

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ KASDI MERBAH-OUARGLA**  
**Institut des Sciences et des Techniques Appliquées**  
**Département : Génie Appliqué**



**Projet de Fin d'Etudes**  
**En vue de l'obtention du diplôme de**  
**Licence Professionnelle**

**Présenté au Département de Génie Appliqué**  
**Domaine : Sciences et Technologie**  
**Spécialité : Mesures, Métrologie et Qualité**

**Réalisé par l'étudiant :**

- LACHRAF Mohdja
- MIMOUN Anissa

**Thème :**

**Mesure de l'humidité dans de la ferme Hassi ben Abdellah  
et à l'aéroport d'Ain Baida**

**Soutenu le 12/06/2023 devant la commission d'examen composée de :**

<b>M. ROUABAH Boubaker</b>	<b>MCB</b>	<b>à l'Université de Ouargla</b>	<b>Président</b>
<b>M. MECHRI Med Laid</b>	<b>MCB</b>	<b>à l'Université de Ouargla</b>	<b>Directeur du Mémoire</b>
<b>M. SETTOU Belkhir</b>	<b>MAA</b>	<b>à l'Université de Ouargla</b>	<b>Examineur</b>

**Année Universitaire 2022/2023**



## *Dédicace 1-2*

*Je dédie ce travail à:*

*Mes très chers parents en signe de reconnaissance et de  
profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts  
et de moyens pour me voir réussir dans mes études;*

*Mes chers frères et Mes chères sœurs;*

*Toute ma famille ;*

*Tous mes amis sans exception;*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour  
que ce projet soit possible, je vous dis MERCI.*

## *Remerciement*

*Nous remercions en premier lieu ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à Monsieur le **Dr. MECHRI Med Laid** pour son suivi, ses conseils judicieux et ses discussions qui nous ont beaucoup aidés au cours de nos recherches, nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail.*

*Nous tenons à remercier avec plus grande gratitude Monsieur le **Dr. ROUABAH Boubaker**, de l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions également Monsieur le **Dr. SETTOU Belkhir**, d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinatrice.*

*Donner tous les travailleurs de l'aéroport, en particulier le professeur **Nasrallah Nour al-Din** et **Ben Jolol Brahim**, et tous les travailleurs agricoles, en particulier le directeur **Wafa Mossi** et l'ingénieur **Farouk Barghouti***

# Sommaire

<i>Introduction générale</i>	1
<b>Chapitre 01: présentation générale d'humidité</b>	
<b>01. définition de l'humidite</b>	4
<b>02. les différents types d'humidité</b>	4
<i>humidité absolue</i>	4
<i>humidité relative</i>	5
<i>humidité spécifique</i>	5
<b>03. l'humidité dans l'air :</b>	5
<i>la vapeur d'eau et la pression partielle de vapeur d'eau.</i>	6
<i>le point de rosée.</i>	6
<i>la condensation.</i>	7
<i>le point de saturation .</i>	7
<i>l'humidité relative et la température de bulbe sec et de bulbe humide.</i>	8
• <i>La température de bulbe sec</i>	8
• <i>La température de bulbe humide</i>	8
<b>04. les effets de l'humidité :</b>	8
<i>les effets de l'humidité sur la santé humaine</i>	8
<i>les effets de l'humidité sur la l'environnement</i>	9
<i>les effets de l'humidité sur bâtiments</i>	9
<b>05. les méthodes de mesure de l'humidité.</b>	10
<b>06.les applications de la mesure de l'humidité.</b>	10
<i>Application d'humidité dans climatologie.</i>	11
<i>Application d'humidité dans l'agriculture.</i>	11
• <i>Humidité de sol</i>	11
– <i>Mesures directes de l'humidité de sol</i>	11
– <i>Capteur d'humidité de sol</i>	11
• <i>Humidité dans les serres</i>	12

<i>Application d'humidité dans la les aliments.</i>	12
• <i>Le taux d'humidité parfait</i>	13
<i>Application de l'humidité à la santé publique .</i>	14
• <i>Application dans l'industrie pharmaceutique</i>	14
• <i>Application de mesure de l'humidité dans Hôpitaux</i>	15
<i>Application d'humidité dans la protection de l'environnement.</i>	15
<b>07.</b> <i>controle de l'humidité.</i>	16
<i>Les moyens de contrôle de l'humidité</i>	16
• <i>La méthode à l'étuve selon l'ISO 18134-1 : 2016</i>	16
• <i>Mesure directe de l'humidité (Thermobalance)</i>	17
<i>Déshumidificateurs pour réduire l'humidité</i>	17
• <i>Déshumidificateurs dans les serres</i>	17
– <i>Modèles CD160 et CD240</i>	17
• <i>Déshumidificateurs dans les chambres froides</i>	18
<i>Humidificateurs pour augmenter l'humidité</i>	18

## **Chapitre 02: Méthodes et instruments de mesure de l'humidité**

<b>01.</b> <i>Les hygromètres.</i>	20
<i>Hygromètres mécaniques</i>	20
• <i>Principe de fonctionnement</i>	20
• <i>Caractéristiques</i>	20
<i>Hygromètres à variation d'impédance</i>	21
• <i>Principe de fonctionnement</i>	21
• <i>Caractéristiques</i>	21
<i>Hygromètres à condensation</i>	22
• <i>Principe de fonctionnement</i>	22
• <i>Caractéristiques</i>	22
<i>Psychromètres</i>	23
• <i>Principe de fonctionnement</i>	23

• <i>Caractéristiques</i>	23
<b>02. Les capteurs d'humidité.</b>	24
<i>Capteurs capacitifs</i>	24
• <i>Avantages</i>	25
• <i>Inconvénients</i>	25
<i>Capteurs résistifs</i>	25
• <i>Avantages</i>	26
• <i>Inconvénients</i>	27
<i>Capteurs gravimétriques</i>	27
• <i>Avantages</i>	28
• <i>Inconvénients</i>	28
<i>Capteurs optiques</i>	29
<b>03. Les normes de mesure de l'humidité</b>	30
<i>L'Organisation internationale de normalisation (ISO)</i>	30
<i>Société américaine des ingénieurs en chauffage, réfrigération et climatisation (ASHRAE).</i>	31

### **Chapitre 03: Mesure de l'humidité dans de ferme Hassi ben Abdellah et à l'aéroport d'Ain Baida**

<b>Section 01 : Aperçu général sur de ferme de production de Semence Hassi Abdallah Ouargla (ITDAS).</b>	34
<b>01. Présentation de la structure (ITDAS)</b>	34
<i>Missions</i>	34
<i>Organisation</i>	35
• <i>Au niveau du siège</i>	35
• <i>Au niveau régional</i>	35
<b>02. Définition de ferme de production de Semence (Hassi Abdallah Ouargla)</b>	35
<i>Les principales tâches de la ferme</i>	36
<i>Expériences et études sur le terrain</i>	36
<b>03. Aéroport d'Ouargla (Ain Beida)</b>	36
<b>Section 02 : Méthodologie et résultat de l'étude</b>	37
<i>Méthodologie de l'étude.</i>	37
• <i>Délimitation du champ d'étude</i>	37

–Mesure de l'humidité dans Ain Beida	37
–Mesure de l'humidité dans Hassi Ben Abdealla	37
• <i>Champ spatial et temporel d'étude</i>	37
–Champ spatial et temporel d'étude	37
–Champ temporel	37
<i>Résultats et discussion</i>	38
• <i>Appareils de mesure de l'humidité</i>	38
–Aéroport Ain Beida	38
<i>Météorologique (microstep)</i>	38
<i>Cabine météorologique</i>	40
–Ferme de Hassi Ben Abdallah	41
<i>Météorologique (microstep)</i>	41
<i>Mesure de l'humidité du sol</i>	41
• <i>Résultats des mesures d'humidité et certains facteurs climatiques</i>	43
–Station Hassi Ben Abdallah	43
–Station Ain Baida	43
–Discussion sur les données	44
<i>Conclusions générales</i>	45



## Liste des figures

<b>Chapitre 01: présentation générale d'humidité</b>	
<i>Figure I.1 : Diagramme l'humidité absolue de l'air</i>	4
<i>Figure I.2 : diagramme L'humidité relative.</i>	5
<i>Figure I.3 : cycle de l'eau</i>	6
<i>Figure I.4 : Diagramme Le point de rosée</i>	6
<i>Figure I.5 : Le point de saturation</i>	7
<i>Figure I.6 : La température de bulbe sec et de bulbe humide</i>	8
<i>Figure I.7. : capteur d'humidité du sol</i>	11
<i>Figure I.8 : surveillance d'un critical control point au moyen d'un enregistreur de données testo 175 t1</i>	14
<i>Figure I.9 : moniteur de température et d'humidité wifi</i>	15
<i>Figure I.10: Balance et Plat en verre</i>	17
<i>Figure I.11 : Thermobalance</i>	17
<i>Figure I.12: Déshumidificateurs dans les serres</i>	17
<i>Figure I.13 : Déshumidificateurs dans les chambres froides</i>	18
<b>Chapitre 02 : Méthodes et instruments de mesure de l'humidité</b>	
<i>Figure II.1 : Thermo-hygromètre mécanique.</i>	20
<i>Figure II.2: Hygromètre à variatio</i>	21
<i>Figure II.3 : Hygromètre à condensation</i>	23
<i>Figure II.4 : psychromètre</i>	24
<i>Figure II.5 : Capteur d'humidité capacitif</i>	25
<i>Figure II.6 : . Schéma de principe d'un capteur capacitif</i>	25
<i>Figure II.7: : Capteur résistif avec un film sensible de WO<sub>3</sub>, et le principe du circuit d'instrumentation avec amplificateur opérationnel</i>	26
<i>Figure II.8: Capture d'humidité résistif</i>	26

---

<i>Figure II.9: Capteur d'humidité gravimétrique avec module Peltier.</i>	28
<i>Figure II.10. Tension traduisant la variation de la fréquence de résonance pour différents taux d'humidité</i>	29
<i>Figure II.11. Capteur optique</i>	29
<i>Figure II.12. Variation de la longueur d'onde de Bragg en fonction du taux d'humidité pour différentes épaisseurs de gaine polyimide .</i>	30
<b>Chapitre 03 :</b>	
<i>Figure III.01 : Ferme de production de semences</i>	35
<i>Figure III.02 : Aéroport d'Ouargla</i>	36
<i>Figure III.03 : La station Météorologique (microstep)</i>	38
<i>Figure III.04 : Capteur d'humidité</i>	38
<i>Figure III.05 : spécial Capteurs de température</i>	39
<i>Figure III.06 : Capteur à la quantité de pluie et à la capteur vitesse du vent</i>	40
<i>Figure III.07 : Cabine météorologique</i>	40
<i>Figure III.08 : Thermomètre</i>	41
<i>Figure III.09 : Hygromètre</i>	42
<i>Figure III.10 : Mesurer l'humidité avant d'arroser</i>	42
<i>Figure III .11: Mesurer l'humidité après l'arrosage</i>	42

---

## *Liste Des Tableaux*

### **CHAPITRE I : présentation générale d'humidité**

<b>Tableau I.1 :</b> <i>Niveaux d'humidité typiques pour le traitement de différents produits alimentaires</i>	13
--	----

### **CHAPITRE 03 : Mesure de l'humidité dans de ferme Hassi ben Abdellah et à l'aéroport d'Ain Baida**

<b>Tableau III.1 :</b> <i>Les résultats de la mesure des facteurs climatiques dans Hassi Ben Abdellah</i>	43
---	----

<b>Tableau III.2 :</b> <i>Les résultats de la mesure des facteurs climatiques dans Ain Beida</i>	43
--	----

## Introduction générale

*L'humidité, qu'elle soit dans l'air ou dans un matériau, est essentielle pour la santé, l'industrie et la durabilité. Elle peut causer des problèmes respiratoires et favoriser la croissance de moisissures. Elle joue également un rôle crucial dans l'agriculture, l'industrie alimentaire et la construction. La mesure de l'humidité du sol aide à déterminer le moment optimal pour l'irrigation, tandis que la mesure de l'humidité garantit la qualité et la durée de conservation des produits alimentaires. Elle impacte également la météorologie, les bâtiments et les matériaux en provoquant la corrosion et les dommages. Il est donc important de comprendre et de contrôler l'humidité pour préserver la santé, améliorer les processus industriels et assurer la durabilité des matériaux et des infrastructures. [1, 2,3 ,4].*

*Les études antérieures sur les mesures d'humidité ont considérablement contribué à notre compréhension de ce phénomène et ont permis le développement de techniques et d'instruments de mesure précis. Elles ont examiné en détail les principes physiques de l'humidité et les interactions avec les matériaux, tout en identifiant les facteurs qui influencent les mesures d'humidité. Des recherches ont été menées sur différentes techniques de mesure, et des solutions ont été proposées pour relever les défis posés par des environnements extrêmes.*

*Les études antérieures ont également abordé les applications spécifiques des mesures d'humidité dans divers domaines, notamment l'agriculture, l'industrie alimentaire, la météorologie et la conservation du patrimoine. Ces applications sont cruciales pour assurer une irrigation optimale des cultures, garantir la qualité et la durée de conservation des produits alimentaires, ainsi que pour une prévision météorologique précise. En outre, les études antérieures ont mis en évidence l'importance de contrôler l'humidité dans la préservation des bâtiments historiques et des œuvres d'art.*

*Le principal objectif de cette étude est de quantifier la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, dans un matériau ou dans l'environnement. Les objectifs spécifiques de la mesure de l'humidité comprennent le contrôle climatique, les prévisions météorologiques, la qualité de l'air intérieur, les processus industriels et la gestion de l'eau. Différentes méthodes de mesure de l'humidité sont utilisées, telles que les capteurs électroniques, les hygromètres à cheveux, les capteurs capacitifs, etc.*

*Outre l'introduction et la conclusion générale, notre travail s'articule autour de Trois chapitres dont :*

- Le premier chapitre est consacré à rappeler quelques généralités sur Présentation générale d'humidité.*
- Dans le second chapitre nous citerons Méthodes et instruments de mesure de l'humidité*
- Le 3eme chapitre sera consacré aux résultats qu'on a obtenu au sein Applications pratiques de la mesure de l'humidité*

*nous mentionnerons également l'étude comparative que nous avons menée entre de ferme Hassi ben Abdellah et à l'aéroport d'Ain Baida.*

## CHAPITRE 01 :

### *Présentation générale d'humidité*

- 01. définition de l'humidite.*
- 02. les différents types d'humidité (absolue, relative, spécifique).*
- 03. l'humidité dans l'air :*
  - *la vapeur d'eau et la pression partielle de vapeur d'eau.*
  - *le point de rosée.*
  - *la condensation.*
  - *le point de saturation .*
  - *l'humidité relative et la température de bulbe sec et de bulbe humide*
- 04. les effets de l'humidité :*
  - *les effets de l'humidité sur la santé humaine*
  - *les effets de l'humidité sur la l'environnement*
  - *les effets de l'humidité sur bâtiments*
- 05. les méthodes de mesure de l'humidité*
- 06. les applications de la mesure de l'humidité.*
  - *Application d'humidité dans climatologie.*
  - *Application d'humidité dans l'agriculture.*
  - *Application d'humidité dans la les aliments.*
  - *Application de l'humidité à la santé publique .*
  - *Application d'humidité dans la protection de l'environnement.*
- 07. controle de l'humidité.*

### 1. Définition de l'humidité :

L'humidité désigne en météorologie la quantité de vapeur d'eau contenu dans l'air. La vapeur d'eau est l'une des formes que l'eau peut prendre sur terre. Ses autres formes sont l'état liquide (océans, lacs, pluie...) et l'état solide (glaciers, banquise, neige...). La vapeur d'eau est absolument transparente et invisible. En météorologie, l'humidité de l'air est quantifiée de deux manières : l'humidité absolue et l'humidité relative.[5]

### 2. Les différents types d'humidité :

#### 2.1. L'humidité absolue :

L'humidité absolue (H) indique la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air déterminé.

l'humidité absolue réside dans le fait qu'elle permet de quantifier, indépendamment de la température, la teneur en eau effective d'un gaz. où La mesure de l'humidité absolue s'exprime en  $g/m^3$  air humide .[6]

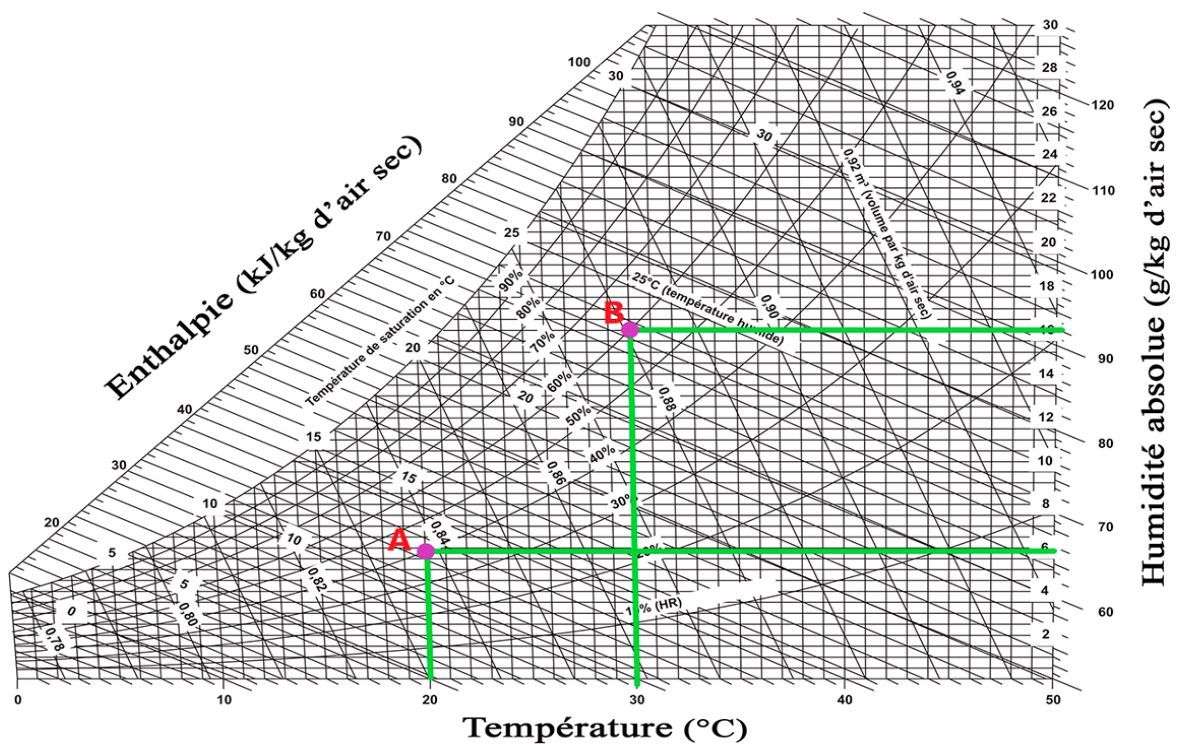


Figure I.1 : Diagramme l'humidité absolue de l'air.

## 2.2 L'humidité relative:

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle de vapeur d'eau présente dans un gaz ( $P_v$ ) dans un volume donné et la pression maximale qu'un gaz peut contenir dans ce volume. où La mesure de l'humidité relative est exprimée en %, avec une plage de mesure de 0 à 100 %

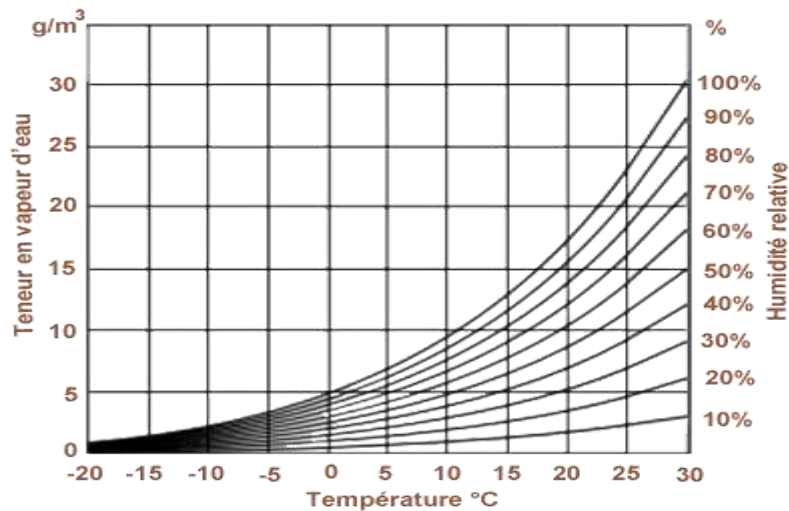


Figure I.2 : diagramme L'humidité relative.

Et il existe une relation inverse entre la température et l'humidité relative, car le pourcentage d'humidité diminue avec une température élevée et augmente avec une température basse.[6]

## 2.3 L'humidité spécifique:

Le concept le plus rationnel pour caractériser la teneur en humidité de l'air consiste à utiliser la notion d'humidité spécifique, égale à la masse d'humidité contenue dans la fraction «sèche» de l'air. L'humidité spécifique est exprimée en kilogramme d'humidité par kilogramme d'air sec [kgH/kgA].[7]

## 3. L'humidité dans l'air :

L'air humide est un mélange gazeux d'air sec et de vapeur d'eau, la caractérisation de l'état thermodynamique de ce dernier nécessite la connaissance de la température, la pression et d'un troisième paramètre qui peut être l'une des grandeurs utilisées pour définir l'humidité (rapport de mélange, humidité relative, température de rosée, température humide).[8]

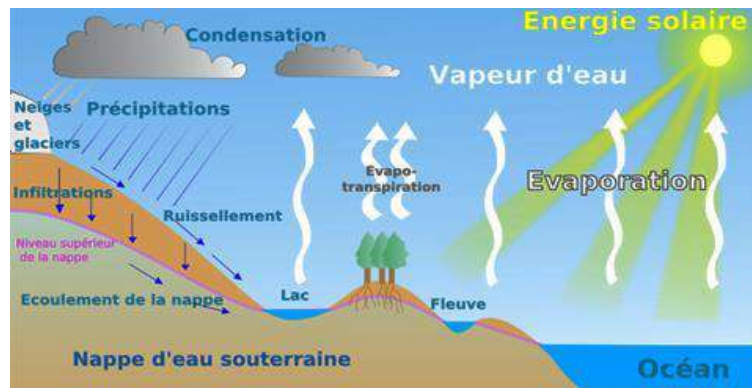
$$P = P_v + P_{as} \quad [9]$$

$p$  : La pression totale de l'air humide

$P_v$  : La pression partielle de la vapeur d'eau

$P_{as}$  : La pression partielle de l'air sec





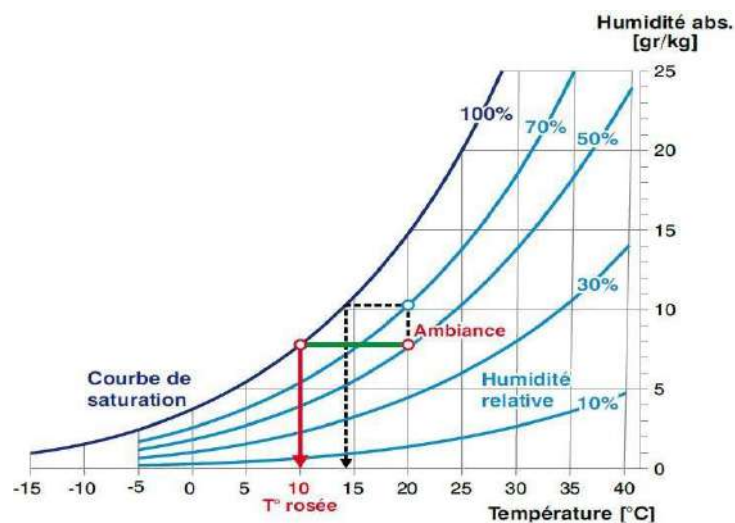
FigureI.3 : cycle de l'eau

### 3.1 La pression partielle de vapeur d'eau et vapeur d'eau:

La masse de vapeur d'eau dans l'air humide est directement liée à la pression partielle de la vapeur d'eau ( $P_v$ ). La pression partielle d'un composant d'un mélange assimilé à des gaz parfaits est la pression qu'aurait ce composant s'il occupait seul le volume total du mélange, à même température. [9]

### 3.2. Le point de rosée :

Le point de rosée est la température à laquelle la vapeur d'eau dans colonne d'air statique ou en mouvement se condensera en eau. En d'autres mots, l'air est saturé et ne peut plus retenir l'humidité à cette température. Lorsque la température de l'air tombe en dessous son point de rosée l'excès d'humidité sera libéré sous forme de condensation. Les problèmes de condensation sont les plus susceptibles de se produire dans les climats où les températures chutent fréquemment à 35 °F ou moins sur une longue période de temps. [10]



FigureI.4 : Diagramme Le point de rosée .

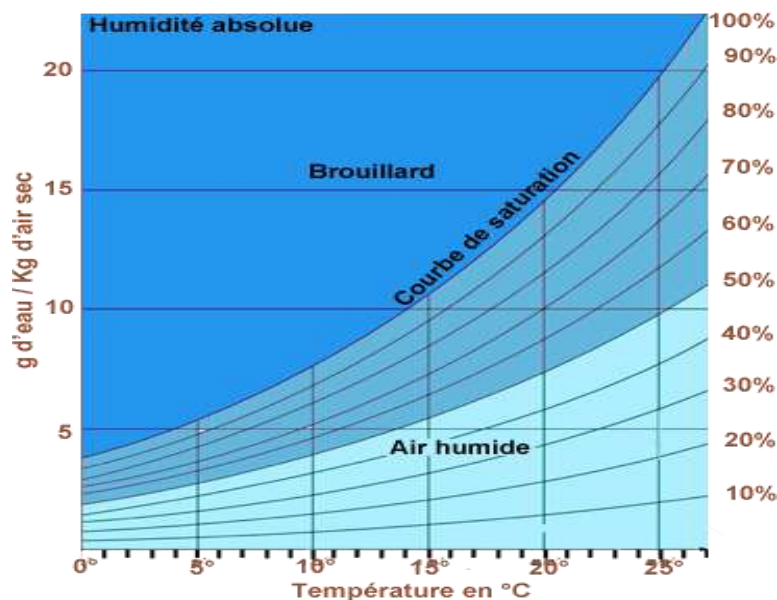
### 3.3. La condensation :

La condensation se produit lorsque de l'air humide plus chaud entre en contact avec des surfaces froides telles que des éléments de charpente, des fenêtres et d'autres accessoires, ou la région la plus froide de l'isolant enveloppe (si de l'humidité a pénétré dans le pare-vapeur). Chaud l'air, ayant la capacité de contenir plus d'humidité que l'air froid, perd cette capacité lorsqu'il entre en contact avec du frais ou du froid surfaces ou régions. Lorsque cela se produit, une humidité excessive dans l'air est libéré sous forme de condensation. En métal bâtiments.[10]

### 3.4. Le point de saturation:

En fonction de sa température, l'air est en mesure d'absorber et de stocker une quantité déterminée de vapeur d'eau. La capacité d'absorption augmente avec la température. Pour une température déterminée, la pression de vapeur d'eau produite ne peut augmenter que jusqu'à la limite de saturation qui s'appelle la pression de vapeur d'eau saturante ( $P_s$ ).

La pression de vapeur saturante  $p_{sat}$  est la pression de vapeur dans un état d'équilibre indifférent avec une surface plane d'eau liquide ou de glace à la même température et à la même pression. En d'autres termes, c'est la valeur maximale que peut atteindre la pression partielle de la vapeur à cette température. [6]



FigureI.5 : Le point de saturation

### 3.5. Humidité relative et La température de bulbe sec et de bulbe humide:

#### 3.5.1. La température de bulbe sec :

C'est la température réelle de l'air humide observée à l'aide d'un thermomètre ou d'un capteur de température, elle est indiquée par un thermomètre non affecté par l'humidité d'air.[11]

#### 3.5.2. La température de bulbe humide :

C'est la température enregistrée par un thermomètre où le bulbe est recouvert d'une mèche imprégnée d'eau. Les températures humides sont toujours inférieures aux températures sèches, le seul cas, où elles sont identiques est avec une humidité relative à 100 %.[11]

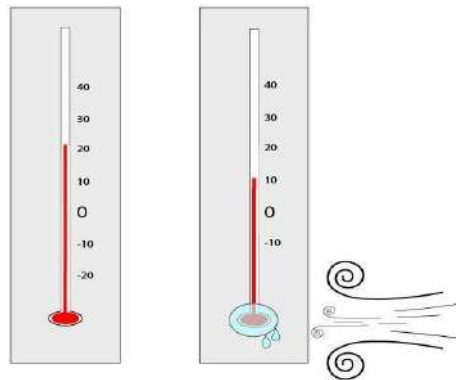


Figure 1.6 : La température de bulbe sec et de bulbe humide

## 4. Les effets de l'humidité :

### 4.1. Les effets de l'humidité sur la santé humaine:

Un milieu de vie sain nécessite une bonne qualité de l'air à domicile.

L'excès d'humidité favorise la croissance de moisissures, ce qui peut entraîner des problèmes respiratoires pour les occupants.

- L'humidité est l'un des facteurs les plus graves de dégradation de la qualité de l'air intérieur des logements.
- Les moisissures peuvent causer diverses pathologies chez les personnes exposées de manière prolongée, en particulier des allergies et l'asthme.
- Les spores de moisissures diffusées dans l'air peuvent déclencher des réactions allergiques et des irritations des yeux, du nez et de la gorge, ainsi que de la fatigue et des maux de tête.
- Certaines moisissures produisent des mycotoxines, qui peuvent avoir des conséquences toxiques pour la peau, le système immunitaire et être cancérigènes.

- Les trichothécènes produites par la moisissure *Stachybotrys atra* ont été associées à des hémorragies pulmonaires mortelles chez de très jeunes enfants.
- Les spores mortes de moisissures restent allergènes et toxiques.
- L'espèce *Aspergillus versicolore*, la deuxième espèce de moisissure la plus fréquente, produit une toxine cancérigène appelée la sterigmatocystine.
- Les dégâts des eaux favorisent particulièrement le développement de la moisissure *Stachybotrys atra*. [12]

#### **4.2. Les effets de l'humidité sur bâtiments:**

Voici une version résumée en points des informations fournies :

- L'humidité dans un bâtiment peut avoir différentes origines : naturelle, accidentelle ou due à un manque d'entretien.
- Elle peut causer divers dommages tels que la diminution de l'efficacité de l'isolant, la dégradation des enduits et peintures, la croissance de moisissures et d'efflorescences, le pourrissement des structures en bois, l'éclatement des pierres ou des briques sous l'effet du gel de l'eau, et la corrosion des aciers du béton armé.
- L'évaluation de l'humidité peut aider à prévenir ces détériorations.
- Les testeurs d'humidité, également appelés humidimètres, permettent de mesurer l'humidité.
- Si l'humidité est trop élevée, des solutions sont possibles.
- Selon la cause du problème, il peut être nécessaire de colmater les fuites, d'installer un drain le long du mur, d'injecter une barrière étanche contre les remontées capillaires, de retirer des enduits imperméables ou d'installer un système d'électro-osmose. [13]

#### **4.3. Les effets de l'humidité sur la l'environnement:**

Chaque jour, nous sommes exposés à de nombreuses bactéries et moisissures qui peuvent causer des problèmes de santé.

- L'humidité excessive (HE) dans nos environnements intérieurs peut aggraver la présence de microorganismes néfastes.
- L'HE est définie par l'OMS comme une humidité en excès visible, mesurable ou perceptible, pouvant causer des problèmes tels que la présence de moisissures, de fuites d'eau, la détérioration des matériaux et des odeurs de moisissures.
- Les effets nocifs de l'HE sur la santé respiratoire des personnes exposées dans les bureaux et les habitations sont bien documentés.
- Cependant, il existe moins de documentation concernant l'HE dans les écoles et ses effets sur les symptômes respiratoires chez les enfants.

- Les symptômes respiratoires chez les enfants peuvent inclure la grippe, l'amygdalite, l'otite moyenne, la sinusite, la bronchite, la pneumonie et les dermatites atopiques (DA).
- Deux publications sélectionnées se concentrent sur les problèmes potentiels causés par l'HE chez les élèves du primaire dans leurs écoles et leurs habitations. [14]

### **5. Les méthodes de mesure de l'humidité:**

Différents procédés de mesure peuvent être utilisés pour déterminer l'humidité de l'air. Généralement, l'utilisateur choisit la méthode la mieux adaptée aux conditions de mesure. Bien souvent, il est possible d'obtenir une bonne précision de mesure (ou une précision satisfaisant aux conditions requises) avec un dispositif de mesure simple, mais bien adapté. A titre indicatif, les procédés de mesure d'humidité les plus connus et les plus courants sont décrits ci-après dont :

- Mesure psychrométrique
- Mesure capacitive
- Mesure hygrométrique
- Hygromètres à cheveux synthétiques
- Le capteur d'humidité
- L'hygrostat
- Hygrographe [6]

### **6 .Les applications de la mesure de l'humidité :**

La mesure de l'humidité est utilisée dans de nombreuses applications. Voici quelques exemples :

#### **6.1. Application d'humidité dans climatologie:**

Outre la température, l'humidité est une grandeur de process très importante. L'humidité relative de l'air ambiant influence par exemple largement notre bien-être et notre état de santé. Pour les process industriels, un réglage exact de l'humidité est souvent décisif pour la compétitivité et la qualité des résultats. En outre un réglage correct du niveau d'humidité peut contribuer à des économies d'énergie considérables. La liste des domaines d'application dans lesquelles la mesure de l'humidité de l'air apparaît comme importante est interminable. Partout où des processus chimiques, physiques ou biologiques sont déclenchés ou influencés par la teneur en vapeur d'eau de l'air, la surveillance continue de cette valeur est très importante. [15]

## 6.2. Application d'humidité dans l'agriculture :

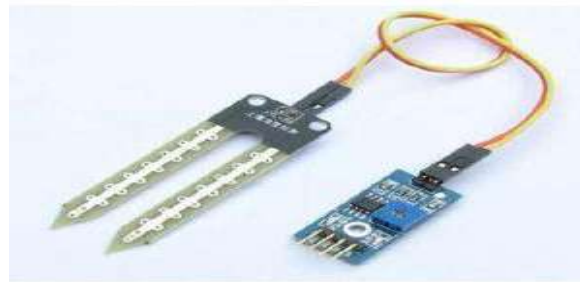
### 6.2.1. Humidité de sol:

#### a. Mesures directes de l'humidité de sol :

La méthode la plus simple consiste à prélever des échantillons de terre dans la couche de sol exploitée par les racines (le réservoir utile) et à les peser, avant et après dessiccation, pour connaître, leur teneur en eau. [16]

#### b. Capteur d'humidité de sol:

Ce module de capteur est utilisé pour détecter l'humidité du sol. Il mesure le contenu volumétrique de l'eau dans le sol et nous donne le niveau d'humidité comme sortie. Le module dispose de sorties numériques et analogiques et d'un potentiomètre pour ajuster le niveau du seuil. Ce module de détection d'humidité est composé d'un capteur d'humidité, de résistances, d'un condensateur, d'un potentiomètre, d'un comparateur LM393 IC, d'une LED d'alimentation et d'état dans un circuit intégré. [16]



FigureI .7. : capteur d'humidité du sol

### 6.2.2. Humidité dans les serres:

Toute diminution de l'humidité par rapport au pourcentage minimum entraîne une croissance incomplète des plantes, Nous devons donc créer un programme qui atteint les points suivants : Lecture des informations du capteur d'humidité.

- Comparaison continue entre l'humidité minimale et l'humidité mesurée.
- Émettre des ordres au service de contrôle en fonction des résultats de comparaison pour le travail de d'humidificateur. [17]

### **6.3. Application d'humidité dans la les aliments:**

*Le contrôle de l'humidité présente de nombreux avantages dans la production alimentaire, mais l'objectif final est d'améliorer la productivité et de maintenir une qualité optimale du produit. Certains avantages sont assez spécifiques à un processus de production, comme l'utilisation de la vapeur pour empêcher les produits de coller à leur convoyeur, mais d'autres sont plus largement utilisés.*

*Voici une sélection des raisons les plus courantes de contrôle de l'humidité dans les installations de production alimentaire, à la fois pour l'humidification et la déshumidification. [18]*

#### **6.3.1. Le taux d'humidité parfait:**

*L'humidité de l'air idéale pour toute zone de production alimentaire dépendra des objectifs de l'application de fabrication et de la teneur en humidité du produit.*

*Par exemple, si l'objectif est d'éviter les pertes par évaporation d'un produit et de maintenir son poids, le niveau d'humidité de l'air est déterminé en fonction de la teneur en humidité interne idéale du produit.*

*Un équilibre doit être maintenu entre le produit et l'atmosphère, à un niveau qui empêche l'humidité d'être transférée du produit à l'air ou vice versa. Un graphique appelé isotherme de sorption montre, pour tout produit, ce que l'humidité de l'air devrait être pour maintenir une teneur en humidité interne spécifique. Cette teneur en humidité interne est souvent appelée le taux d'humidité d'équilibre (EMC).*

*Outre pour éviter les pertes par évaporation, de nombreux processus de production alimentaire nécessitent un niveau d'humidité spécifique pour faciliter une réaction ou un effet dans le produit. Par exemple, dans la production de pain, le contrôle de l'humidité pendant la levée de la pâte empêchera la formation d'une peau sur la pâte. Alors qu'à un stade ultérieur de la production, le contrôle de l'humidité pendant la cuisson au four ralentit l'évaporation de l'humidité pour maintenir un temps de cuisson optimal, ainsi que pour déterminer les propriétés de la croûte.*

*Le tableau donne quelques exemples de niveaux d'humidité typiques dans une variété d'applications de production alimentaire. [18]*



TableauI-1: Niveaux d'humidité typiques pour le traitement de différents produits alimentaires

<i>Application</i>	<i>Niveau d'humidité typique</i>	<i>Objectif du contrôle de l'humidité</i>
<i>Cuisson de petits pains au lait :</i> - Levage de la pâte - Four	80 % $H_R$ 90 % $H_R$	<i>Empêche la formation de peau sur la pâte. Optimiser le temps de cuisson et produire une croûte idéale.</i>
<i>Stockage des récoltes :</i> - Pommes - Carottes - Pommes de terre - Oignons - Citrouilles	90 à 95 % $H_R$ 90 à 95 % $H_R$ 90 à 95 % $H_R$ 65 à 75 % $H_R$ 65 à 70 % $H_R$	<i>Empêchez les pertes par évaporation pour maintenir le poids du produit, maximiser la durée de stockage et maintenir la qualité du produit.</i>
<i>Refroidissement des carcasses</i>	94 % $H_R$	<i>Empêcher les pertes par évaporation lors du refroidissement initial des carcasses et maintenir le poids du produit</i>
<i>Affinage du fromage :</i> - Camembert - Cheddar - Gouda - Stilton	94 % $H_R$ 75 % $H_R$ 75 à 80 % $H_R$ 95 % $H_R$	<i>Empêchez les pertes par évaporation pour maintenir le poids du produit et gérer la formation correcte des moisissures pour la saveur et le caractère.</i>
<i>Maturation de la banane</i>	90- à 95 % $H_R$	<i>Maintenir le poids du produit et la qualité</i>
<i>Chocolat :</i> - Enrobage - Refroidissement	40 à 45 % $H_R$ 70 à 85 % $H_R$	<i>Éviter le voile de sucre (cristallisation superficielle des sucres).</i>

#### 6.4. Application d'humidité dans la production de matériaux:

Il y a de nombreuses façons d'extraire et de mesurer l'humidité se trouvant dans les Matériaux , à partir de la technique relativement simple du séchage dans un four jusqu'aux techniques plus perfectionnées de la distillation, du titrage de Fischer et de la pression du Carbure e de calcium.



La méthode la plus courante de mesure du degré d'humidité des matériaux est le séchage dans un four. Il s'agit simplement de peser le spécimen avant et après le séchage, lorsqu'il a été séché jusqu'au point où son poids devienne constant dans un four dont la température est maintenue à une température particulière (comme le bois – 103°C). Les principales causes d'erreurs lorsqu'on utilise la méthode de séchage au four sont : l'élimination incomplète de l'eau, l'élimination de produits volatiles autres que l'eau et l'humidité réabsorbée pendant le pesage.

Une autre méthode souvent utilisée est la distillation. Si le spécimen contient des matières volatiles autres que l'eau, comme de l'huile, ces matières volatiles vont s'évaporer pendant le séchage au four. Il est impossible de distinguer la perte de poids qui en résultera de celle qui sera causée par l'évaporation de l'eau. Dans ces cas-là, on utilise un processus de distillation. [19]

## 6.5. Application de l'humidité à la santé publique :

### 6.5.1. Application dans l'industrie pharmaceutique:

Les produits pharmaceutiques sont sous de nombreux aspects extrêmement sensibles aux températures et souvent à l'humidité. Ceci est essentiellement dû aux protéines contenues dans de nombreux médicaments. Ces protéines réagissent de manière extrêmement sensibles aux modifications des conditions environnementales – et essentiellement aux variations de température.

Des conditions de stockage trop humides peuvent nuire à la qualité des médicaments et empêcher leur utilisation : Des emballages détrempés ou fondus, ainsi que des étiquettes illisibles sont également des conséquences, tout comme les moisissures dans et sur les cartons. Dans ces trois cas de figure, les responsables doivent s'attendre à perdre leur bonne réputation, enregistrer des baisses au niveau de leur chiffre d'affaires et, dans les pires cas, être responsable de pertes des vies humaines. [20]



Figure I.8 : surveillance d'un critical control point au moyen d'un enregistreur de données testo 175 t1

### 6.5.2. Application de mesure de l'humidité dans Hôpitaux:

L'humidité doit être surveillée de façon continue dans les chambres des patients dans les hôpitaux, enregistrée et diffusée si nécessaire. Cela est requis dans de nombreux cas en tant qu'exigences réglementaires. Ces systèmes de surveillance des salles d'hôpital sont nécessaires pour les salles de patients, les salles d'opération, les salles d'isolement, etc....

Par conséquent, un système de surveillance simple devrait être utilisé C'est une solution simple faite par LASCAR, Royaume-Uni qui comprend tous les avantages de surveillance de base comme suit :

- L'appareil dispose d'un écran LCD qui peut être lu à une distance de 10 à 15 mètres.
- L'unité est du type qui s'installe sur le mur en forme de boîte et peut facilement être installé sur la puce installer progrès avec l'appareil.
- Dispositif serveur pour e-mail et SMS et une alerte d'appel vocal peuvent être fournis.
- Surveillance continue : surveille l'humidité 24 heures sur 24 et prend des mesures pour maintenir des niveaux d'humidité appropriés. [21]



FigureI-9 : moniteur de température et d'humidité wifi

### 6.6. Application d'humidité dans la protection de l'environnement:

Il est toujours compliqué de réaliser des mesures dans des environnements dont l'humidité relative est élevée (plus de 90 %) car on approche de la saturation. Vaisala a développé des technologies de sonde chauffée et de chauffage de capteur pour faire face à ces conditions exigeantes. La technologie de sonde chauffée permet de mesurer l'humidité de manière fiable et précise, même dans des environnements dont l'humidité relative de 100 % ne peut être mesurée par des capteurs d'humidité saturés.

Dans des environnements à humidité relative élevée (plus de 90 %), tous les objets, y compris les capteurs d'humidité, sont susceptibles d'être à une température proche de la saturation. Dans un tel environnement, le gradient de pression de vapeur est insuffisant pour permettre l'évaporation

efficace de l'eau liquide de la surface du capteur. Le capteur peut rester mouillé pendant quelques minutes ou plus, ce qui provoque une rupture prolongée de la mesure, même quand l'environnement n'est plus saturé.

Imaginez une enceinte climatique à 23°C et 90 % d'HR. La température du point de rosée correspondante est de 22,2°C, ce qui signifie que la vapeur d'eau se condense sur tout objet dont la température est égale ou inférieure à 22,2°C.

Idéalement, la sonde d'humidité contenant le capteur est en équilibre à 23°C. En réalité, il y a seulement une marge de 0,8°C avant que la condensation ne se produise. Des problèmes peuvent survenir lorsque :

- Les paramètres de l'enceinte sont réglés pour passer rapidement d'une température et d'une humidité relative plus basses à une température et une humidité relative plus élevées. La sonde d'humidité a une inertie thermique qui fait que sa température est inférieure à celle de l'environnement, ce qui est susceptible de provoquer de la condensation sur la sonde.
- La régulation de l'humidité de l'enceinte dépasse les paramètres souhaités, ce qui entraîne la saturation et la condensation sur la sonde.
- La sonde est installée de manière à évacuer de la chaleur de l'enceinte vers l'environnement extérieur. La sonde devient plus froide que l'intérieur de l'enceinte, ce qui peut créer de la condensation si elle refroidit suffisamment pour correspondre à la température de point de rosée de l'enceinte. [22]

## 7. Contrôle de l'humidité :

### 7.1. Les moyens de contrôle de l'humidité :

#### 7.1.1. La méthode à l'étuve selon l'ISO 18134-1 : 2016 :

- Peser le plat vide ( $m_1$ )
- Remplir avec au moins 300 g (2 à 5 cm d'épaisseur selon le plat)
- Peser avant le séchage ( $m_2$ )
- Positionner le plat + la matière dans l'étuve et attendre environ 12h
- Peser le plat avec l'échantillon après le séchage ( $m_3$ )
- Remettre dans l'étuve et attendre 1 heure de plus
- Peser le plat avec l'échantillon après le séchage ( $m_3'$ ) si ( $m_3$ ) et ( $m_3'$ ) ont moins de 0.1g près de différence, noter la masse ( $m_3$ ).
- $M_{ad}$  est la teneur en humidité exprimée en pourcentage massique, qu'il doit être

calculée selon la formule : [23]

$$M_{ad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad [23]$$

- Faire une moyenne de 2 résultats consécutifs de la teneur en humidité  
Afin d'obtenir une moyenne

### 7.1.2. Mesure directe de l'humidité (Thermobalance):

Mesure directe par séchage infrarouge. L'appareil est une balance de laboratoire dotée d'une résistance permettant le séchage de l'échantillon. La balance pèse en continue et s'arrête lorsqu'il n'y plus de variations de masse.

Entre 15 et 30 minutes en fonction de l'humidité du bois.[23]



Figure I.10: Balance et Plat en verre



Figure I.11 : Thermobalance

## 7.2. Déshumidificateurs pour réduire l'humidité:

### 7.2.1. Déshumidificateurs dans les serres :

#### a. Modèles CD160 et CD240 :

**Principe de fonctionnement :** Un ventilateur aspire l'air humide de la serre et le transporte à travers un évaporateur réfrigéré. Au passage sur cette batterie froide, l'air de la serre est déshumidifié et refroidi sous le point de rosée .

L'eau condense sur la surface froide de l'évaporateur et ruissèle dans un réservoir ou est directement transporté via un tuyau au système d'évacuation

L'air froid et sec est ensuite réchauffé au passage sur la batterie chaude ou « condenseur » avant d'être soufflé dans la serre, déshumidifié à une température plus élevée d'environ 3 à 5 degré.

La régulation du taux d'humidité est automatisée, elle est pilotée soit par l'ordinateur climatique de la serre, soit par une sonde et un régulateur intégré. [24]

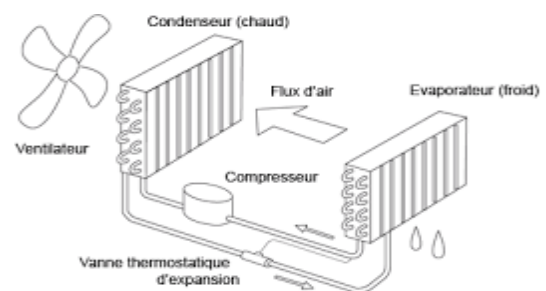


Figure I.12: Déshumidificateurs dans les serres

### 7.2.2. Déshumidificateurs dans les chambres froides :

L'utilisation d'un déshumidificateur dans une chambre froide offre d'innombrables avantages.

Le déshumidificateur aide à augmenter la sécurité lors de l'accès aux chambres froides. En régulant et limitant le taux d'humidité dans la chambre, la visibilité ainsi que le confort de travail sont optimisés. Le sol à l'intérieur de la chambre froide sera aussi moins glissant du fait que la formation de glace ainsi que du givre sont limités par le déshumidificateur. De plus, cet équipement aide à réduire la consommation d'énergie électrique en limitant la fréquence d'utilisation du dégivrage automatique.

Le problème fréquemment rencontré pour une chambre froide est lié aux portes d'entrée. Il se peut qu'elles se coincent ou deviennent moins étanches à cause des glaces et du givre. Ainsi, le déshumidificateur peut remédier à ce problème en régulant et optimisant le taux d'humidité dans la chambre froide.[25]



Figure I.13 : Déshumidificateurs dans les chambres froides

### 7.3. Humidificateurs pour augmenter l'humidité:

Plusieurs techniques d'humidification permettent de faire augmenter l'humidité :

**Brumisateur:** fait augmenter l'humidité dans la serre. Il consiste à atomiser l'eau en fines particules. Ensuite un système à haute pression d'air les disperse dans le climat sous serre. Il s'agit d'un système qui produit de la brume sans laisser de gouttelettes sur les plants afin de ne pas favoriser le développement de maladies fongiques. L'augmentation de l'humidité dans la serre provoquée par le système de brumisation, peut entraîner une diminution de la température puisque l'eau nécessite de l'énergie pour qu'il s'évapore. [26]

## CHAPITRE 02 :

### *Méthodes et instruments de mesure de l'humidité*

#### *01. Les hygromètres.*

- *Hygromètres mécaniques*
- *Hygromètres à variation d'impédance*
- *Hygromètres à condensation*
- *Psychromètres*

#### *02. Les capteurs d'humidité.*

- *Capteurs capacitifs*
- *Capteurs résistifs*
- *Capteurs gravimétriques*
- *Capteurs optiques*

#### *03. Les normes de mesure de l'humidité.*

- *L'Organisation internationale de normalisation (ISO)*
- *Société américaine des ingénieurs en chauffage, réfrigération et climatisation (ASHRAE).*



## 1. Les hygromètres :

### 1.1. Hygromètres mécaniques :

#### 1.1.1. Principe de fonctionnement :

Le capteur d'un tel hygromètre est constitué d'un faisceau de fibres (cheveux, fibre de bambou, soie, Nylon, etc.) dont les dimensions sont fonctions de la quantité d'eau absorbée. Les fibres sont reliées à un système de levier permettant de positionner un indicateur sur une échelle graduée en humidité relative. La réponse des fibres en fonction de l'humidité relative étant non linéaire, il est nécessaire de graduer l'échelle ou de concevoir le système de levier en conséquence. [27]

#### 1.1.2. Caractéristiques :

Les hygromètres mécaniques présentent plusieurs caractéristiques importantes, notamment :

- Sa simplicité, sa robustesse et son coût peu élevé en font l'hygromètre le plus utilisé notamment pour le contrôle de l'humidité relative des salles climatisées.
- Les fibres employées limitent l'utilisation de ces hygromètres en deçà des 80 °C.
- Les mesures peuvent s'effectuer pour des humidités relatives comprises entre 20 % et 100 % à des températures comprises entre -10 °C et 70 °C.
- Il est recommandé d'utiliser ces appareils dans un domaine restreint.
- L'exactitude annoncée par les constructeurs est de l'ordre de 10 % sur toute la gamme d'humidité relative, à 23 °C et 5 °C.

Ces hygromètres sont sensibles à la pollution de l'air (poussière, corps gras, solvants), leur temps de réponse est de l'ordre de quelques minutes et l'effet d'hystérésis est important après le passage de l'hygromètre dans les valeurs extrêmes d'humidité relative [Cre00] [Hyg99, 1]. [27]



Figure II.1 : Thermo-hygromètre mécanique.

## 1.2. Hygromètres à variation d'impédance :

### 1.2.1. Principe de fonctionnement :

Les caractéristiques électriques des matériaux hygroscopiques permettent d'obtenir un signal représentatif de l'humidité relative. Il faut différencier deux types d'hygromètres à variation d'impédance :

- Les hygromètres à capteur capacitif, l'élément sensible est un condensateur dont le diélectrique est un matériau hygroscopique
- Les hygromètres à capteur résistif dont l'élément sensi. [27]

### 1.2.2. Caractéristiques :

Les hygromètres à variation d'impédance présentent plusieurs caractéristiques importantes, notamment :

- L'humidité relative donnée par les hygromètres à variation d'impédance est déterminée par rapport à l'eau.
- Pour un air humide saturé par rapport à la glace, l'hygromètre indiquera donc une humidité relative inférieure à 100 %.
- L'utilisation à des températures positives est limitée à 100 °C du fait de la définition de la pression de vapeur saturante en phase pure.
- Les hygromètres d'usage courant fonctionnent en deçà des 80 °C.
- Ces hygromètres effectuent la mesure de l'humidité relative.
- Les hygromètres à variation d'impédance indiquant la température de rosée ou le rapport de mélange obtiennent ces paramètres par un calcul utilisant la température de l'air humide, sa pression et son humidité relative.
- L'étendue de mesure dépend des caractéristiques du capteur mais est généralement comprise entre 2 % et 98 %.

Le Capteur est équipé du filtre. Suivant les modèles [Cre00] [Hyg97]. [27]



Figure II.2 : Hygromètre à variation.



### 1.3. Hygromètres à condensation :

#### 1.3.1. Principe de fonctionnement :

Le système de mesure comprend un dispositif dans lequel circule de l'air humide. Ce dispositif est constitué d'un miroir dont la température est régulée à l'aide d'un élément à effet Peltier. Le miroir est refroidi jusqu'à ce qu'il se forme de la condensation, qui est détectée par un système de diodes optiques. La température du miroir est régulée de manière à maintenir un équilibre entre la condensation et l'air humide. La température du miroir est mesurée à l'aide d'une sonde de température, ce qui permet d'obtenir la température de rosée ou de gelée. [27]

#### 1.3.2. Caractéristiques :

Les hygromètres à condensation sont des instruments utilisés pour mesurer l'humidité de l'air en utilisant le principe de la condensation de la vapeur d'eau. Voici quelques caractéristiques courantes des hygromètres à condensation :

- Les hygromètres à condensation, selon les modèles, permettent de mesurer des températures de rosée (gelée) comprises entre  $-100\text{ °C}$  et  $10\text{ °C}$ .
- L'exactitude annoncée par les constructeurs est comprise entre  $0,1\text{ °C}$  et  $0,5\text{ °C}$ .
- Ces hygromètres sont sensibles à la pollution. Les impuretés qui se déposent sur le miroir peuvent perturber la détection du condensat. Les impuretés solubles dans l'eau peuvent modifier la pression de vapeur saturante et donc la valeur de la température de rosée mesurée.
- Comme déjà expliqué, il est possible d'observer un dépôt d'eau sous sa phase liquide bien en dessous de  $0\text{ °C}$ . Dans le cas où l'on souhaite par exemple calculer l'humidité relative, il est nécessaire de s'assurer de la nature du condensat. Si la nature du condensat n'est pas bien déterminée (mélange d'eau et de glace), une composante d'incertitude sur la détermination de la pression de vapeur saturante devra être ajoutée au budget.
- Le temps de réponse est très court pour des températures positives. Pour les températures négatives, la faible quantité d'eau rend la formation du condensat plus difficile. A  $-80\text{ °C}$  le temps de réponse peut atteindre quelques heures.
- Ce type d'hygromètre est sensible au débit d'air qui lui est imposé, il est donc important de respecter le débit optimal recommandé par le constructeur en assurant sa stabilité.
- La différence de pression entre le lieu où l'air humide est prélevé et la tête de mesure peut entraîner une erreur significative dans la mesure de la température de rosée (ou de gelée). Cette différence de pression doit être quantifiée et une correction doit être appliquée à la valeur de la température de rosée mesurée si nécessaire.

Plusieurs phénomènes peuvent induire une dérive significative. A court terme, la coalescence (regroupement de gouttelettes en gouttes de tailles supérieures), l'accumulation d'impuretés sur le miroir peut introduire une dérive ; le chauffage du miroir permet de retrouver un état normal. A long terme, les rayures et le ternissement du miroir induisent une dérive qui est quantifiée par les étalonnages successifs de l'instrument. [27]



Figure II.3 : Hygromètre à condensation.

## 1.4. Psychromètres :

### 1.4.1. Principe de fonctionnement :

Un psychromètre est constitué de deux thermomètres ventilés par l'air humide dont on veut déterminer la pression partielle de vapeur d'eau et l'humidité relative. Un des deux thermomètres est recouvert d'un manchon humidifié avec de l'eau distillée (à défaut déminéralisée). L'évaporation de l'eau provoque un refroidissement du thermomètre jusqu'à une température d'équilibre dite "température humide".

La température humide mesurée par le psychromètre est une approximation de la température thermodynamique du thermomètre mouillé définie précédemment. [27]

### 1.4.2. Caractéristiques :

Les psychromètres sont des instruments utilisés pour mesurer l'humidité de l'air, généralement dans le domaine de la météorologie ou du contrôle climatique. Voici quelques caractéristiques courantes des psychromètres :

- Le psychromètre ne mesure que la température sèche et la température humide.

La ventilation des thermomètres est indispensable pour effectuer des mesures fiables, car la ventilation naturelle ne permet pas d'assurer des échanges thermiques constants.

- Les psychromètres sont généralement équipés de systèmes de circulation de l'air tels que des frondes ou des ventilateurs intégrés pour garantir une ventilation adéquate.
- La vitesse d'écoulement de l'air a une influence significative sur la valeur de la température humide mesurée, il est donc nécessaire de maintenir une vitesse stable pendant la mesure et à long terme pour obtenir une reproductibilité satisfaisante.
- La plage d'utilisation des psychromètres s'étend de 0 °C à 100 °C à pression atmosphérique.

L'exactitude annoncée varie de  $\pm 0,2$  °C à  $\pm 1$  °C selon les modèles. [27]



Figure II. 4 : psychromètre

## 2. Les capteurs d'humidité :

Il existe pour mesurer l'humidité, différents procédés usuels qui se différencient principalement par leur précision et leur aptitude aux mesures à long terme, ainsi que par le milieu à mesurer :

- Capteurs capacitifs
- Capteurs résistifs
- Capteurs gravimétriques
- Capteurs optiques

### 2.1. Capteur d'humidité capacitif:

Des capteurs capacitifs d'humidité relative sont largement répandus dans des applications industrielles, commerciales, et la télémétrie de météorologie. Ils se composent d'un substrat sur lequel une couche mince d'oxyde de polymère ou de métal est déposée entre deux électrodes conductrices. La surface de sensation est enduite d'une électrode poreuse en métal pour la protéger contre la contamination et l'exposition à la condensation. Le substrat est en

général fabriqué de verre, en céramique, ou silicium. Le changement par accroissement de la constante diélectrique d'un capteur d'humidité capacitif est presque directement proportionnel à l'humidité relative (RH) de l'environnement. Le changement de la capacité est en général de 0.2 à 0.5 pF pour un changement de 1% RH, alors que la capacité de bulk est entre 100 et 500 pF à RH 50% et 25°C. Les capteurs capacitifs sont caractérisés par un coefficient de basse température, capacité de fonctionner à des températures élevées (jusqu'à 200°C), plein rétablissement de condensation, et une résistance raisonnable aux vapeurs chimiques. Le temps de réponse s'étend de 30 à 60 s pour un pas de changement de 63% RH. [28].



Figure II.5. Capteur d'humidité capacitif.

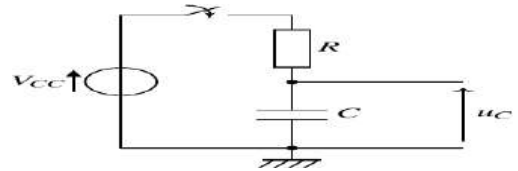


Figure II.6. Schéma de principe d'un capteur capacitif.

### 2.1.1. Avantage :

- mesure sans entretien sur de longues périodes possible même aux températures négatives.
- indépendant de la pression atmosphérique, fonctionne également sous pression
- souplesse d'emploi du capteur. .

### 2.1.2. Inconvénients :

- stabilité de long terme limitée.
- sensible à la condensation et à certains milieux agressifs ..

## 2.2. Capture d'humidité résistif:

Les capteurs résistifs sont basés sur le changement d'impédance d'une couche sensible après absorption d'humidité. Trois types de matériaux sont généralement utilisés : céramiques, polymères et électrolytes. Un exemple de capteur d'humidité résistif (Figure II, 6) : le matériau utilisé est un trioxyde de tungstène, préparé par sol-gel et déposé sur les résistances dédiées à la transduction, le capteur comporte des résistances chauffantes pour l'évacuation de l'humidité dans la couche sensible. [29]

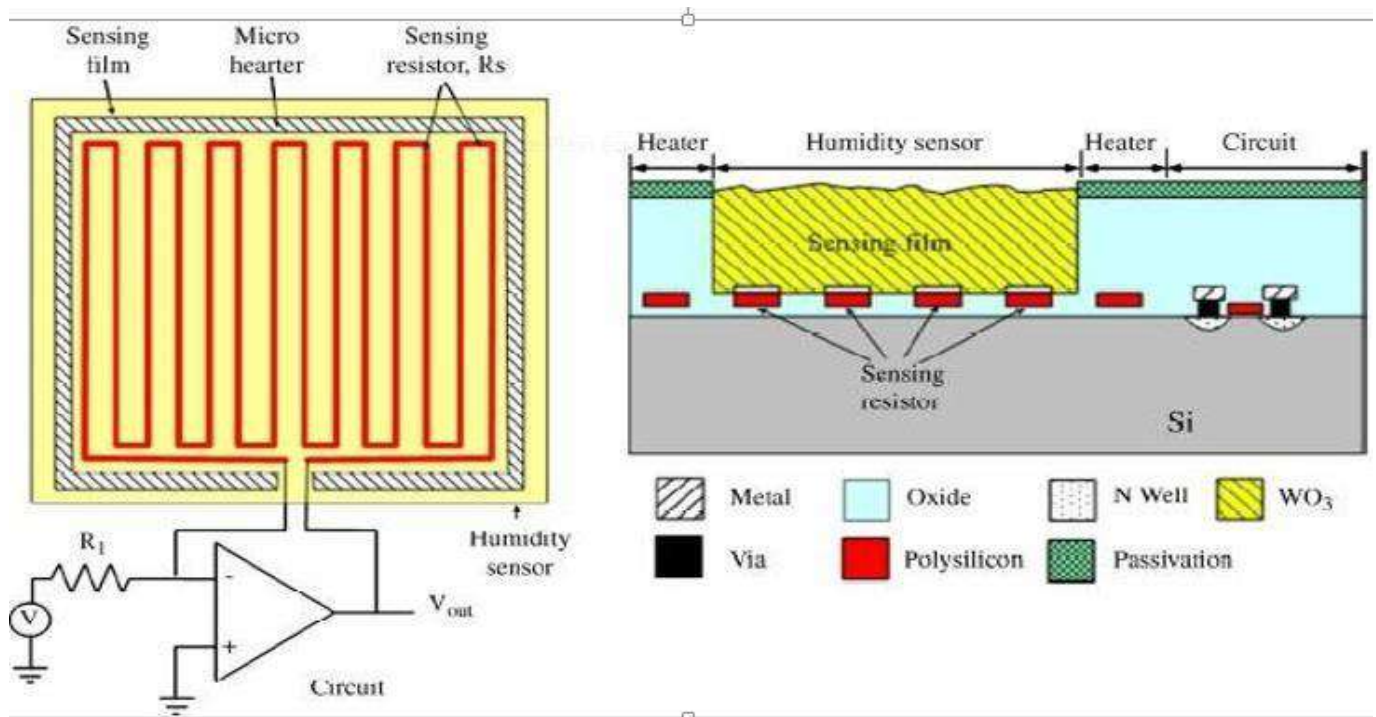


Figure II.7. : Capteur résistif avec un film sensible de  $WO_3$ , et le principe du circuit d'instrumentation avec amplificateur opérationnel.



Figure . II.8. Capture d'humidité résistif

### 2.2.1. Avantage :

- *Coût abordable* : Les capteurs résistifs d'humidité sont généralement disponibles à un prix abordable par rapport à d'autres types de capteurs.

- *Intégration facile* : Ces capteurs peuvent être facilement intégrés dans différentes applications en raison de leur conception simple et flexible.
- *Réponse rapide* : Les capteurs résistifs d'humidité sont souvent capables de répondre rapidement aux changements d'humidité, ce qui les rend utiles dans les applications de contrôle automatique et de surveillance.
- *Faible consommation d'énergie* : En général, ces capteurs consomment peu d'énergie électrique, ce qui contribue à prolonger la durée de vie de la batterie dans les appareils portables.

### **2.2.2. Inconvénients :**

- *Coût abordable* : Les capteurs résistifs d'humidité sont généralement disponibles à un prix abordable par rapport à d'autres types de capteurs.
- *Intégration facile* : Ces capteurs peuvent être facilement intégrés dans différentes applications en raison de leur conception simple et flexible.
- *Réponse rapide* : Les capteurs résistifs d'humidité sont souvent capables de répondre rapidement aux changements d'humidité, ce qui les rend utiles dans les applications de contrôle automatique et de surveillance.
- *Faible consommation d'énergie* : En général, ces capteurs consomment peu d'énergie électrique, ce qui contribue à prolonger la durée de vie de la batterie dans les appareils portables.

### **2.3. Capteurs gravimétriques :**

Le principe de transduction repose sur la variation de masse d'une couche sensible exposée à une variation du taux d'humidité. Ces capteurs utilisent généralement une microbalance à quartz pour détecter la variation de masse. La mesure est alors effectuée en mesurant la variation de fréquence de résonance du quartz, matériau piézorésistif, excité par un signal électrique. La résolution de ces microbalances atteint les quelques nanogrammes par  $\text{cm}^2$  de surface exposée. Pour améliorer la sensibilité de ces dispositifs, un matériau hydrophile est généralement associé.

Un exemple de capteur utilisant une microbalance à quartz est présenté figure 8 et 9. Ce dispositif ne comporte pas de matériau sensible. Il est associé à un refroidissement par Peltier pour abaisser la température du Quartz, et atteindre le point de rosée. L'effet Peltier ou thermoélectricité est le transfert de chaleur entre deux conducteurs de nature différente lorsqu'ils sont parcourus par le même courant. La condensation provoque une apparente



variation de masse du quartz. Par étalonnage, le taux d'humidité est déterminé par le délai entre l'activation du module Peltier et la détection de variation de fréquence de résonance de la microbalance. [30]

### 2.3.1. Avantages :

- *Précision élevée* : Les capteurs gravimétriques d'humidité offrent généralement une précision élevée dans la mesure de l'humidité, ce qui les rend appropriés pour les applications qui nécessitent des mesures précises.
- *Linéarité* : Ils peuvent avoir une réponse linéaire, ce qui signifie que le changement de masse est directement proportionnel à la variation d'humidité.
- *Insensibilité à d'autres facteurs* : Contrairement à certains autres types de capteurs d'humidité, les capteurs gravimétriques ne sont généralement pas affectés par des facteurs tels que la température ou la présence de gaz et de contaminants.
- *Faible dérive* : Ils ont tendance à avoir une faible dérive au fil du temps, ce qui signifie qu'ils maintiennent leur précision sur une plus longue période.

### 2.3.2. Inconvénients :

- *Coût élevé* : Les capteurs gravimétriques d'humidité peuvent être plus coûteux à produire par rapport à d'autres types de capteurs.
- *Sensibilité à la manipulation* : Ces capteurs peuvent être sensibles à la manipulation et aux vibrations, ce qui peut entraîner des erreurs de mesure si les conditions ne sont pas contrôlées avec précision.
- *Temps de réponse lent* : Le temps de réponse des capteurs gravimétriques d'humidité peut être plus long par rapport à certains autres types de capteurs, ce qui peut être un inconvénient dans des applications nécessitant une réponse rapide.

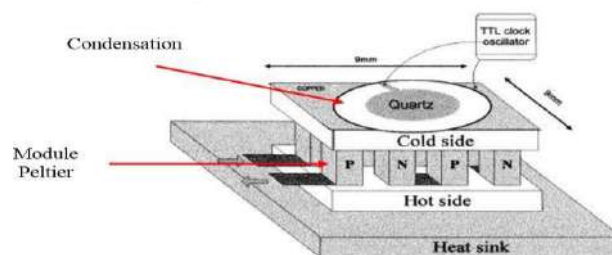


Figure II.9. Capteur d'humidité gravimétrique avec module Peltier.

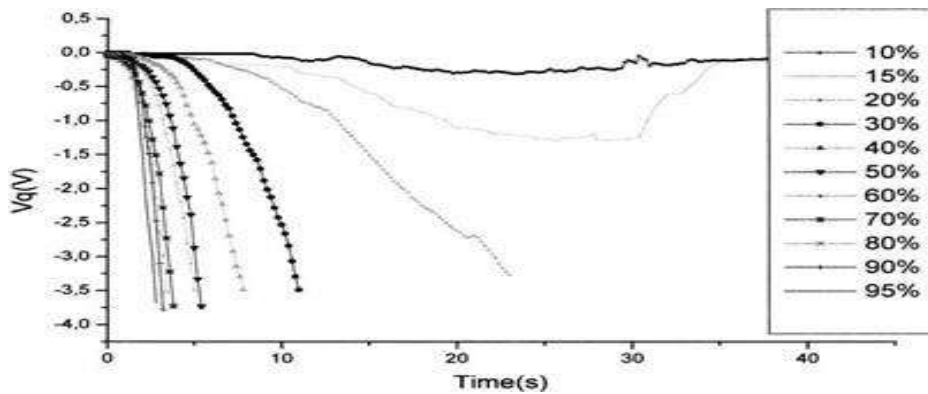


Figure II.10. Tension traduisant la variation de la fréquence de résonance pour différents taux d'humidité

#### 2.4. Capteurs optiques :

L'avantage de ces capteurs réside dans leurs performances. Ce sont des systèmes peu encombrants, ils peuvent présenter des temps de réponse en dessous de la minute, ils sont chimiquement stables et peu sujets aux perturbations électromagnétiques. Ils sont en revanche coûteux et lourds à concevoir et intégrer.

Ces capteurs reposent généralement sur l'utilisation de fibres optiques. Leur principe est basé sur la variation des propriétés physiques d'un composant de la fibre sous l'influence de l'humidité, cela se traduit soit par une variation de l'intensité lumineuse transmise, une variation du spectre de fluorescence, ou une variation d'indice d'optique qui permettent des mesures par réflectométrie.



Figure II.11. Capteur optique



Un exemple de capteur utilisant une fibre à diffraction de Bragg est présenté (Figure II.12), utilisant une gaine de polyimide en tant que matériau sensible. L'absorption d'humidité provoque une variation d'indice optique de la gaine et une variation de la longueur d'onde de Bragg. La variation de longueur d'onde  $\Delta\lambda$  en fonction des sensibilités de la température  $ST$  et de l'humidité relative  $SRH$ , et des variations de température  $\Delta T$  et d'humidité relative  $\Delta\varphi$  [30].

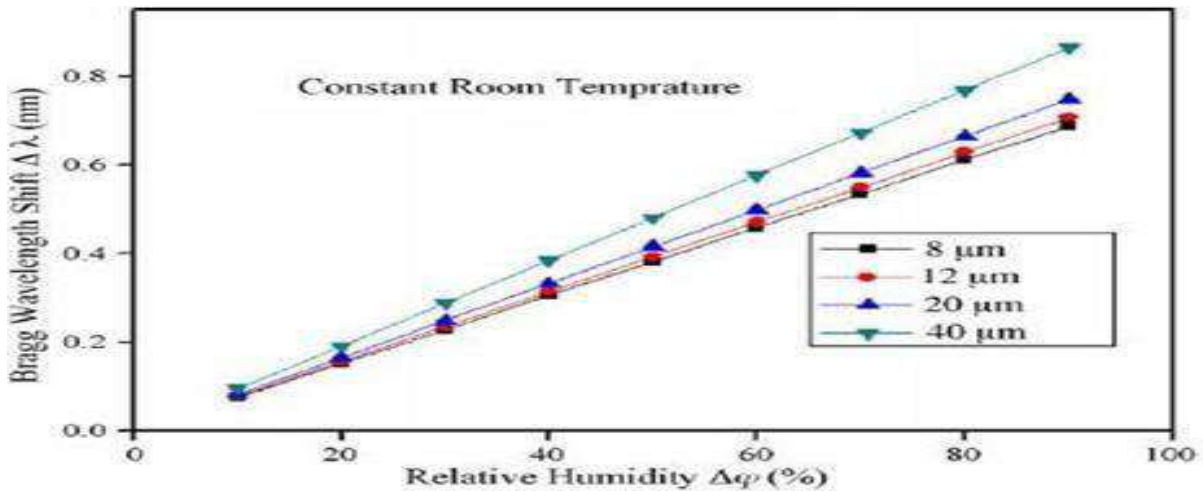


Figure II.12. Variation de la longueur d'onde de Bragg en fonction du taux d'humidité pour différentes épaisseurs de gaine polyimide .

La variation  $\Delta\lambda/\lambda$  est convertie en variation de tension  $\Delta U$ . La variation  $\Delta U$  s'exprimant en une fonction affine du taux d'humidité  $\Delta\varphi$ .

### 3. Les normes de mesure de l'humidité:

#### 3.1.L'Organisation internationale de normalisation (ISO) :

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) établit effectivement des normes pour diverses mesures, y compris l'humidité. Voici quelques-unes des normes de mesure de l'humidité les plus couramment utilisées par l'ISO [31 ; 32] :

- ISO 7726 :2011 - Ergonomie des ambiances thermiques - Instruments pour mesurer les grandeurs physiologiques ; Cette norme spécifie les exigences et les méthodes d'évaluation des instruments de mesure de l'humidité, notamment pour les applications liées à l'ergonomie des ambiances thermiques.

*ISO 80601-2-74:2017 - Appareils électro médicaux - Partie 2-74 : Exigences particulières pour la sécurité de base et les performances essentielles des appareils de surveillance de la pression artérielle non invasive automatisés ; Cette norme concerne les appareils de surveillance de la pression artérielle, qui peuvent également mesurer l'humidité relative de l'air ambiant.*

- *ISO 5725:1994 - Exactitude (justesse et fidélité) des méthodes de mesure et des résultats de mesure - Partie 1 : Termes généraux et définitions ; Bien que cette norme ne traite pas spécifiquement de l'humidité, elle établit des principes généraux pour évaluer l'exactitude des méthodes de mesure, y compris celles liées à l'humidité.*
- *ASHRAE Guideline 24-2015 : Cette directive s'applique aux systèmes de CVC résidentiels pour atteindre des niveaux de confort thermique et hygrométrique adéquats. Elle fournit des lignes directrices pour la conception, l'installation et l'entretien des systèmes de CVC résidentiels, y compris les recommandations concernant les niveaux d'humidité intérieure.*
- *ISO 22854:2016 - Mesure de l'humidité à l'aide de capteurs à résistance électrique ; Cette norme vise à décrire les méthodes de mesure de l'humidité en utilisant des capteurs à résistance électrique, ainsi qu'à spécifier les exigences techniques et les performances requises pour ces capteurs.*
- *ISO 16017-1:2010 - Méthodes de mesure de l'humidité dans les gaz atmosphériques - Partie 1 : Principes généraux ; Cette norme fournit des lignes directrices générales pour la mesure de l'humidité dans les gaz atmosphériques en utilisant différentes méthodes telles que la détection électrochimique, mécanique et thermique.*
- *ISO 12572 : Cette norme fournit des lignes directrices pour la mesure de l'humidité dans les matériaux de construction et les structures.*
- *ISO 15242 : Cette norme couvre les méthodes de mesure de l'humidité dans les matériaux secs à l'aide de dessiccateurs d'air.*
- *ISO 15927 : Cette norme vise à évaluer les performances thermiques et hygriques des bâtiments.*

### **3.2. Société américaine des ingénieurs en chauffage, réfrigération et climatisation :**

*La Société américaine des ingénieurs en chauffage, réfrigération et climatisation (ASHRAE) a établi des normes de mesure de l'humidité pour différents types d'applications. Voici quelques-unes des normes les plus couramment utilisées [33] :*

- *ASHRAE 55-2017 : Cette norme concerne les conditions thermiques intérieures acceptables pour le confort humain. Elle fournit des directives sur les niveaux d'humidité recommandés pour différents types d'activités et d'occupations. Par exemple, elle recommande des taux d'humidité relatifs (HR) compris entre 20 % et 60 % pour un confort thermique optimal dans la plupart des environnements.*
- *ASHRAE 62.1-2019 : Cette norme concerne la ventilation et la qualité de l'air intérieur. Elle définit des exigences minimales pour la ventilation, y compris des limites supérieures et inférieures pour les taux d'humidité relatifs dans les bâtiments commerciaux et institutionnels.*
- *ASHRAE 90.1-2019 : Cette norme concerne l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Bien qu'elle ne traite pas spécifiquement de l'humidité, elle fournit des recommandations générales pour la conception des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, qui peuvent avoir un impact sur les niveaux d'humidité intérieure.*
- *ASHRAE 90.2-2018 : Cette norme concerne l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels. Bien qu'elle ne traite pas spécifiquement de l'humidité, elle fournit des recommandations générales pour la conception et l'exploitation des systèmes de CVC, qui peuvent avoir un impact sur les niveaux d'humidité intérieure.*
- *ASHRAE Guideline 1.1-2007 : Cette directive fournit des recommandations pour l'établissement de normes de qualité de l'air intérieur (QAI) dans les bâtiments commerciaux, industriels et institutionnels. Elle aborde les aspects de l'humidité relative et de la ventilation nécessaires pour maintenir une QAI acceptable.*
- *ASHRAE Guideline 24-2015 : Cette directive s'applique aux systèmes de CVC résidentiels pour atteindre des niveaux de confort thermique et hygrométrique adéquats. Elle fournit des lignes directrices pour la conception, l'installation et l'entretien des systèmes de CVC résidentiels, y compris les recommandations concernant les niveaux d'humidité intérieure.*

## **CHAPITRE 03 :**

### ***Mesure de l'humidité dans de ferme Hassi ben Abdellah et à l'aéroport d'Ain Baida***

#### ***Section 01 : Aperçu général sur de ferme de production de Semence Hassi Abdallah Ouargla (ITDAS) :***

- 1. Présentation de la structure (ITDAS).*
- 2. Définition de ferme de production de Semence (Hassi Abdallah Ouargla).*
- 3. Aéroport d'Ouargla (Ain Beida).*

#### ***Section 02 : Méthodologie et résultat de l'étude :***

- 1. Méthodologie de l'étude.*
- 2. Résultats et discussion.*

## **Section 01 : Aperçu général sur de ferme de production de Semence Hassi Abdallah Ouargla (ITDAS) :**

### **1. Présentation de la structure (ITDAS) :**

*L'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne « ITDAS » a été créé par décret N° 86 - 117 du 06/05/86 modifié par le décret N° 87 - 55 du 24/02/1987 fixant le siège à Biskra. Il a pour principale mission la prise en charge des différents programmes de développement agricole des zones sahariennes.*

*Cette structure a hérité des stations expérimentales qui étaient rattachées aux instituts du nord du pays (INRAA, ITCMI).*

*Si le démarrage de cette institution a été timide au départ, compte tenu de la faiblesse de l'encadrement humain et des ressources financières octroyées, l'adoption de l'organigramme, la mise en place d'un plan de recrutement en personnel technique et administratif, l'augmentation des dotations budgétaires de fonctionnement et l'inscription et l'exécution d'un programme d'équipement, a permis à l'institut de connaître une évolution progressive des activités de recherche-développement et une prise en charge effective des préoccupations des agriculteurs.*

*En effet, à partir de la fin des années 80, l'Institut a enregistré un démarrage réel de ses activités avec l'élaboration et la réalisation de programmes annuels d'activités portant sur l'ensemble des missions (Expérimentation, Etudes, Appui technique), et touchant les différentes filières (Poëniciculture, Arboriculture fruitière, Grandes cultures, Cultures maraichères, Industrielles, Irrigation drainage et Production animale).*

#### **1.1. Missions :**

- *Initier toute étude technique sur les ressources naturelles et la production en milieu saharien.*
- *Entreprendre les travaux d'expérimentation et de recherche appliquée en vue de l'amélioration du matériel végétal et animal.*
  - *Multiplier et de préserver le matériel génétique de base.*
  - *Organiser la production de semences et plants sélectionnés et animaux reproducteurs.*
- *Contribuer à la détermination de normes techniques et méthodes de fertilisation, de bonification et de production se rapportant à l'agriculture saharienne.*
- *Mettre au point et de diffuser les techniques agronomiques adaptés aux zones sahariennes.*

**1.2. Organisation :****a. Au niveau du siège :**

- Département études et programmes.
- Département recherche – expérimentation.
- Département amélioration des productions agricoles.
- Département appui technique.
- Département administration générale.

**b. Au niveau régional :**

- Ferme de Démonstration et de Production de Semence (F.D.P.S) ; Ain Ben Noui (Biskra) pour les Ziban.
- Ferme de Démonstration et de Production de Semence (F.D.P.S) ; El- Arfiane (El-Oued) pour l'Oued Righ et Oued Souf.
- Ferme de Démonstration et de Production de Semence (F.D.P.S) ; Hassi Ben Abdallah (Ouargla), Ghardaia et Illizi pour la cuvette de Ouargla.
- Ferme de Démonstration et de Production de Semence (F.D.P.S); Sbaa (Adrar) pour le Touat, Gourara et Tamanrasset.
- Ferme de Démonstration et de Production de Semence (F.D.P.S) ; Abadla (Béchar) pour la Saoura et Tindouf.

**2. Définition de ferme de production de Semence (Hassi Abdallah Ouargla) :****Figure III -1 : Ferme de production de semences**

*La ferme et la production de semences d'Al- Burhana sont nées à Hassi Ben Abdallah - Ouargla - en 1978 sous la supervision de l'Institut pour le développement des légumes*

Staoueli - Algérie et en 1990 sous la supervision de l'Institut technique pour le développement de l'agriculture du désert en Biskra- ; La superficie totale est de 21 hectares, la superficie arable est de 15 hectares, la superficie désignée pour les serres : 01 hectares.

### 2.1. Les principales tâches de la ferme :

- Expériences et études (verts, épices, aliments et animaux)
- Soutenir la production avec diverses technologies agricoles modernes
- Production de plants et de semences.

### 2.2. Expériences et études sur le terrain :

- Caractéristiques des variétés animales et végétales.
- Techniques de compostage pour diverses cultures.
- L'utilisation des eaux souterraines pour le chauffage des maisons protégées et les méthodes d'arrosage économiques.

### 3. Aéroport d'Ouargla (Ain Beida):

Aéroport d'Al Ain Al Beida Le code IATA de l'aéroport est OGX. Cleartrip fournit des informations sur les différentes marques de compagnies aériennes qui opèrent à partir de Ouargla ainsi qu'une liste des meilleurs itinéraires de vols nationaux et internationaux à partir de Ouargla.

Il existe différentes compagnies aériennes nationales et internationales qui opèrent à partir de l'aéroport de Ouargla. Parmi eux, les marques de compagnies aériennes qui opèrent le plus fréquemment sont Air Algérie. En plus de cela, les secteurs les plus populaires de Ouargla sont Ouargla vers Alger et Ouargla vers Djanet avec respectivement 28, 15 vols hebdomadaires.

La compagnie aérienne Air Algérie 6310 à destination de Gand est le premier vol qui part de l'aéroport de Ouargla à 00h10, suivi de la compagnie aérienne Air Algérie 6310 à destination de Gand à 00h10. Alors que la compagnie aérienne Air Algérie 4552 à destination de Médine est le dernier vol qui part de l'aéroport de Ouargla à 22h35.



Figure III -2: Aéroport d'Ouargla



**Section 02 : Méthodologie et résultat de l'étude****1. Méthodologie de l'étude :**

**1.1. Délimitation du champ d'étude :** Nous avons divisé le domaine d'étude en deux régions

**a. Mesure de l'humidité dans Ain Beida :**

Dans cette partie, nous étudions le pourcentage d'humidité dans les endroits secs

- En savoir plus sur la station météorologique (microstep).
- Connaissance des résultats météorologiques mesurés par des capteurs qui codent leurs résultats en valeurs numériques et en courbes au moyen d'écrans électroniques.

**b. Mesure de l'humidité dans Hassi Ben Abdealla :**

Dans cette partie connaître le taux d'humidité dans les zones agricoles humides et aussi l'humidité du sol et la de l'air connaître les temps d'irrigation et de saturation du sol.

**1.2. Champ spatial et temporel d'étude :****a. Champ spatial et temporel d'étude:**

- Application des mesures aux zones agricoles (Hassi Ben Abdalla).
- Étude au ministère du Climat pour la surveillance des conditions météorologiques (Ain Beida).

**b. Champ temporel :**

Mon étude sur le terrain s'est déroulée durant 2 Période (de 06-03-2023 au 17-03-2023), et subdivisé en deux périodes:

- Période du 06 mars au 07 mars : Mesurer les valeurs climatiques et se concentrer sur l'humidité de l'air à l'aéroport d'Ain al-Bayda.
- Période du 12 mars au 17 mars : Mesure de l'humidité du sol à la ferme de production de semences.



## 2.. Résultats et discussion :

### 2.1. Appareils de mesure de l'humidité :

#### 2.1.1 Aéroport Ain Beida :

a. **Météorologique (microstep) :** Au cours de cette période, nous avons effectué les mesures par la station Météorologique (microstep), qui est une station qui contient divers capteurs, chacun étant spécialisé dans la détection d'un facteur atmosphérique spécifique, et les résultats sont encodés à travers un petit écran qui fonctionnent à l'énergie solaire.



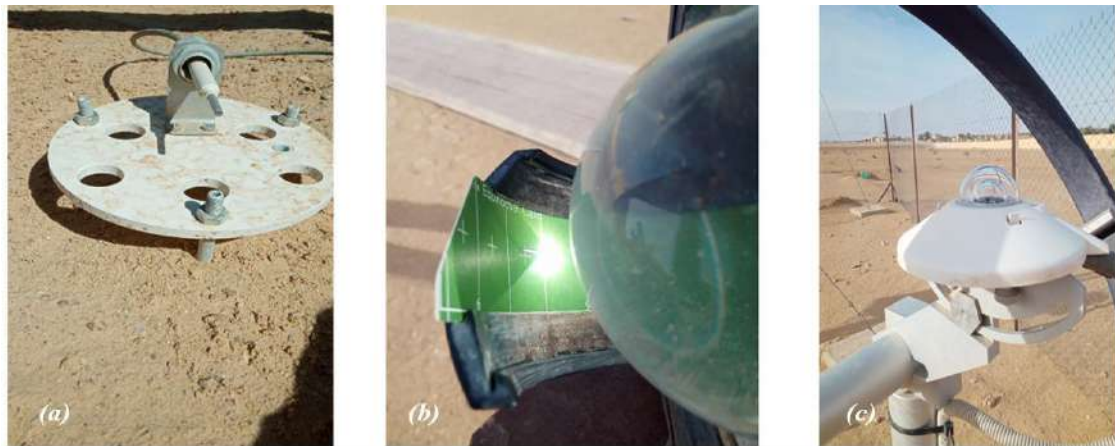
**Figure III -3:** La station Météorologique (microstep)

Nous nous sommes concentrés en particulier sur le capteur d'humidité.

- L'humidité est mesurée à l'aide d'un capteur d'humidité de l'air situé plus haut qu'une surface en contact direct avec l'air pour obtenir des résultats précis. Il se trouve à l'intérieur d'une roue en spirale en plastique respirant, ce qui évite les dommages mécaniques aux capteurs et en même temps ne affecter la précision de la mesure de l'hygromètre.



**Figure III -4:** Capteur d'humidité



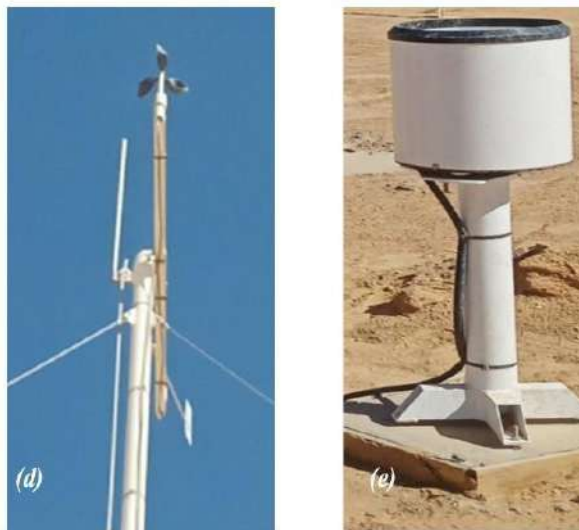
**Figure III -5: Capteur d'humidité et mesure directe et indirecte du capteur d'insolation**

En plus de la sensibilité à l'humidité, cette station affiche d'autres facteurs climatiques (par ex. température, quantité de pluie, intensité du vent, ..... etc.)

(a) : Il représente un capteur pour capter la température.

(b) : C'est un cristal de verre qui capte les rayons du soleil et grave une trace sur la pince en fer pour connaître la force du soleil.

(c) : Il est sensible à la valeur de l'ombre.



**Figure III -6: Capteur à la quantité de pluie et à la capteur vitesse du vent**

(d) : Il représente un capteur de vitesse, d'intensité et de direction du vent et mesure 2 centimètres de haut à la surface de la terre.

(e) : Il représente la quantité de pluie.

**Cabine météorologique :** C'est une boîte en bois blanc \_ de sorte qu'elle n'absorbe pas la chaleur \_ a des pentes inclinées de sorte que l'air y pénètre deux mètres au-dessus du sol 200 centimètres de long, 50 centimètres de large et 50 centimètres de haut.



Figure III -7: Cabine météorologique

Est composé de :

➤ **Thermomètre :**

Il est considéré comme un indicateur de température et se compose de :

- Thermomètre sec.
- Thermomètre mouillé dans un thermomètre mouillé Il y a un tissu mouillé enroulé autour de l'entrepôt de mercure.



Figure III -8: Thermomètre

➤ **Hygromètre** : L'hygromètre enregistreur à cheveux sert à mesurer l'humidité relative de l'air et à la retranscrire graphiquement sur un papier gradué.

Cet instrument utilise du crin de cheval qui s'allonge quand il s'humidifie et se raccourcit quand il sèche.

Deux mèches de cheveux sont ici tendues. Leurs variations dues à l'hygrométrie de l'air sont transmises à un mécanisme d'enregistrement par amplification mécanique : un levier est actionné et met en marche un stylet encre qui trace la courbe des résultats sur un diagramme fixé sur un tambour rotatif entraîné par un mécanisme d'horlogerie.

Le mécanisme d'enregistrement est protégé par un boîtier métallique qui possède une poignée de transport sur le haut. Le boîtier peut s'ouvrir pour changer la feuille de relevé Chaque semaine.



Figure III -9: Hygromètre

### 2.1.2 Ferme de Hassi Ben Abdallah :

a. **Météorologique (microstep)** : Cette station est la même qu'à l'aéroport.

b. **Mesure de l'humidité du sol** :

Mesurer l'humidité du sol avant d'arroser humidimètre hygromètre (Tensiomètre).

**Tensiomètre** : Ce mètre d'humidité du sol peut être utilisé pour les plantes à l'intérieur et à l'extérieur. Les niveaux d'humidité sont indiqués sur une échelle de 1 à 10, avec 1 indiquant un sol sec et 10 indiquant un sol très humide. Cet outil pratique enlève le travail d'essai pour arroser vos plantes et vous aidera à atteindre des niveaux d'humidité optimaux avec facilité.



Nous avons effectué le processus de mesure en trois étapes :

- L'humidité a été mesurée avant l'irrigation, et le résultat était le suivant : le curseur s'est déplacé en gradient 3 vers la partie rouge. Cela signifie que le sol est sec et a besoin d'être irrigué.



Figure III -10: Mesurer l'humidité avant d'arroser

- Mesure de l'humidité après l'irrigation et l'indicateur s'est déplacé au degré maximum, ce qui signifie que le sol est saturé.



Figure III -11: Mesurer l'humidité après l'arrosage

- Le lendemain, nous avons mesuré à nouveau l'humidité du sol et l'avons trouvée modérée et n'avons pas eu besoin d'irrigation. L'indicateur est dans la partie bleue.



Figure III -12: Mesure d'humidité par jour

## 2.2 Résultats des mesures d'humidité et certains facteurs climatiques :

### 2.2.1 Station Hassi Ben Abdellah :

Un tableau représentant les valeurs des facteurs climatiques dans à Hassi Ben Abdellah certains moments.

Tableau III-1: Les résultats de la mesure des facteurs climatiques dans Hassi Ben Abdellah

STATION HASSI BENABDELLAH								
Date(UTC)	T.Min [°C]	T.Max [°C]	T.Moy [°C]	H.Min [%]	H. Max [%]	H. Moy [%]	RR jr[mm]	Vt Max [m/s]
22-03-23	7.4	23.6	15.5	48	63	55.5	0	10
23-03-23	9.6	27.1	18.4	50	67	58.5	0	7
24-03-23	9.6	28.4	19.0	50	69	59.5	0	7
25-03-23	12.4	30.8	21.6	53	71	62	0	7
26-03-23	12.9	31.9	22.4	54	72	63	0	8
27-03-23	15.9	31.7	23.8	56	72	64	0	8
28-03-23	15.7	26.9	21.3	56	67	61.5	0	9
29-03-23	12.0	25.8	18.9	52	66	59	0	12
30-03-23	10.5	27.7	19.1	51	68	59.5	0	7
31-03-23	10.7	30.9	20.8	51	71	61	0	5

### 2.2.2 Station Ain Baida :

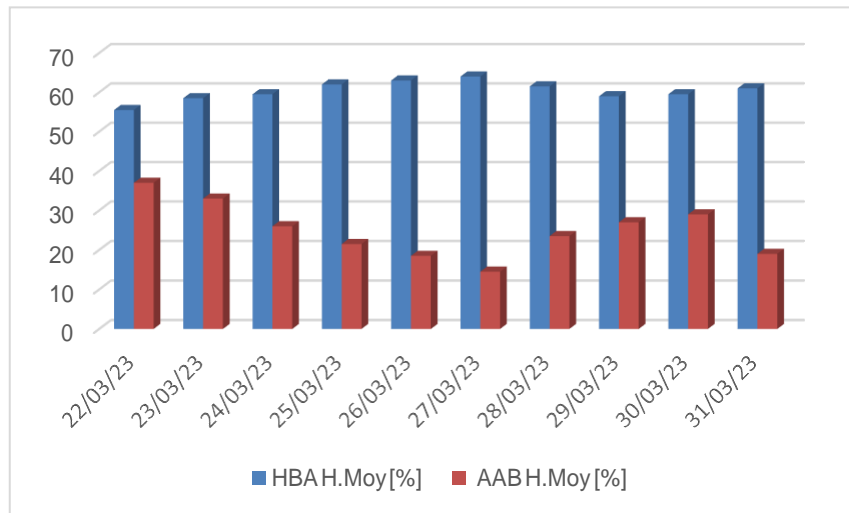
Un tableau représentant les valeurs des facteurs climatiques dans Ain Baida à certains moments.

Tableau III-2: Les résultats de la mesure des facteurs climatiques dans Ain Beida

STATION OUARGLA (AEROPORT AIN BEIDA)								
Date(UTC)	T.Min [°C]	T.Max [°C]	T.Moy [°C]	H.Min [%]	H. Max [%]	H. Moy [%]	RR jr[mm]	Vt Max [m/s]
22-03-23	8.5	23.7	16.1	24	50	37	0	7
23-03-23	9.8	27.8	18.8	16	50	33	0	8
24-03-23	10.9	29.3	20.1	12	40	26	0	7
25-03-23	11.7	31.7	21.7	10	33	21.5	0	8
26-03-23	12.2	32.4	22.3	9	28	18.5	0	9
27-03-23	15.4	32.1	23.8	9	20	14.5	0	7
28-03-23	14.3	27.6	21.0	15	32	23.5	0	10
29-03-23	12.2	26.3	19.3	11	43	27	0	13
30-03-23	10.0	28.2	19.1	10	48	29	0	7
31-03-23	12.1	31.5	21.8	9	29	19	0	5

### 2.2.3 Discussion sur les données :

- Nous notons que les valeurs d'humidité varient en fonction des changements de jours dans les deux stations, car dans la zone agricole les taux d'humidité étaient élevés et dans la zone sèche les tartelettes étaient modérées et faibles.
- Comparaison de l'humidité moyenne dans Hassi Ben Abdellah et Ain Beida :



Nous notons d'après les données précédentes et les colonnes graphiques que l'humidité dans Hassi ben Abdellah est élevée par rapport à Ain Beida Ceci explique que l'humidité dans les zones agricoles (Hassi ben Abdellah) contient de grandes quantités d'eau provenant de l'arrosage continu du sol et des plantes. Cela favorise le processus d'évaporation continue et augmente ainsi le pourcentage de vapeur d'eau dans l'air. Cela conduit à des ratios d'humidité plus élevés

Dans les zones sèches (Ain Beida ), le rapport d'eau est faible et donc le processus d'évaporation est peu nombreux et donc les rapports d'humidité sont réduits.

## Conclusion

Grâce à cette recherche, nous avons constaté que l'humidité joue un rôle important dans de nombreux aspects de la vie et de l'environnement. Plusieurs raisons expliquent l'importance de l'humidité, notamment :

*Santé humaine : une humidité adéquate de l'air peut contribuer à la santé respiratoire.*

*Lorsque l'air est très sec, cela peut entraîner une sécheresse de la peau, des lèvres, du nez et de la gorge, ainsi qu'une toux et une congestion nasale.*

*Agriculture : l'humidité est essentielle à la croissance des plantes. L'humidité du sol améliore la capacité des plantes à absorber les nutriments et l'eau, les aidant à cultiver et à produire des cultures vivrières. Si l'humidité de l'air est trop faible, les plantes peuvent sécher et se détériorer.*

*Climat : L'humidité influe sur la formation des événements météorologiques et la détermination du climat. Dans les zones à forte humidité, il peut y avoir plus de pluie, de nuages et de brouillard, tandis que dans les zones à faible humidité, la sécheresse peut être et le risque de feux de forêt et de sécheresse peut augmenter.*

*L'objectif de l'étude, qui comprenait la mesure de l'humidité et l'identification de différentes mesures de l'humidité et des capteurs de leurs types et l'impact de l'humidité dans la région, qu'elle soit agricole ou sèche.*

*De cette recherche, nous avons acquis beaucoup de connaissances sur l'humidité et la façon dont elle est mesurée dans différents appareils. Nous avons également appris à influencer certains facteurs dans notre vie quotidienne et comment maintenir un certain niveau d'humidité.*

*Une humidité élevée peut causer des dommages ainsi que de l'humidité épuisée.*

*Du côté appliqué, nous avons appris à mesurer l'humidité dans les zones agricoles et les zones sèches, et le niveau d'humidité varie d'une région à l'autre, avec un effet de température.*

*À l'avenir, nous aspirons à créer un mécanisme de contrôle de l'humidité et à étalonner les appareils de mesure de l'humidité et d'entretien des capteurs.*



## Les références

- [1] <https://www.iasj.net/iasj/pdf/f9dee8af6700e6cc> 09/06/2023
- [2] <https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> 09/06/2023
- [3] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dampness-and-mould> 09/06/2023
- [4] <https://www.aljazeera.net/health> 09/06/2023
- [5] KARA LYDIA GUELLAL SOFIANE. Conception et réalisation d'un système de mesure et transmission de paramètres météorologiques. Master Professionnelle. Encadreur M. IDJERI BOUSSAD. FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU. Année 2018. page5
- [6] M. K. JUCHHEIM GmbH. Mesure de l'humidité. JUMO Régulation S.A. Actipôle Borny 7 rue des Drapiers .B.P. 45200. Fiche technique 90.7000 Page 1/6.
- [7] [https://media.xpair.com/auxidev/nF01a\\_PropAir](https://media.xpair.com/auxidev/nF01a_PropAir) (06/06/2023)
- [8] Nesserine Zoubiri. Étude de rafraichissement de l'air par humidification dans une interface à base de fibres végétales : Luffa et palmier dattier. MÉMOIRE DE MASTER. Encadreur Mr Abdelhafid Moumami. Faculté des Sciences et de la Technologie. Université Mohamed Khider de Biskra. Année 2020 .page 19
- [9] LOUNI Madjid. Elaboration d'un code de calcul l'air humide en des propriétés thermodynamiques de l'air humide contact de l'eau de mer et de la glace. EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER 2 EN GENIE MECANIQUE. Encadreur Mr : FERROUK Mohamed. FACULTE DE GENIE LA CONSTRUCTION. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU. Année 2011/2012. page4
- [10] Condensation Fact Sheet. MBMA. Cleveland, Ohio 44115-2851.
- [11] Djamel BENAOUNE. Etude expérimentale du rafraichissement de l'air par évaporation d'eau. Du diplôme de Magister. Encadreur Abdelhafid MOUMMI. Faculté des Sciences et de la Technologie. Université de Biskra. page18
- [12] [https://www.orsidf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2010/etude2010\\_2/rapport\\_ors\\_esmha\\_final](https://www.orsidf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2010/etude2010_2/rapport_ors_esmha_final)

[13] *maitrise de l'énergie et énergies renouvelables. HUMIDITE DANS LE BATIMENT Origines et solutions. Mise à jour : Juin 2010. Grenbole et Bourgoin Jallieu*

[14] *Effets de l'humidité excessive et des moisissures sur les symptômes respiratoires et cutanés d'enfants d'âge scolaire. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail – Direction de la recherche et de l'expertise – Montréal – Canada. Période : septembre 2013 à novembre 2013. page 32*

[15] <https://docs.rs-online.com> (08-06-2023)

[16] *Ben amor Abdelatif. Gharmouli Khaldi . Haded Kamal. Contribution à l'étude expérimentale d'humidité de sol dans l'irrigation par planches sous les conditions arides (Cas d'Ouargla). Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique. Encadreur MEGUILLATI Soumia Faculté de Technologie. Université Echahid Hamma Lakhadar D'El-Oued. Année 2022. page 24.*

[17] *BOUDIAR CHERIF. Étude, conception et simulation des éléments de contrôle d'une serre agricole. Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master. Encadreur ABBASSI HADJ AHMED. Faculté: Science de l'ingénierie. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR – ANNABA. Année 2021. page 43.*

[18]. *Condair SASU. Contrôle de l'humidité et refroidissement par évaporation. GUIDE EN 10-POINTS POUR AMÉLIORER LA PRODUCTIVITÉ GRÂCE À L'HUMIDITÉ DANS LA FABRICATION ALIMENTAIRE. FR - 77435 Marne-la-Vallée. 19 Bd Georges Bidault, Croissy Beaubourg.*

[19] *MÉTHODES DE DÉTERMINATION DE L'HUMIDITÉ DANS LES MATÉRIAUX DE COUVERTURE Mesures et limites. VOLUME 47. NOVEMBRE 1998*  
(<https://docplayer.fr/5279477-Methodes-de-determination-de-l-humidite-dans-les-materiaux-de-couverture-mesures-et-limites.html>)

[20] *Surveillance du climat pour le stockage de produits pharmaceutiques au moyen du testo 175. ( <https://static-int.testo.com/media/ce/44/49660c6523b3/TA-PS-Logger-Pharma-2982-0214> (09-06-2023)*

[21] <https://en-et.vackerglobal.com/divisions/automation/monitoring-systems/hospital/> (05-06-2023)

[22] *article : Mesure de l'humidité dans les environnements très humides. (<https://www.vaisala.com> (08-06-2023)*

[23] *Contrôles de la qualité du combustible. Méthodes de mesure de l'humidité — Fiche 16 / Mars 2018. page 4 et 3.*

[24] <https://caldor.fr/wp-content/uploads/2020/11/Plaque-Deshumidificateur-> (08-06-2023)

[25] [https://www.iceshop.fr/guide/deshumidificateur-chambre-froide\(08-06-2023\)](https://www.iceshop.fr/guide/deshumidificateur-chambre-froide(08-06-2023))

[26] *KADDECHE Amine. Etude et réalisation d'un circuit électronique pour le contrôle du climat et du système d'irrigation dans les serres agricoles. DIPLOME DE MASTER. Encadreur Dr. REMACHE Louardi. FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE. UNIVERSITE LARBI BENM'HIDI DE OUMEL BOUAGHI. Année 2016. page 23*

[27] *Vincent Carpentier. Etude pour le développement d'un générateur d'air humide. DOCTEUR D'UNIVERSITE. Directeur de thèse Jacques Quint. Chimie théorique et/ou physique. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2005. Français pages 34, 35, 36, 37*

[28] *Souhil KOUDA, Conception D'un Capteur D'Humidité Intelligent ; MAGISTER. Rapporteur Dr. DIBI Zohir. FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR, UNIVERSITE DE BATNA, algérie. Page 10.*

[29] *SADI Adel. Conception et simulation d'une carte d'acquisition de données météorologique en temps réels à base d'un microcontrôleur 18F45K22. Mémoire de Fin d'Etudes DE MASTER PROFESSIONNEL . Dirigé par HEMDANI Naima. FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE. UNIVERSITE MOULOU MAMMERI, TIZI-OUZOU. 27/09/2018 . Page 19*

[30] *LUDURCZAK Willy. Capteur d'humidité en Si poreux pour la fiabilité des Systems in Package. DOCTEUR. Directeur de thèse M PELLET Claude. ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES DE L'INGENIEUR. SPECIALITE MICROELECTRONIQUE. L'UNIVERSITE BORDEAUX I. le 3 novembre 2008. Page 24 ,25*

[31] <https://www.iso.org> 30/05/2023

[32] <https://www.afnor.org/> 30/05/2023

[33] <https://www.ashrae.org/> 30/05/2023

## ملخص

الرطوبة تلعب دورًا هامًا في مختلف البيئات، وخاصة في الزراعة وأنشطة المطارات. يتم قياسها لتقييم شروط نمو المحاصيل، والوقاية من الضرر الناجم عن فائض الرطوبة أو نقصها، وضمان سلامة عمليات الطيران. تقدم المذكرة المعنونة بـ "قياس الرطوبة في مزرعة حاسي بن عبد الله ومطار عين البيضاء" معلومات عامة على الرطوبة، وكذا الأساليب والأدوات المستخدمة لقياسها، بالإضافة إلى النتائج المحددة التي تم الحصول عليها في الموقعين: مزرعة حاسي بن عبد الله ومطار عين البيضاء.

الكلمات المفتاحية: قياس، رطوبة، أساليب، مزرعة، مطار، حاسي بن عبد الله، عين البيضاء

## Résumé

*L'humidité joue un rôle crucial dans divers environnements, notamment dans l'agriculture et les activités aéroportuaires. Elle est mesurée pour évaluer les conditions de croissance des cultures, prévenir les dommages causés par l'excès ou le manque d'humidité, ainsi que pour garantir la sécurité des opérations aériennes. Le mémorandum intitulé "Mesure de l'humidité à la ferme Hassi Ben Abdallah et à l'aéroport Ain Al-Bayda" présente des informations sur l'humidité, les méthodes et les outils utilisés pour mesurer cette grandeur, ainsi que des résultats spécifiques obtenus dans deux endroits : la ferme Hassi Ben Abdallah et l'aéroport Ain El Bayda.*

**Mots-clés :** Mesurer, humidité, méthodes, ferme, aéroport, Hassi Ben Abdallah Ain Al-Bayda.

## Abstract

*Humidity plays a crucial role in various environments, particularly in agriculture and airport activities. It is measured to assess crop growth conditions, prevent damage caused by excess or insufficient humidity, and ensure the safety of aviation operations. The memorandum titled "Measurement of Humidity at Hassi Ben Abdallah Farm and Ain Al-Bayda Airport" provides information on humidity, the methods, and tools used to measure this parameter, as well as specific results obtained in two locations: Hassi Ben Abdallah Farm and Ain El Bayda Airport.*

**Keywords:** Measurement, humidity, methods, farm, airport, Hassi Ben Abdallah, Ain Al-Bayda.