text{Débit d'air nécessaire (m}^3/\text{h/ kg)}$$

$$D_2 = 55000 \times 2.5 \times 1.8$$

$$D_2 = 247\,500 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit total nécessaire pour extraire l'oxygène et l'ammoniac et pour refroidir la pièce est :

$$D_1 + D_2 = 506\,578 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit total d'extraction nécessaire est $434\,950 \text{ m}^3/\text{h}$

Le nombre de ventilateurs extracteurs nécessaires est $N_{ex} = \frac{D}{D_{ex}}$

Le débit d'un extracteur est de $14\,600 \text{ m}^3/\text{h}$ (cf. annexe catalogue)

$$\text{Le nombre d'extracteur nécessaire est } N_{ex} = \frac{506\,578}{14\,600} = 35$$

Il faut **35 extracteurs** dans le poulailler pour permettre le refroidissement de l'ambiance et l'évacuation des gaz toxiques.

2.2 Le pad cooling

La surface d'admission nécessaire pour refroidir l'air dans le poulailler se calcule à partir de la vitesse d'admission de l'air. La vitesse moyenne de l'air ambiant est de $V = 2 \text{ m/s}$.

$$S' = D/V$$

$$D = 506\,578 \text{ m}^3/\text{h} = 141 \text{ m}^3/\text{s}$$

On obtient après calcul une surface utile d'admission de

$$S' = \frac{141}{2}$$

$$S' = 71 \text{ m}^2$$

En tenant compte de l'efficacité $r=0.8$ des pad cooling on a une surface totale

$$S = \frac{S'}{r}$$

$$S = \frac{71}{0.8}$$

$$S = 88 \text{ m}^2$$

Pour une surface unitaire de 0.72 m^2 par module de pad cooling, on obtient un nombre total **123 modules de pad cooling.**

2.3 La pompe de recirculation

Il s'agira pour nous de calculer le débit et la puissance de la pompe de recirculation.

Calcul de la masse d'eau nécessaire à humidifier un kg AS pour passer de $T=40^\circ\text{C}$, $H_r=30\%$ et $T=27^\circ\text{C}$ $H_r=80\%$. En lisant sur un diagramme d'air humide on a 14g et 19g d'eau dans l'air respectivement à $T=40^\circ\text{C}$ et $H_r=30\%$ puis à $T=27^\circ\text{C}$ $H_r=80\%$

La masse d'eau qu'il faut apporter à 1 kgAS pour l'humidifier est $M = 5\text{g/kgAS}$

La masse d'air humidifié par heure

A partir du diagramme d'air humide, nous lisons un volume spécifique de $0.907 \text{ m}^3/\text{kgAS}$

Le débit massique d'air humidifié est $\dot{m}_a = \frac{D}{v}$

$$\dot{m}_a = \frac{506\,578}{0.907}$$

$$\dot{m}_a = 558\,522 \text{ kgAS/h}$$

Le débit massique d'eau nécessaire à l'humidification $\dot{m}_e = M \times \dot{m}_a$

$$\dot{m}_e = 5 \times 558\,522$$

$$\dot{m}_e = 2\,792\,606 \text{ g/h} = 2.8 \text{ t/h}$$

Avec une masse volumique de l'eau de 1 t/m^3 ,

$$D_v = \frac{\dot{m}}{\rho} \text{ D'où } D_v = 2.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit de l'ensemble des pompes est de $2.8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Calcul des pertes de charge**➤ Détermination du régime de l'écoulement**

Calcul du nombre de Reynolds

$$Re = \frac{4 \times D_v}{\pi \times D \times \vartheta}$$

D_v : Débit à l'intérieur de la tuyauterie

D : Diamètre de la tuyauterie

ϑ : Viscosité cinématique

$$Re = \frac{4 \times 7.78 \times 10^{-4}}{3.14 \times 0.032 \times 1.15 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 26924$$

Le régime de l'écoulement est donc turbulent car on a $Re > 4000$

➤ Calcul du coefficient de perte de charge

Formule de Blasius

$$\lambda = (100 \times Re)^{-0.25}$$

$$\lambda = 0.024$$

➤ calcul des pertes de charges linéaires

$$\Delta H_l = \frac{\lambda \times L \times U^2}{D \times 2 \times g}$$

$$\Delta H_l = \frac{0.024 \times 25 \times 2^2}{0.032 \times 2 \times 9.8}$$

$$\Delta H_l = 3.93 \text{ m}$$

➤ Calcul des pertes de charges singulières

Les différentes singularités relevées pour une canalisation sont :

- (1) singularité d'amenée $k = 1$
- (1) singularité de retour $k = 0.4$
- (3) tés $k = 0.6$
- (1) élargissement $k = 0.3$
- (2) Robinets vanne : 2
- (2) Coudes $k = 0.3$

$$\Delta H_s = \sum k \times n_i$$

k : Le coefficient de perte de charge

n_i : Le nombre de singularité de ce type

$$\Delta H_s = 1 \times 1 + 1 \times 0.4 + 3 \times 0.6 + 1 \times 0.3 + 2 \times 2 + 0.5 \times 2$$

$$\Delta H_s = 8.1 \text{ m}$$

La hauteur manométrique totale HMT

$$\text{HMT} = (H_{ref} - h_{asp}) + \Delta H_l + \Delta H_s$$

$$\text{HMT} = (4-0) + 3.93 + 8.1$$

$$\text{HMT} = 16.03 \text{ m}$$

La puissance hydraulique

$$P_h = \rho \times g \times D_v \times \text{HMT}$$

$$P_h = 1000 \times 10 \times 7.7 \times 10^{-4} \times 16.03$$

$$P_h = 124.67 \text{ W}$$

La puissance électrique

$$P_{el} = \frac{P_h}{\eta}$$

$$P_{el} = \frac{124.7}{0.8}$$

La puissance électrique nécessaire est de 156W

2.4 La tuyauterie

Il s'agit de donner les caractéristiques des canalisations que sont la pression et la section. La vitesse de circulation de l'eau est de $V=1\text{m/s}$

Calcul de la section A

$$A = \frac{D_v}{V}$$

$$A = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 6 \text{ cm}^2$$

Pour une section circulaire, on a un diamètre de **27,4 mm.**

Nous choisissons d'installer des tuyaux **PPR**. Nous avons choisi d'installer une conduite en PPR plutôt qu'en PVC. Du fait que les conduites sont exposées au soleil, elles sont soumises à la dilatation et à la rupture. Le PPR est un matériau plus résistant aux contraintes thermiques avec un **diamètre intérieur nominal de 32mm** et une **pression nominale de 10 bars**.

3. Analyse du système de refroidissement par humidification

1.3 Le système de refroidissement utilisé à MOABLAOU

Le système de refroidissement utilisé à MOABLAOU est un système de ventilation tunnel couplé à un système de refroidissement par évaporation. Le système compte 20 extracteurs muraux ayant une puissance 75 W chacun (Figure 26: Ventilateurs extracteurs). Les pad cooling sont répartis également sur les côtés Est, Nord et Sud (Figure 22: Pad cooling). Chaque côté compte 48 pad cooling. Trois surpresseurs de 2.2 kW, assurent la recirculation de l'eau entre le réservoir et les pad cooling.

Un système de gestion automatique permet le conditionnement de l'ambiance (Figure 27: Tableau de commande de l'ambiance). La régulation est basée sur la température de l'intérieur du bâtiment. Des sondes placées à l'intérieur permettent la mise en marche graduelle des ventilateurs extracteurs en fonction de la température du local. La pompe ne démarre que lorsque la température atteint 30°C pour rafraîchir l'air entrant dans le bâtiment

1.4 Impact du système de refroidissement tunnel actuel sur la production

L'étude de l'impact de refroidissement a été réalisée sur une bande de 55 000 poulettes entrées en ponte au mois d'Avril 2013. Les données ont été collectées sur le site dans le cahier d'élevage auprès du responsable du poulailler. Nous avons réalisé après obtention des données un traitement sur le tableur Excel.

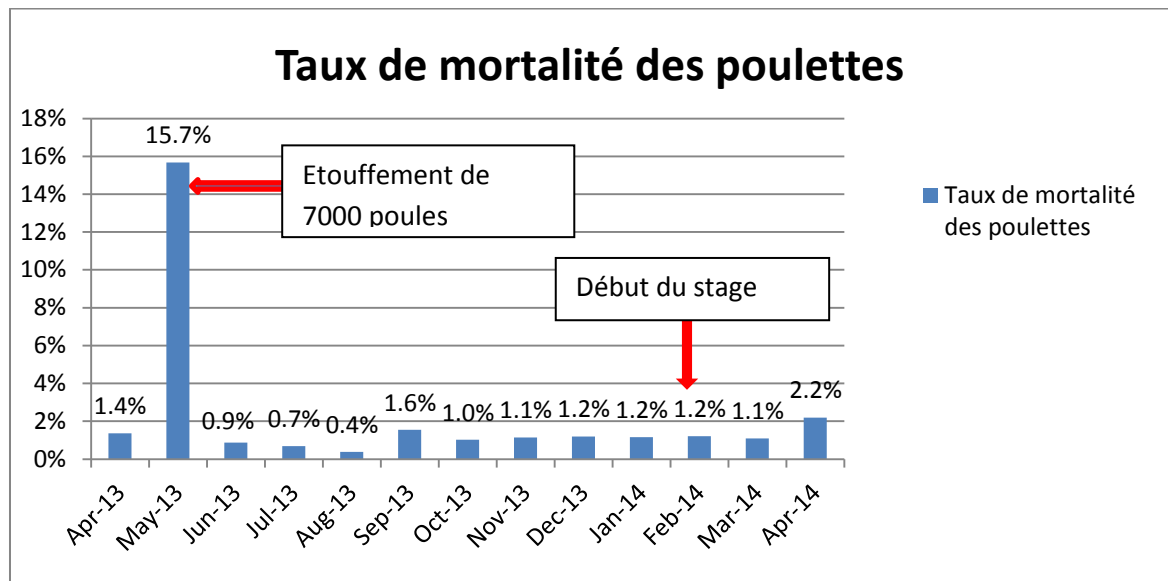


Figure 17: Taux de mortalité mensuel des poulettes

Le taux maximal de mortalité en ponte est de 3.51% [4], [11]. Des taux plus élevés seraient donc dus à des phénomènes extraordinaires ou à des contaminations. Le taux de mortalité montre une mortalité mensuelle quasi générale de 1%. En Mai 2013 nous avons enregistré une mortalité de 16%. La cause de cette mortalité est une coupure d'électricité qui a entraîné l'arrêt des équipements de refroidissement pendant 2 heures. La conséquence de cette coupure a été la mort par étouffement de 7000 poules.

La mortalité par coup de chaleur peut être très élevée ; elle représente 5 % des mortalités dans le monde d'après Lazaro Garcia Rosa (2003). Elle est due généralement à une défaillance cardiaque associée à des troubles nerveux consécutifs à l'alcalose et l'hypoxie chronique (Bouzouaia, 1991).

Au mois d'Avril 2014 nous avons aussi atteint une mortalité de 2%. Cela s'explique par les coups de chaleur et le manque d'eau pour humidifier les pad cooling. Les décès ont été observés surtout sur les sujets des derniers étages. L'absence d'air frais dans cette zone crée un stress thermique chez les poules puis elles meurent par suite d'étouffement.

Nous déduisons de ces faits que les poules sont très sensibles au système de ventilation et qu'une bonne ventilation permet de les préserver.

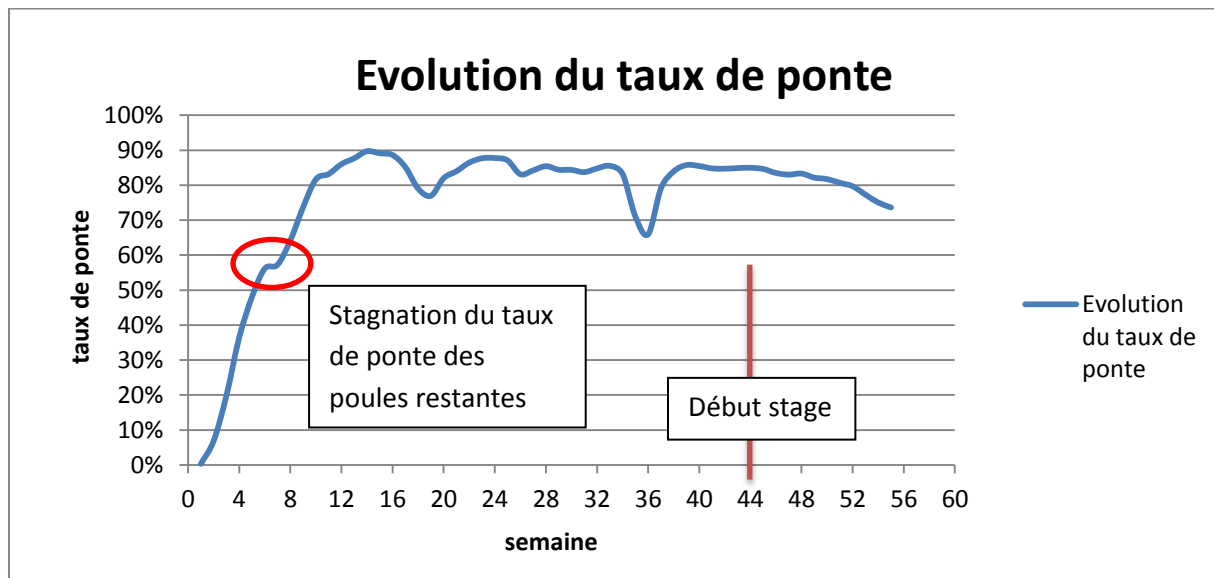


Figure 18: Evolution du taux de ponte des poulettes

La courbe donnant l'évolution du taux de ponte doit être une courbe exponentielle qui croît jusqu'à atteindre son pic et fait ensuite un plateau. Nous observons cependant que lors de la phase de croissance du taux de ponte il y a une perturbation entre la 6^{ème} et la 7^{ème} semaine. Le taux de ponte croît faiblement. La 6^{ème} semaine est celle durant laquelle nous avons enregistré la mort de 7000 poules. Nous concluons alors que suite à la coupure d'électricité a affecté la productivité des poules ayant survécu a diminué. Les coups de chaleur réduisent donc la productivité.

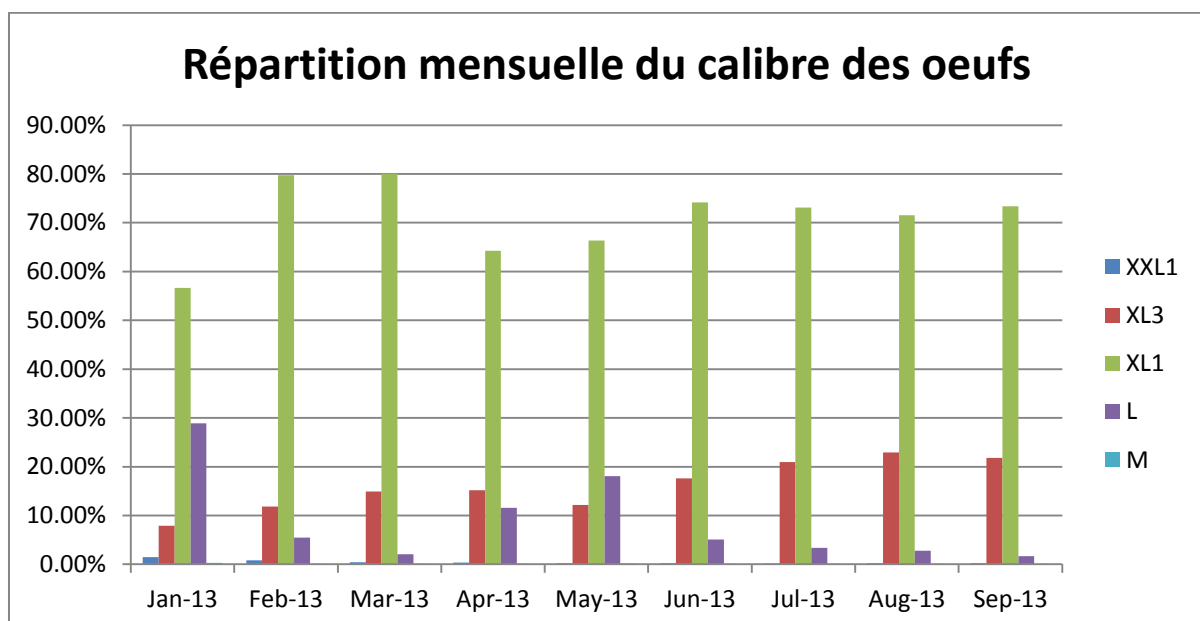


Figure 19: Evolution mensuelle des différents calibres des oeufs

La répartition mensuelle des œufs produits suivant leur calibre montre une forte variation suivant les mois. En effet, nous remarquons que pour les mois chauds et sec d'Avril et de Mai le calibre normal XL1 décroît tandis qu'il y a une augmentation des petits calibres L et M. Pour les mois pluvieux de juillet, Août et Septembre c'est l'augmentation du calibre des gros œufs XL3 qui est remarquable. De toutes ces observations, nous déduisons que le calibre des œufs dépend du climat. En effet plus il fait chaud plus les œufs produits sont petits et inversement plus il fait frais plus les œufs produits sont gros.

1.5 Comparaison des systèmes de ventilation et d'humidification : choix du système optimal

Pour des bâtiments ayant les mêmes caractéristiques et le même nombre de poulettes, nous comparerons les systèmes de ventilation et les systèmes d'humidification suivant des critères que nous considérons importants dans l'aviculture et dans le contexte spécifique du Burkina.

Echelle

+ **Faible** +++ **Fort**
 ++ **Moyen** ++++ **Très fort**

Tableau 8: Comparaison des systèmes de ventilation

	Consommation énergétique	Uniformité de la ventilation	Influence vis- à-vis des conditions extérieures	Vitesse de l'air
Ventilation latérale	+	++	+++	++
Ventilation longitudinal	+	+++	+++	++
Ventilation longitudinale et latérale	++	++++	+++	+++
Ventilation transversale	+	+	+++	++
Ventilation tunnel	+++	+++	+	++
Ventilation Combi tunnel	++++	++++	+	+++

Tableau 9: Comparaison des systèmes d'humidification

	Consommation énergétique	Consommation d'eau	Amplitude thermique
Brumisation	++++	++++	++
Evaporation	++	+++	++++

A partir de ces tableaux nous concluons que le système le plus adéquat dans le contexte du Burkina Faso est la **ventilation combi tunnel associé à une humidification par évaporation**. Cette technologie fonctionne bien dans les pays ayant un climat chaud et sec. En effet, elle permet de réduire considérablement la température de l'air, d'évacuer les gaz nocifs et d'assurer une uniformité de la ventilation.

1.6 Rapprochement des résultats théoriques obtenus et du système installé et discussion

Tableau 10: Comparaison des débits d'extraction

	Nombre	Débit unitaire (m ³ /h)	Puissance unitaire (W)	Débit total (m ³ /h)	Puissance totale (kW)	Volume d'air (m ³ /kg de poulet vif)
Extracteurs installés	20	14 600	75	292 000	1.5	2.12
Extracteurs dimensionnés	35	14 600	75	511 000	2.625	3.72

Tableau 11: Comparaison des surfaces d'admission d'air

	Nombre	Surface unitaire (m ²)	Surface total (m ²)
Pad cooling installés	149	1.2 × 0.6	107.3
Pad cooling dimensionnés	123	1.2 × 0.6	88.6

En comparant les travaux de Armand.G et Valancony.H [15] dans le tableau 12 avec l'existant du poulailler, nous constatons que pour le débit installé le même débit la puissance installée à la ferme qui est de 3 kW est très élevé par rapport à celle obtenue dans les travaux de Armand.G et Valancony.H [15] qui est de 2.4 kW.

Tableau 12: Puissance installée en fonction du débit et de la section [15]

Débit (m^3/kg)	Section (m^2)		
	33	50	70
40000	0,33	0,22	0,16
80000	0,66	0,44	0,32
120000	0,99	0,66	0,48
160000	1,32	0,88	0,64
200000	1,68	1,1	0,8
240000	1,98	1,32	0,96
280000	2,32	1,54	1,12
320000	2,65	1,76	1,28

En observant également les ratios de volume d'air par kg de poule proposés par le CNEVA dans le tableau ci-dessous, nous remarquons que le ratio du poulailler 2.2 (m^3/kg de poulet vif) est largement inférieur au minimum recommandé qui est de 3 (m^3/kg de poulet vif). La conséquence de cette situation est le risque élevé d'avoir des mortalités de plus de 14.9%. Les extracteurs sont sous dimensionnés. La puissance installée est très élevée pour le débit fournie. Ce constat confirme notre dimensionnement avec lequel nous avons des débits plus élevés. Le ratio du débit dimensionné 3.72 (m^3/kg) est bien supérieur au minimum recommandé par le CNEVA. La conséquence de ce sous dimensionnement est une extraction insuffisante de la chaleur et des gaz nocifs. Il y a en plus un mauvais refroidissement de l'ambiance. La mauvaise extraction entraîne une forte mortalité par étouffement des poules dans les cages supérieures. En effet plus haut nous avons montré que le poulailler a déjà enregistré de 15%.

Tableau 13: Incidence du débit et des vitesses d'air sur les poules [15]

Débit (m^3/kg)	Température air °C	Vitesse de l'air (m/s)	Mortalité %
3	33,5	0,4	14,9
5	33	0,7	6,2
5	33	1	1,3

La surface d'admission de l'air est paradoxalement aussi surdimensionnée 103,6 m^2 comparée à la section maximale recommandée qui est de 70 m^2 . La conséquence de cette admission surdimensionnée est que les pompes et les pad cooling qui refroidissent l'air entrant sont elles aussi surdimensionnées.

Les pad cooling sont surdimensionnés. Les pad cooling refroidissent inutilement en plus un volume de 15% qui constitue les couloirs d'accès au poulailler. Les pad cooling installés ne sont pas uniformément mouillés. Ils sont aussi bouchés. C'est pour toutes ces raisons que le refroidissement de l'ambiance n'est pas optimal et que l'on enregistre toujours une mortalité due au coup de chaleur.

Tableau 14: Comparaison du débit des pompes

	Nombre	Débit unitaire minimal (m ³ /h)	Débit minimal total (m ³ /h)
Pompes installés	3	9	18
Pompes dimensionnés	3	2.4	7.2

Tableau 15: Comparaison de la puissance des pompes installées

	Nombre	Puissance unitaire (kW)	Puissance totale (kW)
Pompes installés	3	2.2	6.6
Pompes dimensionnés	3	0.75	2.25

Les pompes installées sont surdimensionnées et ce, malgré le fait que le bâtiment ne soit pas bien refroidi. Ce surdimensionnement des pompes s'ajoute au fait qu'il y a des pertes d'eau. Les pompes tournent beaucoup mais n'améliorent pas le refroidissement de l'ambiance parce que l'eau pompée n'intervient pas dans le refroidissement. La forte pression de l'eau peut aussi expliquer les fuites observées. Le système installé consomme inutilement beaucoup d'énergie. Il y a donc des pistes d'économie d'énergie.

IV- RECOMMANDATIONS

1. Amélioration de l'efficacité énergétique et de la productivité

1.1 Actions à investissement nul et faible

- Former le personnel de surveillance aux situations d'urgence

Il est important pour le promoteur de former les gardiens de nuit sur les attitudes à tenir en cas d'incendie ou de coupure prolongée d'électricité. En effet, cela permettra d'atténuer les effets du manque de ventilation en attendant l'intervention des techniciens.

- Optimiser la position des pad cooling

Les pad cooling sont réparties également sur les côtés Est Nord et Ouest. La position actuelle des pad cooling ne permet de bénéficier au maximum de la vitesse naturelle des vents dominants. Les vents dominants au Burkina vont de l'Est vers l'Ouest. Il est donc nécessaire de placer le maximum de pad cooling sur le côté Est du bâtiment pour profiter des vents dominants. Du fait qu'il y a toujours une surface exploitable sur le côté Est, nous proposons au promoteur de maximiser l'installation des pad cooling sur le côté Est. Du fait que les pad soient opposés aux extracteurs optimisent la ventilation.

- Mise en place d'un masque solaire

Le bâtiment possède déjà un masque solaire constitué d'arbre sur les côtés Nord et Sud. Cependant, vu l'importance des apports solaires sur les faces Est et Ouest, nous conseillons au promoteur de planter des arbres qui feront un ombrage sur le côté Ouest en lieu et place des tôles placées. Le côté Est faisant face à une route, nous conseillons de ne pas y planter des arbres.

- Refroidir le volume efficace

Pour garantir la biosécurité, le promoteur a construit deux couloirs d'accès au poulailler le long des cotés Nord et Sud permettant aux visiteurs d'observer l'intérieur du poulailler sans y avoir accès. Nous avons constaté que ce volume qui représente 20% du volume du poulailler

est refroidi inutilement. Il faut déplacer les pad cooling de sorte à ce qu'ils soient encastrés dans les murs donnant directement accès au poulailler.

1.2 Actions nécessitant un investissement élevé

- Filtrer l'eau d'alimentation

Il est impératif de filtrer l'eau d'alimentation pour éviter les dépôts de calcaire sur le pad cooling. Le filtre à résine permettra de réduire le calcaire de l'eau et de ce fait le colmatage des pad cooling. On aura de ce fait une meilleure efficacité et une durée de vie plus longue des pad cooling.

- Filtrer l'eau de recirculation

L'eau de recirculation contient des débris de pad cooling qui obstruent les trous faits sur les conduites d'eau. C'est à travers ces trous que l'eau s'écoule sur les pad cooling. Une obstruction de ces trous empêche ainsi l'humidification efficace des pad cooling.

- L'installation d'extracteurs cheminés

Les extracteurs cheminés permettront de ventiler les cages supérieures et d'extraire la chaleur grâce au tirage thermique. Nous passerons d'une ventilation tunnel à une ventilation combi tunnel adapté aux régions ayant des forts coups de chaleur

- Réduire l'évaporation due au rayonnement solaire

L'évaporation de l'eau sur les pad cooling due au rayonnement solaire ne participe pas au refroidissement des bâtiments. Pour réduire l'évaporation, il faut protéger les pad cooling avec un prolongement du toit.

- Installer des équipements de mesure

Installer des compteurs divisionnaires d'énergie et des compteurs horaires permettra au promoteur de suivre sa consommation d'énergie sur les différents bâtiments de production.

- Faire une régulation de fréquence

Les démarrages du système de ventilation dans le bâtiment sont faits par palier. L'inconvénient de ce système ne permet pas une évacuation constante des gaz et une uniformité de la ventilation. En effet, à un moment donné une partie du bâtiment n'est pas ventilée. Nous proposons plutôt une régulation par fréquence. Ce système a l'avantage de réduire les pointes de démarrage et par conséquent de réduire la prime fixe sur la puissance souscrite.

2. Estimation financière et calcul du temps de retour sur investissement

A partir des solutions préconisées nous ferons une estimation financière des investissements nécessaire et par la suite nous calculerons le temps de retour sur investissement. Ce sera un outil de décision qui permettra au promoteur.

INVESTISSEMENTS			
Désignation	Quantité	Prix unitaire	prix total
Adoucisseur industriel	1	1441000	1441000
Filtre de recirculation	1	1000	1000
Extracteurs cheminées	10	200000	2000000
Variateur de vitesse	4	400000	1600000
Mise en place d'un masque solaire	1	50000	50000
Compteur d'énergie	1	13000	13000
Compteur horaire	1	12500	12500
Travaux de maçonnerie	1	forfait	300000
Installation de la ventilation d'urgence	40	25000	1000000
Main d'œuvre travaux électriques	1	forfait	300000
TOTAL			6 717 500

La diminution de la puissance des pompes installées permet d'économiser une puissance

$$P=6.6-2.25=4.35 \text{ kW}$$

La marge unitaire de vente d'un œuf est 15FCFA.

Le prix moyen du kWh est de 90 FCFA

La perte aurait permis de garder 7000 poules en vie

Le système permettra d'économiser l'eau et de ne pas s'en approvisionner à Ouagadougou

Le prix du m³ d'eau pompé est de 10 FCFA

Le prix du m³ d'eau payé à Ouagadougou est de 1000 FCFA

Le temps de fonctionnement moyen des pompes est de 10 heures

Gains mensuels d'énergie					
	Puissance	Temps de fonctionnement	Energie	Prix unitaire du kwh	Gains en CFA
Diminution de la puissance des pompes installées	4.35	300	1305	90	117 450
Gains mensuels d'eau					
	Quantité de m3	Prix unitaire du m3			Gains en CFA
Réduction des fuites d'eau	60	10			600
Appoint d'eau venant de Ouaga	1200	1000			1200000
Gains mensuel sur le chiffre d'affaire					
	Quantité	Marge unitaire			Gains en CFA
Augmentation du nombre d'œufs	157500	15			2362500
TOTAL					2480550

Le temps de retour sur investissement est $TRI = \frac{6\,717\,500}{2\,251\,050} = \mathbf{2.7 \text{ mois}}$

Le temps de retour sur investissement est d'environ **trois (3) mois**.

Le temps de retour montre que le projet d'amélioration du système en place est viable parce qu'il permet un retour sur investissement à très court terme.

3. Proposition d'un guide de construction et d'équipement pour l'implantation d'un nouveau bâtiment

Le choix du site du bâtiment

L'élevage est conseillé dans des endroits pas inondables et proches d'une source d'eau. Le site du bâtiment doit permettre de bénéficier au maximum des vents dominants et ne pas être exposé aux apports solaires. Il faudra éviter les sites encaissés ne permettant pas une bonne ventilation et privilégier les plateaux. Au Burkina, les vents dominants soufflent dans la

direction Nord-Est vers le Sud-Ouest. La position idéale de l'axe du bâtiment est donc dans l'axe Est-Ouest.

Les matériaux de construction

Les élevages industriels se trouvant en campagne, il est préférable pour les promoteurs d'utiliser les matériaux locaux tels que les blocs latéritiques taillés. En effet, ces blocs ont une résistance thermique meilleure que celles des briques en ciments et du béton. Ils sont en outre disponibles et d'un coût abordable. Le toit et le faux-plafonds doivent être isolés. Le matériau adéquat pour l'isolation est le polyuréthane.

La géométrie du bâtiment

Les bâtiments d'aviculture industrielle sont de forme rectangulaire. La largeur du bâtiment doit être comprise entre 12 et 15 m. Un toit en pente est conseillé car il améliore le tirage thermique surtout dans le système combi tunnel.

Le système de refroidissement

Le système de refroidissement idéal en zone sahélienne est le système combitunnel. Il permet à la fois de refroidir l'air, d'extraire les gaz nocifs. Envisager une ventilation naturelle d'urgence dans le contexte du Burkina Faso où la fourniture de l'électricité est intermittente et de mauvaise qualité permet d'éviter les stress thermiques.

Le positionnement des pad

Les pad cooling doivent être placés sur le côté Est du bâtiment préférentiellement. Cette position permet d'intégrer des paramètres naturels comme la direction des vents dominants et l'ensoleillement pouvant améliorer le refroidissement. Les pad cooling doivent également être du côté opposé des extracteurs.

Les filtres

Deux types de filtres sont nécessaires. Un filtre à résine en amont pour éliminer les calcaires et un filtre en aval pour éliminer les débris de pad cooling.

V- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'aviculture industrielle est une activité en pleine expansion en Afrique. Au Burkina Faso en particulier, elle pourrait participer à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire. Cependant les contraintes liées à l'acclimatation des animaux et au coût des investissements découragent la plupart des promoteurs. De nombreux systèmes de ventilation et d'humidification existent. Cependant le choix du système adéquat doit reposer sur des critères comme le coût et la disponibilité de l'énergie, la qualité et la présence d'eau, le climat, et les conditions optimales d'élevage de la race utilisée. Cette étude vient confirmer que la température de l'air de l'ambiance a un effet sur le calibre des œufs, sur la mortalité des poulettes et sur le taux de ponte des poulettes. Le présent rapport a permis de conclure après analyse des systèmes de refroidissement existants que le système adapté au climat du Burkina Faso est la ventilation combitunnel. Le système combitunnel tout en consommant le minimum d'eau et d'énergie assure aux poulettes le maximum de confort. Ce rapport a aussi permis d'analyser le système de refroidissement d'une ferme existante, d'en tirer des conclusions et de faire des recommandations d'amélioration. Il en ressort que pour la construction d'un poulailler au Burkina, il faut tenir compte de l'orientation du bâtiment, de la position des pad cooling, de la présence et de la qualité de l'eau, de la géométrie des bâtiments et de la nature des matériaux de construction. L'installation d'équipement de métrologie entre aussi dans la dynamique d'assurer l'efficacité énergétique des installations. L'industrie avicole au Burkina Faso est florissante et permet un retour sur investissement très rapide. La rénovation dans les bâtiments avicoles est une nécessité de compétitivité [13]. Les risques liés à l'aviculture et la méconnaissance des techniques de ventilation sont des facteurs qui font que l'aviculture industrielle au Burkina Faso est quasi inexistante. MOABLAOU S.A est la seule industrie avicole. Le but de cette étude est de participer à l'amélioration des connaissances des acteurs sur le conditionnement d'air dans les bâtiments d'aviculture industrielle

Dans le but d'améliorer l'autonomie énergétique de la ferme, le promoteur pourrait envisager des études pour voir dans quelle mesure valoriser énergétiquement la fiente produite. Avec une production de fiente journalière de 40g/poule soit 4,8 tonnes par jour pour tout le poulailler il y a un réel potentiel de production de méthane à base d'un bio-digesteur. Dans un contexte de faible disponibilité de l'énergie, l'installation d'un champ photovoltaïque pourrait résorber le problème lié à la continuité de service de l'énergie électrique et participer du même coup à utiliser une énergie renouvelable.

VI- BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ministère de l'Economie et des Finances du Burkina Faso, "Stratégie de Croissance Accéléré et de Développement Durable 2010-2015." 2010.
- [2] Ministère des Ressources Animales, "Tableau de bord de l'élevage au Burkina Faso." 2011.
- [3] A. Zoungrana, "Contraintes actuelles et perspectives de l'aviculture moderne dans la zone péri-urbaine de Ouagadougou au Burkina Faso." 2010.
- [4] N. Alloui, M. N. Alloui, O. Bennoune, and S. Bouhental, "Effect of Ventilation and Atmospheric Ammonia on the Health and Performance of Broiler Chickens in Summer," *Mortality*, vol. 1, no. 10, p. 000, 2011.
- [5] Sciences et Techniques avicoles, "La température de l'air." Sep-1997.
- [6] Lohman tierzucht gmbh, "guide d'élevage en pays chaud." 2001.
- [7] Big Dutchman, "Wall fans." 2007.
- [8] A. ITAVI, "Section humidification." 2004.
- [9] Lawane Abdou, "Conception d'éco-habitats en Blocs de Latérite Taillés." 2012.
- [10] R. Paul, H. Mélynda, and A. Gérard, "CalorSTA, LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT ET DE DIAGNOSTIC DES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT EVAPORATIF DES BATIMENTS AVICOLES."
- [11] CIGR, "Climatization of animal houses, Scottish farm building, Investigation Unit." 1982.
- [12] CIGR, "Heat and moisture production at animals and house levels." 2002.
- [13] ISA, "Conduite d'élevage moderne." 2001.
- [14] A. ITAVI, "Systèmes de ventilation." 2001.
- [15] Armand G, Vallancony H, "Coup de chaleur," *Sciences et Techniques avicoles*, p. 15, 1996.

www.itavi-asso.fr

www.inra.fr

www.bigdutchmanusa.com

www.eismv.org

VII- ANNEXES



Figure 21:Fuite sur les pad cooling



Figure 20: Evacuation des fientes



Figure 23:Poulettes en cage



Figure 22:Pad cooling



Figure 24:Collecte des oeufs



Figure 26: Ventilateurs extracteurs

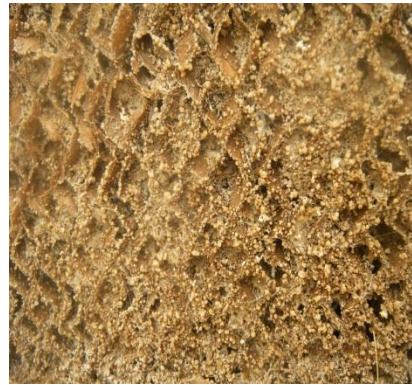


Figure 25: Pad cooling bouché



Figure 27: Tableau de commande de l'ambiance

BILAN DE PUISSANCE

	Quantité	Puissance unitaire (W)	Rendement	Puissance installée (W)	Coefficient d'utilisation	Coefficient de simultanéité	Puissance totale (W)
Lampes basse consommation	110	11	1	1210	1	1	1210
Convoyeur aliment	2	2200	0,8	5500	1	0,5	2750
Moteur chariot	5	750	0,8	4687,5	1	1	4687,5
collecteur de fiente	10	750	0,8	9375	1	0,4	3750
Moteurs tapis des œufs	24	750	0,8	22500	1	0,25	5625
Convoyeur des œufs	1	2500	0,8	3125	1	1	3125
Anti piquage	5	750	0,8	4687,5	1	0,2	937,5
Souffleur des œufs	10	350	0,8	4375	1	1	4375

TOTAL

26460

BILAN THERMIQUE**Données**

Longueur(m)	largeur(m)	hauteur(m)	TempM(°C)	Tem (°C)
85	16	5,5	40	
Ti(°C)	He	Hi	heure	Mois
25	30%	50%	12	Avril

Calculs des apports par conduction

Murs	surf. en m ²	H	ΔT	gain
S	467,5	1,51785714	12	8515,178571
O	88	1,64251208	15	2168,115942
N	467,5	1,51785714	12	8515,178571
E	88	1,64251208	15	2168,115942
Toiture	1768	0,5	15	13260
Total des gains par conduction par les murs et la toiture (W)				34626,58903

Fenêtre	surf. en m ²	H	ΔT	gain
S	9	4	12	432
O	20	4	10	800
N	9	4	12	432
E	0	4		0
Portes	10,08	5	12	604,8
Total des gains de conduction par les fenêtres (W)				2268,8

Calcul des apports solaires

Murs+portes closes	surf en m ²	H	ΔT fictif	gain
S	467,5	1,51785714	17	12063,16964
O	88	1,64251208	8,36	1208,363285
N	467,5	1,51785714	8,36	5932,241071
E	88	1,64251208	10,32	1491,663768
toit	1768	0,5	12,70666667	11232,69333
Total des apports solaires par les murs (W)				31928,1311

Calcul des apports sensibles internes

Nature	quantité	facteurs	ΔT	gain
occupants	4	4,23976608	1	16,95906433
Eclairage	126	11	1	1386
Moteurs				26460
Poules	55000	14	1	770000
infiltration, renouvellement	36	0,3364	15	181,656
Total des gains sensibles internes (W)				798044,6151

Calcul des apports latents internes

Nature	quantité	facteurs	Δx	gain
occupants	4	6,47527911	1	25,90111643
Infiltrations, renouvellement	36	0,8236	0,5	14,8248

Total des gains latents (W)
FCS

40,72591643
0,99

TOTAL DES GAINS DU POULAILLER EN WATTS

866908,8611

PPR Product Specification

Standards	Pipe Size	PN	SDR	Wall thickness	Weight
EN 15874 / DIN 8077 PPR	20	10	11	1.9	0.11
EN 15874 / DIN 8077 PPR	25	10	11	2.3	0.16
EN 15874 / DIN 8077 PPR	32	10	11	2.9	0.26
EN 15874 / DIN 8077 PPR	40	10	11	3.7	0.41
EN 15874 / DIN 8077 PPR	50	10	11	4.6	0.64
EN 15874 / DIN 8077 PPR	63	10	11	5.8	1.01
EN 15874 / DIN 8077 PPR	75	10	11	6.8	1.41
EN 15874 / DIN 8077 PPR	90	10	11	8.2	2.03

