

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULIQUE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1 FACULTE DE
TECHNOLOGIE DEPARTEMENT DE MECANIQUE

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention de Diplôme de Master en Génie Mécanique Spécialité
Energétique et Installation énergétique et turbomachine

Expérimentation d'un système évaporatif destinée pour le rafraîchissement d'un poulailler ; cas ITEL V baba Ali

Promoteur :

Mr. KETFI Omar

Mme. Merabti Leila

Réalisé par :

KHELIFI Chakib Rayan

BENDAMARDJI Mohamed Amine

HACINI Sofia

Promotion : 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons adresser nos sincères remerciements et notre respect à notre promoteur, **Dr KETFI Omar**, ainsi qu'à notre co-promotrice, **Dr MERABTI Leila**, pour leur encadrement et leurs conseils inestimables tout au long de cette étude. Leur soutien a été essentiel pour acquérir les sources de recherche pertinentes ainsi que les logiciels nécessaires aux simulations.

Nous exprimons également notre reconnaissance envers la famille de **l'UDES Bou Ismail** pour leur précieuse aide.

Nous sommes reconnaissants envers tous **les enseignants** qui ont déployé tous leurs efforts pour faire de nous des futurs professionnels de l'énergie tout au long de notre parcours académique.

Chaleureux remerciements à l'équipe de **l'ITELV Baba Ali**, qui nous a généreusement accordé l'accès au poulailler et a facilité la collecte des données nécessaires à notre étude.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude envers **nos parents et nos proches** pour leur soutien indéfectible.

Nous sommes honorés d'avoir pu bénéficier de toutes ces aides et encouragements, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Dédicace

À ma merveilleuse mère «Nacera»

Ton amour inépuisable et ta tendresse infinie ont illuminé ma vie. Merci pour tout ce que tu fais. Je t'aime de tout mon cœur.

À mon cher père « Yazid »

Ta présence bienveillante et ton amour inconditionnel ont été mes piliers. Merci pour tout. Je t'aime infiniment.

À mon frère adoré « Anis »

Ta joie de vivre et ta présence dynamique ont enrichi ma vie de bonheur et d'aventures inoubliables. Merci d'être toi. Je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire.

À ma famille,

Je vous aime de tout mon cœur.

RAYAN

Dédicace

À ma merveilleuse mère «Tassadit»

Ton amour inépuisable et ta tendresse infinie ont illuminé ma vie. Merci pour tout ce que tu fais. Je t'aime de tout mon cœur.

À mon cher père « Amar »

Ta présence bienveillante et ton amour inconditionnel ont été mes piliers. Merci pour tout. Je t'aime infiniment.

À ma précieuse sœur

« Melissa »

Ton complicité et Ton amour à été des rayons de lumière dans ma vie. Merci d'être toujours là. Que dieu la protège et lui offre la chance et le bonheur .Je t'aime très fort.

À mon frère adoré « Younes »

Ta joie de vivre et ta présence dynamique ont enrichi ma vie de bonheur et d'aventures inoubliables. Merci d'être toi. Je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire.

À ma famille,

Je vous aime de tout mon cœur.

SOFIA

Dédicace

À ma merveilleuse mère «DJAMILA»

Ton amour inépuisable et ta tendresse infinie ont illuminé ma vie. Merci pour tout ce que tu fais. Je t'aime de tout mon cœur.

À mon cher père « BRAHIME »

Ta présence bienveillante et ton amour inconditionnel ont été mes piliers. Merci pour tout. Je t'aime infiniment.

À ma famille,

Je vous aime de tout mon cœur.

AMINE

RESUME

Ce mémoire examine l'utilisation du refroidissement évaporatif dans les poulaillers, avec une application spécifique à un bâtiment d'élevage de poulets de chair à l'Institut Technique des Élevages (ITELV) de Baba Ali. Réalisée dans le cadre d'un projet national de recherche sur la sécurité alimentaire à l'Unité de Développement des Équipements Solaires (UDES) à Bou Ismail, Tipaza, cette étude vise à évaluer l'efficacité de cette méthode pour réguler la température dans les poulaillers, notamment dans les régions à climat chaud.

L'étude montre que le refroidissement évaporatif est une solution viable pour améliorer la productivité et le bien-être des oiseaux en réduisant la surchauffe, ce qui diminue les pertes économiques pour les éleveurs. En comparant cette méthode à d'autres techniques de régulation thermique, le refroidissement évaporatif se distingue par son efficacité et son économie. Les recommandations pratiques fournies dans ce mémoire contribuent à la durabilité et à l'amélioration de l'industrie avicole.

ملخص

يتناول هذا البحث دراسة استخدام التبريد التبخيري في مزارع الدواجن، مع تطبيق محدد على مبنى لتربية دجاج اللحم في المعهد في بابا علي. تم تنفيذ هذه الدراسة في إطار مشروع بحث وطني حول الأمن الغذائي في وحدة (ITELV) التقني لتربية الحيوانات في بواسماعيل، تيبازة، وتهدف إلى تقييم فعالية هذه الطريقة في تنظيم درجة الحرارة في مزارع (UDES) تطوير المعدات الشمسية الدواجن، وخاصة في المناطق ذات المناخ الحار.

تظهر الدراسة أن التبريد التبخيري هو حل فعال لتحسين إنتاجية ورفاهية الطيور من خلال تقليل ارتفاع درجة الحرارة، مما يقلل من الخسائر الاقتصادية للمربين. ومن خلال مقارنة هذه الطريقة بطرق أخرى لتنظيم درجة الحرارة، يتميز التبريد التبخير بكفاءته واقتصاداته. تسهم التوصيات العملية المقدمة في هذا البحث في استدامة وتحسين صناعة الدواجن.

Abstract

This thesis examines the use of evaporative cooling in poultry houses, with a specific application to a broiler chicken rearing building at the Technical Institute of Livestock (ITELV) in Baba Ali. Conducted within the framework of a national research project on food security at the Solar Equipment Development Unit (UDES) in Bou Ismail, Tipaza, this study aims to evaluate the effectiveness of this method for regulating temperature in poultry houses, particularly in hot climates.

The study shows that evaporative cooling is a viable solution for improving productivity and the welfare of birds by reducing overheating, which decreases economic losses for farmers. By comparing this method with other temperature regulation techniques, evaporative cooling stands out for its efficiency and cost-effectiveness. The practical recommendations provided in this thesis contribute to the sustainability and improvement of the poultry industry.

Sommaire :

Introduction générale.	1
Chapitre 01 : principe de fonctionnement .	
1 Introduction :	3
1.2 Le refroidissement évaporatif (humidification)	4
1.3 Les différents systèmes évaporatifs	6
1.3.1 Refroidissement évaporatif direct	6
Principe de fonctionnement	7
1.3.2 Le refroidissement évaporatif indirect	8
1.3.3 Le refroidissement évaporatif combiné direct et indirect	9
1.4 prototype de refroidissement évaporatif	12
1.4.1 Principe de fonctionnement	12
1.4.1.1 Passage à travers l'Échangeur sans Changement d'Humidité	13
1.4.1.2 Passage à travers les Échangeurs Humidificateurs (Pads en Cellulose)	13
1.4.1.3 Sortie de l'Air Frais et Humidifié	13
Canalisation Principale	14
Bifurcation de la Canalisation	14
Distribution de l'Air Frais	14
1.5 Conclusion	15
Chapitre 02 : Etat des lieux - Vérification de la modélisation	
2.1 Introduction :	17
2.2 Définition d'un poulailler	17
2.3 ITELV	18
2.4 Dimensions	19
2.5 Les principaux paramètres d'ambiance	20
2.5.1 Température	20
2.5.2 l'humidité	21
2.5.3 Bilan thermique du poulailler	21
3.1 Les différents paramètres considérés pour le bilan thermique	21
3.2 Le bilan thermique	21
2.5.4 Débit d'air nécessaire pour refroidir	22
4.1 Le débit total	22
4.2 Dimensionnement du pad cooling	22
2.5. Conception du système	23
2.5.1 Création par l'application SolidWorks	23
5.2 Le prototype	23
Conclusion	24
CHAPTER 3 : Réalisation et tests	
Introduction	26
1. Réalisation du prototype	27
1.1. Continuité des travaux pour finalisation du prototype	27
2.1. Mise en marche du prototype	30
2.2. Diagnostique des erreurs de fabrication	30
2.3. Problème de fuite d'eau	33
2.3.1. Description du problème	33
problème de connexion hydraulique	33
problème de conception	34
problème d'installation	34

3. Protocole des tests expérimentaux	35
3.1. Implantation des thermocouples	35
1. thermocouple au centre de chaque coté	35
2. Thermocouple à mi longueur	35
3. Thermocouple à mi largeur	35
3.2. Explication détaillée	36
1. Surveillance des variations latérales	36
2. Evaluation de la température centrale	36
3. Détection des gradients de température	36
4. Préparation de l'arrivée des poussins	36
3.3 Implantation des thermomètres	38
3.4 Emplacement des thermocouples dans le système de Refroidissement Évaporatif du poulailler	39
1. Température après les pads en cellulose	39
2. température après l'échangeur indirect	39
3. température ambiante	40
4. température de l'eau dans la citerne	40
Conclusion	40
3.5 plantation d'anémomètre	41
Explication du processus de mesure	41
1. placement de l'anémomètre	41
2. mesure du débit d'air	41
3. mesure de la température de l'air	41
4. Emplacements des Hygromètre et des Hygro-thermomètres	42
hygromètre au milieu du poulailler	42
4.1 Placement des thermo hygromètres	43
hygro thermomètres à droite et au fond du poulailler	44
hygro thermomètre dans la canalisation	45
5. Implantation des thermo hygromètre à l'extérieur	45
1. Thermo hygromètre après l'échangeur indirect	46
2. Thermo hygromètre à l'extérieur du prototype	47
Conclusion	48
CHAPITER 4 : Résultats et interprétation	
INTRODUCTION	50
4.1 variation des températures et de l'humidité en facteur du temps	51
4.2 vitesse d'air en facteur du temps	64
Conclusion	65
Conclusion Générale	66
ANNEXE	
	67

LISTE DES TABLES

Tableau 1 : Température idéale pour les poussins en fonction de leur âge	20
Tableau 2 : Les normes d'humidité optimale.[13]	21

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1 : Schéma d'un refroidisseur évaporatif direct "humidificateur	4
Figure 1.2 : Représentation du processus de refroidissement évaporatif sur le diagramme de l'air humide	6
Figure 1.3.1 :Schéma d un système évaporait direct du prototype	7
Figure 1.3.2 : Schéma de principe d'un système évaporatif direct et sa représentation sur le diagramme de l'air humide	8
Figure 1.4 : Schéma de principe d'un système évaporatif indirect	9
Figure 1.5 : Schéma de principe d'un système évaporatif indirect + direct et sa représentation sur le diagramme de l'air humide	10
Figure1.6 : prototype de système de refroidissement évaporatif	12
Figure1.7 schéma représentable d'échangeur direct	13
Figure 1.8 canalisation	14
Figure 2.1 : Poulailier – bâtiment d'élevage	17
Figure2.2: ITELV	18
Figure 2.3 : Figure de localisation	18
Figure2.4 : Les dimensions d'un poulailier	19
Figure 2.5 Le poulailier de l'ITELV choisi	20
Figure 2.6 : Prototype placé sur le bâtiment avicole et alimenté par énergie solaire	24
Figure 3.1 : installation fenêtre d'isolation	27
Figure3.2 :traçage des fenêtres	28
Figure3.3 :montage flexible glace	29
Figure3.4 :placement pads en cellulose	29
Figure3.5 :placement pompe à eau	30
Figure 3.6 :réalisation de la vanne de soufflage au niveau de labos de soudage dans le département de génie de mécaniques	31
Figure 3.7 :vanne de contrôle du débit d'air	32
Figure3.8 :fuite d'eau a cote du prototype	33
Figure3.9 :schéma et dimensionnement du poulailier	35
Figure3.10 :schéma et simplifier du poulailier avec point de placement des thermocouples	37
Figure3.11 : placement acquisition des thermocouple dans le poulailier	37
Figure3.12 :placement d'un thermomètre	38
Figure3.13 :placement de thermocouples au milieu ambiant	39
Figure3.14 :implantation d'un anémomètre	41
Figure3.15 :placement hygromètre au milieu du poulailier	42
Figure3.16 :emplacement dhygrothermomtre au fond du poulailier	43
Figure3.17 :emplacement dhygrothermometre a l'entrée du poulailier	44

Figure3.18 :placement dhygrothermometre metre dans la canalisation	45
Figure3.19 :placement dhygrothermometre dans prototype	46
Figure3.20 : placement dhygrothermometre au milieu ambiant	47
Figure4.1 : variation des températures à l'intérieur du prototype	51
Figure4.2 :variation des température a l'extérieur du poulailler et prototype	52
Figure4.3 :variation des température à l'intérieur du poulailler	54
Figure4.4 :variation des température à l'extérieur du poulailler	55
Figure4.5 :variation d'humidité et température en facteur de temps	56
Figure4.6 :représente les variation d'humidité et température	56
Figure4.7 : variation d'humidité et température	57
Figure4.8 : variation d'humidité et température	57
Figure4.9 :variation des température	58
Figure4.10 :variation des température à l'extérieur du poulailler	59
Figure4.11 :variation d'humidité de prototype	60
Figure4.12 :variation d'humidité et température en facteur de temps	61
Figure4.13 : variation d'humidité et température	62
Figure4.14 : variation d'humidité et température en facteur de temps	63
Figure4.15 : variation d'humidité et température	64
Figure 4.16 : variation de la vitesse d'air en facteur du temps	64

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ITELV	Institut Technique des Elevages
UDES	Unité de développement des équipements solaire

NOMENCLATURE

Symbole	Désignation	Unité
m_a	Masse d'air sec	kg_{as}
m_v	Masse de vapeur d'eau	kg_v
S	Surface	m^2
V	Volume	m^3
\dot{m}	Débit d'air	m^3/s
V_s	Masse volumique de l'air humide	m^3/kg_{as}
C_p	Chaleur spécifique de l'air	$J/kg \cdot K$
ε	Efficacité	
ΔT	Différence de température	C°
ρ	Densité	kg/m^3

Introduction Générale

L'élevage avicole est une composante essentielle de l'industrie agroalimentaire, fournissant une source de protéines vitales pour des millions de personnes à travers le monde. Cependant, la productivité et le bien-être des oiseaux dans les poulaillers sont étroitement liés à la maîtrise de l'environnement intérieur, en particulier de la température et de l'humidité.

Les poulaillers modernes sont souvent confrontés à des défis de surchauffe, en particulier dans les régions à climat chaud, ce qui peut entraîner une détérioration du bien être des oiseaux, une diminution de la production et des pertes économiques pour les éleveurs. Pour atténuer ce problème, diverses stratégies de refroidissement sont utilisées, parmi lesquelles le refroidissement évaporatif qui se distingue comme une méthode efficace et économique.

Ce mémoire se concentre sur l'étude du refroidissement évaporatif dans les poulaillers, en mettant l'accent sur les aspects théoriques, expérimentaux et pratiques de son application. Le poulailler étudié est un bâtiment d'élevage de poulets de chair, de l'Institut Technique des Elevage, ITELV de Baba Ali. Le travail a été effectué dans le cadre d'un projet national de recherche (PNR) domaine sécurité alimentaire, domicilié à l'Unité de Développement des Equipements Solaires, UDES, Bou Ismaïl Tipaza.

Nous commencerons par une exploration détaillée du principe de fonctionnement du refroidissement évaporatif, en mettant en évidence ses avantages, ses limitations et son importance dans le contexte de l'élevage avicole. Ensuite, nous aborderons la vérification de la modélisation du système de refroidissement évaporatif à l'aide de données expérimentales et d'analyses comparatives.

Par la suite, nous procéderons à des tests pratiques pour vérifier les paramètres clés du système de refroidissement évaporatif dans des conditions climatiques réelles du poulailler.

Enfin, nous comparerons les performances du système de refroidissement évaporatif avec d'autres méthodes de régulation de la température, mettant en lumière ses avantages concurrentiels et son potentiel d'application dans l'industrie avicole.

En résumé, ce mémoire vise à approfondir notre compréhension du refroidissement évaporatif dans les poulaillers et à fournir des recommandations pratiques pour son utilisation efficace dans l'élevage avicole. En combinant des analyses théoriques, des tests expérimentaux et des comparaisons pratiques, cette étude contribuera à l'amélioration de la productivité, du bien-être et de la durabilité de l'industrie avicole à l'échelle nationale.

Chapitre 1 :

Principe de fonctionnement

I.1. Introduction :

Le refroidissement évaporatif repose sur un processus naturel et simple : l'évaporation de l'eau. Lorsque de l'eau s'évapore, elle absorbe de la chaleur de l'environnement, ce qui entraîne un refroidissement de l'air ambiant. Dans un poulailler, ce principe est exploité à l'aide de dispositifs tels que les systèmes évaporatif comme « les pads cooling », des milieux poreux en cellulose alvéolé ou les systèmes de brumisation. Ils offrent plusieurs avantages pour l'élevage avicole. En maintenant des températures optimales à l'intérieur des poulaillers, cette technique aide à prévenir le stress thermique chez les oiseaux, ce qui peut affecter leur santé, leur comportement et leur performance de production. De plus, en contrôlant l'humidité relative de l'air, le refroidissement évaporatif contribue à prévenir les problèmes respiratoires et les maladies liées à la chaleur chez les volailles.

En outre, le refroidissement évaporatif est souvent plus économique en énergie que d'autres méthodes de refroidissement, ce qui est en fait une option attrayante du point de vue économique. Il permet également une utilisation efficace de l'eau, en recyclant souvent l'eau évaporée ou en utilisant des systèmes de récupération d'eau, ce qui contribue à une gestion durable des ressources dans les exploitations avicoles.

I.2. Le refroidissement évaporatif (humidification) :

Le rafraîchissement évaporatif est fondé sur un processus thermodynamique qui consiste à refroidir de l'air par évaporation d'eau dans celui-ci. La chaleur latente de vaporisation est prise à l'air qui voit sa température diminuer alors que son humidité spécifique est augmentée. Ce processus est utilisé, en combinaison avec d'autres, dans les systèmes frigorifiques et de conditionnement d'air classiques. On désigne néanmoins par « refroidissement évaporatif » le refroidissement obtenu uniquement grâce à l'évaporation d'eau dans l'air.

La figure 1.1 montre un schéma d'un humidificateur qui est essentiellement un appareil utilisant un système de distribution d'eau permettant son écoulement sous forme de fines gouttelettes sur un panneau d'évaporation contenant un milieu poreux de type nid d'abeilles qui vise à augmenter la surface d'échange par unité de volume. Le même effet peut être obtenu en utilisant un jet de fines gouttelettes. Un ventilateur fait circuler l'air frais vers l'intérieur de l'espace à rafraîchir.

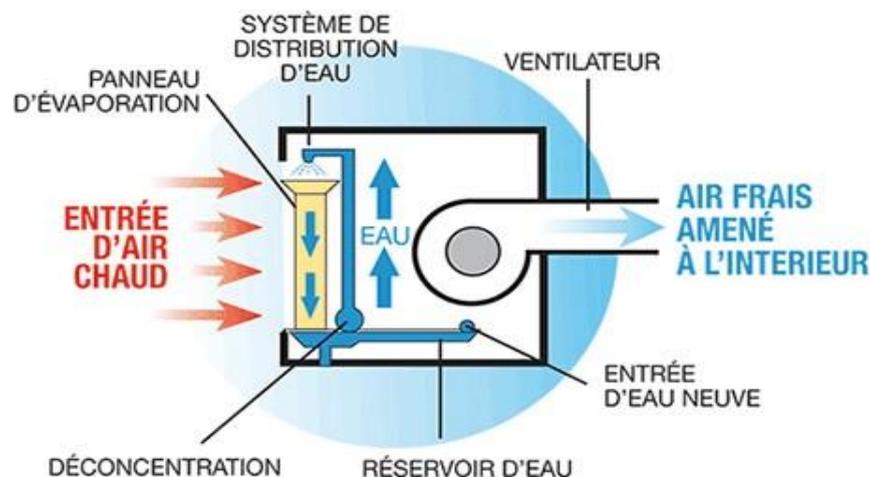


Figure 1.1 : Schéma d'un refroidisseur évaporatif direct "humidificateur" [1].

Une caractéristique fondamentale des humidificateurs est l'assainissement complet de l'air (100% d'air extérieur), ce qui nécessite une reprise de tout l'air soufflé. Contrairement aux systèmes conventionnels à compression de vapeur, qui recyclent une grande part du volume d'air. Cependant, la qualité de l'air intérieur est une préoccupation majeure, car il existe une relation bien établie entre la concentration de polluants et les maladies respiratoires. Les environnements intérieurs sont souvent contaminés par des substances toxiques, en plus des polluants d'origine biologique, tels que le CO, les bactéries et les champignons. L'épidémie de Légionellose au milieu des années 80, ainsi que le Virus SRAS en 2002, ont mené à une prise de conscience sur le souci de la qualité de l'air [2].

D'autres avantages du rafraîchissement évaporatif sont :

- La facilité de maintenance : comme la pompe de circulation et le ventilateur sont les seules parties en mouvement, leur remplacement est facile puisqu'ils existent sur le marché et ne nécessite pas de personnel de maintenance hautement qualifié.
- Les coûts d'exploitation réduits : L'énergie électrique requise par la pompe et le ventilateur est nettement inférieure à celle d'un compresseur. De plus, un design amélioré de l'appareil, un contrôle régulier de la qualité de l'eau et un nettoyage périodique du réservoir permettent une utilisation réduite de l'eau et assure une plus grande durée de vie.
- Les impacts environnementaux réduits : Les préoccupations environnementales ont poussé à la classification des frigorigènes en fonction de leur GWP (Global warming potentiel) et ODP (Ozone déplétion potentiel). Les réfrigérants utilisés traditionnellement produisant des cycles avec des taux de pression raisonnables et un bon coefficient de performance (COP) ont été écartés car ils présentent des indices GWP et ODP élevés. Les réfrigérants de remplacements potentiels présentent souvent des problèmes liés à la détection de fuites, à l'inflammabilité, à l'augmentation des pressions de condensation, et une mauvaise performance. Inversement, les systèmes de refroidissement évaporatifs utilisent uniquement de l'eau comme réfrigérant [3].

Les progrès technologiques actuels, de plus en plus performants, ont permis d'exploiter ce principe qui est le seul à pouvoir être proposé pour climatiser et rafraîchir des volumes de manières moins polluantes, mais surtout plus économiques et moins énergivores [4].

Le phénomène de refroidissement évaporatif est représenté sur le diagramme de l'air humide (Figure 1.2) où l'on constate que la capacité de rafraîchissement des systèmes évaporatifs est limitée par l'état de saturation de l'air. Un air dont l'humidité relative est élevée ne peut absorber beaucoup d'eau et donc ne peut être beaucoup refroidi. Même pour des valeurs d'humidité relative plus favorables, la chute de température de l'air à travers l'humidificateur n'est pas très importante relativement à celle d'un climatiseur conventionnel. Le développement du refroidissement évaporatif a été freiné jusqu'à présent par le recours à la climatisation traditionnelle qui baisse la température de façon homogène, alors que le rafraîchissement par évaporation fournit plutôt une bulle de confort. Mais les préoccupations écologiques actuelles lui ouvrent de nouvelles perspectives. L'appareil permet un rafraîchissement dans les climats chauds et secs comme les zones arides mais ses performances diminuent dans les climats chauds et humides comme les zones côtières. Toutefois, la capacité de refroidissement peut être considérablement augmentée en séchant l'air avant qu'il ne soit admis dans le refroidisseur évaporatif. La combinaison de dessinant solides et d'humidificateurs par évaporation dans un seul système est généralement appelé système de refroidissement à dessiccation, ces systèmes seront dans la suite décrits plus en détail.

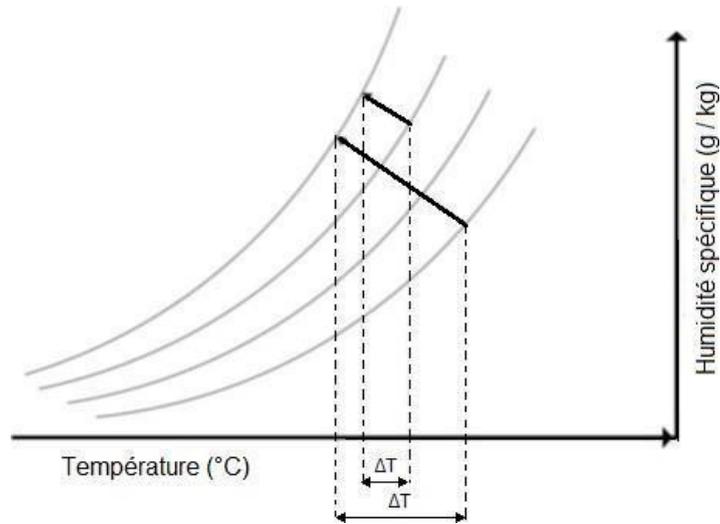


Figure 1.2 : Représentation du processus de refroidissement évaporatif sur le diagramme de l'air humide

Le rafraîchissement évaporatif est une technologie ancestrale. Les anciennes civilisations utilisaient cette technique pour garder l'eau fraîche malgré les températures ambiantes élevées où le climat était souvent très aride. Les Egyptiens, les Grecs et les Romains utilisaient des tapis humides pour rafraîchir l'air intérieur. Ils posaient les tapis devant l'entrée de leurs tentes ou logements. Lorsque le vent soufflait sur les tapis, l'évaporation de l'air permettait de rafraîchir l'air à l'intérieur.

On retrouve cette technique aussi dans le monde arabe notamment par l'utilisation de fontaines et bassins, principe qui a été retenu à l'exposition universelle de Séville. Le taux d'évaporation à la surface d'un bassin peut fournir une puissance de rafraîchissement de l'ordre de 150 - 200 W/m² dans la zone méditerranéenne [5]. Au XVe siècle, on utilisa le premier ventilateur mécanique pour ventiler. Plus tard au XVIIe siècle, les manufactures de textiles de la Nouvelle Angleterre commencèrent à utiliser le système de ventilation par évaporation pour rafraîchir l'air. Se basant sur le même principe les premiers prototypes modernes ont vus le jour au début du XIXe siècle aux Etats Unis.

I.3. Les différents systèmes évaporatifs :

Il existe plusieurs types de systèmes de rafraîchissement par évaporation destinés à refroidir des locaux. Ils peuvent être classifiés en système **direct**, **indirect** et **indirect plus direct**. Les systèmes indirects sont les plus appropriés pour être associés à un système de climatisation conventionnel pour pré-refroidir l'air de soufflage et ainsi limiter la puissance et le nombre d'heures de fonctionnement du groupe frigorifique.

I.3.1 : Refroidissement évaporatif direct

Le refroidissement évaporatif direct est une méthode de refroidissement qui utilise l'évaporation de l'eau pour abaisser la température de l'air. Ce procédé repose sur le principe physique selon lequel l'eau absorbe de la chaleur lorsqu'elle s'évapore, ce qui entraîne une diminution de la température de l'air ambiant. (Figure 1.3)

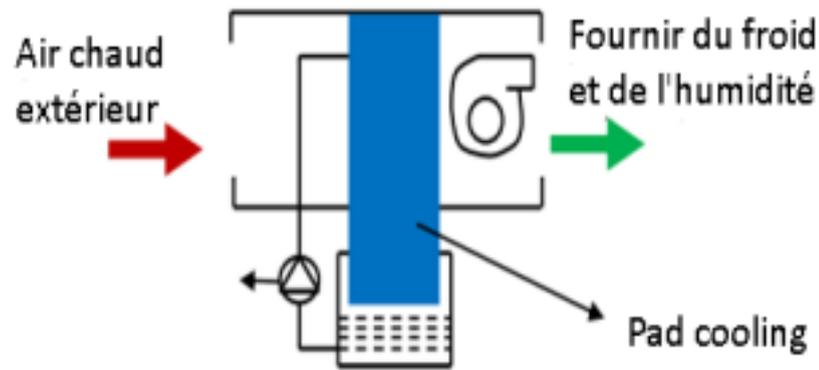


Figure 1.3. : Schéma d'un système évaporatif direct (prototype réalisé)

Principe de fonctionnement :

1. Air chaud et sec : L'air chaud et sec est aspiré dans un refroidisseur évaporatif.
2. Contact avec l'eau : L'air passe à travers un média humide (comme des coussinets imbibés d'eau).
3. Évaporation de l'eau : Lorsque l'air chaud traverse ce média, une partie de l'eau s'évapore, absorbant la chaleur latente de l'air.
4. Air refroidi et humidifié : L'air ainsi refroidi et humidifié est ensuite soufflé dans l'espace à refroidir.

Ce type de refroidissement est particulièrement efficace dans les climats secs, où l'air a une faible humidité relative et un fort potentiel d'absorption de vapeur d'eau.

Avantage :

- Économique : Utilise moins d'énergie que les systèmes de climatisation traditionnels.
- Écologique : Ne nécessite pas de réfrigérants chimiques.
- Simple à mettre en œuvre : Moins complexe que les systèmes de climatisation mécanique.

Inconvénients :

- Efficacité limitée dans les climats humides : Lorsque l'humidité relative de l'air est élevée, le potentiel de refroidissement par évaporation diminue. - Augmentation de l'humidité : Peut entraîner une augmentation de l'humidité intérieure, ce qui peut être inconfortable. [6]

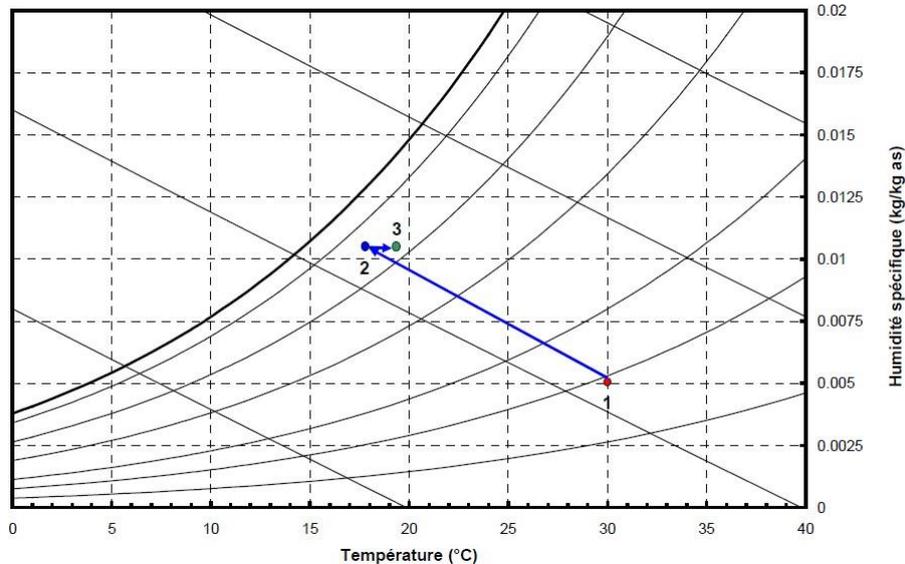
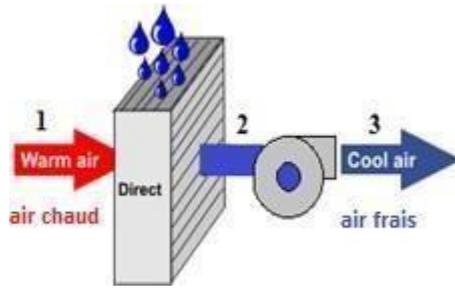


Figure 1.3.2 : Schéma de principe d'un système évaporatif direct et sa représentation sur le diagramme de l'air humide

I.3.2 Le refroidissement évaporatif indirect :

Le refroidissement évaporatif indirect est une méthode de refroidissement qui utilise le processus d'évaporation de l'eau pour réduire la température de l'air sans augmenter son humidité. Contrairement au refroidissement évaporatif direct, où l'air refroidi entre en contact direct avec l'eau évaporée, dans le refroidissement évaporatif indirect, l'air passe par un échangeur de chaleur. Cet échangeur de chaleur permet à l'air de se refroidir en transférant la chaleur sensible à un flux d'air secondaire qui est humidifié et évaporé. (Figure 1.4).

Voici un aperçu simplifié du processus :

1. Air Primaire: L'air extérieur chaud est aspiré dans l'échangeur de chaleur.
2. Air Secondaire : Un flux d'air secondaire, souvent pré-refroidi, est humidifié, permettant l'évaporation de l'eau.
- 3.Échange de Chaleur : La chaleur sensible de l'air primaire est transférée à l'air secondaire, refroidissant ainsi l'air primaire sans ajouter d'humidité.
4. Air Refroidi : L'air primaire refroidi mais sec est ensuite dirigé vers l'espace à climatiser.[7]

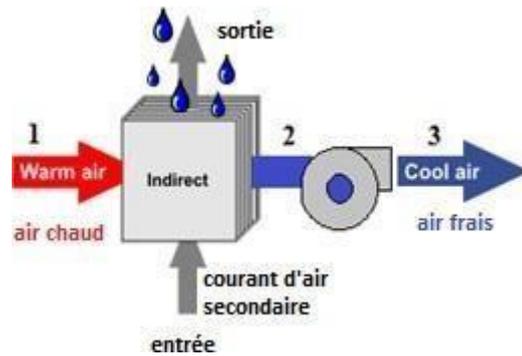


Figure 1.4 : Schéma de principe d'un système évaporatif indirect

I.3.3. Le refroidissement évaporatif combiné direct et indirect

Le refroidissement évaporatif combiné direct et indirect intègre les avantages des deux méthodes pour maximiser l'efficacité de refroidissement tout en minimisant les inconvénients individuels de chaque méthode.

La Combinaison des deux méthodes utilise les deux procédés pour optimiser le refroidissement. L'air extérieur est d'abord refroidi indirectement, réduisant sa température sans augmenter son humidité, puis cet air pré-refroidi est encore refroidi directement par évaporation. Ce processus améliore l'efficacité énergétique globale et peut offrir un refroidissement plus important avec une utilisation réduite de l'eau et de l'énergie, tout en maintenant un niveau de confort acceptable en termes d'humidité intérieure [8] (Figure 1.5)

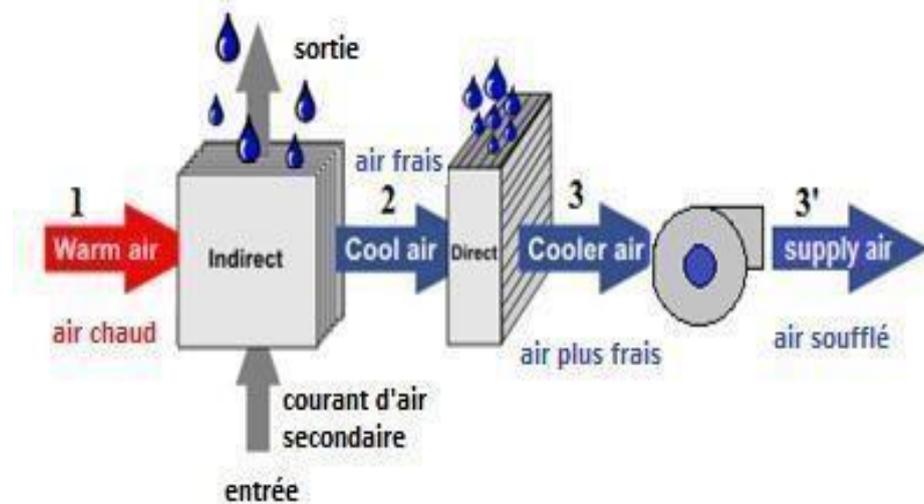


Figure 1.5 : schéma de principe d'un système évaporatif direct et indirect

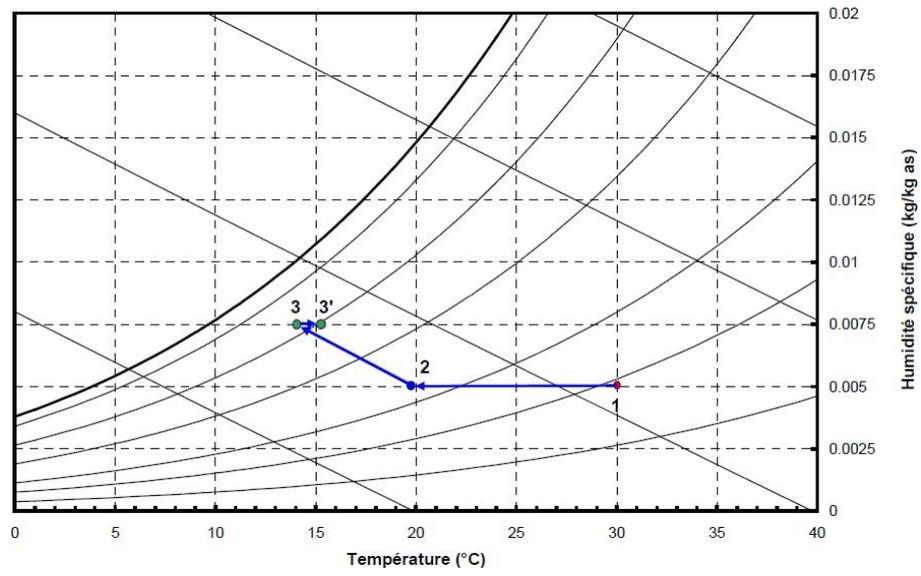


Figure 1.5 : Schéma de principe d'un système évaporatif indirect + direct et sa représentation sur le diagramme de l'air humide

La puissance de refroidissement des systèmes évaporatifs dépend des conditions climatiques, en particulier de la température humide de l'air. Plus la différence entre les températures de bulbe humide et de bulbe sec est grande, plus la réduction de température réalisable est satisfaisante.

La consommation énergétique de ces systèmes est très faible par rapport aux systèmes conventionnels. Un appareil classique à compression de vapeur pourrait nécessiter environ 0,3-0,4 kW d'électricité pour 1 kW de froid produit, soit quatre fois supérieure à celle d'un appareil de refroidissement évaporatif qui ne requiert de l'énergie que pour les ventilateurs et les pompes. Le coût de fonctionnement global est environ 20 fois moins important que celui des climatiseurs conventionnels à compression [9].

La consommation d'eau ne peut être négligée, particulièrement dans les régions arides où le refroidissement évaporatif est le plus avantageux. La consommation moyenne est de l'ordre de 1,3 litres/MJ de froid pour un système direct et de 1,5 litres/MJ de froid pour un système indirect + direct [10]. Ces résultats sont issus de simulations pour un climat chaud et sec. Dans la pratique, une fraction (de l'ordre de 20 %) de l'eau est utilisée non pour refroidir l'air mais pour éviter le dépôt de sels minéraux qui résulterait d'une trop forte concentration consécutive à l'évaporation. [11]

I.4. Prototype de refroidissement installé au bâtiment d'élevage de l'ITELV :

I.4.1.Principe de fonctionnement

Ce prototype est un système de refroidissement évaporatif Avicole. Il offre une solution efficace et durable pour maintenir des conditions environnementales optimales dans les poulaillers, assurant ainsi le succès et la rentabilité de l'élevage avicole.



Figure1.6 : prototype de système de refroidissement évaporatif

Le prototype fonctionne suivant les deux procédés suivants :

I.4.1.1. Passage à travers l'Échangeur sans Changement d'Humidité :

L'air chaud est introduit dans le prototype par ventilation depuis l'extérieur du bâtiment à refroidir. Cet air chaud est dirigé vers un premier échangeur de chaleur qui est conçu pour abaisser la température de l'air sans modifier son niveau d'humidité. Ce premier échangeur refroidit l'air tel que le contact direct s'effectue entre une surface froide et l'air.

À la sortie du premier échangeur, l'air est refroidi et son humidité relative reste inchangée. Il est donc plus frais mais pas nécessairement plus humide.

I.4.1.2. Passage à travers les Échangeurs Humidificateurs (Pads en Cellulose) :

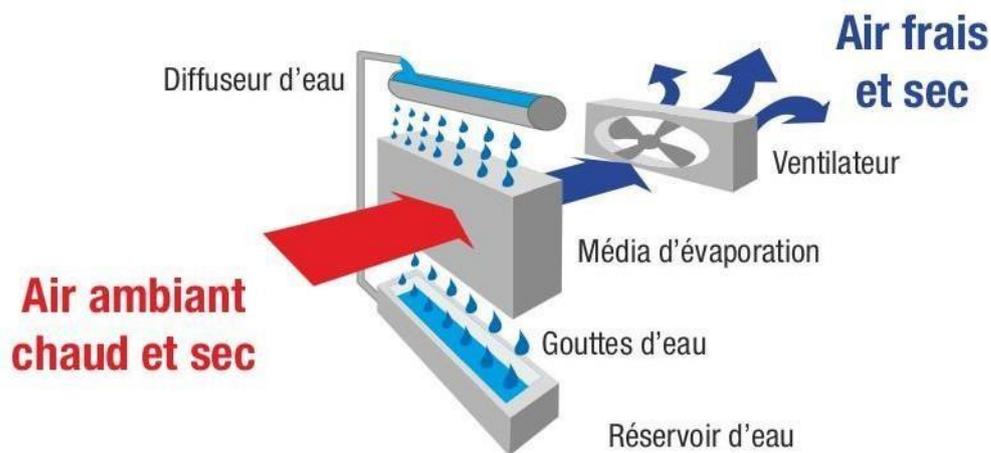


Figure 1.7 schéma représentable d'échangeur direct

Après avoir été refroidi, l'air entre dans les deux échangeurs humidificateurs successifs, qui sont constitués de pads en cellulose imbibés d'eau.

Une pompe d'eau est utilisée pour maintenir les pads en cellulose humides. L'air circulant à travers ces pads entre en contact avec l'eau, ce qui provoque son évaporation et une augmentation de l'humidité relative de l'air.

En même temps, l'évaporation de l'eau absorbe de la chaleur de l'air, ce qui entraîne une baisse supplémentaire de la température de l'air.

I.4.1.3. Sortie de l'Air Frais et Humidifié :

À la sortie des échangeurs humidificateurs, l'air est à la fois frais et humidifié, prêt à être diffusé dans l'espace à refroidir.

Cet air frais et humidifié crée un environnement confortable et agréable, en particulier dans les conditions de chaleur, en abaissant la température ressentie et en prévenant le stress thermique chez les personnes ou les animaux présents dans le bâtiment.

Une fois que l'air a été refroidi et humidifié dans le prototype de refroidissement évaporatif, il est prêt à être distribué dans le poulailler. Pour cela, Nous avons utilisé un système de distribution d'air en gaine aéraulique composée d'une canalisation principale qui se divise en trois branches pour acheminer l'air frais à différentes zones du poulailler.



Figure 1.8..Canalisation

✓ **Canalisation Principale :**

À la sortie des échangeurs humidificateurs, l'air frais et humidifié est aspiré dans une canalisation principale qui traverse le poulailler. Cette canalisation est dimensionnée pour permettre un débit d'air adéquat afin de couvrir toute la surface du poulailler.

✓ **Bifurcation de la Canalisation :**

Au niveau central du poulailler, la canalisation principale se divise en trois branches égales. Cette bifurcation peut être réalisée à l'aide de coudes ou de diviseurs spécifiques dans la canalisation ✓

Distribution de l'Air Frais :

Chaque branche de la canalisation distribue l'air frais à différentes zones du poulailler. Une branche est dirigée vers le centre du poulailler pour fournir de l'air frais à cette zone centrale. Cela garantit une distribution uniforme de l'air dans tout l'espace.

Les deux autres branches sont dirigées vers la droite et la gauche du poulailler pour fournir de l'air frais aux zones latérales. Cela permet de couvrir efficacement toute la surface du poulailler et d'assurer un environnement confortable pour les volailles partout dans le bâtiment d'élevage.

I.5. Conclusion :

Le système de refroidissement par évaporation présente ainsi de nombreux avantages pour les poulaillers. Il Refroidit efficacement l'air, même dans les climats chauds et secs. Il est Constitué de composants robustes et résistants à la corrosion pour une utilisation prolongée. Il est respectueux de l'environnement puisqu'il utilise uniquement de l'eau et de l'air, sans réfrigérants nocifs pour l'environnement. Il Favorise la santé des poulets, réduit le stress thermique, améliore la santé et le bien-être des poulets. Et enfin, il augmente la productivité par le maintien des conditions optimales pour la ponte et la croissance. C'est un investissement judicieux pour les éleveurs de poulets qui cherchent à maintenir un environnement sain, confortable et productif pour leurs poulets. En plus d'améliorer le bien-être animal, ce système permet également de réduire les coûts d'exploitation et d'augmenter les rendements.

Chapitre2 :
Etat des lieux
Validation de la modélisation

II.1. Introduction :

Le dimensionnement et la validation du système de refroidissement d'un poulailler revêtent d'une importance cruciale dans l'optimisation des conditions de vie des volailles, tout en garantissant leur bien-être et leur productivité. En effet, les poules sont sensibles aux variations de température et une chaleur excessive peut entraîner un stress thermique, réduisant leur performance et leur santé globale. Ainsi, concevoir un système de refroidissement efficace nécessite une compréhension approfondie des besoins thermiques des poules, des caractéristiques du poulailler et des conditions environnementales locales. Nous présentons dans cette partie un état des lieux sur le bâtiment d'élevage de poulet de chair de L'ITELV à Baba Ali et explorerons, les principes fondamentaux du dimensionnement et de la validation de ces systèmes, mettant en lumière leur impact sur la productivité avicole et le bien-être animal.

II.2. Définition d'un poulailler :

Un poulailler est un espace restreint, délibérément aménagé pour élever et abriter des poulets. Il vise à leur offrir un refuge sûr et confortable, les préservant des menaces des prédateurs et des intempéries. Il est essentiel que chaque poule dispose d'au moins 0,5 mètres carrés de surface habitable.



Figure 2.1 : Poulailler – bâtiment d'élevage

II.3. Présentation de l'ITELV :



Figure 2.2: Institut Technique des Elevages (ITELV) Baba Ali, Alger.

La Station de Démonstration et de Production de Semences de Baba Ali est une entité de l'Institut Technique des Elevages. Elle est située en face de la rentrée principale de la direction générale de l'ITELV, sis à Baba – Ali dans la commune de Birtouta (Alger). C'est un institut spécialisé dans les essais d'élevages avicoles. Nous avons été accueillis à l'ITEV pour effectuer nos expérimentations au bâtiment d'élevage de poulet de chair où le prototype de refroidissement évaporatif est installé.



Figure 2.3 : Figure de localisation de l'ITELV

II.4. Dimensions du poulailler choisi :

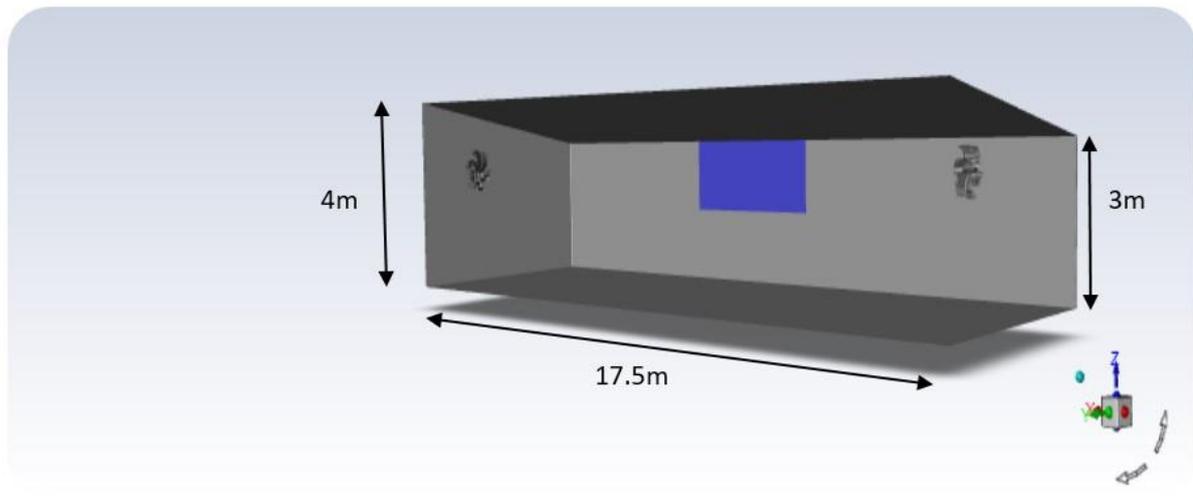


Figure2.4 : Les dimensions du poulailler choisi.

Surface du bâtiment :

Le bâtiment d'élevage étudié présente une surface au sol de 125 mètres carrés. Epaisseur du mur 12cm (panneau sandwich).

Epaisseur du toit 15cm (laine de verre).

Epaisseur du sol 15cm (Betton).

Epaisseur des portes 4cm (mousse de polyuréthane).

Epaisseur des fenêtres 1cm (pvc).

Il est important de souligner que ce bâtiment représente la réalisation la plus aboutie de la ferme de l'ITELV, car il intègre les améliorations apportées aux anciens bâtiments et les avancées technologiques en matière de régulation pour optimiser les conditions d'élevage des volailles. Ce bâtiment représente donc une étape importante dans la modernisation de l'exploitation agricole, contribuant ainsi à la croissance et au développement de l'entreprise.



Figure2.5 : Le poulailler de l'ITELV choisi.

II.5. Les principaux paramètres d'ambiance :

II.5.1 Température :

Lorsqu'il a froid, une augmentation des pertes corporelles s'observe chez l'animal, on assiste alors à un accroissement des dépenses alimentaires par forte augmentation de la consommation, c'est le gaspillage d'énergie. L'éleveur paye une charge supplémentaire d'aliment pour pallier l'insuffisance de chaleur dans le local.

Il est recommandé de maîtriser la température ambiante durant le cycle d'élevage comme montré dans le tableau ci-dessous : 12

<i>Age</i>	<i>Température idéale</i>
0 – 4 jours	35 – 32 °C
5 – 7 jours	32 – 30 °C
2 ^{ème} semaine	30 °C
3 ^{ème} semaine	28 °C
4 ^{ème} semaine	26 °C
5 ^{ème} semaine	21 °C
> 5 ^{ème} semaine	21 – 18 °C

Tableau 1 : Température idéale pour les poussins en fonction de leur âge.

Quelques repères cliniques de température sont donnés ci-après (variable suivant l'humidité et la vitesse de l'air) :

- À partir de 27 °C : halètement des animaux.
- À partir de 30 °C : stress thermique.
- À partir de 35 °C : croissance des volailles presque nulle.
- À partir de 38 °C : prostration, mue, arrêt de ponte.
- À partir de 40 °C : risque d'apoplexie.
- À 43 °C : mortalité de l'ordre de 30 %.

II.5.2 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.

<i>Age</i>	<i>Humidité relative idéale</i>
1 – 21 jours	55 – 60 %
22 – 28 jours	55 – 65 %
> 28 jours	60 – 70 %

Tableau 2 : **Les normes d'humidité optimale.**[13]

Le maintien de l'humidité nécessite le réglage de la ventilation en fonction du poids des animaux et de l'humidité relative de l'air extérieur.

II.5.3 Bilan thermique du poulailler :

3.1 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 au fonctionnement des machines électriques.

3.2 Le bilan thermique s'écrit :

Le système considéré : le poulailler

Flux entrant - Flux sortant + Flux généré = Flux stocké

Avec :

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

Flux sortant est le débit d'air à évacuer.

$$\text{Flux généré} = Q_{\text{mach}} + Q_p + Q_h$$

Le flux stocké et considéré nul.

4. Débit d'air nécessaire pour refroidir : Le débit d'air est calculé à partir du bilan thermique obtenu au niveau du logiciel TRNSY

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{tot}}}{\rho \times \Delta T \times C_p} = 3846.15 \text{ m}^3/\text{h}$$

Avec : ΔT la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur. \dot{m}

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

Le débit d'air total par kg de poulet est la somme des seuils maximaux de l'oxygène (0.3m³/h) et de l'ammoniac (1.5m³/h). $\dot{m}_2 = \text{Nombre de poule} \times \text{poids d'une poule} \times \text{Débit d'air nécessaire (m}^3/\text{h/kg)}$ $\dot{m}_2 = 720 \times 3 \times 1.8 = 3888 \text{ (m}^3/\text{h)}$

4.1 Le débit total :

$$\dot{m} (\text{tot}) = \dot{m} + \dot{m}_2 = 7734.15 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Ce débit nous permettra de dimensionner notre prototype. En effet, le système de refroidissement évaporatif destiné à améliorer les conditions d'élevage dans le poulailler, est composé de deux compartiments

4.2 Dimensionnement du pad cooling :

Le pad cooling :

La surface d'admission nécessaire pour refroidir l'air dans le poulailler se calcule à partir de la vitesse moyenne de l'air ambiant : ($V = 2 \text{ m/s}$). [14] Sachant que le débit total est de : $\dot{m} (\text{tot}) = 2.15 \text{ (m}^3/\text{s)}$

$$S = \frac{\dot{m} (\text{tot})}{v} = 1.075 \text{ m}_2$$

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

$$S' = \frac{S}{\epsilon} = 1.344 \text{ m}^2$$

II.5 Conception du système :

II.5.1 Création par l'application SolidWorks :

SOLIDWORKS est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) largement utilisé, qui permet de créer des modèles volumiques 3D dans des documents de pièces ou d'assemblages. Il offre des fonctionnalités puissantes pour générer des mises en plan à partir de ces modèles, en utilisant des vues détaillées dans des documents dédiés.

Le processus de conception dans SOLIDWORKS commence généralement par la création d'une esquisse, à partir de laquelle des fonctions de base sont construites.

Une fois la base établie, la conception peut être affinée en ajoutant, éditant ou réordonnant les fonctions. SOLIDWORKS offre une grande variété de fonctionnalités, telles que les opérations de modification, la création de formes complexes, l'application de contraintes et la réalisation de simulations.

5.2 Le prototype :

Le prototype pilote ainsi conçu figure ... a été réalisé pour être testé sur un bâtiment d'élevage de poulet de chair (ORAC) à ITELV. Son alimentation électrique sera assurée par de l'électricité photovoltaïque. Une figure schématique est donnée pour illustrer le système dans sa globalité, poulailler – prototype – système PV.



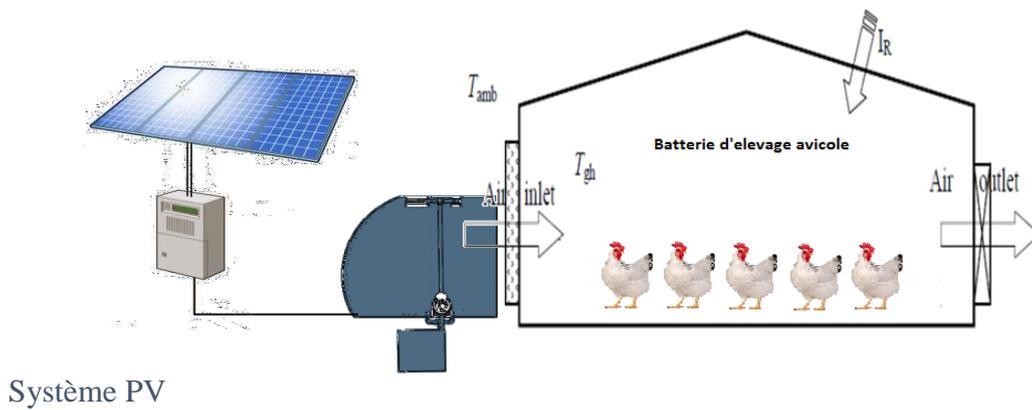


Figure 2.6 : Prototype placé sur le bâtiment avicole et alimenté par énergie solaire

Conclusion :

En conclusion, le dimensionnement et la validation du système de refroidissement d'un poulailler sont des éléments essentiels pour garantir des conditions optimales de vie aux volailles. En prenant en compte les besoins thermiques spécifiques des poules, ainsi que les caractéristiques du poulailler et les conditions environnementales locales, il est possible de concevoir des systèmes efficaces qui contribuent à maintenir le bien-être et la productivité des animaux.

L'adoption de telles pratiques permet non seulement d'améliorer les performances économiques de l'exploitation avicole, mais aussi de répondre aux normes de bien-être animal et aux exigences réglementaires en matière de protection des animaux. Ainsi, investir dans le dimensionnement et la validation appropriés des systèmes de refroidissement représente un choix judicieux tant sur le plan éthique que commercial, contribuant à une industrie avicole plus durable et responsable.

Chapitre 3 : **Réalisation et Tests**

Introduction :

Dans ce chapitre, nous abordons la phase finale de la réalisation et l'expérimentation du prototype de refroidissement évaporatif pour le poulailler. Après avoir établi les bases théoriques et conçu le prototype dans les chapitres précédents, il est maintenant crucial de finaliser l'installation et de tester le système dans des conditions réelles. L'objectif principal de cette phase est de s'assurer que tous les composants fonctionnent correctement et que les capteurs de température et d'humidité sont placés de manière optimale pour fournir des données précises et utiles.

Nous détaillerons les étapes du monitoring pour l'acquisition des données, à savoir, l'installation des thermocouples et des thermo hygromètres, en expliquant le choix de leur placement stratégique à l'intérieur du poulailler et le système de refroidissement. Chaque capteur joue un rôle spécifique dans la collecte des données nécessaires pour évaluer l'efficacité de refroidissement du prototype. En cas d'erreurs ou de dysfonctionnements, nous discuterons des solutions mises en œuvre pour rectifier ces problèmes et optimiser les performances du système.

Ce chapitre est déterminant pour la validation des performances du prototype et de la faisabilité du processus de refroidissement évaporatif dans les bâtiments d'élevage avicole, car il permet de passer de la théorie à la pratique, en mettant en lumière les ajustements nécessaires pour atteindre les conditions idéales pour le bien-être des poussins. En finalisant ces travaux, nous posons les bases pour une analyse détaillée des résultats dans le chapitre suivant, où nous interpréterons les données collectées pour évaluer l'efficacité globale du système de refroidissement évaporatif.

1. Réalisation du prototype :

1.1 Continuité des travaux pour finaliser le prototype :

La structure extérieure du prototype était réalisée et installée sur le mur latéral côté nord du poulailler. Nous avons dû intervenir pour le finaliser en réalisant et installant les deux échangeurs indirect et direct à l'intérieur du prototype ainsi que le ventilateur de soufflage. Nous avons aussi mis en service l'approvisionnement en eau à travers un réservoir souterrain et enfin terminé par le branchement électrique pour les essais de mise en marche du prototype.

- 1- On a commencer par construire deux fenetre sous forme de capot pour isoler le milieu exterior paraport au prototype



Figure3.1 : installation fenetre d'isolation



Figure3.2 : traçage des fenêtres

- 2- On a fait le montage de plexiglas à chaque côté de l'échangeur indirect pour que la circulation de l'eau sera sur chaque rayon de l'échangeur.



Figure3.3 : Montage Plexiglas

- 3- On a pris le dimensionnement des pads en cellulose à partir du dimensionnement déjà établie [Ref] et on commence à fabriquer notre échangeur évaporatif direct et le placer en 3 étages



Figure3.4 : Placement des pads en cellulose

2.1 Mise en marche du prototype :

On a placé la pompe à eau dans la citerne enterrée pour faire circuler l'eau dans les deux niveaux d'échangeur direct et Indirect du prototype.



Figure3.5 : placement pompe à eau

2.2 Diagnostic d'erreurs du premier test :

Lors de la mise en marche de notre système de refroidissement, on remarque que le débit volumique de l'air rafraîchi en sortie de la canalisation est concentré au milieu de cette dernière avec une vitesse de soufflage avoisinant les 11m/s et est nul aux deux autres sorties, ceci est logique vu que l'air suit la direction la plus facile, celle du milieu.

Une vanne de réglage horizontale est fabriquée au niveau de l'atelier de soudage du département de Mécanique afin de réguler la vitesse de l'air et permettre l'équilibre du débit volumique dans les trois bouches de soufflage existantes.



Figure3.6 : réalisation de la vanne de soufflage au niveau de l'atelier de soudage du département de mecanique



Figure 3.7 : Vanne de réglage du débit d'air

Après l'installation de la vanne de réglage, la vitesse d'air à la sortie des trois bouches de soufflage avoisine les 4.8 m/s.

2.3 Problème de Fuite d'Eau :



Figure 3.8 : fuite d'eau sur le côté du prototype

2.3.1 Description du Problème :

Lors de la mise en marche du système, l'eau sous pression est dirigée vers les échangeurs direct et indirect pour être pulvérisée, créant ainsi l'effet de refroidissement évaporatif. Cependant, une fuite d'eau s'est produite à côté du prototype, indiquant un problème potentiel dans le circuit hydraulique. Cette fuite peut avoir plusieurs causes possibles, chacune nécessitant une investigation et des actions correctives spécifiques

□ **Problèmes de Connexions Hydrauliques :**

- **Raccords Desserrés ou Défectueux :** Les raccords peuvent être mal fixés ou défectueux, entraînant des fuites.

□ **Problèmes de Conception :**

- **Pression Excessive de la Pompe :** Une pression trop élevée de la pompe à eau peut entraîner des fuites si le système n'est pas conçu pour la supporter.
- **Défauts de Fabrication des Composants :** Les échangeurs ou les conduites peuvent présenter des défauts de fabrication qui ne supportent pas correctement la pression de l'eau.

□ **Problèmes d'Installation :**

- **Mauvaise Installation des Tuyaux :** Les tuyaux peuvent être mal installés, avec des courbures ou des tensions incorrectes qui provoquent des fuites.
- **Endommagement Pendant l'Installation :** Les composants du système peuvent avoir été endommagés lors de l'installation, créant des points faibles où des fuites peuvent se produire

3. TESTS ET PROTOCOLE :

Voici le schéma avec le dimensionnement du poulailler

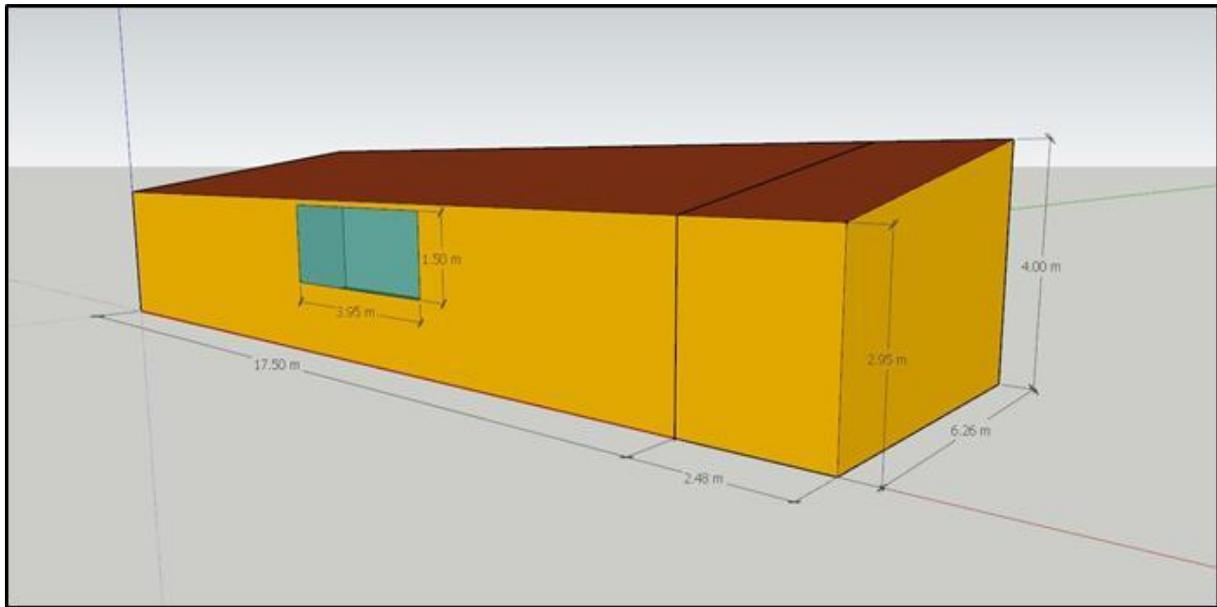


Figure3.9 : schéma et dimensionnements du poulailler

3.1 Implantation des thermocouples :

Le placement des thermocouples dans un poulailler de 17,5 mètres de long et 6,25 mètres de large, a été effectué pour tester le pouvoir de refroidissement du prototype en l'absence de poussins c'est-à-dire avant d'entamer la première bande d'élevage:

1. **Thermocouple au centre de chaque côté (Longueur) :** ○ **Emplacements :** Un thermocouple au centre de chaque côté long du poulailler. ○ **Raison :** Ces emplacements permettent de surveiller la température le long des parois latérales, où la température peut varier en raison de la proximité des murs, des courants d'air et des zones d'entrée/sortie d'air. Ces mesures aideront à identifier toute hétérogénéité thermique le long de la longueur du poulailler.
2. **Thermocouple à mi- longueur :** ○ **Emplacement :** Au milieu de la longueur du poulailler, à une hauteur moyenne.
 - **Raison :** Placer un thermocouple au milieu de la longueur du poulailler permet de surveiller la température dans une zone centrale, loin des murs. Cela donne une idée de la température moyenne au milieu de l'espace, aidant à comprendre comment la température se comporte loin des influences directes des parois latérales.
3. **Thermocouple à mi- largeur :** ○ **Emplacement :** Au milieu de la largeur du poulailler, à une hauteur moyenne.

- **Raison :** Ce placement permet de surveiller la température au centre de la largeur du poulailler. Cela aide à détecter toute variation de température qui pourrait se produire en raison de la ventilation ou des effets de la structure du bâtiment.

3.2 Explication détaillée : 1. **Surveillance des variations latérales :** ○ Placer des thermocouples au centre de chaque côté du poulailler aide à identifier les variations de température le long des murs. Les murs peuvent être des points de perte de chaleur ou de gain de chaleur, en particulier si le poulailler est mal isolé ou si des fenêtres/portes sont présentes.

2. **Évaluation de la température centrale :** ○ Les thermocouples situés à mi- longueur et à mi- largeur fournissent des informations sur la température dans les zones centrales du poulailler. Ces zones sont souvent représentatives de la température ambiante générale du poulailler, car elles sont éloignées des influences directes des murs et des ouvertures.
3. **Détection des gradients de température :** ○ Cette disposition permet de détecter les gradients de température longitudinaux et transversaux. En d'autres termes, elle aide à comprendre comment la température change du centre vers les extrémités du poulailler et des côtés vers le centre. Cela est crucial pour ajuster le système de refroidissement évaporatif et assurer une température uniforme. ○
4. **Préparation à l'arrivée des poussins :** ○ Bien que le poulailler soit actuellement vide, cette disposition prépare le terrain pour des ajustements futurs. Une fois que les poussins seront présents, nous aurons déjà une bonne compréhension de la distribution de la température et pourrons déplacer les thermocouples en fonction des besoins spécifiques des poussins, pour surveiller les zones où ils passent le plus de temps.

En résumé, cette disposition stratégique des thermocouples permet une surveillance complète et équilibrée de la température dans le poulailler, offrant une base solide pour évaluer et optimiser les conditions thermiques avant et après l'arrivée des poussins.

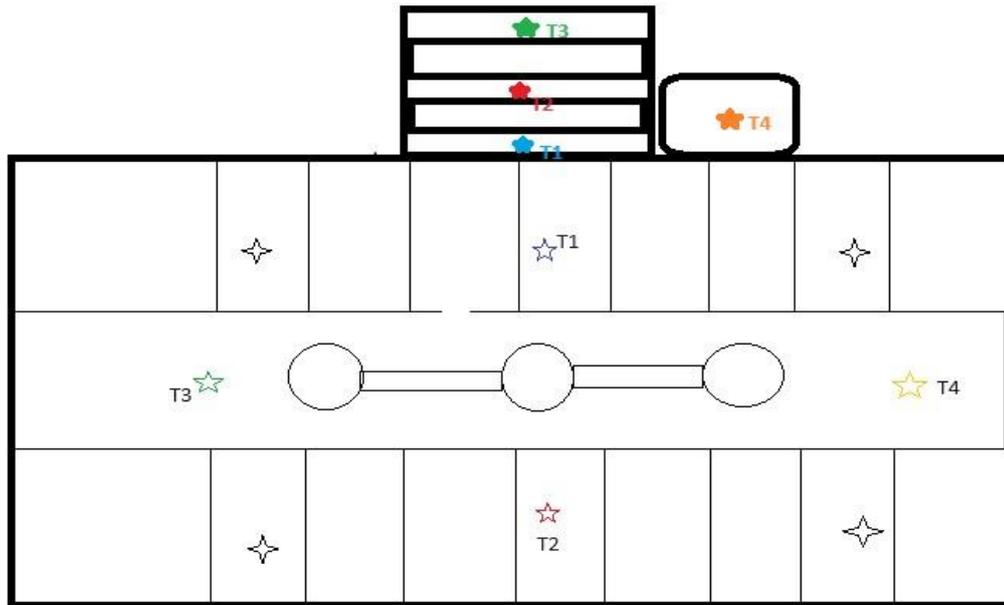


Figure3.10 : Schéma simplifié du poulailler avec points de placement des thermocouples

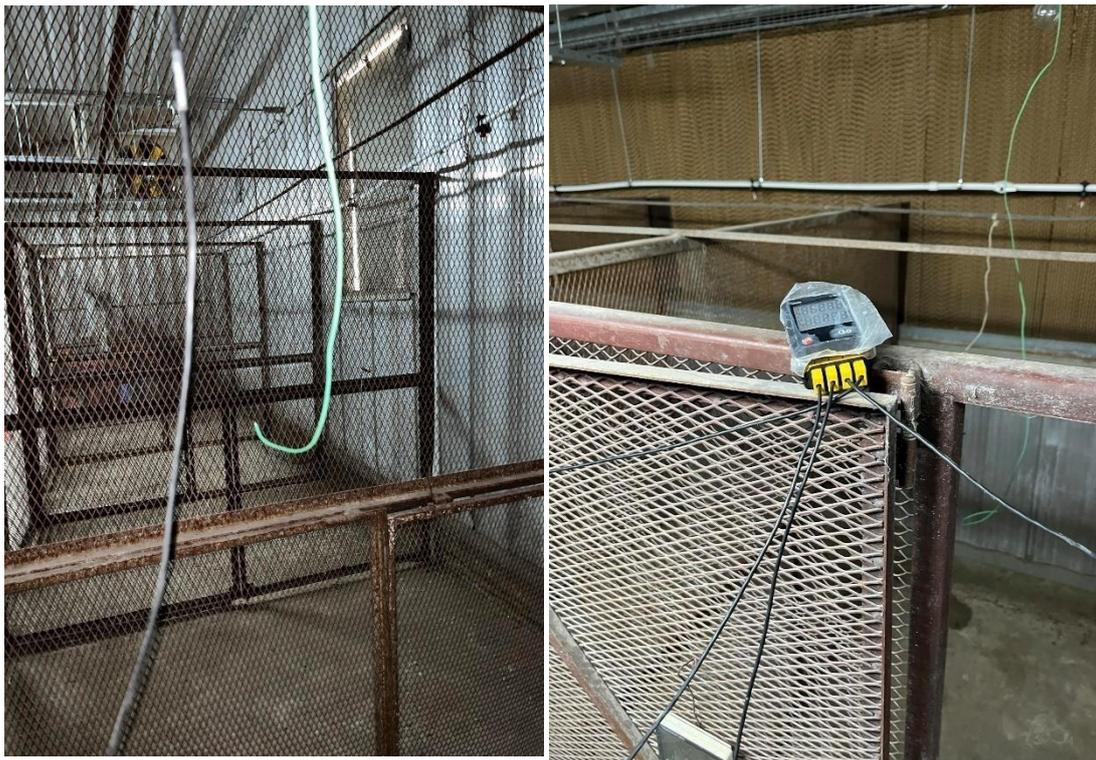


Figure3.11 : Placement des acquisitions des thermocouples dans le poulailler

3.3 Implémentation des thermomètre :

Avec l'aide de l'équipe de l'ITELV, nous avons poursuivi la mise en place des thermomètres à mercure dans le poulailler pour une observation ponctuelle de la variation de température en chaque point dans le poulailler.



Figure3.12 : Emplacement d'un thermomètre

3.4 Placement des Thermocouples dans le Système de Refroidissement Évaporatif du Poulailier :

Pour évaluer l'efficacité du système de refroidissement évaporatif de notre poulailier, nous utiliserons quatre thermocouples placés de manière stratégique. Voici les détails de chaque emplacement et les raisons de leur choix :



Figure 3.13 : Placement de thermocouple au milieu ambiant

1. T1 : Température après les pads en cellulose, échangeur direct

- **Pourquoi ici ?** La mesure de la température à ce point vous montre l'effet combiné de tous les dispositifs de refroidissement avant que l'air ne pénètre dans le poulailier. Les pads en cellulose utilisent de l'eau pour refroidir l'air par évaporation, et cette mesure est essentielle pour savoir combien l'air a été refroidi avant d'atteindre les animaux.

2. T2 : Température après l'échangeur indirect

- **Pourquoi ici ?** L'échangeur indirect est généralement le premier point de refroidissement de l'air. Mesurer la température après cet échangeur permet d'évaluer son efficacité avant que

l'air ne passe par les pads en cellulose pour un refroidissement supplémentaire et une humidification. Cela va aider à comprendre le taux de réduction de température par rapport à l'air extérieur et quelle est la quantité de chaleur qui a été retirée dans cette première étape.

3. T3 : Température ambiante

- **Pourquoi ici ?** La température ambiante est une référence essentielle pour évaluer l'efficacité globale du système de refroidissement. Comparer T3 avec T1 et T2 montre l'impact total du système de refroidissement sur l'air ambiant extérieur.

4. T4 : Température de l'eau dans la citerne

- **Pourquoi ici ?** La température de l'eau est critique pour le processus de refroidissement évaporatif. Une eau plus froide rend les pads en cellulose plus efficaces. En surveillant cette température, nous pouvons ajuster la gestion de l'eau (comme ajouter de l'eau fraîche) pour optimiser le refroidissement.

Conclusion

En plaçant les thermocouples aux emplacements stratégiques T1, T2, T3 et T4, nous avons pu obtenir une image claire et complète de l'efficacité de chaque étage ou chaque échangeur composant le système de refroidissement évaporatif. Cela permet de faire des ajustements précis pour maximiser les conditions thermiques optimales dans le poulailler et assurer le confort et la santé des poussins lorsqu'ils seront introduits pour l'élevage.

3.5. Vitesse du vent (Anémomètre) :

Explication du Processus de Mesure :

1. Placement de l'anémomètre :

- **Emplacement** : l'anémomètre est placé à la sortie de la canalisation où l'on souhaite mesurer le débit d'air. Il faut s'assurer que l'appareil est bien aligné avec le flux d'air pour des mesures précises.
- **Fixation** : L'anémomètre doit être fixé de manière sécurisée pour éviter tout mouvement qui pourrait affecter la précision des mesures.

2. Mesure du débit d'air (en m/s) :

- **Fonctionnement** : Lorsque l'air s'écoule à travers la canalisation et atteint l'anémomètre, l'hélice tourne (ou le fil chaud se refroidit) en fonction de la vitesse de l'air. L'appareil convertit cette information en une mesure de vitesse du débit d'air, généralement exprimée en mètres par seconde (m/s).
- **Affichage** : L'anémomètre affiche la vitesse du débit d'air en temps réel sur son écran.

3. Mesure de la température de l'air :

- **Capteur intégré** : L'anémomètre dispose d'un capteur de température intégré qui mesure la température de l'air sortant de la canalisation.
- **Affichage** : La température est également affichée en temps réel sur l'écran de l'anémomètre, souvent en degrés Celsius (°C)



Figure3.14 : Emplacement de l'anémomètre.

En utilisant un anémomètre, on peut obtenir des données précises sur le débit et la température de l'air sortant, ce qui est essentiel pour évaluer et optimiser les performances du système de

refroidissement évaporatif. Ces mesures nous aident à ajuster les paramètres de fonctionnement pour assurer le confort thermique optimal dans le poulailler.

Pour surveiller et gérer efficacement l'humidité et la température dans le poulailler, on installe un hygromètre au milieu du poulailler, deux thermo hygromètres à droite et à gauche, et un autre thermo hygromètre dans la canalisation. Voici une explication détaillée du placement de ces appareils et des raisons pour lesquelles ils sont essentiels pour nos tests.

4.Emplacements des Hygromètre et des Hygro-thermomètres :

Hygromètre au milieu du poulailler :

- **Emplacement** : Placez un hygromètre au centre du poulailler, à une hauteur moyenne.



○

Figure3.15 : placement hygromètre au milieu du poulailler

- **Raison** : Cette mesure fournit une indication générale de l'humidité au milieu du poulailler, où les poussins passent la majorité de leur temps. Cela aide à évaluer les conditions environnementales dans la zone centrale du poulailler.

4.1 : Placement des thermo hygromètres :

Hygro-thermomètres à droite et au fond du poulailler

- **Emplacement 1** : Placer un thermo hygromètre à l'extrémité droite du poulailler, à une hauteur moyenne
-



Figure3.16 : Emplacement du thermo hygromètre au fond du poulailler

Emplacement 2 : Placez un thermo hygromètre à l'extrémité gauche du poulailler, à une hauteur moyenne.

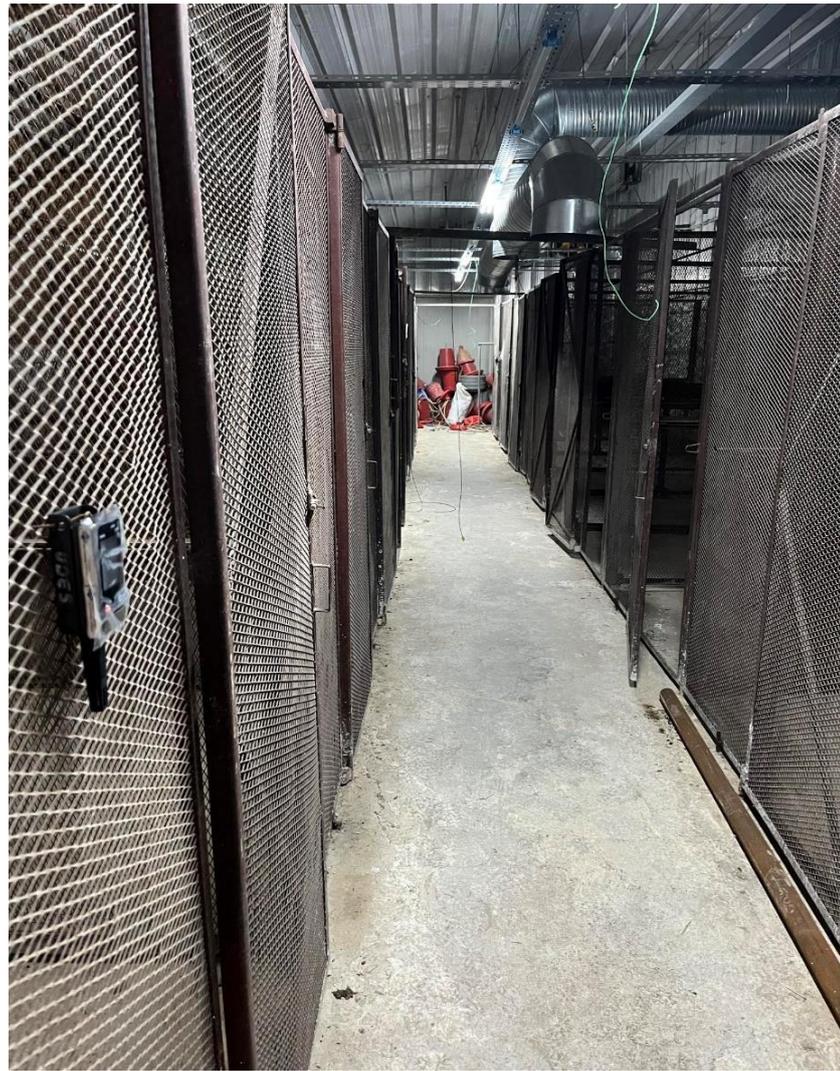


Figure3.17 : emplacement de thermo hygromètre à l'entrée du poulailler

- **Raison** : Ces mesures permettent de surveiller les variations d'humidité et de température aux extrémités du poulailler. Comparer ces données avec celles du centre aide à identifier les gradients de température et d'humidité, assurant ainsi une ventilation et un refroidissement uniformes.

2. Thermo hygromètres dans la canalisation :

Emplacement : Placez un thermo hygromètre à l'intérieur de la canalisation, près de l'entrée de l'air dans le poulailler.



Figure 3.18 : Placement de thermo hygromètre dans la canalisation

o **Raison :** Mesurer l'humidité et la température de l'air entrant permet de comprendre l'efficacité du système de refroidissement évaporatif. Cela aide à évaluer comment l'air est conditionné avant d'atteindre les poussins

5. Implantation des thermo hygromètres à l'extérieur :

Pour évaluer l'efficacité de notre prototype de refroidissement évaporatif, on a installé deux thermo hygromètres: un après l'échangeur indirect et un autre à l'extérieur pour mesurer les conditions ambiantes. Voici une explication détaillée de ces placements et des raisons pour lesquelles ils sont essentiels pour notre système de refroidissement

5.1. Emplacements des thermo hygromètres:

1. Thermo hygromètre après l'échangeur indirect :

- **Emplacement** : Placez un thermo hygromètre juste après l'échangeur indirect, dans la canalisation où l'air est refroidi avant d'entrer dans le poulailler.

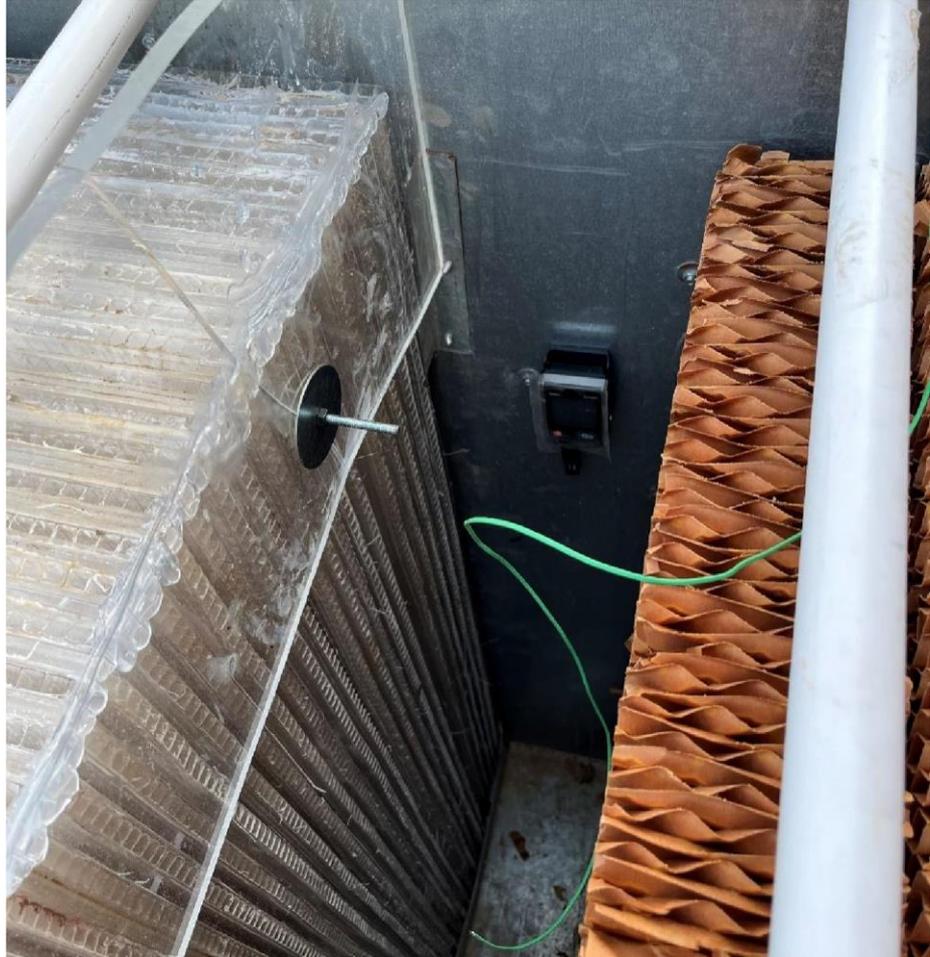


Figure3.19 : Placement du thermo hygromètres dans le prototype

- **Raison** : Cette mesure permet de vérifier l'humidité et la température de l'air après qu'il a été refroidi par l'échangeur indirect. Cela aide à évaluer l'efficacité de cet échangeur dans le processus de conditionnement de l'air.

2. **Thermo hygromètre à l'extérieur du prototype (pour mesurer les paramètres d'air ambiant) :**
- **Emplacement :** Placez un thermo hygromètre à l'extérieur du prototype, dans un endroit ombragé pour éviter l'influence directe du soleil.



Figure 3.20 :placement du thermo hygromètre au milieu ambiant

- **Raison :** Mesurer l'humidité et la température de l'air ambiant fournit une référence de base pour comparer avec les conditions à l'intérieur du poulailler. Cela permet de comprendre l'impact global du système de refroidissement évaporatif sur l'air ambiant.

Conclusion :

La réalisation des travaux finaux et l'installation précise des thermocouples et thermo hygromètres ont permis de mettre en place un système de monitoring du prototype de refroidissement évaporatif pour le poulailler. Les données qui seront collectées vont fournir des insights précieux sur les performances du système et vont permettre des ajustements fins pour améliorer l'efficacité et le confort des poussins. Les solutions mises en œuvre pour corriger les erreurs de placement des capteurs ont également contribué à garantir des mesures précises et fiables, essentielles pour le succès de ce projet.

CHAPITRE 4

Résultats et interprétation

Introduction :

Ce chapitre se concentre sur l'analyse et l'interprétation des données recueillies lors de la phase de test du prototype de refroidissement évaporatif pour le poulailler. Après avoir finalisé l'installation des capteurs de température et d'humidité, nous avons procédé à une série de mesures afin d'évaluer l'efficacité du système et de comprendre son impact sur l'environnement interne du poulailler.

L'objectif principal de cette section est de présenter les résultats obtenus de manière claire et structurée, en mettant en évidence les performances du système de refroidissement et en identifiant les éventuelles zones d'amélioration. Nous analyserons les données en termes de réduction de la température, de contrôle de l'humidité, et de distribution uniforme des conditions climatiques au sein du poulailler.

Les interprétations des résultats permettront de tirer des conclusions sur l'efficacité du prototype et de proposer des recommandations pour des optimisations futures. Cette analyse est essentielle pour garantir que le système de refroidissement évaporatif peut être utilisé de manière efficace pour maintenir un environnement optimal pour les poussins, contribuant ainsi à leur santé et à leur croissance

1.1 Variation de la température et humidité en fonction du temps :

Pour la période des tests, plusieurs journées de tests ont été réalisées, nous choisissons trois journées types, le 21, 26 et le 29 Mai 2024.

Journée 21/05/2024

La variation des températures (T1 à T4) à l'intérieur du poulailler est démontrée en figure 4.1.

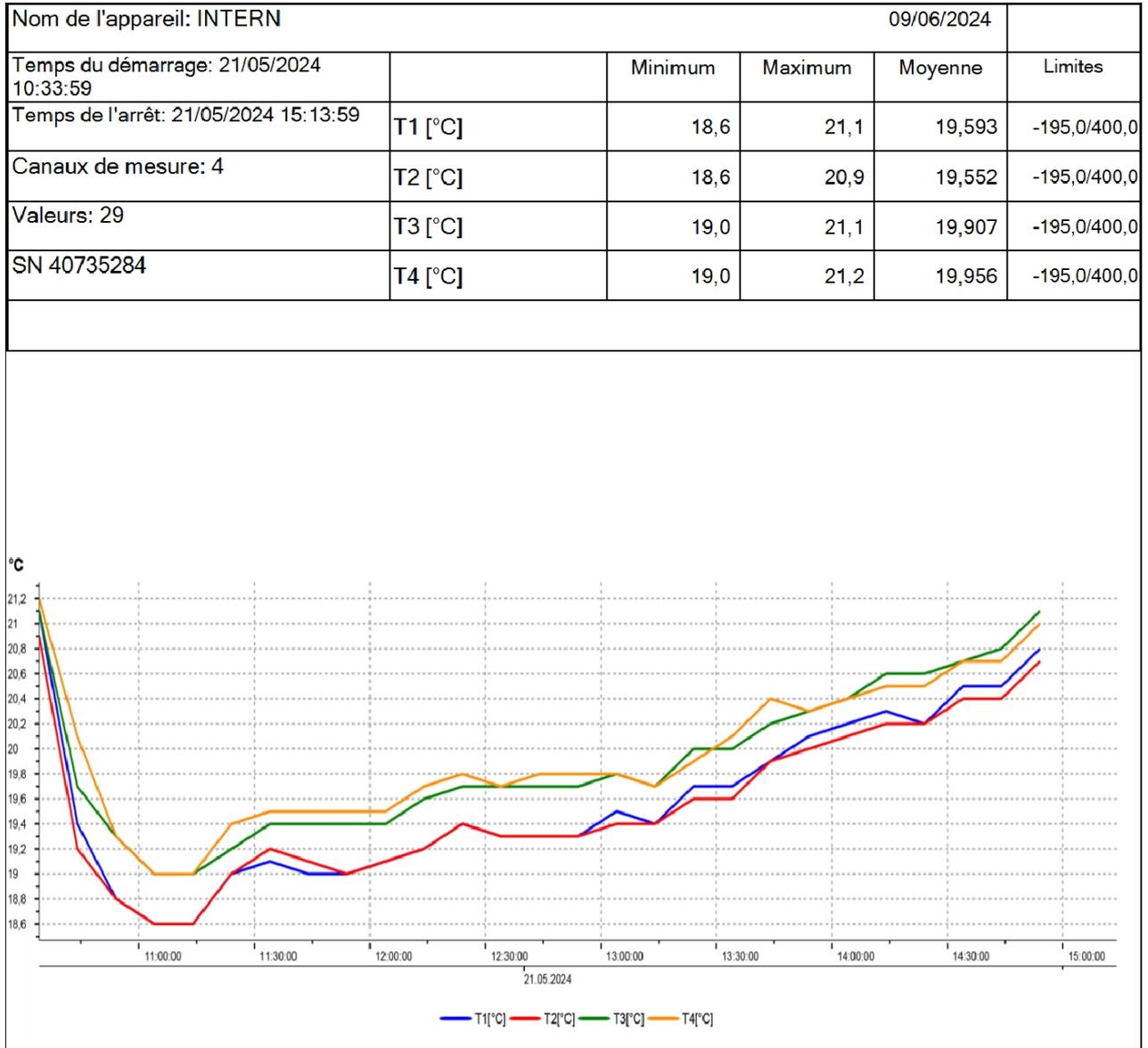


Figure 4.1 : Variation des températures à l'intérieur du poulailler

La figure 4.1 représente la variation des températures à l'intérieur du poulailler pour la Journée du 21/05/2024 on remarque d'après les courbes que la température chute avec le temps jusqu'à atteindre la valeur de 19°C aux environs de 11h00.

On note une petite évolution des températures à l'intérieur du poulailler à partir de 13h00, ceci peut être expliqué par augmentation de la température ambiante (voir figure 4.2).

Il est à signaler que le bâtiment est orienté côté sud, ce qui favorise la réception des rayons solaires durant toute la journée, ce qui explique la température importante qui règne à l'intérieur du bâtiment.

Nom de l'appareil: EXTERN		09/06/2024			
Temps du démarrage: 21/05/2024 10:31:30		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 21/05/2024 15:11:30	T1 [°C]	16,1	20,4	17,711	-195,0/400,0
Canaux de mesure: 4	T2 [°C]	20,6	27,6	24,144	-195,0/400,0
Valeurs: 29	T3 [°C]	21,3	26,9	24,985	-195,0/400,0
SN 40735552	T4 [°C]	15,6	21,8	17,156	-195,0/400,0

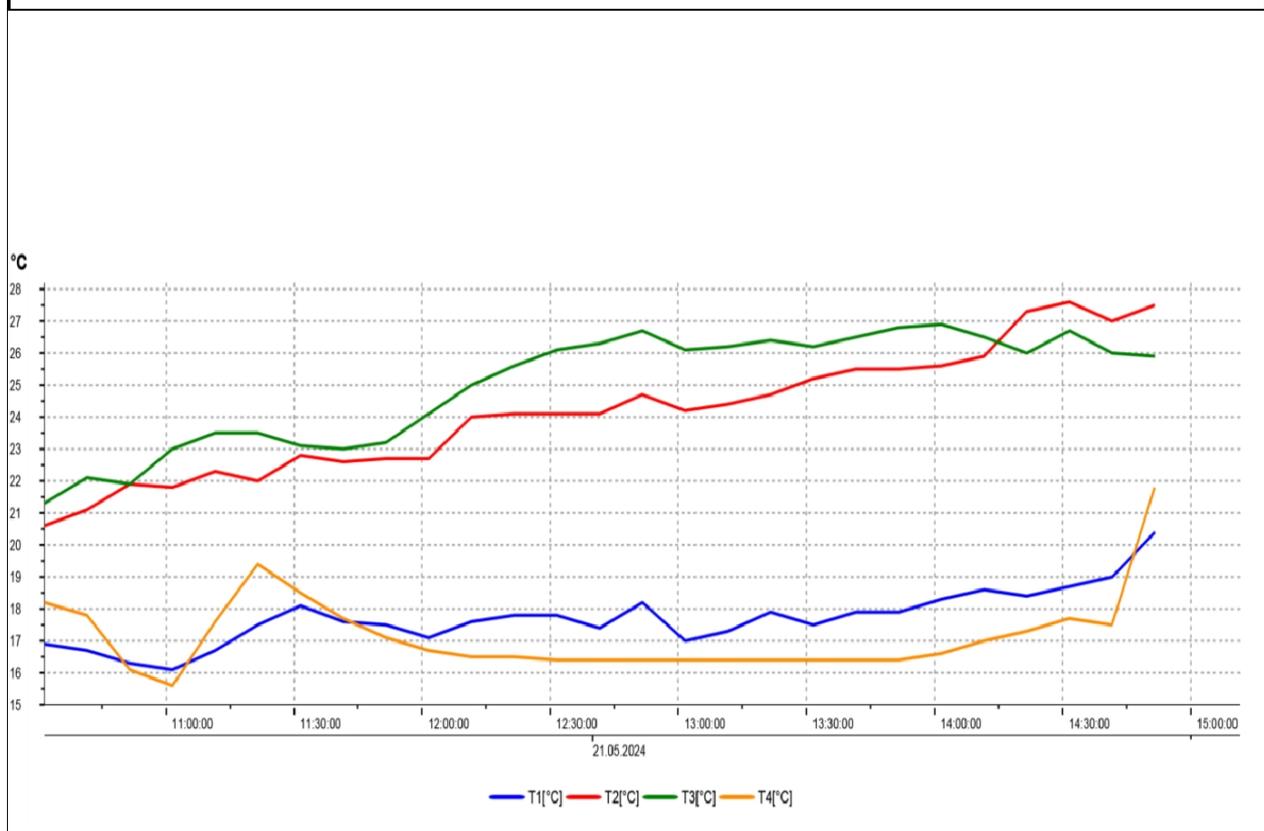


Figure 4.2 : variation des températures a l'extérieur du poulailler et prototype

La figure représente les variations des températures des différents niveaux ou étages (échangeurs indirect et direct) du prototype. On remarque que la température ambiante (T3) augmenter avec le temps ainsi jusqu'à atteindre un maximum de 27°C ver 12h30 ainsi que la température après échangeur indirect (T2), ceci peut être expliqué par le non-fonctionnement de l'échangeur indirect (pas de refroidissement à ce niveau).

La température après humidification est beaucoup moins importante, 9°C de différence est notée entre cette dernière et celle ambiante, ceci renforce notre choix du système de refroidissement.

La température de la cuve de stockage est quasi-stable durant la journée, les fluctuations notées en début et fin de journée peuvent être interprétées par un remplissage manuel de la cuve, donc une perturbation de la température de l'eau de stockage. Malgré, une différence de température considérable peut être notée entre la température de l'eau de stockage et celle de l'air ambiant, ceci est considéré comme un point positif de l'étude réalisée par [] et qui recommande l'enterrement de la cuve de stockage pour une bonne stabilisation de la température du fluide.

Journée du 26/05/2024

Les températures dans différents emplacements du poulailler sont montrées en figure 4.3. La disposition des thermocouples est illustrée précédemment en figure 3.10, les quatre températures à l'intérieur du poulailler se comporte de la même façon avec une petite augmentation de l'ordre de 1.5°C le long de la journée.

La température minimale enregistrée à l'intérieur du poulailler est de 22.1°C des environs de 11h00.

Nom de l'appareil: INTERN		26/05/2024			
Temps du démarrage: 26/05/2024 10:25:45		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 26/05/2024 15:25:45	T1 [°C]	22,3	24,9	23,232	-195,0/400,0
Canaux de mesure: 4	T2 [°C]	22,1	24,9	23,110	-195,0/400,0
Valeurs: 31	T3 [°C]	22,4	25,3	23,339	-195,0/400,0
SN 40735284	T4 [°C]	22,7	26,5	23,813	-195,0/400,0

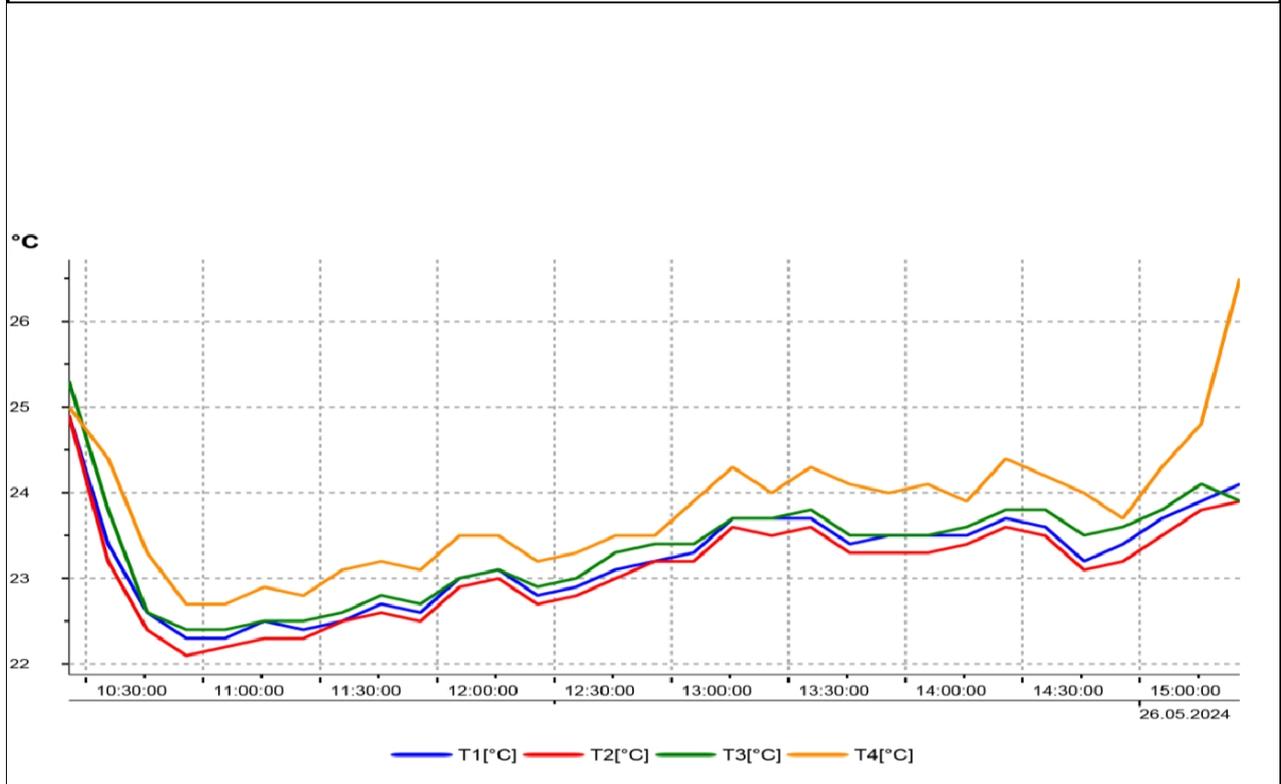


Figure 4.3 : variation des températures à l'intérieur du poulailler

La figure représente les variations des températures des différents niveaux du prototype. On remarque que la température ambiante (T3) augmente avec le temps ainsi jusqu'à atteindre un maximum de 31°C vers 14h23 ainsi que la température après échangeur indirect (T2), ceci peut être expliqué par le non-fonctionnement de l'échangeur indirect (pas de refroidissement à ce niveau).

La différence de température avant et après humidification reste égale à 9°C et la température de la cuve de stockage reste quasi-stable durant la journée sauf dans les cas de remplissage.

Nom de l'appareil: EXTERN		26/05/2024			
Temps du démarrage: 26/05/2024 10:23:41		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 26/05/2024 15:23:41	T1 [°C]	20,7	24,6	22,394	-195,0/400,0
Canaux de mesure: 4	T2 [°C]	23,2	29,5	27,732	-195,0/400,0
Valeurs: 31	T3 [°C]	21,4	31,0	28,916	-195,0/400,0
SN 40735552	T4 [°C]	18,5	22,2	20,187	-195,0/400,0

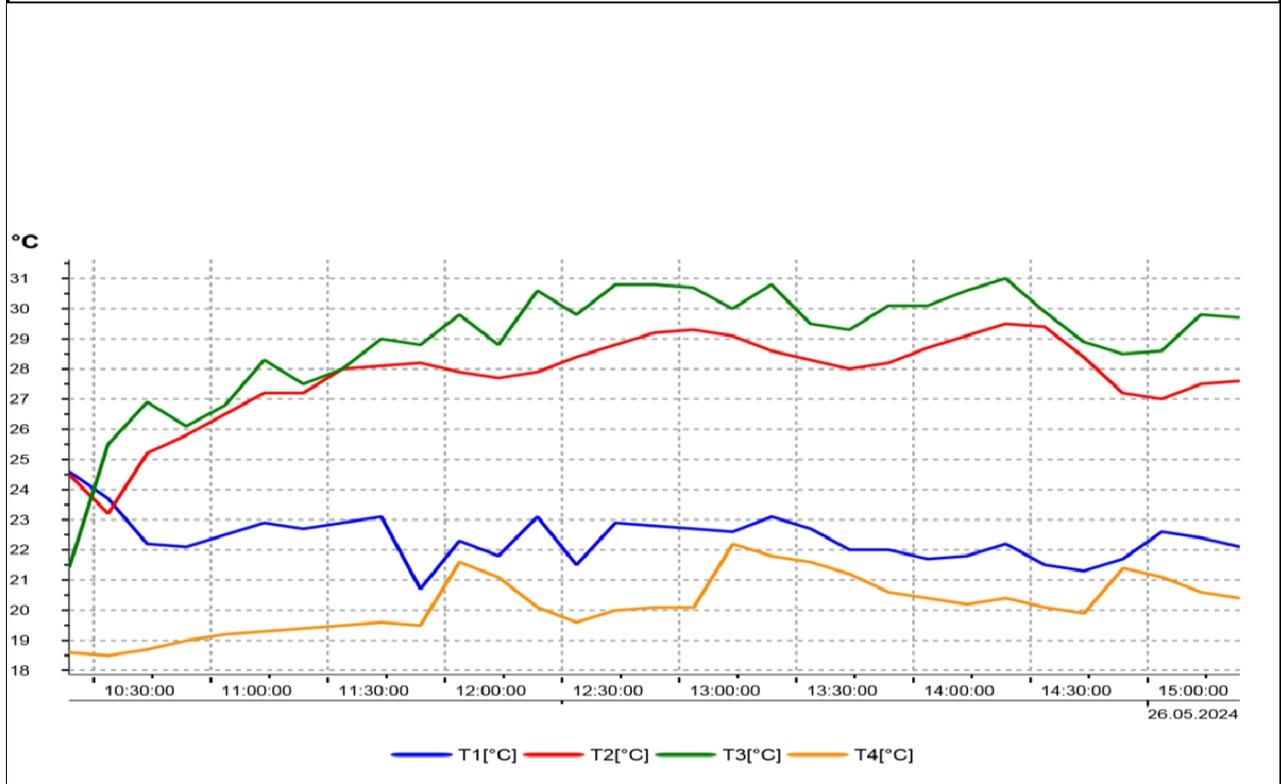


Figure4.4 : variation des températures à l'extérieur du poulailler

La variation de l'humidité relative (HR) le long de la journée est représentée en figures 4.5 jusqu'au figure 4.8 dans différents emplacements.

Placement du thermo hygromètre à l'extérieur/Intérieur du poulailler :

À heure de démarrage jusqu'à 11h07 le thermo hygromètre est placé à l'extérieur du poulailler pour mesure l'humidité de l'air ambiant, l'humidité enregistrée à l'extérieur cette journée est des environs de 50% avec une température ambiante de 28°C. Contrairement qu'à l'intérieur du poulailler, l'humidité relative est de 72% avec une température de 24°C descendante.

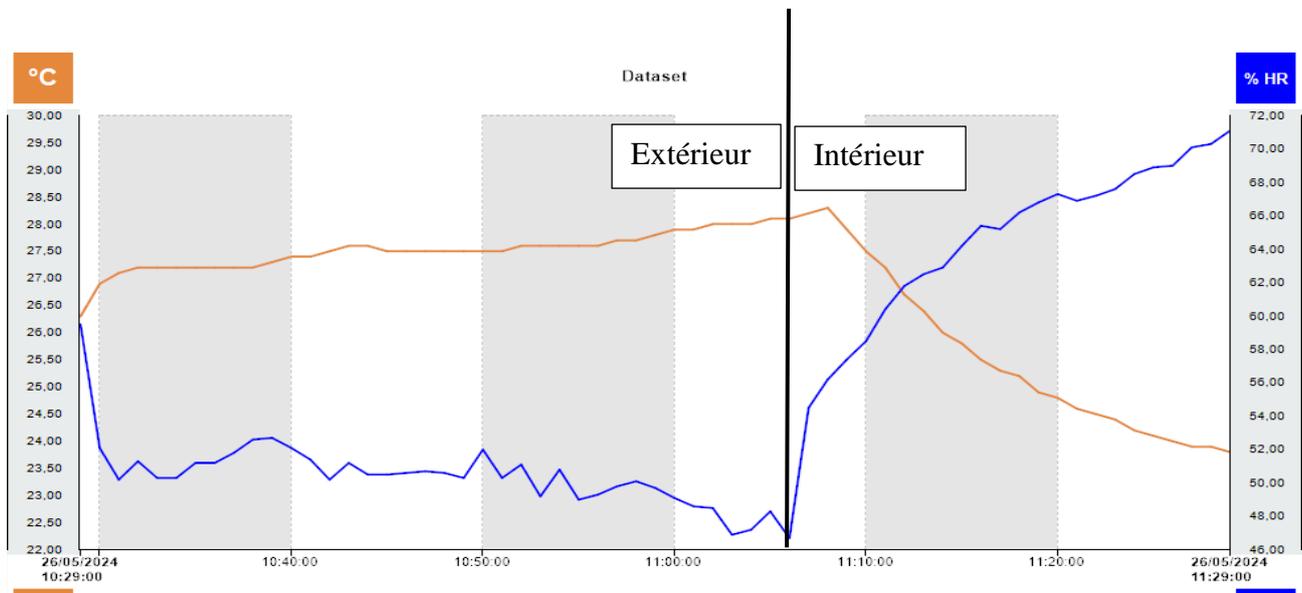


Figure 4.5 : variation d’humidité et température en fonction du temps

Placement du thermo hygromètre dans le prototype (entre les deux échangeurs)

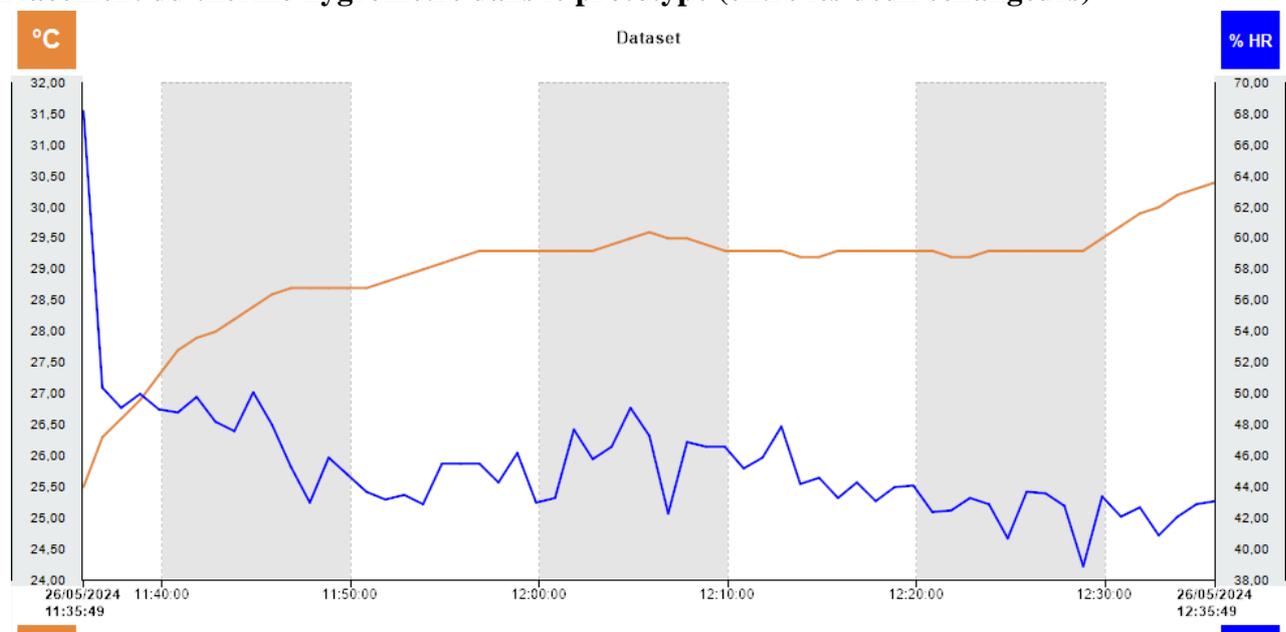


Figure 4.6 : représente les variations humidité et températures

Placement du thermo hygromètre dans la canalisation

Placer le thermo hygromètre à l’intérieur de la canalisation de soufflage nous décrit un profil de température de soufflage de l’ordre de 21°C (31°C à l’extérieur) avec une humidité de soufflage importante de l’ordre de 78%.

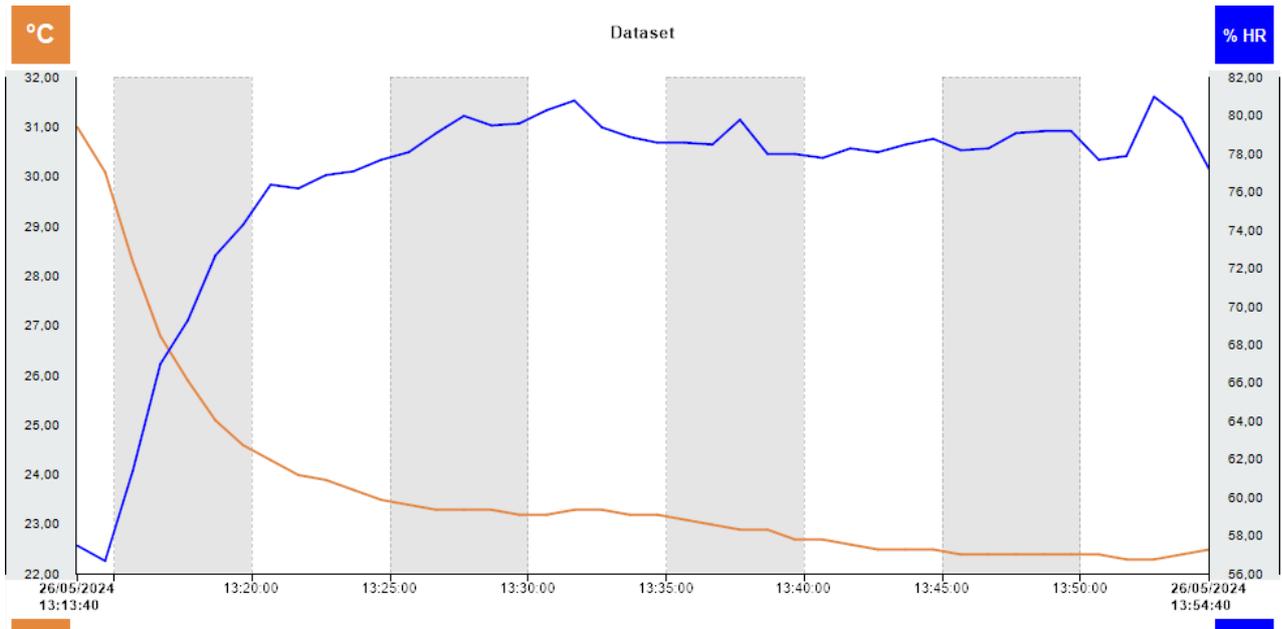


Figure 4.7 : variation d'humidité et température

Placement du thermo hygromètre à l'extérieur :

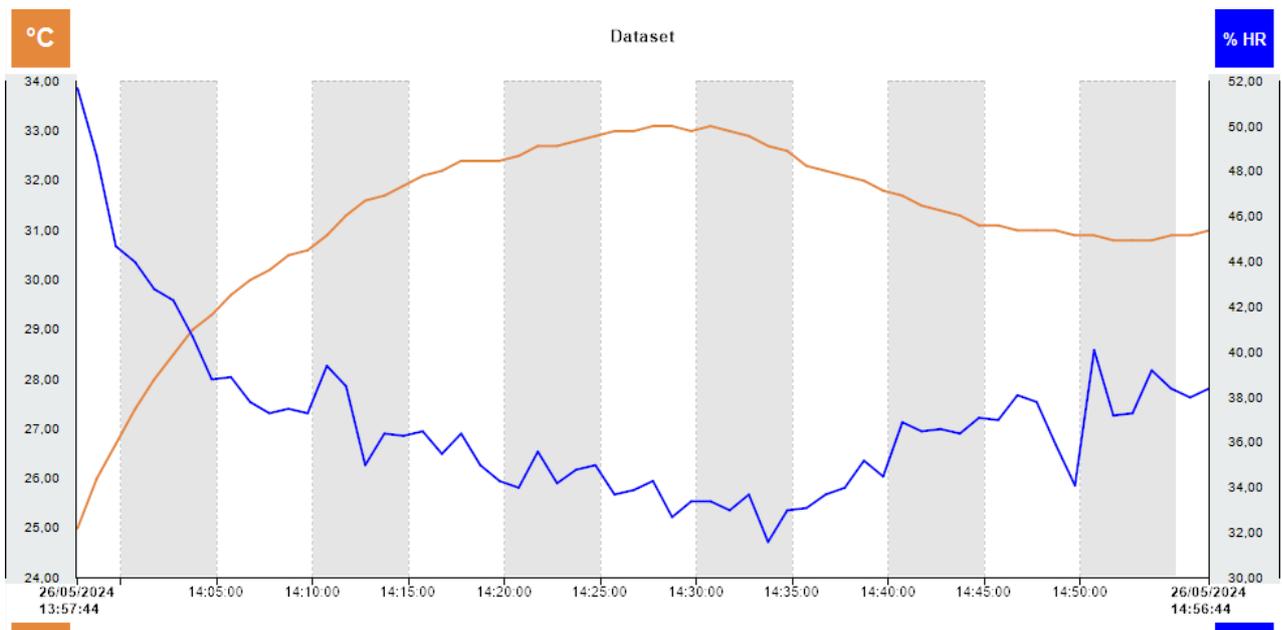


Figure 4.8 : variation d'humidité et température

Journée 29/05/2024

La figure 4.9 représente la variation des températures à l'intérieur du poulailler pour la Journée du 29/05/2024 on Remarque d'après les courbes que les températures chutent pour atteindre la température de 22.1 °C au début des expériences. Une augmentation légère de 2°C est notée à partir

d'un certain temps d'expérimentation, ceci est causé principalement par l'intervention d'une équipe de l'ITELV (contrôle et enregistrement vidéo) à l'intérieur du poulailler.

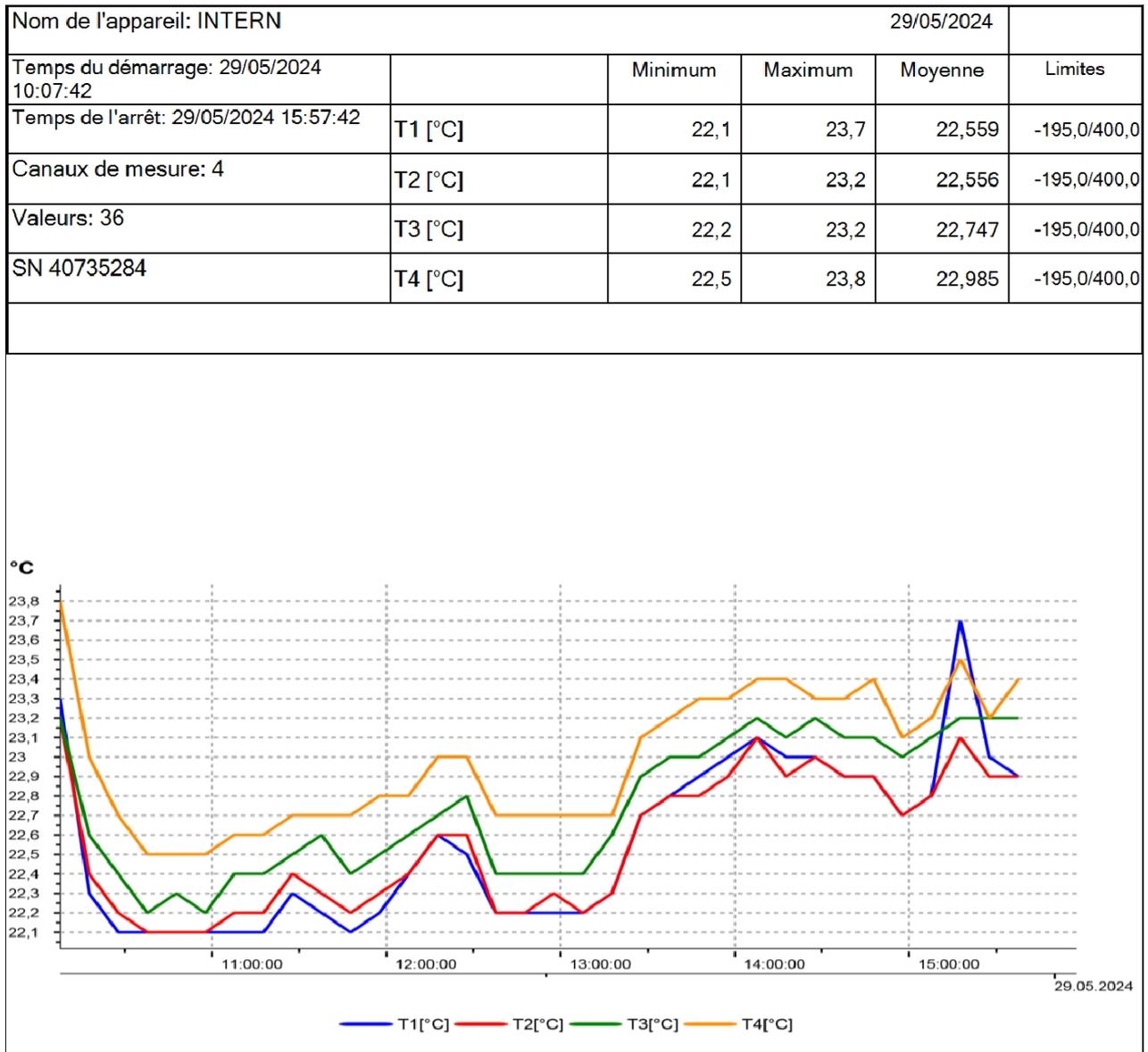


Figure 4.9 : variation des températures

La variation des températures des différents niveaux du prototype sont démontrées en figure 4.10. La température minimale que le système a pu fournir était de l'ordre de **19°C** avec un maximum de température ambiante de **29°C** vers 13h00.

La température à l'intérieur de la cuve de stockage est clairement importante cette journée par rapport aux journées précédentes, ceci est causé par le nettoyage et le remplissage de cette dernière avec de l'eau stocké à l'intérieur du poulailler.

Nom de l'appareil: EXTERN		29/05/2024			
Temps du démarrage: 29/05/2024 10:08:46		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 29/05/2024 15:58:46	T1 [°C]	19,6	23,3	20,941	-195,0/400,0
Canaux de mesure: 4	T2 [°C]	22,3	25,6	24,235	-195,0/400,0
Valeurs: 36	T3 [°C]	22,6	29,1	26,118	-195,0/400,0
SN 40735552	T4 [°C]	20,9	23,3	22,112	-195,0/400,0

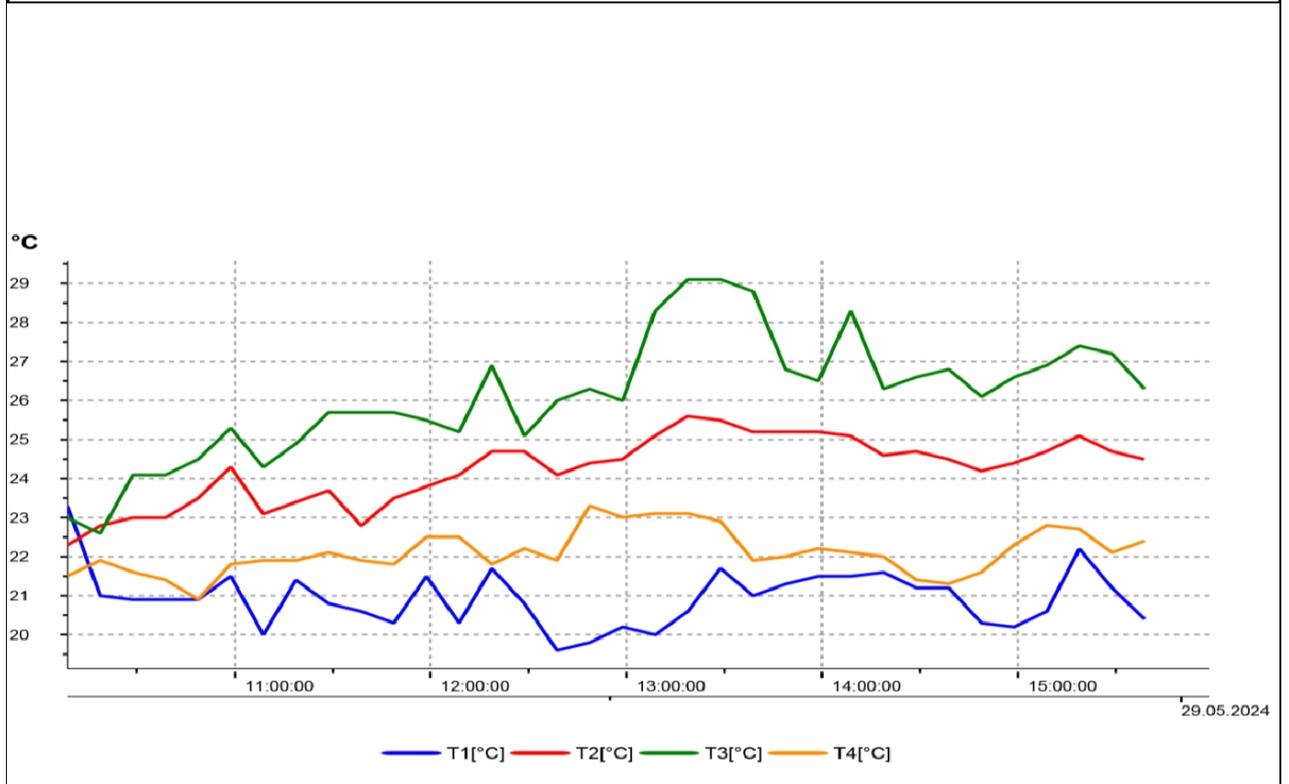


Figure 4.10 : variation des températures à l'extérieur du poulailler

Variation de l'humidité en différents niveaux :

Des thermo-hygromètres de type *Testo* ont été utilisés dans cette journée afin de visualiser l'évolution de l'humidité relative ainsi que la température correspondante en fonction du temps dans les différents emplacements, à savoir, trois appareils dans à l'intérieur du poulailler, un à l'intérieur du prototype et un dernier au niveau de la canalisation de soufflage.

Les figures 4.11 au 4.15 illustrent ces variations durant la journée du 26 Mai 2024.

Nom de l'appareil: PROTOTYPE		29/05/2024			
Temps du démarrage: 29/05/2024 10:24:39		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 29/05/2024 15:54:39	TpHp [%HR]	63,2	75,1	69,079	0,0/100,0
Canaux de mesure: 2	TpHp [°C]	23,1	26,0	24,568	-20,0/55,0
Valeurs: 34					
SN 44658458					

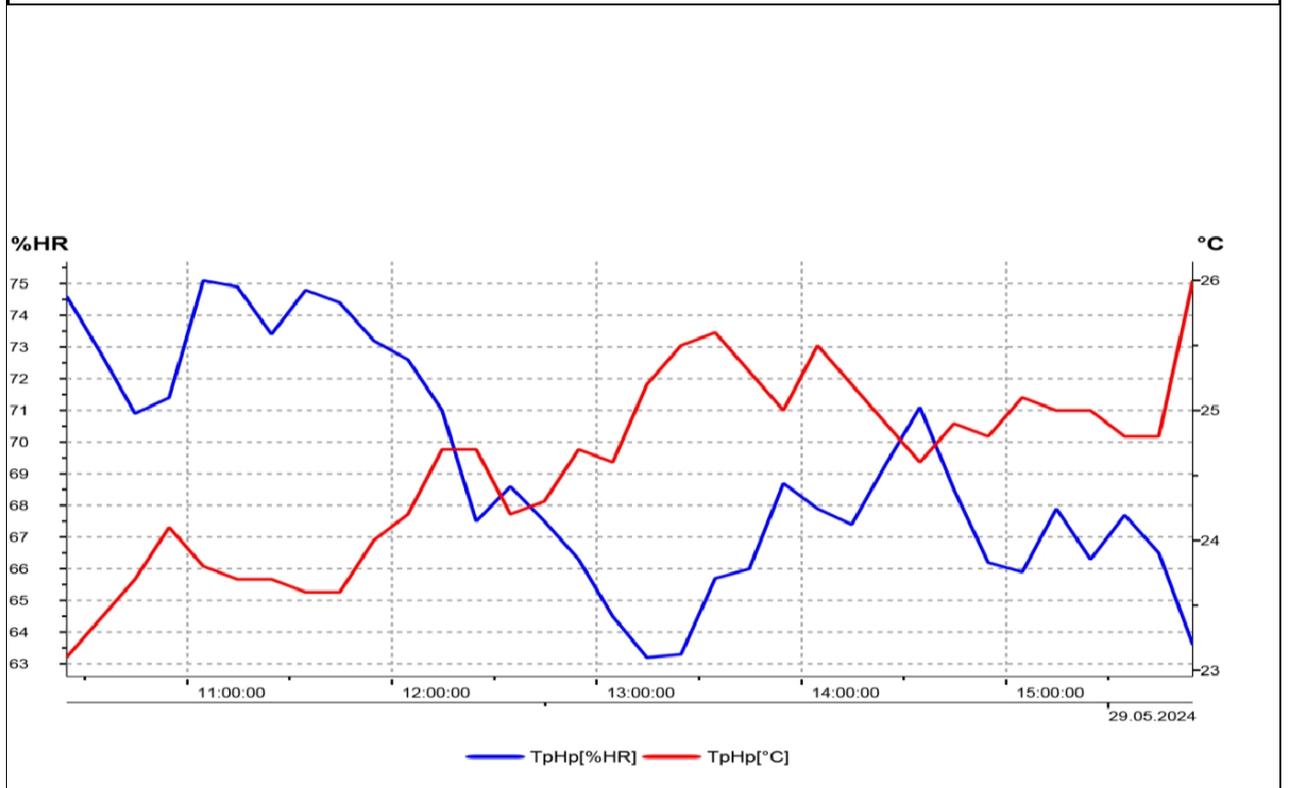


Figure 4.11 : variation d'humidité et température à l'intérieur du prototype (point 2)

Nom de l'appareil: AMB		29/05/2024			
Temps du démarrage: 29/05/2024 10:08:53		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 29/05/2024 15:48:53	TambHamb [%HR]	48,2	68,9	61,017	0,0/100,0
Canaux de mesure: 2	TambHamb [°C]	24,0	31,1	26,397	-20,0/55,0
Valeurs: 35					
SN 44660010					

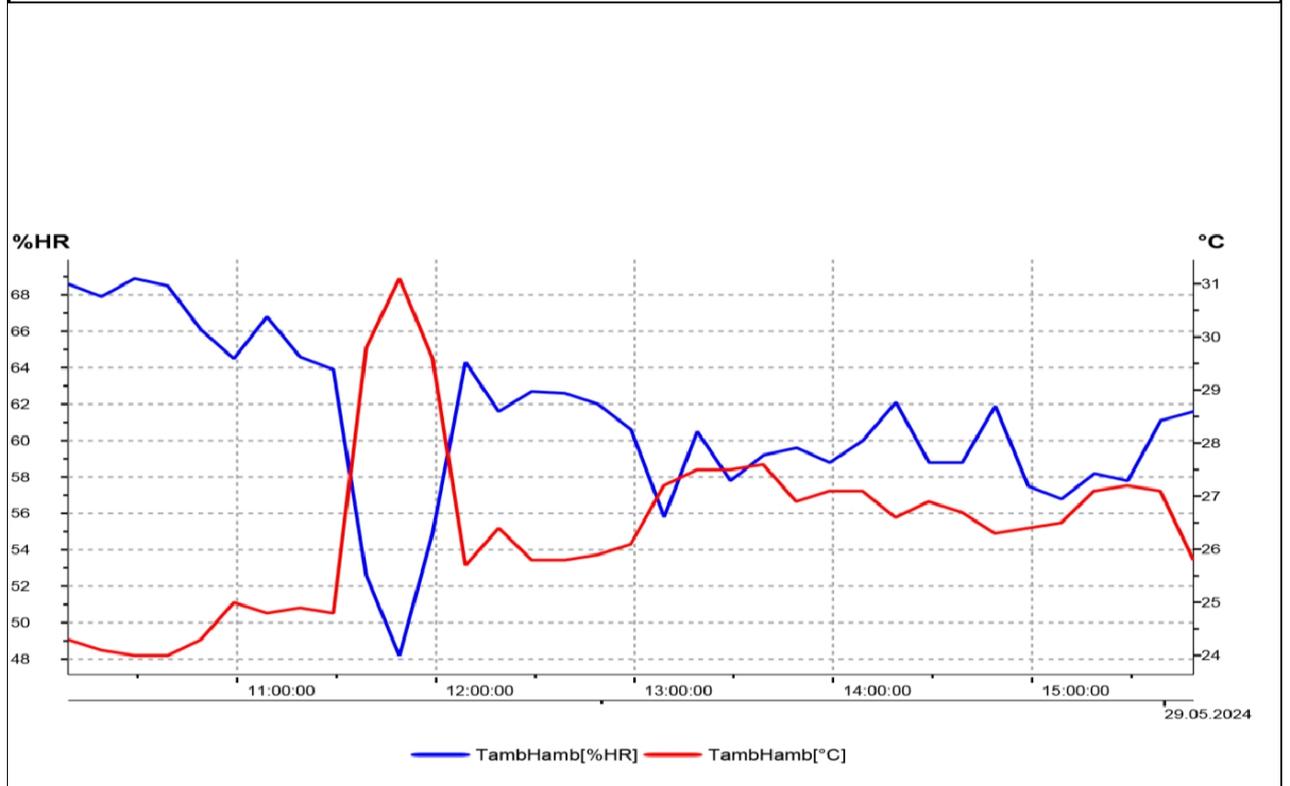


Figure 4.12 : variation d'humidité et température en fonction de temps du **milieu extérieur**.

Nom de l'appareil: AU FOND POUL		29/05/2024			
Temps du démarrage: 29/05/2024 10:07:59		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 29/05/2024 15:47:59	T1'H1' [%HR]	72,7	88,1	85,454	0,0/100,0
Canaux de mesure: 2	T1'H1' [°C]	22,4	23,4	22,880	-20,0/55,0
Valeurs: 35					
SN 44658452					

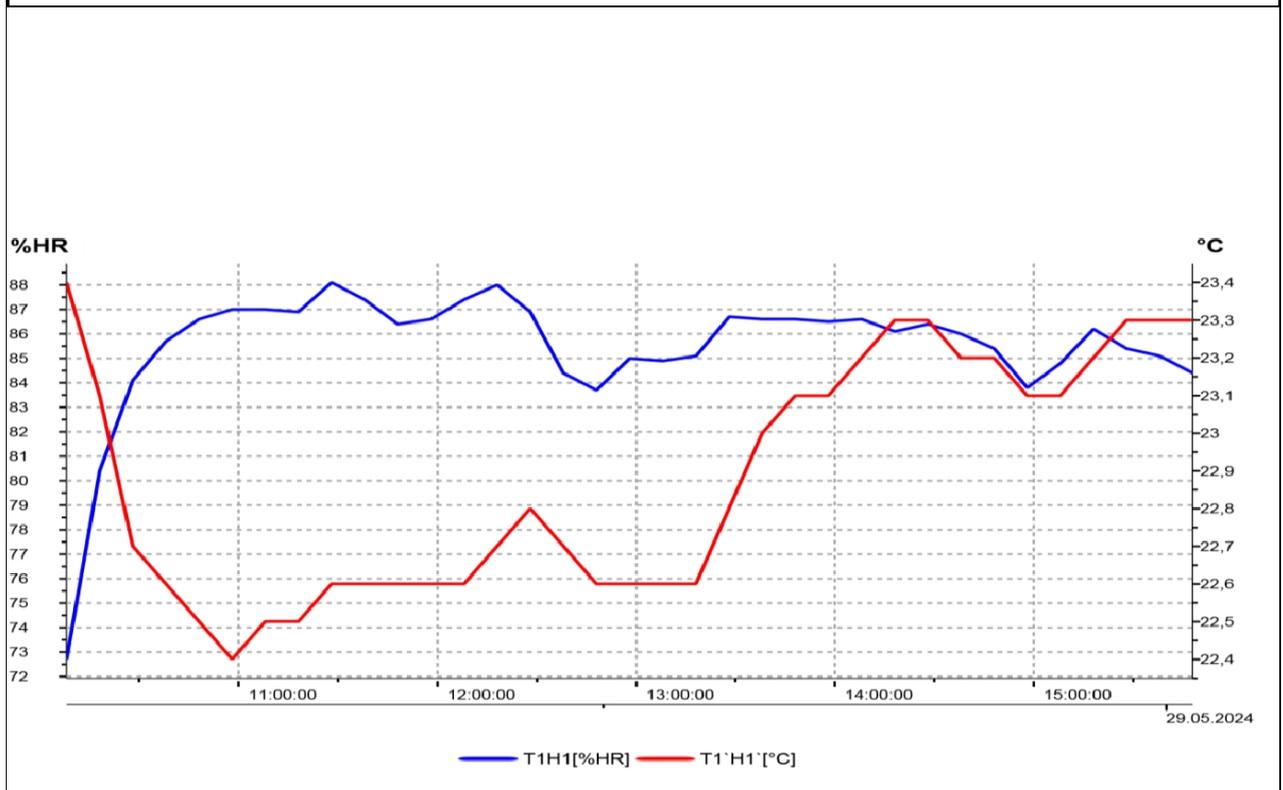
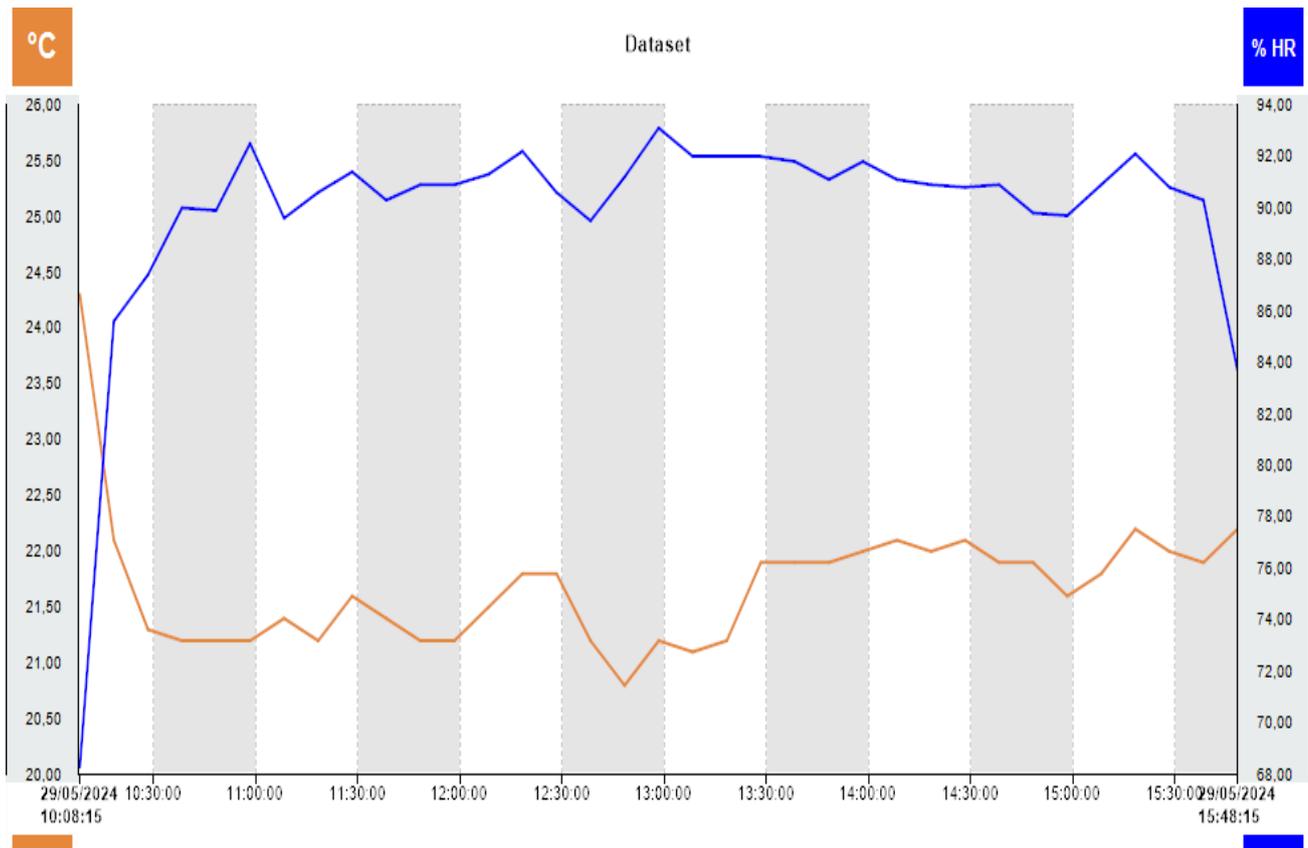


Figure 4.14 : Variation d'humidité et température en fonction de temps au fond du poulailler



La figure 4.15 : variation de l'humidité et la température à l'intérieur des canalisations.

1.2 Vitesse d'air en fonction du temps :

La vitesse d'écoulement de l'air à la sortie des bouches de soufflage est enregistrée à l'aide d'un anémomètre et est représentée en figure 4.16 (une seule mesure est présentée).

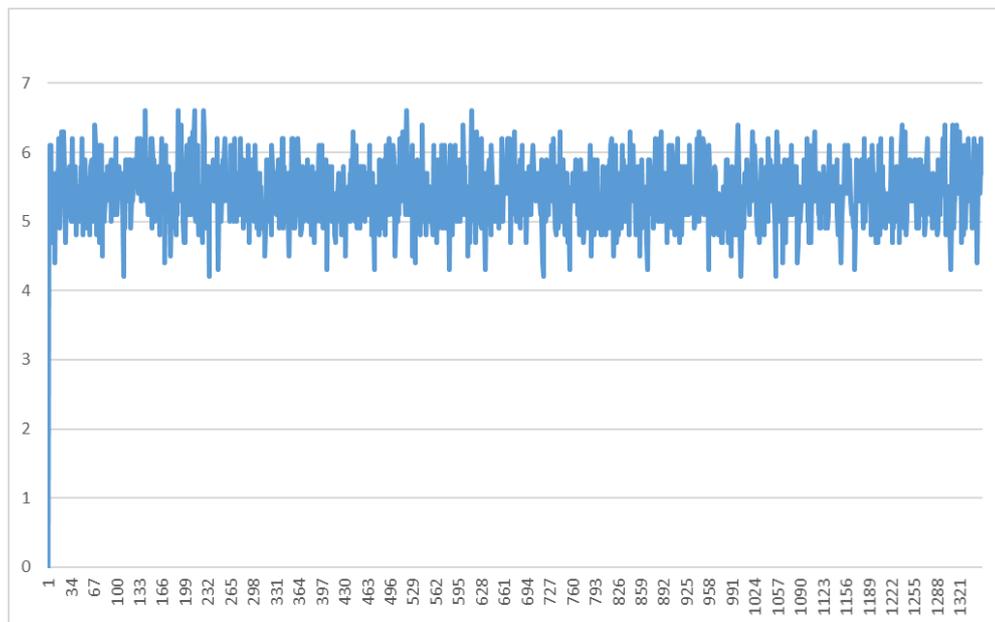


Figure4.16 variation de la vitesse en fonction du temps/s

La vitesse d'écoulement nous permettra de calculer le débit volumique de soufflage et ainsi calculer la puissance de rafraîchissement produite par le système évaporatif réalisé.

Conclusion

Le prototype du système de refroidissement évaporatif a montré des résultats prometteurs en termes de réduction de la température, de consommation d'énergie et d'impact environnemental. Cependant, son efficacité varie en fonction des conditions d'humidité relative de l'air extérieur, ce qui pourrait nécessiter des améliorations supplémentaires pour une performance optimale dans divers environnements climatiques.

Cette phase finale a non seulement validé les hypothèses initiales mais a également offert une feuille de route claire pour l'optimisation continue du système, assurant ainsi un environnement sain et confortable pour les poussins.

Les prochaines étapes recommanderont de poursuivre les tests dans des conditions variées, d'explorer des matériaux améliorant l'efficacité d'évaporation et d'intégrer des systèmes de contrôle automatisés pour optimiser les performances en temps réel. Ces ajustements permettront d'augmenter la fiabilité et l'efficacité du système, faisant de ce prototype une solution viable pour le refroidissement durable.

Conclusion générale :

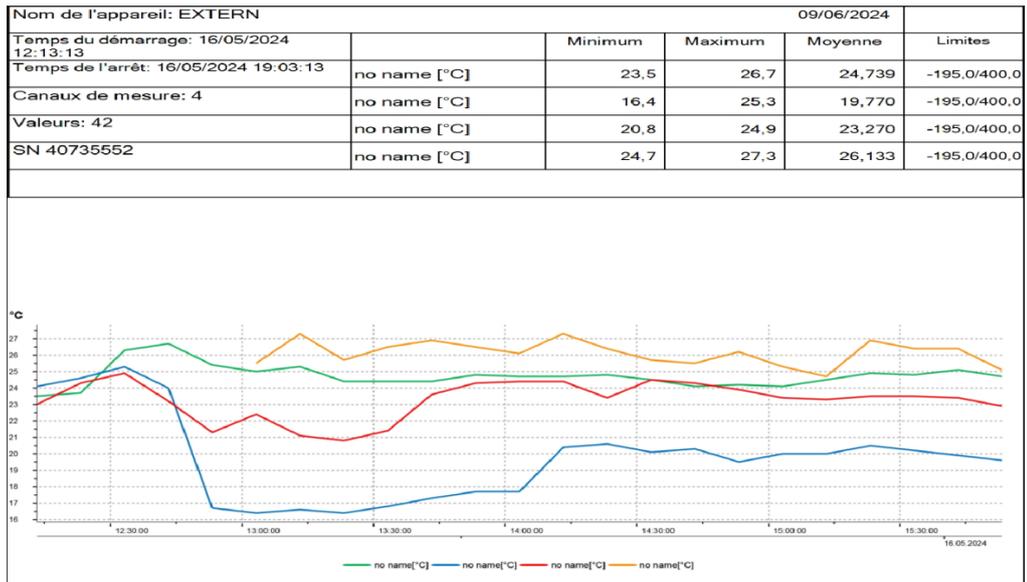
Ce mémoire a exploré de manière approfondie l'application du refroidissement évaporatif dans les poulaillers, en suivant une méthodologie structurée. Initialement, nous avons examiné le principe de fonctionnement du prototype de refroidissement évaporatif, mettant en lumière ses mécanismes théoriques et les fondements de son efficacité. Par la suite, nous avons procédé à la vérification de la modélisation théorique à l'aide de données expérimentales collectées dans le poulailler étudié à l'institut Technique des Élevages (ITELV) de Baba Ali. Les tests pratiques ont ensuite été entrepris pour évaluer les performances réelles du système de refroidissement évaporatif dans des conditions climatiques variées. Ces tests ont permis de confirmer l'efficacité du prototype dans le maintien de conditions environnementales optimales pour les oiseaux d'élevage, contribuant ainsi à améliorer leur bien-être et leur productivité.

Les résultats obtenus ont démontré que le refroidissement évaporatif représente une solution viable et économique pour atténuer les défis de surchauffe rencontrés dans les poulaillers, surtout dans les régions à climat chaud. Comparé à d'autres méthodes de régulation thermique, le refroidissement évaporatif s'est distingué par sa capacité à maintenir des conditions stables tout en réduisant les coûts opérationnels pour les éleveurs.

En conclusion, cette étude a non seulement enrichi notre compréhension du refroidissement évaporatif dans le contexte spécifique de l'élevage avicole, mais elle a également fourni des recommandations pratiques pour son implémentation efficace. Ces connaissances peuvent être précieuses pour améliorer la durabilité et la rentabilité de l'industrie avicole à l'échelle nationale, tout en ouvrant la voie à de futures innovations dans le domaine de la gestion environnementale des installations d'élevage.

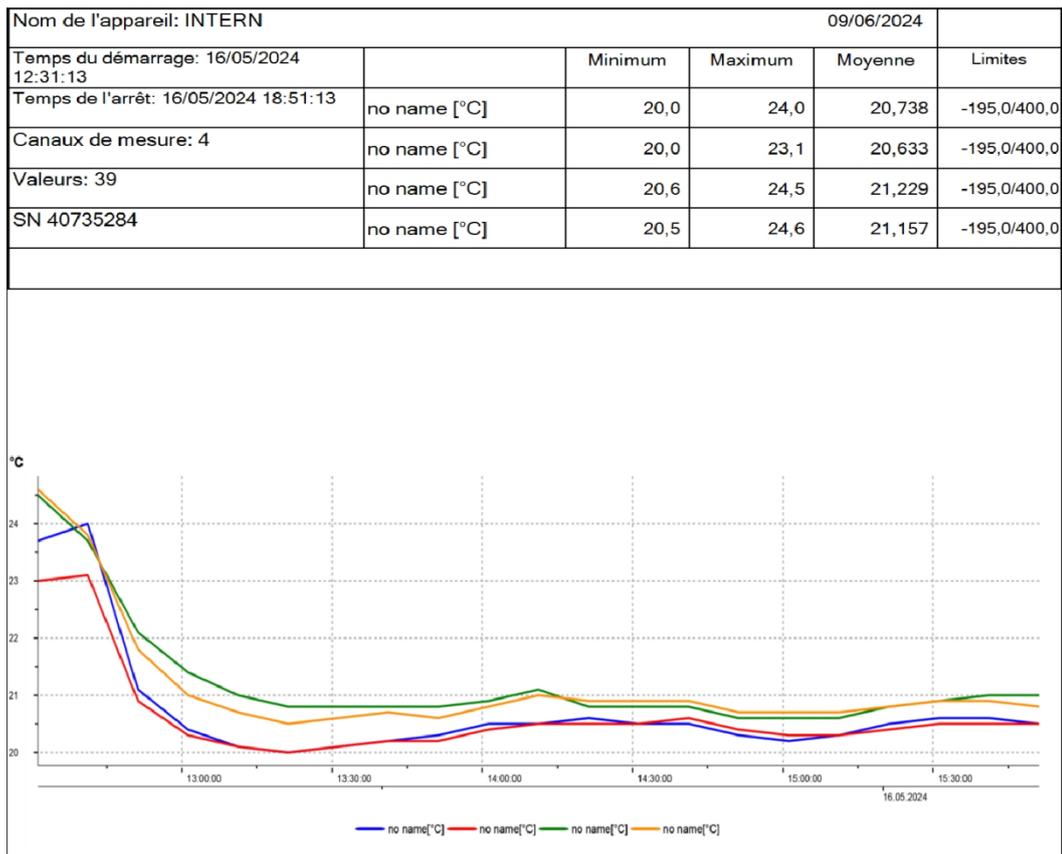
Annexe :

16/05/2024



ID	Date / Heure	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]
1	16/05/2024 12:13:13	23.5	24.1	23.0	----
2	16/05/2024 12:23:13	23.7	24.6	24.3	----
3	16/05/2024 12:33:13	26.3	25.3	24.9	----
4	16/05/2024 12:43:13	26.7	24.0	23.2	----
5	16/05/2024 12:53:13	25.4	16.7	21.3	----
6	16/05/2024 13:03:13	25.0	16.4	22.4	25.5
7	16/05/2024 13:13:13	25.3	16.6	21.1	27.3
8	16/05/2024 13:23:13	24.4	16.4	20.8	25.7
9	16/05/2024 13:33:13	24.4	16.8	21.4	26.5
10	16/05/2024 13:43:13	24.4	17.3	23.6	26.9
11	16/05/2024 13:53:13	24.8	17.7	24.3	26.5
12	16/05/2024 14:03:13	24.7	17.7	24.4	26.1
ID	Date / Heure	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]
13	16/05/2024 14:13:13	24.7	20.4	24.4	27.3
14	16/05/2024 14:23:13	24.8	20.6	23.4	26.4
15	16/05/2024 14:33:13	24.5	20.1	24.5	25.7
16	16/05/2024 14:43:13	24.1	20.3	24.3	25.5
17	16/05/2024 14:53:13	24.2	19.5	23.9	26.2
18	16/05/2024 15:03:13	24.1	20.0	23.4	25.3
19	16/05/2024 15:13:13	24.5	20.0	23.3	24.7
20	16/05/2024 15:23:13	24.9	20.5	23.5	26.9
21	16/05/2024 15:33:13	24.8	20.2	23.5	26.4
22	16/05/2024 15:43:13	25.1	19.9	23.4	26.4
23	16/05/2024 15:53:13	24.7	19.6	22.9	25.1
24	16/05/2024 16:03:13	----	----	----	----

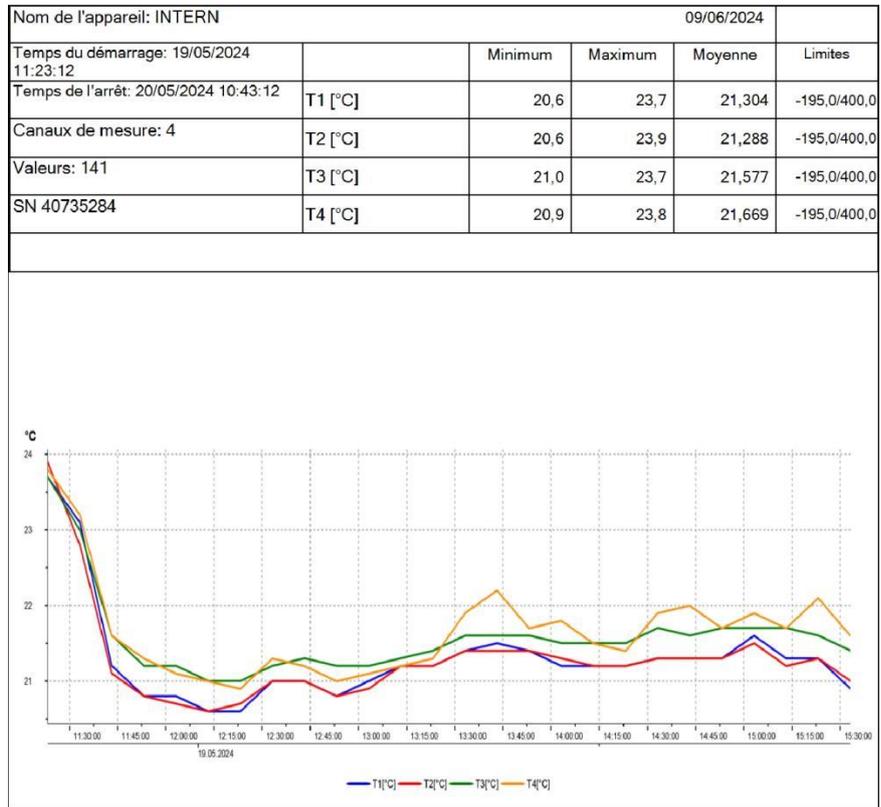
16/05/2024



ID	Date / Heure	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]
1	16/05/2024 12:31:13	23.7	23.0	24.5	24.6
2	16/05/2024 12:41:13	24.0	23.1	23.7	23.8
3	16/05/2024 12:51:13	21.1	20.9	22.1	21.8
4	16/05/2024 13:01:13	20.4	20.3	21.4	21.0
5	16/05/2024 13:11:13	20.1	20.1	21.0	20.7
6	16/05/2024 13:21:13	20.0	20.0	20.8	20.5
7	16/05/2024 13:31:13	20.1	20.1	20.8	20.6
8	16/05/2024 13:41:13	20.2	20.2	20.8	20.7
9	16/05/2024 13:51:13	20.3	20.2	20.8	20.6
10	16/05/2024 14:01:13	20.5	20.4	20.9	20.8
11	16/05/2024 14:11:13	20.5	20.5	21.1	21.0
12	16/05/2024 14:21:13	20.6	20.5	20.8	20.9
ID	Date / Heure	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]
13	16/05/2024 14:31:13	20.5	20.5	20.8	20.9
14	16/05/2024 14:41:13	20.5	20.6	20.8	20.9
15	16/05/2024 14:51:13	20.3	20.4	20.6	20.7
16	16/05/2024 15:01:13	20.2	20.3	20.6	20.7
17	16/05/2024 15:11:13	20.3	20.3	20.6	20.7

18	16/05/2024 15:21:13	20.5	20.4	20.8	20.8
19	16/05/2024 15:31:13	20.6	20.5	20.9	20.9
20	16/05/2024 15:41:13	20.6	20.5	21.0	20.9
21	16/05/2024 15:51:13	20.5	20.5	21.0	20.8

19/06/2024

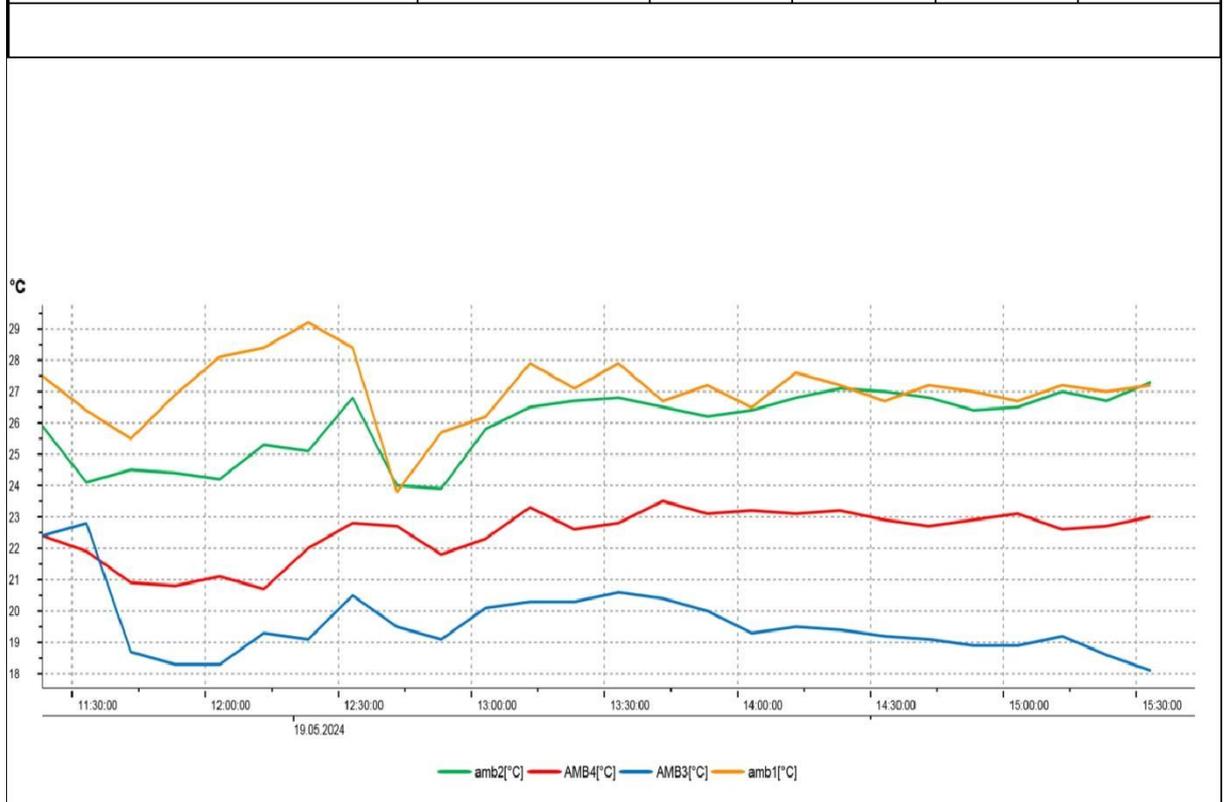


ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
1	19/05/2024 11:23:12	23.7	23.9	23.7	23.8
2	19/05/2024 11:33:12	23.1	22.8	23.0	23.2
3	19/05/2024 11:43:12	21.2	21.1	21.6	21.6
4	19/05/2024 11:53:12	20.8	20.8	21.2	21.3
5	19/05/2024 12:03:12	20.8	20.7	21.2	21.1
6	19/05/2024 12:13:12	20.6	20.6	21.0	21.0
7	19/05/2024 12:23:12	20.6	20.7	21.0	20.9
8	19/05/2024 12:33:12	21.0	21.0	21.2	21.3
9	19/05/2024 12:43:12	21.0	21.0	21.3	21.2
10	19/05/2024 12:53:12	20.8	20.8	21.2	21.0
11	19/05/2024 13:03:12	21.0	20.9	21.2	21.1
12	19/05/2024 13:13:12	21.2	21.2	21.3	21.2
ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]

13	19/05/2024 13:23:12	21.2	21.2	21.4	21.3
14	19/05/2024 13:33:12	21.4	21.4	21.6	21.9
15	19/05/2024 13:43:12	21.5	21.4	21.6	22.2
16	19/05/2024 13:53:12	21.4	21.4	21.6	21.7
17	19/05/2024 14:03:12	21.2	21.3	21.5	21.8
18	19/05/2024 14:13:12	21.2	21.2	21.5	21.5
19	19/05/2024 14:23:12	21.2	21.2	21.5	21.4
20	19/05/2024 14:33:12	21.3	21.3	21.7	21.9
21	19/05/2024 14:43:12	21.3	21.3	21.6	22.0
22	19/05/2024 14:53:12	21.3	21.3	21.7	21.7
23	19/05/2024 15:03:12	21.6	21.5	21.7	21.9
24	19/05/2024 15:13:12	21.3	21.2	21.7	21.7
25	19/05/2024 15:23:12	21.3	21.3	21.6	22.1
26	19/05/2024 15:33:12	20.9	21.0	21.4	21.6

19/05/2024

Nom de l'appareil: EXTERN		09/06/2024			
Temps du démarrage: 19/05/2024 11:23:12		Minimum	Maximum	Moyenne	Limites
Temps de l'arrêt: 20/05/2024 10:43:12	amb2 [°C]	23,9	27,3	25,950	-195,0/400,0
Canaux de mesure: 4	AMB4 [°C]	20,7	23,5	22,465	-195,0/400,0
Valeurs: 141	AMB3 [°C]	18,1	22,8	19,612	-195,0/400,0
SN 40735552	amb1 [°C]	23,8	29,2	27,046	-195,0/400,0



ID	Date / Heure	amb2 [°C]	AMB4 [°C]	AMB3 [°C]	amb1 [°C]
1	19/05/2024 11:23:12	25.9	22.4	22.4	27.5
2	19/05/2024 11:33:12	24.1	21.9	22.8	26.4
3	19/05/2024 11:43:12	24.5	20.9	18.7	25.5
4	19/05/2024 11:53:12	24.4	20.8	18.3	26.9
5	19/05/2024 12:03:12	24.2	21.1	18.3	28.1
6	19/05/2024 12:13:12	25.3	20.7	19.3	28.4
7	19/05/2024 12:23:12	25.1	22.0	19.1	29.2
8	19/05/2024 12:33:12	26.8	22.8	20.5	28.4
9	19/05/2024 12:43:12	24.0	22.7	19.5	23.8
10	19/05/2024 12:53:12	23.9	21.8	19.1	25.7
11	19/05/2024 13:03:12	25.8	22.3	20.1	26.2
12	19/05/2024 13:13:12	26.5	23.3	20.3	27.9
ID	Date / Heure	amb2 [°C]	AMB4 [°C]	AMB3 [°C]	amb1 [°C]
13	19/05/2024 13:23:12	26.7	22.6	20.3	27.1
14	19/05/2024 13:33:12	26.8	22.8	20.6	27.9
15	19/05/2024 13:43:12	26.5	23.5	20.4	26.7
16	19/05/2024 13:53:12	26.2	23.1	20.0	27.2
17	19/05/2024 14:03:12	26.4	23.2	19.3	26.5
18	19/05/2024 14:13:12	26.8	23.1	19.5	27.6
19	19/05/2024 14:23:12	27.1	23.2	19.4	27.2
20	19/05/2024 14:33:12	27.0	22.9	19.2	26.7
21	19/05/2024 14:43:12	26.8	22.7	19.1	27.2
22	19/05/2024 14:53:12	26.4	22.9	18.9	27.0
23	19/05/2024 15:03:12	26.5	23.1	18.9	26.7
24	19/05/2024 15:13:12	27.0	22.6	19.2	27.2
25	19/05/2024 15:23:12	26.7	22.7	18.6	27.0
26	19/05/2024 15:33:12	27.3	23.0	18.1	27.2

21/05/2024 :

ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
1	21/05/2024 10:33:59	21.1	20.9	21.1	21.2
2	21/05/2024 10:43:59	19.4	19.2	19.7	20.1
3	21/05/2024 10:53:59	18.8	18.8	19.3	19.3
4	21/05/2024 11:03:59	18.6	18.6	19.0	19.0
5	21/05/2024 11:13:59	18.6	18.6	19.0	19.0
6	21/05/2024 11:23:59	19.0	19.0	19.2	19.4
7	21/05/2024 11:33:59	19.1	19.2	19.4	19.5
8	21/05/2024 11:43:59	19.0	19.1	19.4	19.5

9	21/05/2024 11:53:59	19.0	19.0	19.4	19.5
10	21/05/2024 12:03:59	19.1	19.1	19.4	19.5
11	21/05/2024 12:13:59	19.2	19.2	19.6	19.7
12	21/05/2024 12:23:59	19.4	19.4	19.7	19.8
ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
13	21/05/2024 12:33:59	19.3	19.3	19.7	19.7
14	21/05/2024 12:43:59	19.3	19.3	19.7	19.8
15	21/05/2024 12:53:59	19.3	19.3	19.7	19.8
16	21/05/2024 13:03:59	19.5	19.4	19.8	19.8
17	21/05/2024 13:13:59	19.4	19.4	19.7	19.7
18	21/05/2024 13:23:59	19.7	19.6	20.0	19.9
19	21/05/2024 13:33:59	19.7	19.6	20.0	20.1
20	21/05/2024 13:43:59	19.9	19.9	20.2	20.4
21	21/05/2024 13:53:59	20.1	20.0	20.3	20.3
22	21/05/2024 14:03:59	20.2	20.1	20.4	20.4
23	21/05/2024 14:13:59	20.3	20.2	20.6	20.5
24	21/05/2024 14:23:59	20.2	20.2	20.6	20.5
25	21/05/2024 14:33:59	20.5	20.4	20.7	20.7
26	21/05/2024 14:43:59	20.5	20.4	20.8	20.7
27	21/05/2024 14:53:59	20.8	20.7	21.1	21.0
28	21/05/2024 15:03:59	----	----	----	----
29	21/05/2024 15:13:59	----	----	----	----

21/05/2024 :

ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
1	21/05/2024 10:31:30	16.9	20.6	21.3	18.2
2	21/05/2024 10:41:30	16.7	21.1	22.1	17.8
3	21/05/2024 10:51:30	16.3	21.9	21.9	16.1
4	21/05/2024 11:01:30	16.1	21.8	23.0	15.6
5	21/05/2024 11:11:30	16.7	22.3	23.5	17.6
6	21/05/2024 11:21:30	17.5	22.0	23.5	19.4
7	21/05/2024 11:31:30	18.1	22.8	23.1	18.5
8	21/05/2024 11:41:30	17.6	22.6	23.0	17.7
9	21/05/2024 11:51:30	17.5	22.7	23.2	17.1
10	21/05/2024 12:01:30	17.1	22.7	24.1	16.7
11	21/05/2024 12:11:30	17.6	24.0	25.0	16.5
12	21/05/2024 12:21:30	17.8	24.1	25.6	16.5
ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
13	21/05/2024 12:31:30	17.8	24.1	26.1	16.4
14	21/05/2024 12:41:30	17.4	24.1	26.3	16.4

15	21/05/2024 12:51:30	18.2	24.7	26.7	16.4
16	21/05/2024 13:01:30	17.0	24.2	26.1	16.4
17	21/05/2024 13:11:30	17.3	24.4	26.2	16.4
18	21/05/2024 13:21:30	17.9	24.7	26.4	16.4
19	21/05/2024 13:31:30	17.5	25.2	26.2	16.4
20	21/05/2024 13:41:30	17.9	25.5	26.5	16.4
21	21/05/2024 13:51:30	17.9	25.5	26.8	16.4
22	21/05/2024 14:01:30	18.3	25.6	26.9	16.6
23	21/05/2024 14:11:30	18.6	25.9	26.5	17.0
24	21/05/2024 14:21:30	18.4	27.3	26.0	17.3
25	21/05/2024 14:31:30	18.7	27.6	26.7	17.7
26	21/05/2024 14:41:30	19.0	27.0	26.0	17.5
27	21/05/2024 14:51:30	20.4	27.5	25.9	21.8
28	21/05/2024 15:01:30	----	----	----	----
29	21/05/2024 15:11:30	----	----	----	----

26/05/2024 :

ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
1	26/05/2024 10:25:45	24.9	24.9	25.3	25.0
2	26/05/2024 10:35:45	23.4	23.2	23.8	24.4
3	26/05/2024 10:45:45	22.6	22.4	22.6	23.3
4	26/05/2024 10:55:45	22.3	22.1	22.4	22.7
5	26/05/2024 11:05:45	22.3	22.2	22.4	22.7
6	26/05/2024 11:15:45	22.5	22.3	22.5	22.9
7	26/05/2024 11:25:45	22.4	22.3	22.5	22.8
8	26/05/2024 11:35:45	22.5	22.5	22.6	23.1
9	26/05/2024 11:45:45	22.7	22.6	22.8	23.2
10	26/05/2024 11:55:45	22.6	22.5	22.7	23.1
11	26/05/2024 12:05:45	23.0	22.9	23.0	23.5
12	26/05/2024 12:15:45	23.1	23.0	23.1	23.5
ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
13	26/05/2024 12:25:45	22.8	22.7	22.9	23.2
14	26/05/2024 12:35:45	22.9	22.8	23.0	23.3
15	26/05/2024 12:45:45	23.1	23.0	23.3	23.5
16	26/05/2024 12:55:45	23.2	23.2	23.4	23.5
17	26/05/2024 13:05:45	23.3	23.2	23.4	23.9
18	26/05/2024 13:15:45	23.7	23.6	23.7	24.3
19	26/05/2024 13:25:45	23.7	23.5	23.7	24.0
20	26/05/2024 13:35:45	23.7	23.6	23.8	24.3
21	26/05/2024 13:45:45	23.4	23.3	23.5	24.1

22	26/05/2024 13:55:45	23.5	23.3	23.5	24.0
23	26/05/2024 14:05:45	23.5	23.3	23.5	24.1
24	26/05/2024 14:15:45	23.5	23.4	23.6	23.9
25	26/05/2024 14:25:45	23.7	23.6	23.8	24.4
26	26/05/2024 14:35:45	23.6	23.5	23.8	24.2
27	26/05/2024 14:45:45	23.2	23.1	23.5	24.0
28	26/05/2024 14:55:45	23.4	23.2	23.6	23.7
29	26/05/2024 15:05:45	23.7	23.5	23.8	24.3
30	26/05/2024 15:15:45	23.9	23.8	24.1	24.8
31	26/05/2024 15:25:45	24.1	23.9	23.9	26.5

26/05/2024 :

ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
1	26/05/2024 10:23:41	24.6	24.5	21.4	18.6
2	26/05/2024 10:33:41	23.7	23.2	25.5	18.5
3	26/05/2024 10:43:41	22.2	25.2	26.9	18.7
4	26/05/2024 10:53:41	22.1	25.8	26.1	19.0
5	26/05/2024 11:03:41	22.5	26.5	26.8	19.2
6	26/05/2024 11:13:41	22.9	27.2	28.3	19.3
7	26/05/2024 11:23:41	22.7	27.2	27.5	19.4
8	26/05/2024 11:33:41	22.9	28.0	28.0	19.5
9	26/05/2024 11:43:41	23.1	28.1	29.0	19.6
10	26/05/2024 11:53:41	20.7	28.2	28.8	19.5
11	26/05/2024 12:03:41	22.3	27.9	29.8	21.6
12	26/05/2024 12:13:41	21.8	27.7	28.8	21.1
ID	Date / Heure	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]
13	26/05/2024 12:23:41	23.1	27.9	30.6	20.1
14	26/05/2024 12:33:41	21.5	28.4	29.8	19.6
15	26/05/2024 12:43:41	22.9	28.8	30.8	20.0
16	26/05/2024 12:53:41	22.8	29.2	30.8	20.1
17	26/05/2024 13:03:41	22.7	29.3	30.7	20.1
18	26/05/2024 13:13:41	22.6	29.1	30.0	22.2
19	26/05/2024 13:23:41	23.1	28.6	30.8	21.8
20	26/05/2024 13:33:41	22.7	28.3	29.5	21.6
21	26/05/2024 13:43:41	22.0	28.0	29.3	21.2
22	26/05/2024 13:53:41	22.0	28.2	30.1	20.6
23	26/05/2024 14:03:41	21.7	28.7	30.1	20.4
24	26/05/2024 14:13:41	21.8	29.1	30.6	20.2
25	26/05/2024 14:23:41	22.2	29.5	31.0	20.4
26	26/05/2024 14:33:41	21.5	29.4	29.9	20.1

27	26/05/2024 14:43:41	21.3	28.4	28.9	19.9
28	26/05/2024 14:53:41	21.7	27.2	28.5	21.4
29	26/05/2024 15:03:41	22.6	27.0	28.6	21.1
30	26/05/2024 15:13:41	22.4	27.5	29.8	20.6
31	26/05/2024 15:23:41	22.1	27.6	29.7	20.4

Date de départ
26/05/2024 10:29:00

Date de fin
26/05/2024 11:29:00

Statistiques	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
Minimum	23,8	46,7
Maximum	28,3	71,1
Moyenne	26,76	55,85
Ecart type	1,34	7,65
MKT	26,85	---

Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
1	26/05/2024 10:29:00	26,3	59,5
2	26/05/2024 10:30:00	26,9	52,1
3	26/05/2024 10:31:00	27,1	50,2
4	26/05/2024 10:32:00	27,2	51,3
5	26/05/2024 10:33:00	27,2	50,3
6	26/05/2024 10:34:00	27,2	50,3
7	26/05/2024 10:35:00	27,2	51,2
8	26/05/2024 10:36:00	27,2	51,2
9	26/05/2024 10:37:00	27,2	51,8
10	26/05/2024 10:38:00	27,2	52,6
11	26/05/2024 10:39:00	27,3	52,7
12	26/05/2024 10:40:00	27,4	52,1
13	26/05/2024 10:41:00	27,4	51,4
14	26/05/2024 10:42:00	27,5	50,2
15	26/05/2024 10:43:00	27,6	51,2
16	26/05/2024 10:44:00	27,6	50,5
17	26/05/2024 10:45:00	27,5	50,5
18	26/05/2024 10:46:00	27,5	50,6
19	26/05/2024 10:47:00	27,5	50,7
20	26/05/2024 10:48:00	27,5	50,6
21	26/05/2024 10:49:00	27,5	50,3
22	26/05/2024 10:50:00	27,5	52,0
23	26/05/2024 10:51:00	27,5	50,3
24	26/05/2024 10:52:00	27,6	51,1

25	26/05/2024 10:53:00	27,6	49,2
26	26/05/2024 10:54:00	27,6	50,8
27	26/05/2024 10:55:00	27,6	49,0
28	26/05/2024 10:56:00	27,6	49,3
29	26/05/2024 10:57:00	27,7	49,8
30	26/05/2024 10:58:00	27,7	50,1
31	26/05/2024 10:59:00	27,8	49,7
32	26/05/2024 11:00:00	27,9	49,1
33	26/05/2024 11:01:00	27,9	48,6
34	26/05/2024 11:02:00	28,0	48,5
35	26/05/2024 11:03:00	28,0	46,9

Date de départ

26/05/2024 11:35:49

Date de fin

26/05/2024 12:35:49

Statistiques	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
Minimum	25,5	38,9
Maximum	30,4	68,2
Moyenne	28,98	45,38
Ecart type	0,90	3,91
MKT	29,02	---

Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
1	26/05/2024 11:35:49	25,5	68,2
2	26/05/2024 11:36:49	26,3	50,4
3	26/05/2024 11:37:49	26,6	49,1
4	26/05/2024 11:38:49	26,9	50,0
5	26/05/2024 11:39:49	27,3	49,0
6	26/05/2024 11:40:49	27,7	48,8
7	26/05/2024 11:41:49	27,9	49,8
8	26/05/2024 11:42:49	28,0	48,2
9	26/05/2024 11:43:49	28,2	47,6
10	26/05/2024 11:44:49	28,4	50,1
11	26/05/2024 11:45:49	28,6	48,0
12	26/05/2024 11:46:49	28,7	45,3
13	26/05/2024 11:47:49	28,7	43,0
14	26/05/2024 11:48:49	28,7	45,9
15	26/05/2024 11:49:49	28,7	44,8
16	26/05/2024 11:50:49	28,7	43,7
17	26/05/2024 11:51:49	28,8	43,2
18	26/05/2024 11:52:49	28,9	43,5
19	26/05/2024 11:53:49	29,0	42,9
20	26/05/2024 11:54:49	29,1	45,5
21	26/05/2024 11:55:49	29,2	45,5
22	26/05/2024 11:56:49	29,3	45,5
23	26/05/2024 11:57:49	29,3	44,3
24	26/05/2024 11:58:49	29,3	46,2
25	26/05/2024 11:59:49	29,3	43,0

26	26/05/2024 12:00:49	29,3	43,3
27	26/05/2024 12:01:49	29,3	47,7
28	26/05/2024 12:02:49	29,3	45,8
29	26/05/2024 12:03:49	29,4	46,6
30	26/05/2024 12:04:49	29,5	49,1
31	26/05/2024 12:05:49	29,6	47,3
32	26/05/2024 12:06:49	29,5	42,3
33	26/05/2024 12:07:49	29,5	46,9
34	26/05/2024 12:08:49	29,4	46,6
35	26/05/2024 12:09:49	29,3	46,6
36	26/05/2024 12:10:49	29,3	45,2
Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
37	26/05/2024 12:11:49	29,3	45,9
38	26/05/2024 12:12:49	29,3	47,9
39	26/05/2024 12:13:49	29,2	44,2
40	26/05/2024 12:14:49	29,2	44,6
41	26/05/2024 12:15:49	29,3	43,3
42	26/05/2024 12:16:49	29,3	44,3
43	26/05/2024 12:17:49	29,3	43,1
44	26/05/2024 12:18:49	29,3	44,0
45	26/05/2024 12:19:49	29,3	44,1
46	26/05/2024 12:20:49	29,3	42,4
47	26/05/2024 12:21:49	29,2	42,5
48	26/05/2024 12:22:49	29,2	43,3
49	26/05/2024 12:23:49	29,3	42,9
50	26/05/2024 12:24:49	29,3	40,7
51	26/05/2024 12:25:49	29,3	43,7
52	26/05/2024 12:26:49	29,3	43,6
53	26/05/2024 12:27:49	29,3	42,8
54	26/05/2024 12:28:49	29,3	38,9
55	26/05/2024 12:29:49	29,5	43,4
56	26/05/2024 12:30:49	29,7	42,1
57	26/05/2024 12:31:49	29,9	42,7
58	26/05/2024 12:32:49	30,0	40,9
59	26/05/2024 12:33:49	30,2	42,1
60	26/05/2024 12:34:49	30,3	42,9
61	26/05/2024 12:35:49	30,4	43,1

Date de départ
26/05/2024 13:13:40

Date de fin
26/05/2024 13:55:11

PLACEMENT DE LAPAREIL DANS LA CANALISATION

Statistiques	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
Minimum	22,3	56,7
Maximum	31,0	81,0
Moyenne	23,70	76,42

Ecart type 1,96 5,65

MKT 23,94 ---

Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
1	26/05/2024 13:13:40	31,0	57,5
2	26/05/2024 13:14:40	30,1	56,7
3	26/05/2024 13:15:40	28,3	61,4
4	26/05/2024 13:16:40	26,8	67,0
5	26/05/2024 13:17:40	25,9	69,3
6	26/05/2024 13:18:40	25,1	72,7
7	26/05/2024 13:19:40	24,6	74,3
8	26/05/2024 13:20:40	24,3	76,4
9	26/05/2024 13:21:40	24,0	76,2
10	26/05/2024 13:22:40	23,9	76,9
11	26/05/2024 13:23:40	23,7	77,1
12	26/05/2024 13:24:40	23,5	77,7
13	26/05/2024 13:25:40	23,4	78,1
14	26/05/2024 13:26:40	23,3	79,1
15	26/05/2024 13:27:40	23,3	80,0
16	26/05/2024 13:28:40	23,3	79,5
17	26/05/2024 13:29:40	23,2	79,6
18	26/05/2024 13:30:40	23,2	80,3
19	26/05/2024 13:31:40	23,3	80,8
20	26/05/2024 13:32:40	23,3	79,4
21	26/05/2024 13:33:40	23,2	78,9
22	26/05/2024 13:34:40	23,2	78,6
23	26/05/2024 13:35:40	23,1	78,6
24	26/05/2024 13:36:40	23,0	78,5
25	26/05/2024 13:37:40	22,9	79,8
26	26/05/2024 13:38:40	22,9	78,0

27	26/05/2024 13:39:40	22,7	78,0
28	26/05/2024 13:40:40	22,7	77,8
29	26/05/2024 13:41:40	22,6	78,3
30	26/05/2024 13:42:40	22,5	78,1
31	26/05/2024 13:43:40	22,5	78,5
32	26/05/2024 13:44:40	22,5	78,8
33	26/05/2024 13:45:40	22,4	78,2
34	26/05/2024 13:46:40	22,4	78,3
35	26/05/2024 13:47:40	22,4	79,1
36	26/05/2024 13:48:40	22,4	79,2
Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
37	26/05/2024 13:49:40	22,4	79,2
38	26/05/2024 13:50:40	22,4	77,7
39	26/05/2024 13:51:40	22,3	77,9
40	26/05/2024 13:52:40	22,3	81,0
41	26/05/2024 13:53:40	22,4	79,9
42	26/05/2024 13:54:40	22,5	77,2

Date de départ

26/05/2024 13:57:44

Date de fin

26/05/2024 14:57:39

PLACEMENT DE LHYGROMETRE SUR LE PROTOTYP AMBIANTE

Statistiques	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
Minimum	25,0	31,6
Maximum	33,1	51,7
Moyenne	31,19	36,96
Ecart type	1,76	3,70
MKT	31,33	---

Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
1	26/05/2024 13:57:44	25,0	51,7
2	26/05/2024 13:58:44	26,0	48,7

3	26/05/2024 13:59:44	26,7	44,7
4	26/05/2024 14:00:44	27,4	44,0
5	26/05/2024 14:01:44	28,0	42,8
6	26/05/2024 14:02:44	28,5	42,3
7	26/05/2024 14:03:44	29,0	40,7
8	26/05/2024 14:04:44	29,3	38,8
9	26/05/2024 14:05:44	29,7	38,9
10	26/05/2024 14:06:44	30,0	37,8
11	26/05/2024 14:07:44	30,2	37,3
12	26/05/2024 14:08:44	30,5	37,5
13	26/05/2024 14:09:44	30,6	37,3
14	26/05/2024 14:10:44	30,9	39,4
15	26/05/2024 14:11:44	31,3	38,5
16	26/05/2024 14:12:44	31,6	35,0
17	26/05/2024 14:13:44	31,7	36,4
18	26/05/2024 14:14:44	31,9	36,3
19	26/05/2024 14:15:44	32,1	36,5
20	26/05/2024 14:16:44	32,2	35,5
21	26/05/2024 14:17:44	32,4	36,4
22	26/05/2024 14:18:44	32,4	35,0
23	26/05/2024 14:19:44	32,4	34,3
24	26/05/2024 14:20:44	32,5	34,0
25	26/05/2024 14:21:44	32,7	35,6
26	26/05/2024 14:22:44	32,7	34,2
27	26/05/2024 14:23:44	32,8	34,8
28	26/05/2024 14:24:44	32,9	35,0
29	26/05/2024 14:25:44	33,0	33,7

30	26/05/2024 14:26:44	33,0	33,9
31	26/05/2024 14:27:44	33,1	34,3
32	26/05/2024 14:28:44	33,1	32,7
33	26/05/2024 14:29:44	33,0	33,4
34	26/05/2024 14:30:44	33,1	33,4
35	26/05/2024 14:31:44	33,0	33,0
36	26/05/2024 14:32:44	32,9	33,7

Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
37	26/05/2024 14:33:44	32,7	31,6
38	26/05/2024 14:34:44	32,6	33,0
39	26/05/2024 14:35:44	32,3	33,1
40	26/05/2024 14:36:44	32,2	33,7
41	26/05/2024 14:37:44	32,1	34,0
42	26/05/2024 14:38:44	32,0	35,2
43	26/05/2024 14:39:44	31,8	34,5
44	26/05/2024 14:40:44	31,7	36,9
45	26/05/2024 14:41:44	31,5	36,5
46	26/05/2024 14:42:44	31,4	36,6
47	26/05/2024 14:43:44	31,3	36,4
48	26/05/2024 14:44:44	31,1	37,1
49	26/05/2024 14:45:44	31,1	37,0
50	26/05/2024 14:46:44	31,0	38,1
51	26/05/2024 14:47:44	31,0	37,8
52	26/05/2024 14:48:44	31,0	35,9
53	26/05/2024 14:49:44	30,9	34,1
54	26/05/2024 14:50:44	30,9	40,1
55	26/05/2024 14:51:44	30,8	37,2
56	26/05/2024 14:52:44	30,8	37,3

57	26/05/2024 14:53:44	30,8	39,2
58	26/05/2024 14:54:44	30,9	38,4
59	26/05/2024 14:55:44	30,9	38,0

Prototype :

Nom de l'appareil : prototype

Date de départ 29/05/2024 10 :24 :39

Date de fin 29/05/2024 15 :56 :15

ID	Date / Heure	TpHp [%HR]	TpHp [°C]
1	29/05/2024 10:24:39	74.6	23.1
2	29/05/2024 10:34:39	72.8	23.4
3	29/05/2024 10:44:39	70.9	23.7
4	29/05/2024 10:54:39	71.4	24.1
5	29/05/2024 11:04:39	75.1	23.8
6	29/05/2024 11:14:39	74.9	23.7
7	29/05/2024 11:24:39	73.4	23.7
8	29/05/2024 11:34:39	74.8	23.6
9	29/05/2024 11:44:39	74.4	23.6
10	29/05/2024 11:54:39	73.2	24.0
11	29/05/2024 12:04:39	72.6	24.2
12	29/05/2024 12:14:39	71.0	24.7
13	29/05/2024 12:24:39	67.5	24.7

ID	Date / Heure	TpHp [%HR]	TpHp [°C]
14	29/05/2024 12:34:39	68.6	24.2
15	29/05/2024 12:44:39	67.5	24.3
16	29/05/2024 12:54:39	66.3	24.7
17	29/05/2024 13:04:39	64.5	24.6
18	29/05/2024 13:14:39	63.2	25.2
19	29/05/2024 13:24:39	63.3	25.5
20	29/05/2024 13:34:39	65.7	25.6
21	29/05/2024 13:44:39	66.0	25.3
22	29/05/2024 13:54:39	68.7	25.0
23	29/05/2024 14:04:39	67.9	25.5
24	29/05/2024 14:14:39	67.4	25.2
25	29/05/2024 14:24:39	69.3	24.9
26	29/05/2024 14:34:39	71.1	24.6
27	29/05/2024 14:44:39	68.5	24.9

28	29/05/2024 14:54:39	66.2	24.8
29	29/05/2024 15:04:39	65.9	25.1
30	29/05/2024 15:14:39	67.9	25.0
31	29/05/2024 15:24:39	66.3	25.0
32	29/05/2024 15:34:39	67.7	24.8
33	29/05/2024 15:44:39	66.5	24.8
34	29/05/2024 15:54:39	63.6	26.0

Nom de l'appareil : entre poulailler

Date de départ 29/05/2024 10 :08 :07

Date de fin 29/05/2024 15 :51 :59

ID	Date / Heure	T2H2 [%HR]	T2' H2' [°C]
1	29/05/2024 10:08:07	70.6	23.9
2	29/05/2024 10:18:07	78.6	23.4
3	29/05/2024 10:28:07	82.0	23.0
4	29/05/2024 10:38:07	84.1	22.9
5	29/05/2024 10:48:07	84.5	22.8
6	29/05/2024 10:58:07	85.0	22.7
7	29/05/2024 11:08:07	85.0	22.8
8	29/05/2024 11:18:07	84.4	22.8
9	29/05/2024 11:28:07	86.1	22.9
10	29/05/2024 11:38:07	85.2	22.9
11	29/05/2024 11:48:07	84.4	22.8
12	29/05/2024 11:58:07	83.2	23.0

ID	Date / Heure	T2H2 [%HR]	T2' H2' [°C]
13	29/05/2024 12:08:07	85.2	23.0
14	29/05/2024 12:18:07	85.4	23.0
15	29/05/2024 12:28:07	83.8	23.2
16	29/05/2024 12:38:07	81.9	23.0
17	29/05/2024 12:48:07	81.2	22.8
18	29/05/2024 12:58:07	83.0	22.8
19	29/05/2024 13:08:07	82.9	22.8
20	29/05/2024 13:18:07	83.1	22.9
21	29/05/2024 13:28:07	84.5	23.1
22	29/05/2024 13:38:07	84.4	23.2
23	29/05/2024 13:48:07	84.1	23.3
24	29/05/2024 13:58:07	84.2	23.4

25	29/05/2024 14:08:07	83.9	23.4
26	29/05/2024 14:18:07	83.7	23.4
27	29/05/2024 14:28:07	84.1	23.4
28	29/05/2024 14:38:07	82.9	23.4
29	29/05/2024 14:48:07	81.4	23.4
30	29/05/2024 14:58:07	81.7	23.3
31	29/05/2024 15:08:07	82.3	23.3
32	29/05/2024 15:18:07	82.4	23.3
33	29/05/2024 15:28:07	83.1	23.4
34	29/05/2024 15:38:07	81.3	23.4
35	29/05/2024 15:48:07	72.1	23.7

Nom de l'appareil : au fond poulailler

Date de départ 29/05/2024 10 :07 :59

Date de fin 29/05/2024 15 :50 :48

ID	Date / Heure	T1H1 [%HR]	T1H1 [°C]
1	29/05/2024 10:07:59	72.7	23.4
2	29/05/2024 10:17:59	80.4	23.1
3	29/05/2024 10:27:59	84.1	22.7
4	29/05/2024 10:37:59	85.7	22.6
5	29/05/2024 10:47:59	86.6	22.5
6	29/05/2024 10:57:59	87.0	22.4
7	29/05/2024 11:07:59	87.0	22.5
8	29/05/2024 11:17:59	86.9	22.5
9	29/05/2024 11:27:59	88.1	22.6
10	29/05/2024 11:37:59	87.4	22.6
11	29/05/2024 11:47:59	86.4	22.6
12	29/05/2024 11:57:59	86.6	22.6
13	29/05/2024 12:07:59	87.4	22.6

ID	Date / Heure	T1H1 [%HR]	T1H1 [°C]
14	29/05/2024 12:17:59	88.0	22.7
15	29/05/2024 12:27:59	86.9	22.8
16	29/05/2024 12:37:59	84.4	22.7
17	29/05/2024 12:47:59	83.7	22.6
18	29/05/2024 12:57:59	85.0	22.6
19	29/05/2024 13:07:59	84.9	22.6
20	29/05/2024 13:17:59	85.1	22.6

21	29/05/2024 13:27:59	86.7	22.8
22	29/05/2024 13:37:59	86.6	23.0
23	29/05/2024 13:47:59	86.6	23.1
24	29/05/2024 13:57:59	86.5	23.1
25	29/05/2024 14:07:59	86.6	23.2
26	29/05/2024 14:17:59	86.1	23.3
27	29/05/2024 14:27:59	86.4	23.3
28	29/05/2024 14:37:59	86.0	23.2
29	29/05/2024 14:47:59	85.4	23.2
30	29/05/2024 14:57:59	83.8	23.1
31	29/05/2024 15:07:59	84.8	23.1
32	29/05/2024 15:17:59	86.2	23.2
33	29/05/2024 15:27:59	85.4	23.3
34	29/05/2024 15:37:59	85.1	23.3
35	29/05/2024 15:47:59	84.4	23.3

Nom de l'appareil : AMB

Date de départ 29/05/2024 10:08:53

Date de fin 29/05/2024 15:54:07

ID	Date / Heure	TambHamb [%HR]	TambHamb [°C]
1	29/05/2024 10:08:53	68.6	24.3
2	29/05/2024 10:18:53	67.9	24.1
3	29/05/2024 10:28:53	68.9	24.0
4	29/05/2024 10:38:53	68.5	24.0
5	29/05/2024 10:48:53	66.1	24.3
6	29/05/2024 10:58:53	64.5	25.0
7	29/05/2024 11:08:53	66.8	24.8
8	29/05/2024 11:18:53	64.6	24.9
9	29/05/2024 11:28:53	63.9	24.8
10	29/05/2024 11:38:53	52.6	29.8
11	29/05/2024 11:48:53	48.2	31.1
12	29/05/2024 11:58:53	54.9	29.6
13	29/05/2024 12:08:53	64.3	25.7

ID	Date / Heure	TambHamb [%HR]	TambHamb [°C]
14	29/05/2024 12:18:53	61.6	26.4
15	29/05/2024 12:28:53	62.7	25.8
16	29/05/2024 12:38:53	62.6	25.8
17	29/05/2024 12:48:53	62.0	25.9
18	29/05/2024 12:58:53	60.6	26.1
19	29/05/2024 13:08:53	55.8	27.2
20	29/05/2024 13:18:53	60.5	27.5
21	29/05/2024 13:28:53	57.8	27.5

22	29/05/2024 13:38:53	59.2	27.6
23	29/05/2024 13:48:53	59.6	26.9
24	29/05/2024 13:58:53	58.8	27.1
25	29/05/2024 14:08:53	60.0	27.1
26	29/05/2024 14:18:53	62.1	26.6
27	29/05/2024 14:28:53	58.8	26.9
28	29/05/2024 14:38:53	58.8	26.7
29	29/05/2024 14:48:53	61.9	26.3
30	29/05/2024 14:58:53	57.5	26.4
31	29/05/2024 15:08:53	56.8	26.5
32	29/05/2024 15:18:53	58.2	27.1
33	29/05/2024 15:28:53	57.8	27.2
34	29/05/2024 15:38:53	61.1	27.1
35	29/05/2024 15:48:53	61.6	25.8

Nom de l'appareil : dataset

Date de départ

29/05/2024 10:08:15

Date de fin

29/05/2024 15:58:01

Statistiques	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
Minimum	20,8	68,3
Maximum	24,3	93,1
Moyenne	21,69	89,91
Ecart type	0,59	4,12
MKT	21,71	---

Index	Date	vint1 [°C]	vint2 [% HR]
1	29/05/2024 10:08:15	24,3	68,3
2	29/05/2024 10:18:15	22,1	85,6
3	29/05/2024 10:28:15	21,3	87,4
4	29/05/2024 10:38:15	21,2	90,0
5	29/05/2024 10:48:15	21,2	89,9
6	29/05/2024 10:58:15	21,2	92,5
7	29/05/2024 11:08:15	21,4	89,6
8	29/05/2024 11:18:15	21,2	90,6
9	29/05/2024 11:28:15	21,6	91,4

10	29/05/2024 11:38:15	21,4	90,3
11	29/05/2024 11:48:15	21,2	90,9
12	29/05/2024 11:58:15	21,2	90,9
13	29/05/2024 12:08:15	21,5	91,3
14	29/05/2024 12:18:15	21,8	92,2
15	29/05/2024 12:28:15	21,8	90,6
16	29/05/2024 12:38:15	21,2	89,5
17	29/05/2024 12:48:15	20,8	91,2
18	29/05/2024 12:58:15	21,2	93,1
19	29/05/2024 13:08:15	21,1	92,0
20	29/05/2024 13:18:15	21,2	92,0
21	29/05/2024 13:28:15	21,9	92,0
22	29/05/2024 13:38:15	21,9	91,8
23	29/05/2024 13:48:15	21,9	91,1
24	29/05/2024 13:58:15	22,0	91,8
25	29/05/2024 14:08:15	22,1	91,1
26	29/05/2024 14:18:15	22,0	90,9
27	29/05/2024 14:28:15	22,1	90,8
28	29/05/2024 14:38:15	21,9	90,9
29	29/05/2024 14:48:15	21,9	89,8
30	29/05/2024 14:58:15	21,6	89,7
31	29/05/2024 15:08:15	21,8	90,9
32	29/05/2024 15:18:15	22,2	92,1
33	29/05/2024 15:28:15	22,0	90,8
34	29/05/2024 15:38:15	21,9	90,3
35	29/05/2024 15:48:15	22,2	83,7

BIBLIOGRAPHIE :

REFERENCES

- [1] CHEILAN, R., "La climatisation solaire", *Rapport de Projet de fin d'Etudes, Ecole Nationale D'ingénieurs De Saint-Etienne, Juin 2004.*
- [2] BENAHMED, L., BENMOSTEFA, F., "Intégration d'un système de rafraichissement solaire au bâtiment. Faisabilité technico-économique", *Mémoire de fin d'études, Université Aboubakar Belkadi Tlemcen, Juin 2013.*
- [3] Cummings, R.O., "The American Ice Harvests: A historical study in technology, 1800-1918", *California University Press, 1949.*
- [4] *Aliments repères, encyclopédie Universalise*, <https://www.universalis.fr/encyclopédie/aliments-repères-chronologiques>.
- [5] *La machine à absorption*, [http : // frigoristes .fr](http://frigoristes.fr).
- [6] ASHRAE Handbook—Fundamentals (2009). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- [7] O'Connor, D., & Gabriella, S. (2021). *Heat and Mass Transfer in Indirect Evaporative Cooling*. *Journal of Heat Transfer*
- [8] (<https://www.long.com/blog/the-difference-between-direct-and-indirect-evaporative-cooling>)
- [9] Willis Carrier <https://www.carrier.com/truck-trailer/fr/fr/about-carrier/willis-carrier>.
- [10] Histoire de la Production du Froid - International Institute of Réfrigération :
http://www.iifiir.org/History_refrigeration_Duminil_FR.pdf
- [11] Les attentes du marché mondial de la climatisation,
<http://fr.acrlatinoamerica.com/201704047292/noticias/empresas/expectativas-del-sector-mundial-de-aire-acondicionado.html>
- [12] Pouliot, D. Pierre and G. « Guide d'élevage du poulet de chair, 1e éd » Canada, socodevi.org, 2013
- [13] Hubbard, C. « Guide d'élevage du poulet de chair Hubbard 1 » France, Hubbard Breeders, 2015
- [14] Manéger, Yannick M.B Kabore. "Étude du Conditionnement d'Air dans un Poulailier Industriel." *Mémoire de Master, année 2014*

