REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique

Etude de conditionnement d'air dans une chambre de culture de champignon.

Présenté par

Brahimi Nassima.

Proposé et Dirigé par

Dr. ALLICHE Mounir.
Dr. REBHI Redha.

Co-Dirigé par :
Dr KADOUR Benyocef (partie commande)

Promotion 2019

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma très chère mère pour toute l'affection, tendresse et l'attention qu'elle m'a témoigné et les sacrifices qu'elle a bien voulu me consentir pour la réussite dans mes études.

A mon très chère père pour être le bon exemple de père par son soutien, ses encouragements et aides jusqu'à jour.

A ma chère sœur Hanane.

A mes très chère frères : Samir, Mahmoud, Mahdi.

A mes très chère cousine :Amina, Imane, khadidja,…

A tout la famille :Brahimi et Dameche .

A mes coupine :Sabra, Naima, Hinde.

A tout mes amis proches.

A tous mes amis de la promotion de génie mécanique.

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الشروط الأمثل للزراعة الجيدة ؛ نظرا (درجة الحرارة والرطوبة والضغط والإضاءة). تم تطبيق منهجين: اقتراح تجريبي وتوفير غرفة زراعية منظمة ويتم التحكم فيها عن طريق نظام والآخر عن طريق المحاكاة الرقمية لتدفق الهواء داخل غرفة باستخدام برنامج حساب ANSYS CFX.

الكلمات المفتاحية : تكييف الهواء ، زراعة الفطر بنظام التحكم.

Résumé :

L'objectif de cette étude est de déterminer les conditions optimales favorables à une bonne culture des champignons ; à savoir (Température, humidité, pression et l'éclairage). On a appliqué deux approches: l'une expérimentale en proposant et en réalisant un banc de culture régulé et contrôlé par commande et l'autre numérique en faisant la simulation de l'écoulement de l'air à l'intérieur de la chambre de culture par l'utilisation du logiciel de calcul ANSYS CFX.

Mots Clés : Conditionnement d'air- Chambre de Culture- Culture de Champignon- Commande.

Summary :

the objective of this study is to determine the optimal condition favorable to a good mushroom cultivation; ie (temperature, humidity, pressure and lighting). Two approaches were applied: one experimental proposing and providing a regulated culture bench and controlled by control and the other by digital simulation of the flow of air inside the culture room using the ANSYS CFX calculation software.

Keys wods: air conditioning, cultivation room mushroom-control culture.

LISTE DES FIGURES ET DES
LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

I. 1 : Les champignons non comestibles.	5
I. 2 : Les champignons comestibles.	7
I. 3 : Les champignons mortels.	7
II.1 : Arrosage du toit de paille.	12
II.2 : contrôle du taux d'humidité de tous les champignons pendant leur croissance.	13
II.3 : Double porte devant l'entée de la chambre de croissons.	
II.4 : chambre traditionnelle.	13
II.8: ventilateur.	14
II.6: chambre de culture.	15
II.7: extracteur.	15
II.5 : Les chambres carboniques.	16
II.9 : Un thermo-hygromètre.	16
II.10: filtre à charbon.	17
II.11: la menuiserie en bois.	18
II.12: le polystyrène expansé et le polystyrène extrudé Source MM.	19
II.13: Un comparatif thermique entre les types de vitrage.	20
II.14: Le verre cellulaire.	20
III.1: la chambre de culture.	21
III.2: Un thermo-hygromètre.	24
III.3: les caractéristiques de l'intractreur et extracteur.	25
III.4: la chambre de culture de champignon.	25
III.5: Les résultats de chaque phase.	26
III.6:L'effet de la haute temperature.	27
III.7: Carte Arduino officielle.	28
III.8: Carte Arduino Compatible.	30
III.9: Schéma de référence Arduino UNO .	31
III.10: carte arduino UNO.	32
III.11: Microcontrôleur ATMega328.	33
III.12: Schéma de la commande.	34
IV.1: les modules principaux du CFX -15.0.	35
IV.2: le menu principal de programme ANSYS.	39
IV.3: Ouvrir l'analyse mécanique des fluides(CFX).	40
IV.4:Choisir géométrie.	40
IV.5: importer la pièce.	41
IV.6: interfaces graphique du module géométrie.	41
IV.7: Choix du maillage.	41
IV.8: interface graphique du module meching.	42
IV.9: Choix de la configuration.	42
IV.10: Interface graphique du module CFX°pre.	42
IV.11: Géométrie du problème et conditions aux limites.	43
IV.12: Choisir solution.	43
IV.13: Choisir Start Run.	44

IV.14: interface graphique du module CFX-Solver.	44
IV.15 : Choisir résultat.	45
IV.16 :interface graphique du module CFX-Post.	45
V.1 : Variation de la température dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	46
V.2. Variation de la température dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	48
V.3. Variation de la température dans le domaine de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	48
V.4. Variation de pression dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	49
V.5. Variation de pression dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	49
V.7. Variation de vitesse dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	50
. V.8. Variation de vitesse dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	50
V.9. Variation de vitesse dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)	51
V.10. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans1	52
V.11. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans1	52
V.12. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans1	53
V.13. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans2	53
V.14. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'aspiration (v=1, v=2, v=3,6 m/s) sur le plans2	54
. V.15. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans2	54
V.14. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'aspiration (v=1, v=2, v=3,6 m/s) sur le plans2	55
. V.15. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans2	55
V.16. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3	56
V.17. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3	56
V.18. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3	57
V.19. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3	57

V.20. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4	58
V.21. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4	58
V.22. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4	59
V.23. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4	59
V.24.les positions de chaque line	60

LISTE DES TABLEAUX

I. 1 : conditions idéales pour culture le pleurote.	10
III.1: Caractéristiques de la Carte Arduino UNO.	33
V.1. Les cordonnées du line	60

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Les conditions de culture le champignon	
I.1. Introduction	2
I.2. Historique	3
I.3. Les type des champignons	4
I.3.1. Les champignons non comestibles	4
I.3.2. Les champignons comestibles	6
I.4. Les conditions de cultive le champignon (pleurote)	7
I.4. 1. Température	8
I.4. 2. Humidité	8
I.4.3.Lumière	8
I.4. 4. Taux de gaz carbonique	9
I.4. 5. L'aération	9
I.4. 6. Les besoins agricoles	9
I.4. 7. L'implantation	9
I.5.Conclusion	10
Chapitre II: Les conditions Des chambres de culture des champignons	
II.1. Introduction	12
II.2. Type des chambres	12
II.2.1.Les chambre traditionnelle	12
II.2.2. Les chambres actuelles	14
II.2.2. 1.Extracteurs et intracteurs d'air	15
II.2.2. 2.Ventilation	16
II.2.2. 3.Un thermo-hygromètre	16
II.2.2. 4.Le filtre à charbon	17
II.2.2.5. L'éclairage	18
II.2.2.6. Isolation	18
II.2.2.7.Humidificateur	21
II.2.2.7.1.Les différents types d'humidificateurs	21
II.3.Conclusion	22
Chapitre III: Manipulation Expérimentale	
III.1. Introduction	24
III.2. Le banc d'essai	24
III.2.1. La Chambre	24
III.2.2. L'isolation	24
III.2.4. Lampe	24
III.2.3. Resistance	24

III.2.5. Un thermo-hygromètre	25
III.2.6. Extracteur	25
III.2.7. Intracteur	25
III.3. Les étapes de travail	26
III.3.1.Les résultats de chaque phase	27
III.4.Réalisation de la partie commande	28
III.4.1.Introduction	28
III.4.2. Carte Arduino	29
III.4.2.1.Introduction	29
III.4.2.2.Définition du module Arduino	29
III.4.2.3.Types des cartes Arduino	30
III.4.2.3.1.Cartes Arduino Officielles (Classique)	30
III.4.2.3.2.Cartes Arduino Compatibles (Dérivées)	30
III.4.2.4.Avantage de la carte Arduino UNO	31
III.4.2.4.1.Technologie de la carte Arduino UNO	32
III.4.2.4.2.Microcontrôleur ATMega328	33
III.4.2.5.Schéma synoptique de la commande	35
Chapitre IV: Configuration et simulation CFX	
IV.1. Introduction	37
IV.2.Principaux produits	37
IV.2.1.ANSYS Structural	37
IV.2.2.Les Modules d'ANSYS	37
IV.3.Environnement du logiciel	38
IV.3.1.ANSYS classique	38
IV.3.2.ANSYS Workbench	38
IV.4.Présentation du logiciel CFX 15.0	38
IV.4.1.Menu principal du logiciel ANSYS Workbench	39
IV.4.2.Module de création géométrique	40
IV.4.3.Maillage	42
IV.4.4.configuration	42
IV.4.5.solution	44
IV.4.6.Résultats	45
Chapitre V: Résultats et Discussion	
V.1. Introduction	48
V.2. Effet de la température et de la vitesse d'aspiration sur la température du domaine (3D)	48
V.3. Effet de la température et la vitesse d'aspiration sur la Pression du domaine (3D)	50
V.4. Effet de la température et la vitesse d'aspiration sur la Vitesse dans le	51

domaine (3D)	
V.5. Effet de la température et la vitesse d'aspirassions sur la vitesse de domaine (2D) dans le plans1	53
V.6. Effet de la température et la vitesse d'aspirassions sur la vitesse de domaine (2D) dans le plans2	54
V.7. Effet de la température et la vitesse d'aspirassions sur la température de domaine (2D) dans le plans3	55
V.8. Effet de la température et la vitesse d'aspirassions sur la vitesse de domaine (2D) dans le plans3	56
V.9. Effet de la température et la vitesse d'aspirassions sur la température de domaine (2D) dans le plans4	57

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les champignons comestibles peuvent être cultivés en extérieur comme en intérieur en leur assurant des conditions climatiques particulières (température, humidité, pression...) en vue de garantir leur développement.

L'objectif de notre étude est de vérifier et contrôler les conditions optimales favorables à une bonne culture des champignons ; à savoir (Température, humidité, pression et l'éclairage).

Pour ce faire, on a appliqué deux approches :

- Approche expérimentale en proposant et en réalisant un banc de culture régulé et contrôlé par commande.

- Approche numérique en faisant la simulation de l'écoulement de l'air à l'intérieur de la chambre de culture par l'utilisation du logiciel de calcul ANSYS CFX.

Afin d'établir une comparaison entre les résultats expérimentaux et numériques, on a adopté, lors de la simulation, la même configuration géométrique de la chambre du banc expérimentale.

Pour ce faire, le mémoire est réparti en cinq chapitres :

Le premier chapitre présente les conditions de cultive du champignon, les type du champignon et les conditions de culture le champignon pleurote.

Dans le deuxième chapitre, on présentera les chambres de cultive, les types des chambres, les matériaux principaux utilisés dans l'installation ainsi que les appareils de mesures.

Le troisième chapitre est consacré à une étude expérimentale pour déterminer les conditions climatiques parfaites dans le banc essai avec un système de régulation.

Le quatrième chapitre donne une présentation du logiciel que nous utilisons dans ce travail connu par le nom ANSYS CFX et aussi un petit exemple pour expliquer la méthode de travail.

Dans le cinquième chapitre, nous exposons les résultats de l'étude numérique avec une comparaison entre ces derniers et l'étude expérimentale.

On termine par une conclusion générale.

Chapitre I: Les conditions De culture de champignon

I.1. Introduction :

Les Champignons forment un groupe très nombreux de plantes cryptogames. Ils ont des formes et une taille très variables, les uns microscopiques, les autres pesant plusieurs kilos. Mais ils se ressemblent tous en ce qu'ils n'ont ni feuilles, ni tiges, ni racines; ils n'ont pas non plus de chlorophylle. Ce sont des végétaux parasites, qui se développent sur les animaux ou sur les végétaux vivants, de même que sur les matières organiques en voie de décomposition. Les Champignons se reproduisent par des corpuscules très petits, qu'on appelle spores; ces spores prennent naissance à la surface du Champignon, ordinairement sous la partie renflée appelée communément chapeau. Quand elles sont arrivées à maturité elles tombent, sont entraînées par le vent, puis germent sous l'influence de la chaleur, de l'air et de l'eau. La plupart des espèces demandent beaucoup d'humidité; il n'y a pas de végétaux dont l'évolution et la multiplication soient aussi rapides. Quand des spores sont tombées sur un terrain favorable, elles donnent d'abord naissance à un duvet blanc, formé de filaments très longs, et excessivement minces; l'ensemble de ces filaments porte le nom de mycélium, ou blanc de champignon; bientôt on voit pousser de place en place de petits corpuscules blancs, renflés en massue, qui grossissent rapidement pour former les Champignons.

Un champignon ne peut manifestement pas être catalogué parmi les plantes car les plantes possèdent de la chlorophylle qui leur permet, grâce à lumière du soleil, de stocker de l’énergie sous forme d’hydrates de carbone. La plante utilise ces hydrates de carbone pour sa croissance. Les champignons sont dépourvus de chlorophylle et ne sont, par conséquent, pas en mesure de produire eux-mêmes ces hydrates de carbone. Pour leurs besoins en énergie, ils dépendent de composants organiques d’organismes morts ou vivants où ils puisent leurs substances nutritives (hydrates de carbone). Comme les moisissures servent à leur tour de substances nutritives aux plantes, la chaîne alimentaire est ainsi bouclée.

Les moisissures peuvent être subdivisées en trois groupes :

1. Les saprophytes, dont font également parties les champignons de Paris, vivent de résidus végétaux en décomposition et de bois mort. Ils les décomposent

jusqu'à ce qu'il subsiste du dioxyde de carbone et des minéraux. Ils constituent un maillon indispensable dans la chaîne alimentaire car ils transforment les substances organiques d'organismes morts ou malades en substances inorganiques. Ils fournissent ainsi les substances nutritives indispensables aux plantes vertes.

2. Les parasites ont étendu leur approvisionnement en nourriture et, généralement, ils vivent au détriment d'un autre organisme. Il peut s'agir de plantes, d'animaux, voire d'autres moisissures. Ils poussent sur du bois vivant qu'ils rendent malade. Le bois meurt et est ensuite consommé par les saprophytes.
3. Les mycorhizes vivent en symbiose avec les racines d'arbres et de plantes vivants, ce qui est bénéfique de part et d'autre. L'arbre se voit ainsi doté d'un système racinaire plus dense et le champignon peut puiser les hydrates de carbone qu'il n'est pas en mesure de produire lui-même dans ce système racinaire. Par opposition aux parasites, ils sont dès lors utiles à l'arbre ou à la plante hôte. Font partie de cette catégorie les bolets, les chanterelles et les truffes. [1]

I.2. Historique :

Le terme de champignon est un mot français qui s'applique à la fois aux champignons et aux moisissures. Aux alentours de 1650, un cultivateur français de melons, à proximité de Paris, découvre que des champignons poussaient sur l'engrais de forçage de ses melons. Il décide alors de cultiver ce nouveau délice exotique au niveau commercial et de l'introduire dans des restaurants parisiens exclusifs. Le champignon se voit à l'époque baptiser : champignon de Paris. Plus tard, le jardinier français, Chambry, découvre que les carrières représentaient un environnement frais et humide, idéal pour la culture des champignons, et par la suite, une importante culture de champignons se développe dans les carrières abandonnées situées aux alentours de la ville de Paris.

Les premiers champignons cultivés l'ont probablement été en Asie aux alentours de l'an 600. En Europe, ce n'est qu'au 17ème siècle que les premiers champignons cultivés, les champignons de Paris, ont fait leur apparition. Aux Pays-Bas, c'est au début du 19ème siècle que nous découvrons également les premiers champignons, mais il faut attendre jusqu'après 1900 pour qu'ils soient cultivés à plus grande échelle dans les Mergelgrotten au Limbourg. Les premières

années de culture, le champignon était un produit extrêmement exclusif et réservé aux nantis. Toutefois, depuis, des méthodes de culture plus performantes et plus efficaces ont été mises sur pied et la culture de champignons a pris un essor considérable. [2]

Les Pays-Bas occupent la 3ème place au niveau mondial après la Chine et les Etats-Unis, la Chine arrivant en tête. A elle seule, elle fournit 70% de la production mondiale. Chaque année, dans le monde entier, des millions de tonnes de champignons sont cultivées. [3]

I.3. Les types des champignons :

On trouve dans le monde 100000 espèces de champignons, certains d'entres eux sont comestibles et non comestible (Hawksworth, 2004), la plupar du temps on ne peut pas identifier par l'œil mais maintenant, il existe des laboratoires sophistiqués qui peuvent déterminer la qualité des champignons. [4]

I.3.1. Les champignons non comestibles :

Pour les Champignons, il n'est pas questions de saveurs, mais de santé : une trentaine d'espèces sont aujourd'hui mortelles, sans compter les toxiques. Et la confusion est bien trop fréquente, entraînant parfois des conséquences dramatiques… la solution ? Avoir conscience des risques, analyser avant de ramasser et surtout, faire valider sa cueillette par un spécialiste avant de cuisiner.

Les champignons non comestibles les plus connus dans le monde sont :



Cudonia Circinans et les cudonies



L'entolome livide et les entolomes



Galerina marginata et les galeres



Lepiota helveola et les lépiotes



La russule émétique



Le bolet de Satan et les bolets

Figure I. 1 : Les champignons non comestibles. [5]

I.3.2. Les champignons comestibles :

Les champignons comestibles sont des champignons que l'on peut manger car, contrairement aux champignons toxiques, leur consommation n'est pas risquée pour la santé. Cependant, tous les champignons comestibles ne sont pas mangeables, c'est-à-dire que certains champignons non toxiques ne sont pas bons, pour le critère gustatif.

Les champignons comestibles sont très nombreux. En voici quelques-uns :

<table>
<tr>
<td>
Pleurotes</td>
<td>
Champignon de paris</td>
</tr>
<tr>
<td>
Amanite des césars</td>
<td>
Chanterelle ou Girolle</td>
</tr>
</table>



Bolet à pied rouge



Lactaire délicieux

Figure I. 2 : Les champignons comestibles. [5]



Figure I. 3 : Les champignons mortels. [5]

I.4. Les conditions de cultive le champignon (pleurote):

Les champignons pleurotes se trouvent dans de nombreuses espèces différentes en forme, taille et couleur. Ils poussent dans les forets et les grottes à certaines saisons qui offrent des conditions climatiques appropriées et d'autres, puis l'homme est apparu dans ses tentatives de cultiver cette espèce avec la disponibilité de conditions essentielles (la température et l'humidité...) durant toute l'année.

I.4. 1. Température :

- La phase d'incubation (de 20 à 30°C).
- Baisser la température pour provoquer la fructification (10 à 16°C).
- Pour le développement des carpophores (12 à 20°C). **[6]**

I.4. 2. Humidité :

Il faut bien surveiller le taux d'humidité de tous les champignons pendant leur croissance. Maintenez un taux élevé (80-90%) en vaporisant de l'eau plusieurs fois par jour. **[8]**

- **Remarque :**

Il ne faut pas vaporiser directement de l'eau sur les champignons qui sont prêts à être cueillis. Lorsqu'ils son trop humides, leur durée de conservation diminué énormément.

- phase d'incubation (70 à 80 %).
- Phase de fructification (80 à 95%).
- Un taux d'humidité trop élevé pour la fructification va favoriser le pied au dépend du chapeau. **[6]**

I.4.3.Lumière :

Les pleurotes très sensibles ou manque d'aération et de lumière.la lumière exigée (couleur et intensité) déponde de la variété. Certains producteurs appliquent le principe de base suivante : la lumière doit être suffisante pour permettre de lire le journal à n'importe quel endroit de la chambre de croissance. Lorsque les petits champignons apparaissent, leur forme indique s'ils reçoivent suffisamment de lumière et d'aération. Si les pieds sont longs et les chapeaux petits, c'est que les conditions d'aération et de lumière sont insuffisantes. En l'absence complète de lumière, les pleurotes ne formeront que des pieds, pas de chapeaux, et ressembleront à du corail. Phase d'incubation, lumière non nécessaire, phase de fructification, légère lumière. Trop de lumière peut inhiber la formation des carpophores et trop peu de lumière va favoriser le développement du pied par rapport au chapeau. **[6]**

I.4. 4. Taux de gaz carbonique :

Très élevé au cours de la phase d'incubation et au début de la phase de fructification. Une fois les boutons formés, ramenez à un taux normal. Trop élevé, favoriser le développement du pied par rapport au chapeau. **[6]**

I.4. 5. L'aération :

La chambre de croissance doit être pourvue d'ouvertures de ventilation, On traiter la ventilation à la phase fructification et carpophores, il faut changer l'air quatre fois par heure. **[6]**

I.4. 6. Les besoins agricoles :

La culture de champignon nécessite un milieu approprié contenant les matériaux nécessaires à la croissance :

- Le mélange cellulosique : foin, paille, déchets de café, déchets agricoles …
- Mycélium. **[8]**

I.4. 7. L'implantation :

Il ya deux phases :

- La phase d'incubation : la densité du CO_2 et la température sont élevées, la densité du O_2 et l'éclairage sont faibles.
- La phase fructification : la densité du CO_2 et la température sont faible, la densité du O_2 et l'éclairage sont élevées. **[7]**

I.5.Conclusion :

Les conditions idéale de cultive :

	Période	Température	Humidité	Éclairage
Phase d'incubation	10-15 jours	(22 à 27°C)	(75 à80 %)	/
Phase fructification	7-14 jours	(12 à 16°C)	(95 %)	8H par jour
Phase carpophores	5-7 semaines	(15 à 18°C)	(85 à 92 %)	8H par jour

Tableau. I. 1 : conditions idéales pour culture le pleurote.

Chapitre II: Les conditions Des chambres de culture des champignons

II.1. Introduction :

Il en existe différents types de chambre de culture. Actuellement, les agriculteurs essaient de rechercher le moyen le plus efficace que la manière traditionnelle, ce qui dépendait du travail manuel pour fournir des conditions de base (humidité, température...).

Les chambre de culture doit être hermétique afin de pouvoir contrôler chacun de ces paramètres sans la moindre gêne de l'environnement externe (lumière, humidité, température, attaques indésirables).

II.2. Type des chambres :

II.2.1.Les chambre traditionnelle :

Les anciennes chambres sont basées sur des systèmes simples pour essayer de fournir les conditions environnementales appropriées :

- Fenêtre et autre ouverture (aération/ventilation).
- Deux pote pour ferre un courons d'air (aération).
- Les chambres sont en paille et sont arrosage manuellement pour fournir de l'humidité et la chaleur.



Figure. II.1 : Arrosage du toit de paille. [13]



Figure. II.2 : contrôle du taux d'humidité de tous les champignons pendant leur croissance. [13]

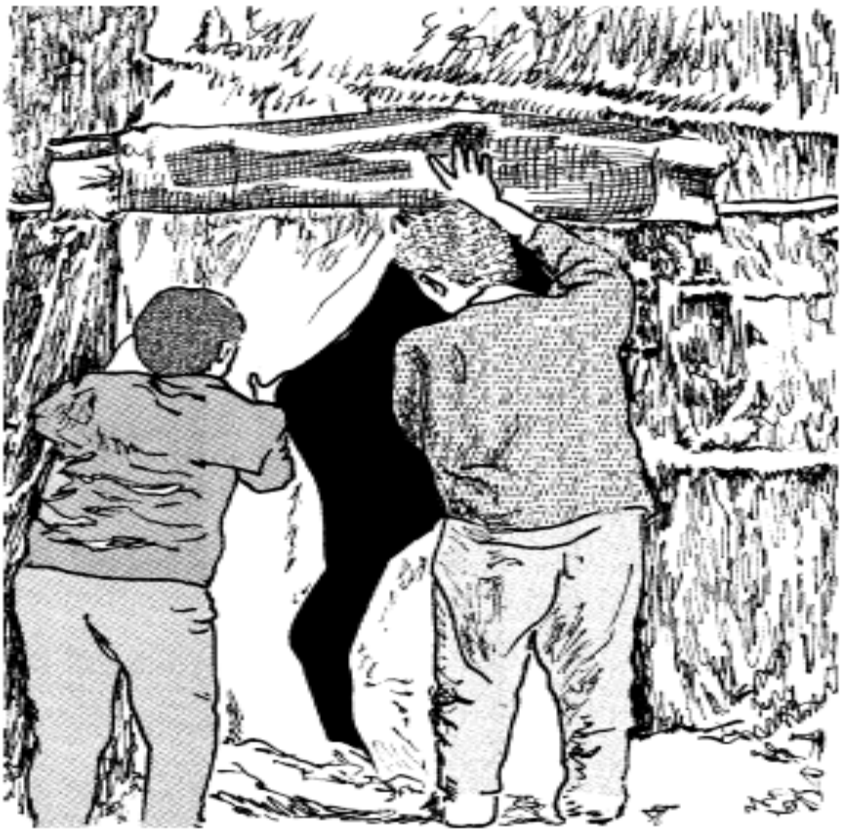


Figure.II.3 : Double porte devant l'entée de la chambre de croissons. [13]

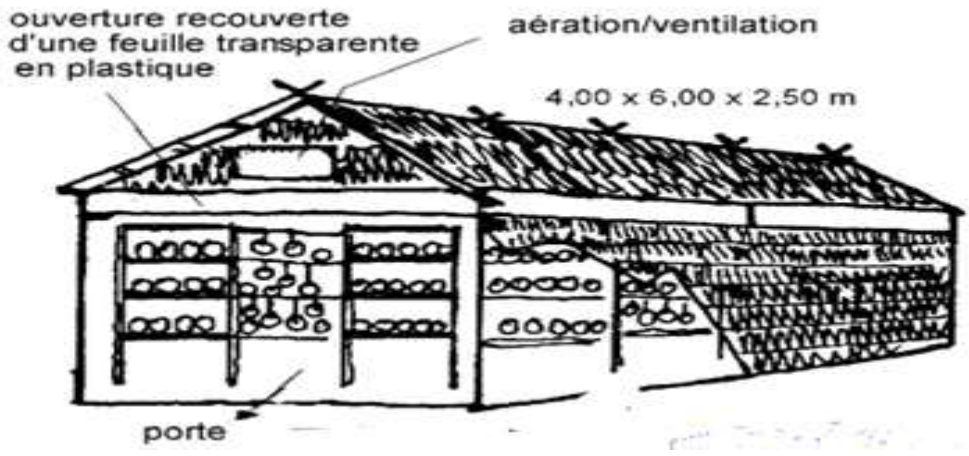


Figure. II.4 : chambre traditionnelle. [13]

II.2.2. Les chambres actuelles :

Les chambres de cultive actuelle sont plus sophistiquées et précises et fonctionnent tout l'année, sont faciles à déplacer. On trouve plusieurs type (les chambres carboniques, on plastique, bois et on béton…)

- Les matériaux principale qui utilise dans les chambres de cultive, sont :
  - Extracteurs et intracteurs d'air
  - Ventilation
  - Un thermo-hygromètre
  - Le filtre à charbon
  - L'éclairage
  - Isolation
  - Humidificateur



Figure. II.5 : Les chambres carboniques. [10]

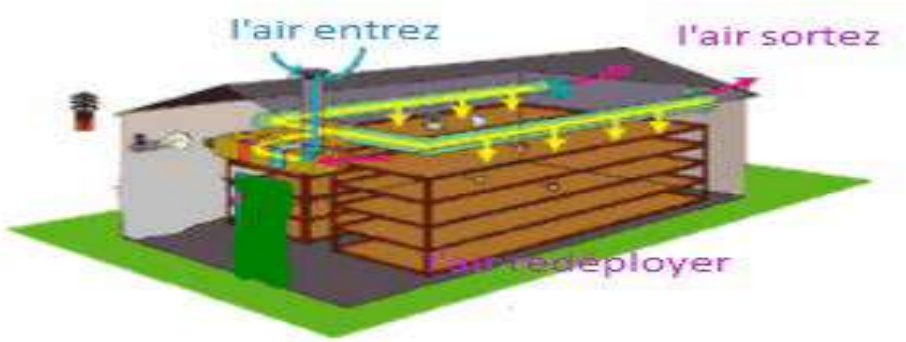


Figure. II.6 : chambre de culture. [8]

II.2.2. 1.Extracteurs et intracteurs d'air:

Un extracteur et un intracteur d'air sont indispensables dans une chambre de cultive, en fonctionnant par appel d'air. L'extracteur, placé en hauteur, renouvelle le O_2dans la chambre de cultive, tout en régulant la température. L'intracteur, lui, facilite le travail de l'extracteur en optimisant le renouvellement d'air ; il se place en bas de la pièce, à l'opposé de l'extracteur et à une vitesse inférieure. La puissance de ces deux turbines doit être proportionnelle à la chaleur dégagée par les sources lumineuses employées, en fonction de l'espace de culture. [10]



Figure. II.7: extracteur. [9]

II.2.2. 2.Ventilation:

En plus du renouvellement d'air, la ventilation est un paramètre essentiel au bon fonctionnement d'un espace de culture. Les mouvements d'air facilitent les échanges O_2/CO_2 des stomates (gain de vivacité) et élargissent la structure végétale (gain de production). Ils sont assurés par des ventilateurs ou des brasseurs, à diriger directement sur les champignons de manière homogène et progressive. [10]



Figure. II.8: ventilateur. [9]

II.2.2. 3.Un thermo-hygromètre:

Il mesure la température et l'humidité, pouvant afficher les minima/maxima de ces valeurs. Cet outil très pratique est à placer au centre de

l'espace de culture et à hauteur du sommet des plantes afin d'enregistrer les bonnes données.

Ces deux mesures, la température et l'humidité, sont réunies sur un appareil pouvant afficher les minimums-maximums de ces deux valeurs, le thermo-hygromètre. Cet outil très pratique est à placer au centre de l'espace de culture et à hauteurs des sommets des plantes pour enregistrer les véritables mesures. [10]



Figure. II.9 : Un thermo-hygromètre. [9]

II.2.2. 4.Le filtre à charbon :

Il absorbe toute sorte de mauvaises odeurs causées par les champignons dans certains types de cultures. L'air est filtré et évacué donc in n'y a plus d'odeur. Certains types de cultures peuvent causer des mauvaises odeurs. Un filtre à charbon professionnel couplé à l'extracteur d'air vous aidera à éliminer 90-95% des odeurs. Cependant, il est important de fixer correctement votre filtre à charbon à l'extracteur d'air; il est important que les odeurs soient bien absorbées avant d'être évacuées. Par conséquent, un extracteur. [10]



Figure. II.10 : filtre à charbon. [9]

II.2.2.5. L'éclairage :

L'éclairage est lui aussi nécessaire à la croissance de l'organisme.

II.2.2.6. Isolation :

Il ya plusieurs type de l'isolation :

- **Les isolants à base de bois :**

Le bois est une matière naturelle renouvelable idéale pour la conception des isolants pour plusieurs raisons. Il est pratique, économique et écologique. [10]

- **Le bois :**

Est le matériau le plus anciennement utilisé dont il est caractérisé par sa grande isolation thermique et résistance mécanique. Mais son inconvénient principal est sa fragilité vis à vis les intempéries. Il a besoins d'un entretient fréquent. La solution est d'utiliser un châssis mixte le bois du côté intérieur et l'aluminium vers l'extérieur. [11]



Figure. II.11 : la menuiserie en bois. [11]

- **L'aluminium :**

Il est un grand conducteur de la chaleur mais cela peut être corrigé par une rupture des ponts thermiques. L'isolation est assurée par les vides d'air des alvéoles à l'intérieur des profilés. [11]

- **Le polystyrène expansé (PSE) :**

C'est un dérivé de raffinage de pétrole (naphta). Le polystyrène expansé (PSE) renferme une multitude de billes liées par compression lors du moulage et qui emprisonnent l'air sec immobile. Il est caractérisé par une grande légèreté, une résistance mécanique élevée mais il est fragile au feu. Son conductivité est très faible. **[11]**

- **Polystyrène extrudé (XPS) :**

Il est issu de naphta. Son conductivité thermique est entre 0,029 et 0,037 W/m.K.) **[**11]



Figure. II.12: le polystyrène expansé et le polystyrène extrudé

Source MM. [11]

- **Les vitrages :**

Le simple vitrage est caractérisé par une performance thermique (Ug) très faible de 5.7 à 6 w/m².k. A la fin des années 70, l'apparition du double vitrage afin d'emprisonner l'air entre deux vitres. La performance thermique d'un complexe de 4-12-4 est un Ug de 2.9 w/m².k. Si les verres sont de 6mm Ug deviendra 2.8 w/m².k.

Pour plus d'amélioration du vitrage, le double vitrage à faible émissivité donne un Ug de 1.7 à1.9 w/m².k. Le remplacement de l'air entre les deux vitrages par un gaz plus isolant donne un Ug de 1.7 w/m².k. Le triple vitrage est caractérisé par très bonne performance thermique avec un Ug 0.5 à 0.8 w/m².k.

L'ajout d'un film de polyester enduit de fines couches métalliques entre les deux verres, Ug devient 0.9à 1.3 w/m².k avec un remplissage d'air. Si le remplissage est par un gaz rare Ug sera de 0.6 à 1.1w/m².k. [11]

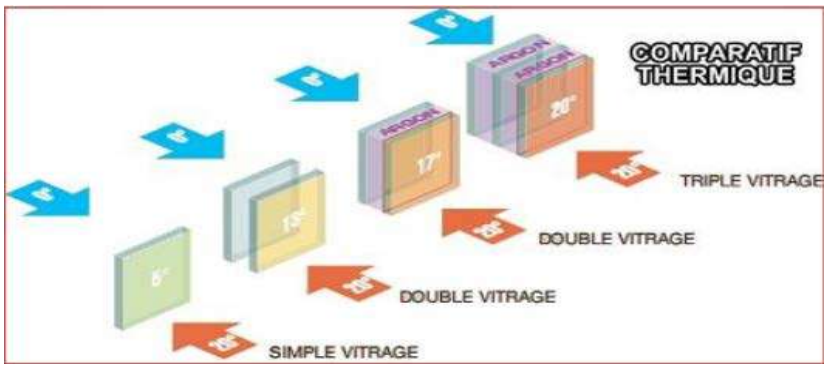


Figure. II.13 : Un comparatif thermique entre les types de vitrage. [11]

- **Le verre cellulaire :**

Elle est composée des millions de cellules fermées remplies de gaz inerte. Son origine est du sable ou calcin (verre recyclé). Son conductivité thermique est de 0.038 à 0.055 w/m.k. [11]



Figure. II.14 : Le verre cellulaire [11]

II.2.2.7.Humidificateur :

II.2.2.7.1.Les différents types d'humidificateurs

Il est possible de choisir entre différents humidificateurs d'air. Bien entendu, cela est fonction du besoin de l'utilisateur. Il pourra choisir entre les humidificateurs à vapeur chaude ou à vapeur froide. Il pourra aussi choisir entre les humidificateurs à ultrason ou à ultra-violet. À noter que chacune de ces variétés a des spécificités bien définies. [12]

- **Humidificateur d'air à vapeur chaude**

L'humidificateur d'air à vapeur chaude dispose de deux électrodes qui favorisent l'ébullition d'eau. Suite à cela, l'eau se transforme en vapeur. Elle est toutefois refroidie avant d'être diffusée dans la pièce. Il s'agit d'un prototype d'humidificateur qui consomme beaucoup d'énergie. Il est très utile pour les périodes de froids hivernaux. [12]

- **Humidificateur d'air à vapeur froide**

Pour leur part, ces types d'humidificateurs offrent une vapeur riche en humidité. Ils ne consomment pas beaucoup d'énergie. Qui plus est, cet humidificateur

d'air est silencieux. Il faut juste le nettoyer assez souvent. Pour ce faire, il est nécessaire d'utiliser une solution antibactérienne. [12]

- **Humidificateur d'air à ultrason**

Ce sont des modèles d'humidificateur qui fonctionnent à l'aide d'une plaque ultrasonique. Les ondes sonores entraînent la vibration de la membrane métallique de l'appareil. Il y aura alors transmission de ces vibrations à l'eau qui va éclater en gouttelettes. Ce seront ces dernières qui seront répandues dans la pièce. À noter que ce sont des modèles d'humidificateur qui consomment peu d'énergie. [12]

- **Humidificateur d'air à ultra-violet**

Il s'agit ici de variantes d'humidificateur d'air qui recourent à l'usage de lampes miniatures à ultraviolets. Ce système permet de détruire la plupart des virus, des germes et des moisissures. C'est un humidificateur d'air qui permet de limiter les maladies. C'est un prototype d'humidificateur qui convient très bien aux jeunes enfants. [12]

II.3.Conclusion :

Une chambre moderne est plus efficace que les anciennes chambres, à la disponibilité des appareils de mesure, les installations très précises et l'isolation performante permettant de garder le maximum de l'énergie interne.

Chapitre III: Manipulation Expérimentale

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre on représente le banc d'essai présentant les conditions réelles de culture et permettant une minimisation du temps de production du champignon et la disponibilité à tout moment et en quantité suffisante.

III.2. Le banc d'essai :

Le banc d'essai est un dispositif fait pour répondre aux conditions et paramètres climatiques nécessaires à une bonne culture. Ce banc d'essai comporte les éléments suivants :

III.2.1. La Chambre: avec un volume de 501000 cm^3 (L=100cm, d=60cm, H=83.5cm).

III.2.2. L'isolation : en a utilisé le polystyrène, le bois, verre et aluminium pour garder la température et humidité.

III.2.3. Resistance : pour augmenter la température dans le bloc d'essai.

III.2.4. Lampe: pour donner l'éclairage nécessaire dans la chambre, de 1200 lux.

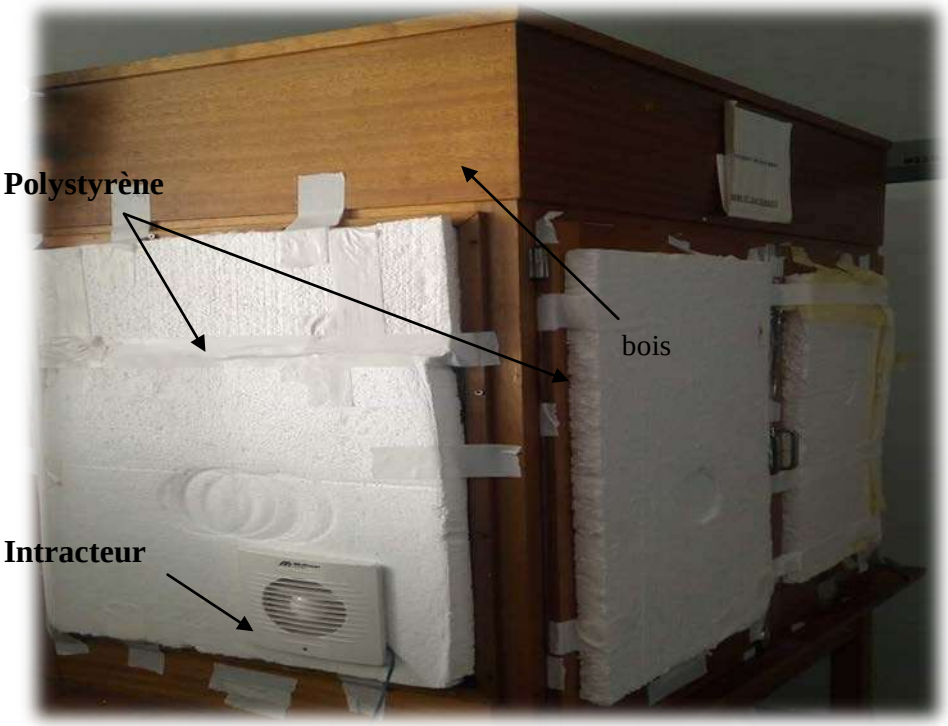


Figure III.1 : la chambre de culture.

III.2.5. Un thermo-hygromètre: C'est un instrument de mesure humidité et la température.



Figure III.2 : Un thermo-hygromètre.

III.2.6. Extracteur: il aspire l'air de l'intérieur a l'extérieure, placé en hauteur, renouvelle le O_2dans la chambre.

III.2.7. Intracteur: il aspire l'air de l'extérieure a l'intérieur, avec une vitesse de 3,6 m/s, place en bas de la pièce.

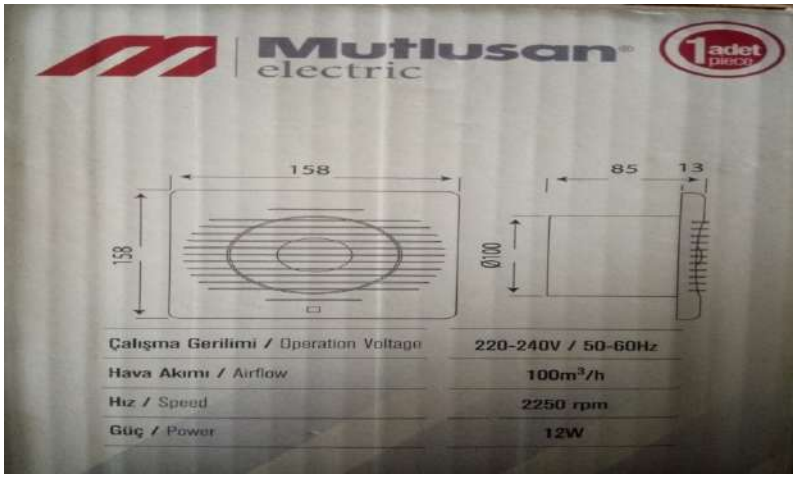


Figure III.3: les caractéristiques de l'intractreur et extracteur.



Figure. III.4: la chambre de culture de champignon.

1-intracteur

2-extracteur

3-résistance

4- une lompe

5-le bloc d'essai

III.3. les étapes de travail :

1. La première étape prépare le mélange cellulosique dans un Bidan (les pailles de blé, calcaire, sonde blé).
2. on passe à l'incubation : on a lancé l'opération 29/4/19, avec des conditions climatiques de l'incubation T(20 a 21℃) et H(60 a 70%) et l'absence de lumière, cette phase dure 20 jours.
3. Phase fructification : à partir 19/5/19, on a activé la ventilation, l'éclairage, augmente l'humidité 90% et diminuer la température (14 a 17℃), désactivées la résistance.
4. **Phase carpophores** : 26/5/19 à partir de ce jour on a remarqué le début des fruits. on augmente la ventilation jusqu'à la maturité.

III.3.1Les résultats de chaque phase :

		
La phase d'incubation	**La phase fructification**	**Phase carpophores**

Figure.III.5: Les résultats de chaque phase.

Remarque:

L'influence de la haute température ($T< 20$) dans les deux dernies phases (phase d'incubation et carpospores) en remarque que les fruits a été séché et non comestible.



Figure. III.6.

III.4.Réalisation de la partie commande :

III.4.1.Introduction : suivant le cahier de charge indiqué sur le tableau 1 plusieurs techniques sont possibles pour la réalisation parmi eux :

1/ Réalisation par le biais d'une carte analogique

2/ Réalisation par le biais d'une logique programmée qui utilise soit

- Un Microcontrôleur.
- Une carte Arduino.
- Un Automate programmable

Nous avons opté pour la réalisation de la commande de ce projet basée sur une logique programmée avec une carte Arduino qui offre plusieurs opportunités :

- ✓ Vue la disponibilité,
- ✓ Vue le prix.
- ✓ Vue la simplicité.
- ✓ offre la possibilité d'utiliser connexion internet, Bluetooth, afficheur LCD…..etc.

III.4.2. Carte Arduino :

III.4.2.1.Introduction :

Avec le développement de matériel et de logiciel embarqué, diverses technologies sont de plus en plus intégrées. Son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, en réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Au cours des dernières années, le mouvement opensource du matériel est populaire dans le monde. Arduino est un chef de file dans ce mouvement d'où les groupes d'utilisateurs répartis des ingénieurs aux étudiants, puis aux élèves de collège ou même les enfants de l'école primaire. L'émergence d'une variété de plates-formes matérielles opensource réduit considérablement la courbe d'apprentissage, stimule l'innovation et accélère la conversion de l'idée à la réalisation.

III.4.2.2.Définition du module Arduino :

Arduino, et son récent synonyme Genuino, est une marque qui couvre des cartes matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur (D'architecture Atmel comme l'Atmega328p, et d'architecture ARM comme le Cortex-M3 pour l'Arduino Due). Les schémas de ces cartes sont publiés en licence libre. Cependant, certains composants, comme le microcontrôleur par exemple, ne sont pas sous licence libre .

Arduino est une plate - forme électronique open-source basé sur le matériel et le logiciel facile à utiliser. Les cartes Arduino sont capables de lire les entrées - La lumière sur un capteur, et la transformer en une sortie - activation d'un moteur, afficher une écriture. On peut commander la carte Arduino en envoyant un ensemble d'instructions au microcontrôleur disposé sur la carte. Pour ce fait, on utilise le langage de programmation Arduino (Basé sur le câblage) et le logiciel Arduino (IDE) , basé sur le traitement .

Au fil des années, Arduino a été le cerveau de milliers de projets, des objets de tous les jours à des instruments scientifiques complexes. Une communauté mondiale des décideurs, étudiants, amateurs, artistes, programmeurs et professionnels - sont rassemblés autour de cette plate - forme open source, leurs contributions ont ajouté une quantité incroyable de

connaissances accessibles qui peuvent être d'une grande aide.

Toutes les cartes Arduino sont complètement open source, permettant aux utilisateurs de les construire de façon autonome et les adapter à leurs besoins particuliers.

Le logiciel IDE Arduino est aussi en open-source, et il se développe à travers les contributions des utilisateurs dans le monde entier. Le site officiel Arduino est : https://www.arduino.cc

III.4.2.3.Types des cartes Arduino :

On peut classer les cartes Arduino en deux grandes familles.

- Cartes Arduino Officielles (Classique)
- Cartes Arduino Compatibles (Dérivées)

III.4.2.3.1.Cartes Arduino Officielles (Classique) :

Ces cartes sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : *Smart Projects,* sont site officiel est Arduino.cc ou Arduino.org , Pour tout ce qui est des cartes Arduino dites

« Officielles» elles sont basées généralement sur le même microcontrôleurAVR à savoir un ATmega328p du fabricant ATMEL .



Figure.III.7: Carte Arduino officielle.

III.4.2.3.2.Cartes Arduino Compatibles (Dérivées) :

Ces cartes ne sont pas fabriquées par *Smart Projects,* mais qui sont totalement compatibles avec les shields Arduino classiques (Mais pas avec l'IDE Arduino de base), elles sont fabriquées par diverse entreprises et

commercialisées sous un nom différent (Exemples Cartes Arduino Compatible: Chinoises, Olimex, Selectronic, Freeduino, Seeduino, Femtoduino .



Figure.III.8: Carte Arduino Compatible.

III.4.2.4.Avantage de la carte Arduino UNO :

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant aux personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit:

- ✓ **Le prix (Réduit) :** Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes.
- ✓ **Multi plateforme :** Le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- ✓ **Un environnement de programmation clair et simple :** L'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- ✓ **Logiciel Open Source et extensible :** Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmateurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (Fonctionne sur tout système d'exploitation), servant

d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme à travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

- ✓ **Matériel Open source et extensible :** Les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328, les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût .

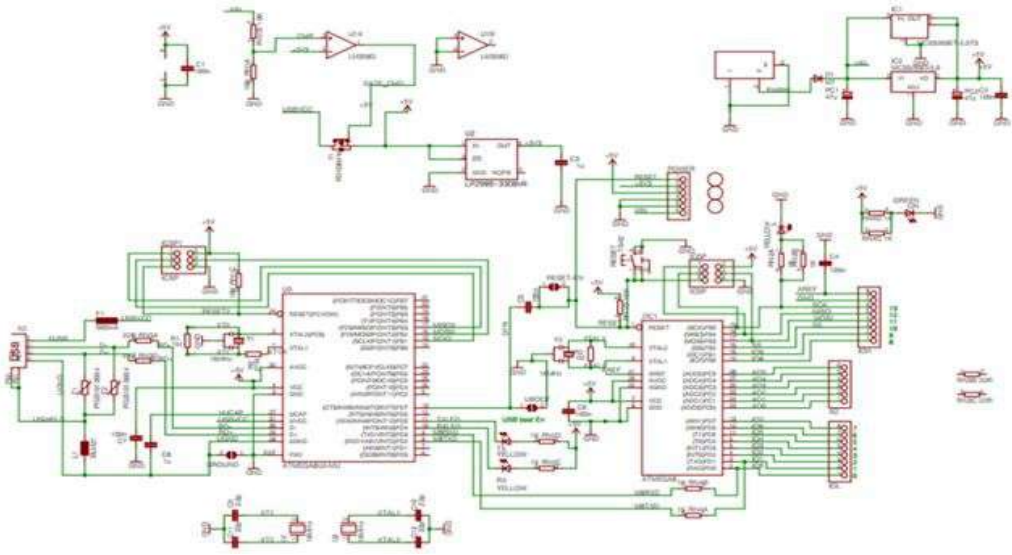


Figure.III.9: Schéma de référence Arduino UNO .

III.4.2.4.1.Technologie de la carte Arduino UNO :

La carte Arduino Uno est basée sur un Microcontrôleur ATMega328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus récente et la plus économique carte à microcontrôleur. Les caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO sont présentées dans le tableau :

Microcontrôleur	**ATMega328**
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation – entrée - (Recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation – entrée - (Limites)	6-20V

Broches E/S numériques	14 (Dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6 (Utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maximum disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maximum disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maximum disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	32 KB (ATmega328) dont **0.5 KB** sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (Mémoire volatile)	2 KB (ATmega328)

Tableau .III.1: **Caractéristiques de la Carte Arduino UNO.**

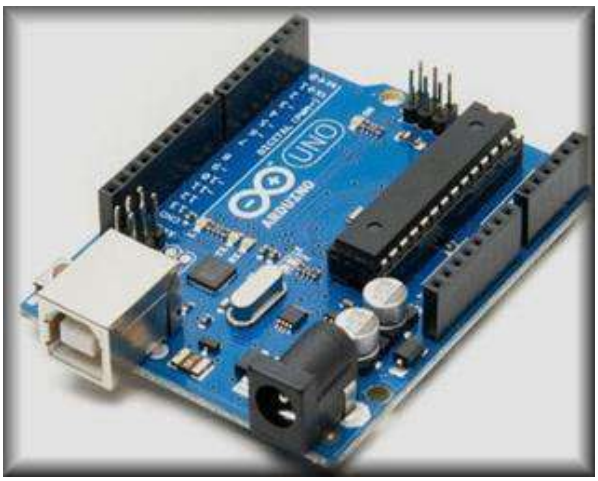


Figure.III.10: carte arduino UNO.

III.4.2.4.2.Microcontrôleur ATMega328 :

Le microcontrôleur utilisé sur la carte Arduino UNO est un microcontrôleur ATMega328. C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits.

Un microcontrôleur ATMega328 est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit. Aujourd'hui, en

soudant un grand nombre de composants encombrants; tels que les transistors; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C .

La figure (2.4) montre deux types de microcontrôleur ATmega328, qu'on trouve sur les cartes Arduino.

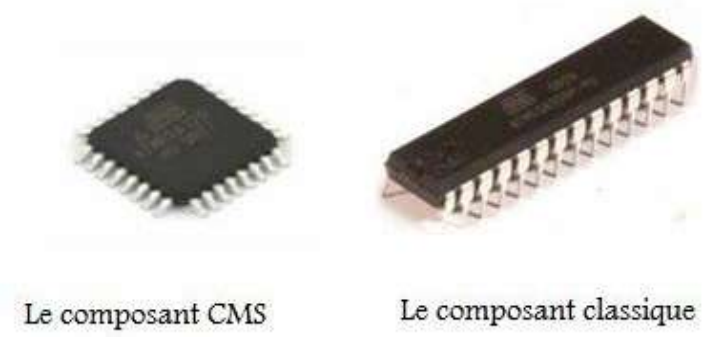


Figure.III.11: Microcontrôleur ATMega328.

Le microcontrôleur ATMega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement de :

- ✓ **Mémoire Flash** : C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire effaçable et réinscriptible est une mémoire programmée de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko).
- ✓ **RAM :** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.
- ✓ **EEPROM :** C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme [19].

III.4.2.5.Schéma synoptique de la commande :

Le schéma synoptique de la commande utilisée et représentée par la figure.III.12.

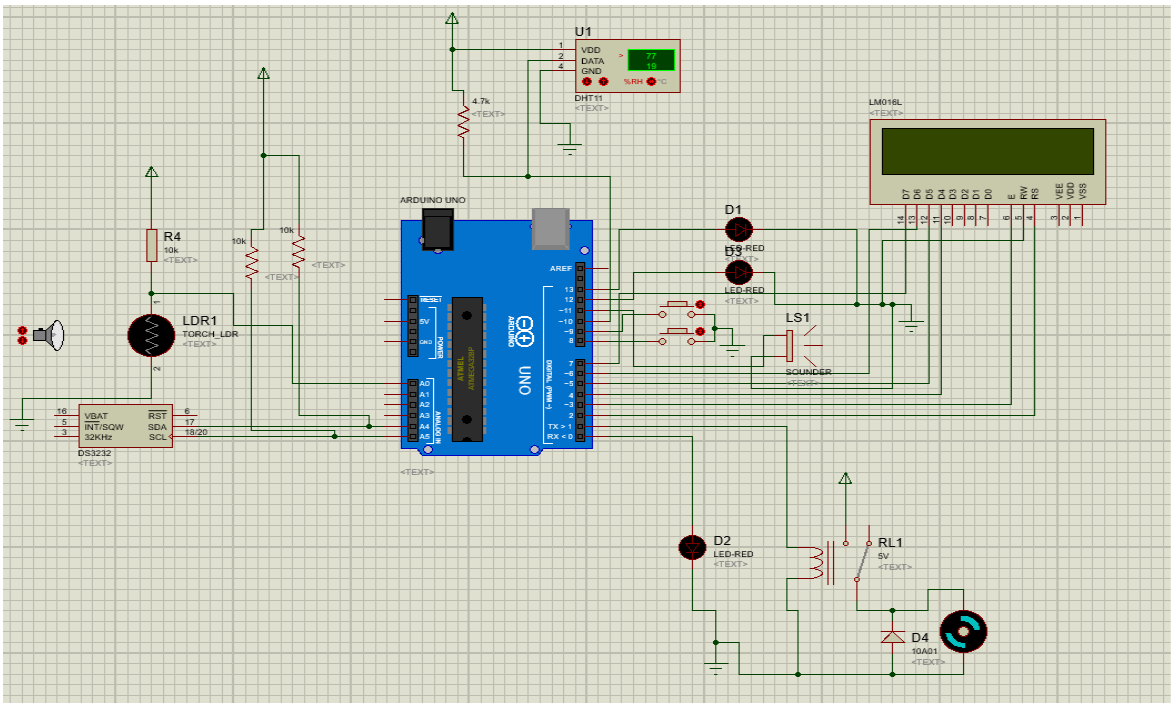


Figure.III.12: Schéma de la commande.

Chapitre IV: Configuration et simulation CFX

IV.1. Introduction :

Logiciel de simulation en conception mécanique et analyse avancée et multi physique ANSYS est le premier éditeur mondial dans le domaine du calcul par éléments finis. Les outils proposés permettent de résoudre les problèmes de validations produits de manière efficace. Ils permettent d'optimiser le processus de conception (gain de temps énorme) et donc de proposer des produits plus innovants (intégration d'une pré-analyse dans le cycle de conception), de qualité plus élevée tout en minimisant les coûts.

ANSYS est un logiciel à usage général, utilisé pour simuler les interactions de toutes les disciplines de la physique, structurelle, les vibrations, la dynamique des fluides, transfert de chaleur et électromagnétique pour les ingénieurs.

Ainsi, ANSYS, qui permet de simuler les essais ou les conditions de travail, permet de tester dans un environnement virtuel avant la fabrication de prototypes de produits. En outre, la détermination et l'amélioration des points faibles, le calcul de la vie et de prévoir les problèmes probables sont possibles par des simulations 3D dans un environnement virtuel.

IV.2.Principaux produits :

IV.2.1.ANSYS Structural :

Ce produit permet d'effectuer des simulations mécaniques en calcul de structural. Ses principales capacités sont :

- L'analyse statique.
- L'analyse modale.
- L'analyse harmonique (réponse forcée).
- L'analyse temporelle.
- La gestion de différentes situations non-linéaires (contact, plasticité matériaux, grands déplacement ou grandes déformation).

IV.2.2.Les Modules d'ANSYS :

- ANSYS Mechanical.
- ANSYS CFX et Fluent.
- ANSYS AUTODYN et ANSYS LS-DYNA.
- ANSYS Electromagnitics et Ansoft.

IV.3.Environnement du logiciel :

Deux environnements logiciels permettent de mettre en œuvre le code ANSYS :

IV.3.1.ANSYS classique :

Chronologiquement, c'est la première solution logicielle développée par le constructeur. Elle est destinée a la construction de modèle élément finis a la géométrie simple, facilement constructible a l'opération basique. A partir de cet environnement, l'utilisateur construit directement un modèle fini en utilisant le langage de script APDL (ANSYS Paramétrique Design Langage). ANSYS classique est dons destine a des utilisateurs compétents dans le domaine de la simulation numérique.

IV.3.2.ANSYS Workbench :

Cette plate-forme propose une approche différente dans la construction d'un modèle en réutilisant le code ANSYS initial. Elle est particulièrement adaptée au traitement de cas a la géométrie complexe (nombreux corps de pièces) et aux utilisateurs non confirmes dans le domaine du calcul. Dans cet environnement, l'utilisateur essentiellement sur une géométrie et non plus sur le modèle lui-même. La plate-forme est dons chargée de convertir les requêtes entées pas l'utilisateur en code ANSYS avant de lancer la résolution. Le modèle éléments finis généré reste néanmoins manipulable en insérant des commandes propres au code ANSYS.

IV.4.Présentation du logiciel CFX 15.0 :

CFX -15.0 est un logiciel général de simulation numérique d'écoulements en mécanique des fluides et transfert thermique.

Ce logiciel permet de mettre en œuvre une simulation numérique complète de la modélisation, de la création géométrique, et la visualisation des résultats, en passant par la création du maillage, configuration et le calcul.

Le logiciel CFX-15.0 est divise en 5 modules : design modeler mehring CFX–solve et CFX-post.

Chaque module a une utilisation bien spécifique.

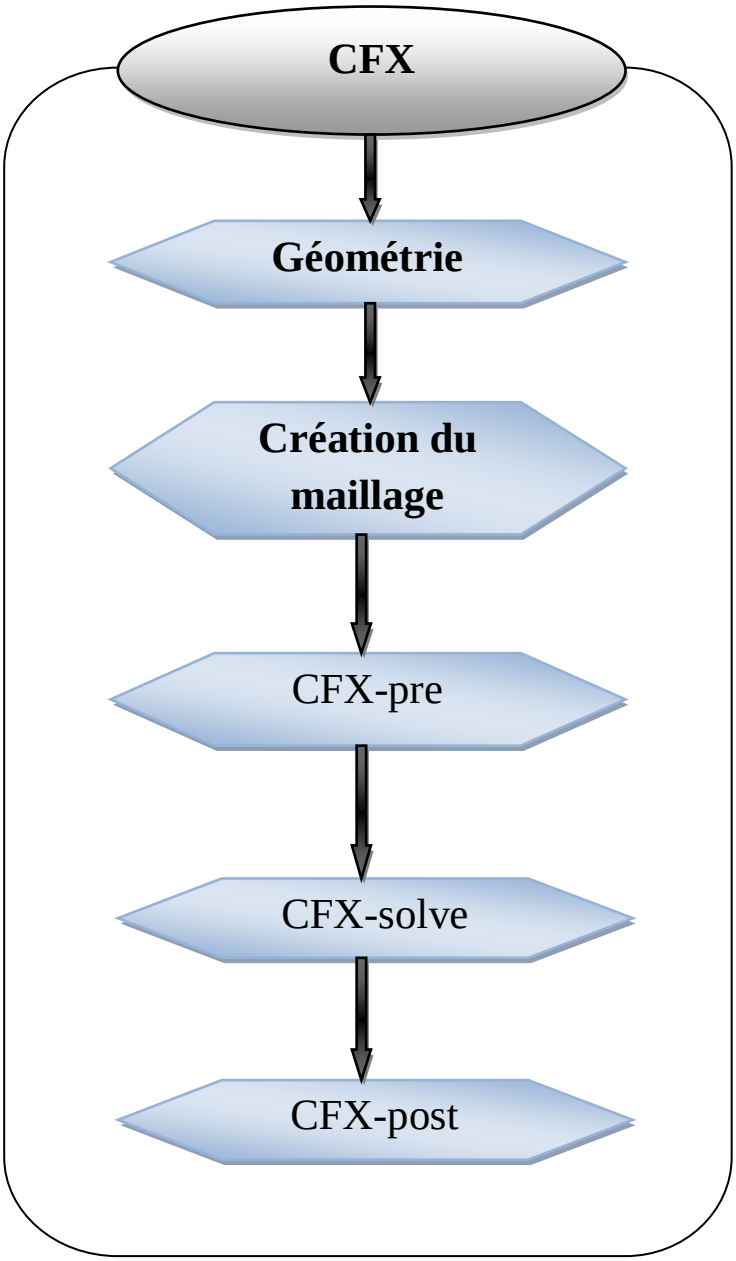


Figure.IV.1 : les modules principaux du CFX -15.0.

IV.4.1.Menu principal du logiciel ANSYS Workbench :

L'ouverture du logiciel fait apparaitre le menu principal présenté ci-dessous :

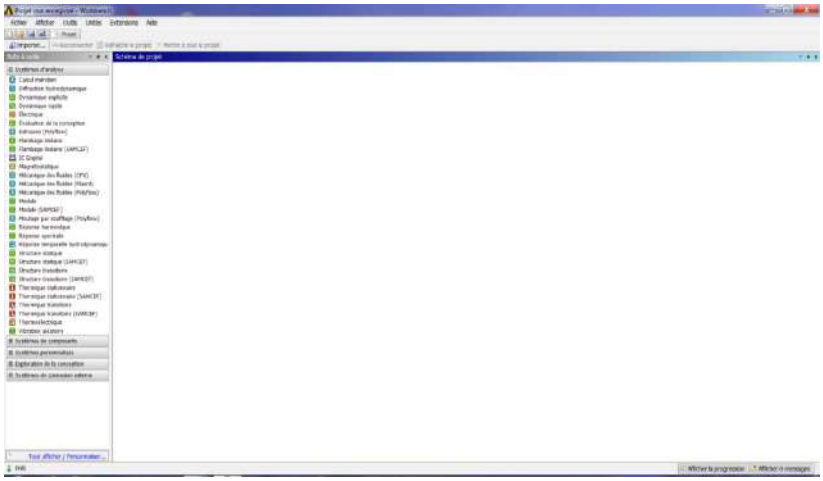


Figure.IV.2 : le menu principal de programme ANSYS.

La barre d'outils toobox vous donne acces a plusieurs systemes d'analyse. Pour debuter une analyse statique, fluid flow (CFX) et glisser dans Project Schematic.

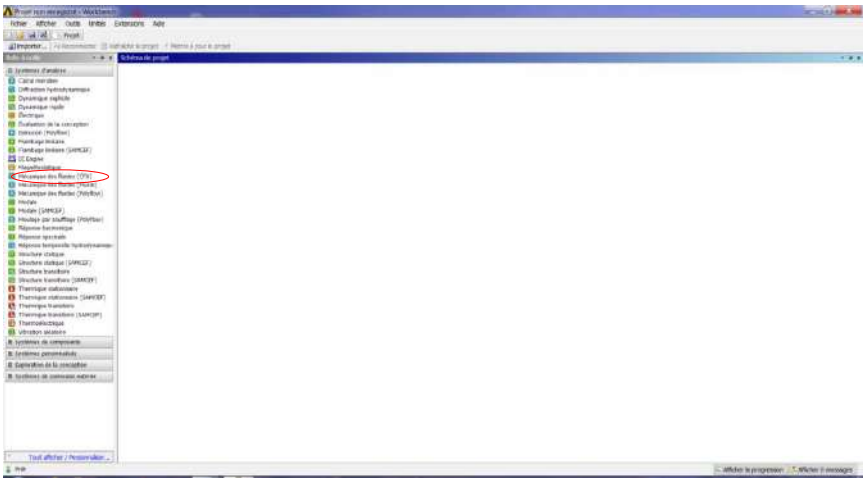


Figure.IV.3: Ouvrir l'analyse mécanique des fluides(CFX).

IV.4.2.Module de création géométrique :

Double clic sur Géométrie pour ouvrir le module de création géométrique.

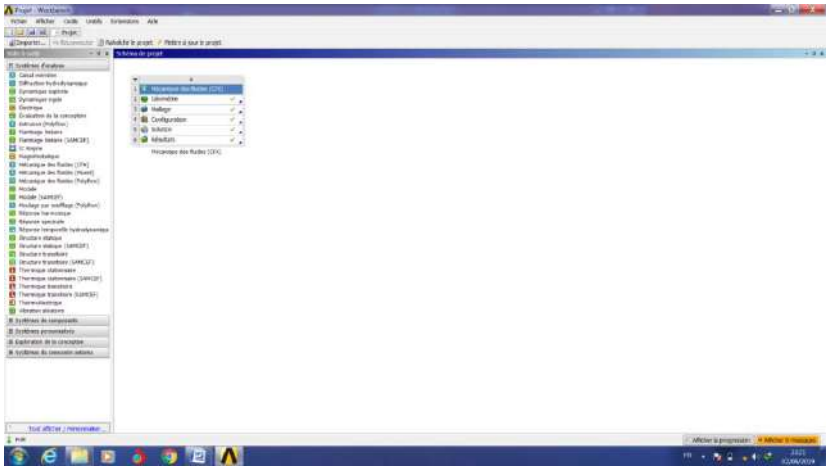


Figure.IV.4:Choisir géométrie.

En cliquant sur et sélectionner importer le fichier de géométrie :



Figure.IV.5: importer la pièce.

On clique sur 

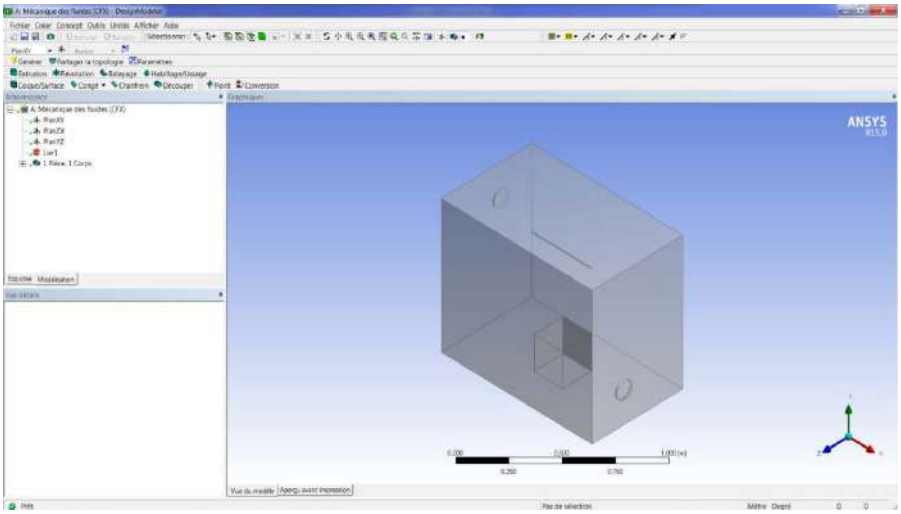


Figure.IV.6 : interfaces graphique du module géométrie.

IV.4.3.Maillage :

Double clic sur le maillage pour ouvrir le module de maillage.

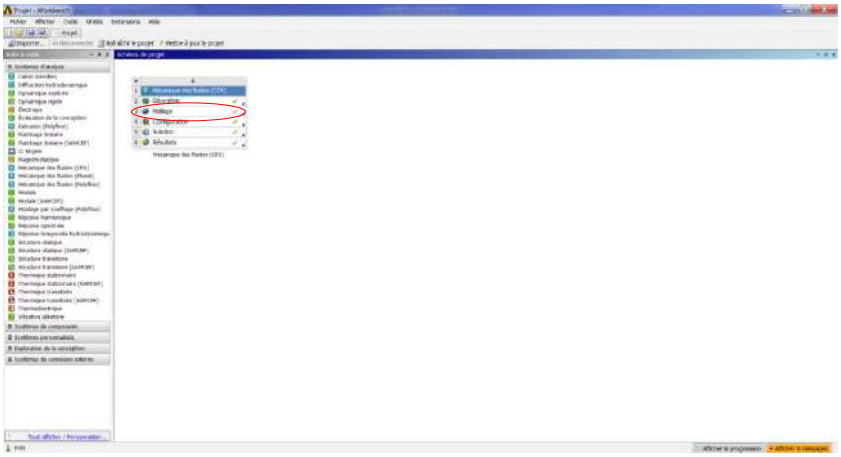


Figure.IV.7: Choix du maillage.

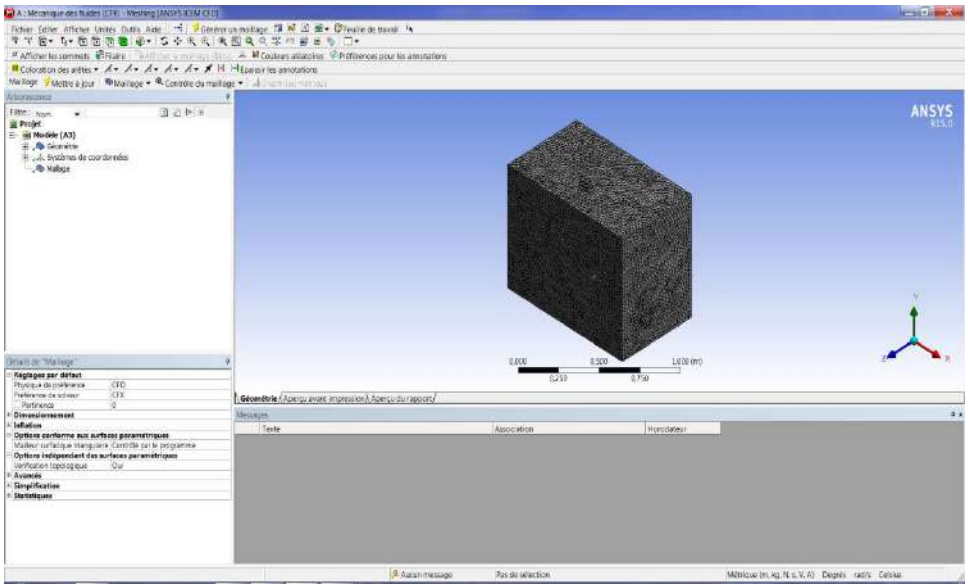


Figure.IV.8: interface graphique du module meching.

IV.4.4.configuration :

Double clic sur configuration pour ouvrir le module CFX-pre.

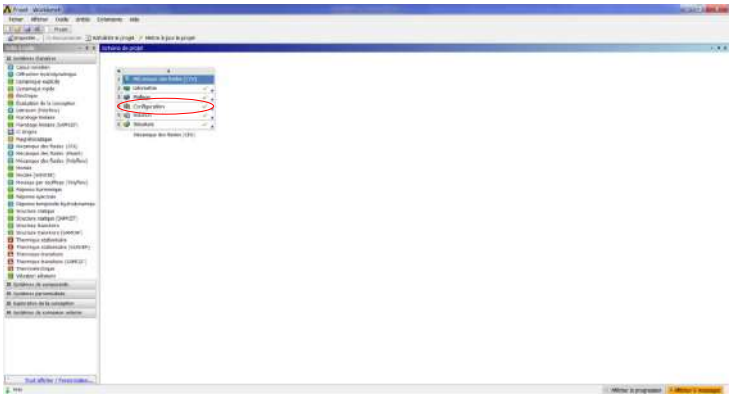


Figure.IV.9: Choix de la configuration.

- **CFX-pre :**

Les conditions aux limites sont de 3 types : INLET, OUTIET, WALL.

- Les conditions de type INLET sont utilisées dans le cas d'un écoulement entrant à l'intérieur du domaine.
- Les conditions de type OUTIET sont quant a elles utilisées dans le cas d'un écoulement sortant a l'extérieur du domaine.
- La condition aux limites de type WALL est attribuée aux parois imperméables à l'écoulement

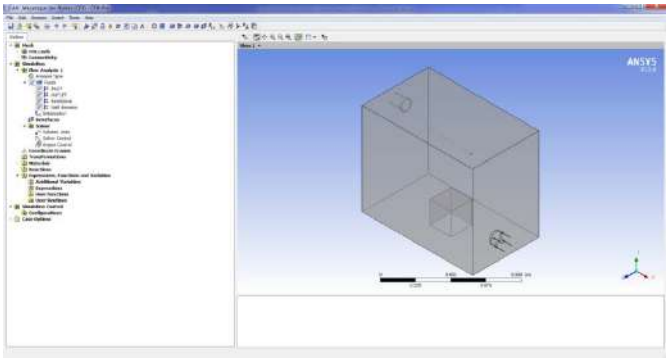


Figure.IV.10 : Interface graphique du module CFX°pre.

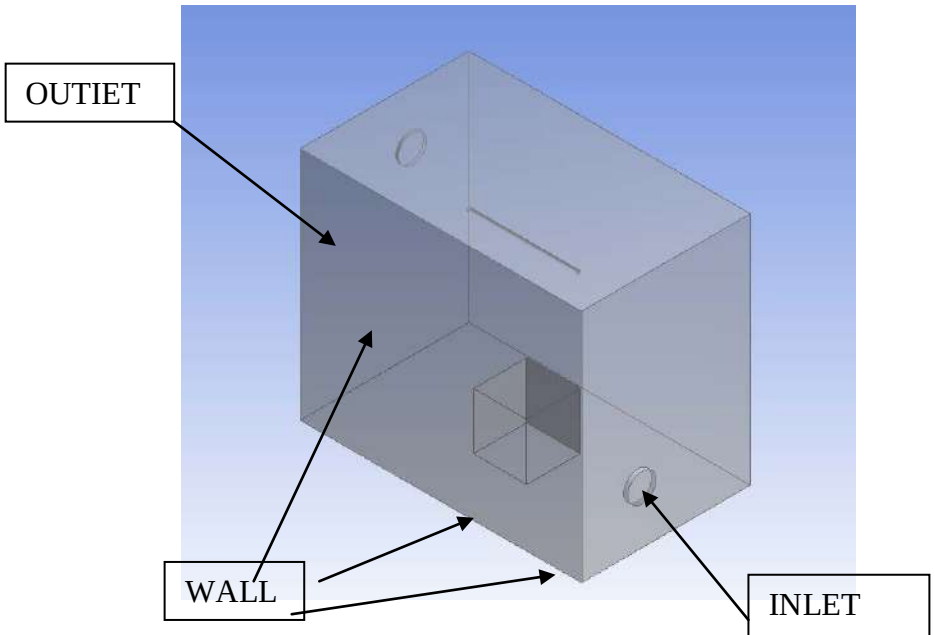


Figure.IV.11: Géométrie du problème et conditions aux limites.

IV.4.5.solution :

Double clic sur solution pour ouvrir le module CFX-solver.

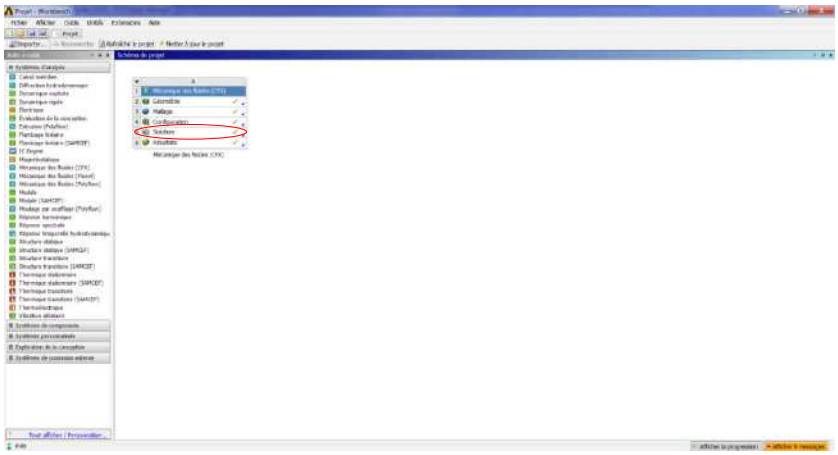


Figure.IV.12: Choisir solution.

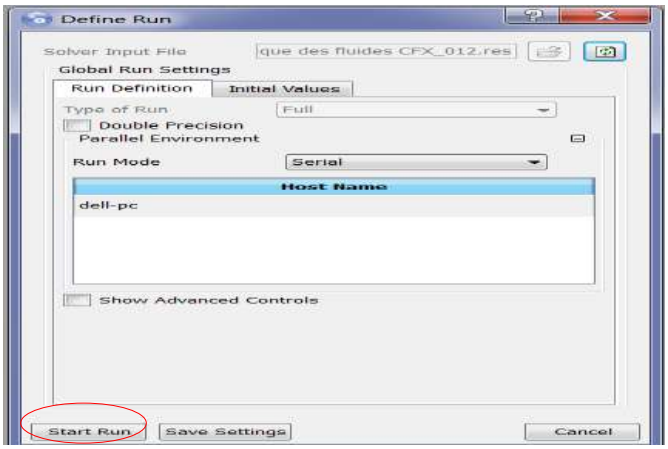


Figure.IV.13: Choisir Start Run.

- **CFX-solve:**

Le module CFX-solve (figure IV.13) est le module qui effectue les calculs. permet quant à lui de définir les condition aux limites et initiales du système, ainsi que les équations à résoudre, le type de résolution c'est le régime transitoire),les paramètres du solver, parmi lesquels : le pas de temps, le nombre d'itération, le critère de convergence ainsi que la nature des fluides ou solide en présence.



Figure.IV.14: interface graphique du module CFX-Solver

IV.4.6.Résultats :

Double clic sur résultats pour ouvrir le module CFX-Plost.

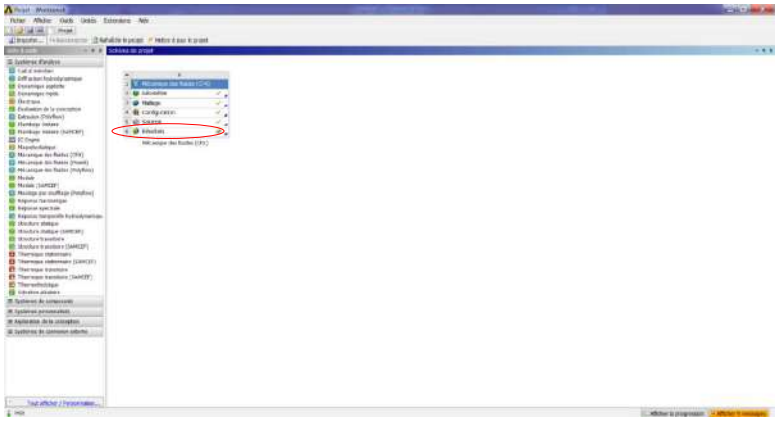


Figure.IV.15 : Choisir résultat.

- **CFX-Post :**

Le module CFX=post est un outil graphique permettent le traitement et la visualisation des résultats. Il permet d'appliquer sur la géométrie, de visualiser des contours.

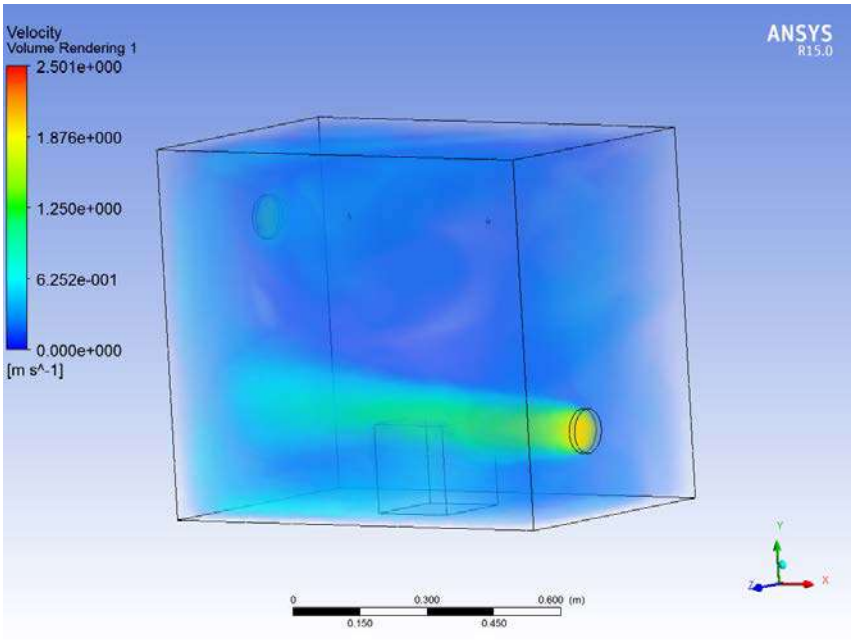


Figure.IV.16 :interface graphique du module CFX-Post.

Chapitre V:

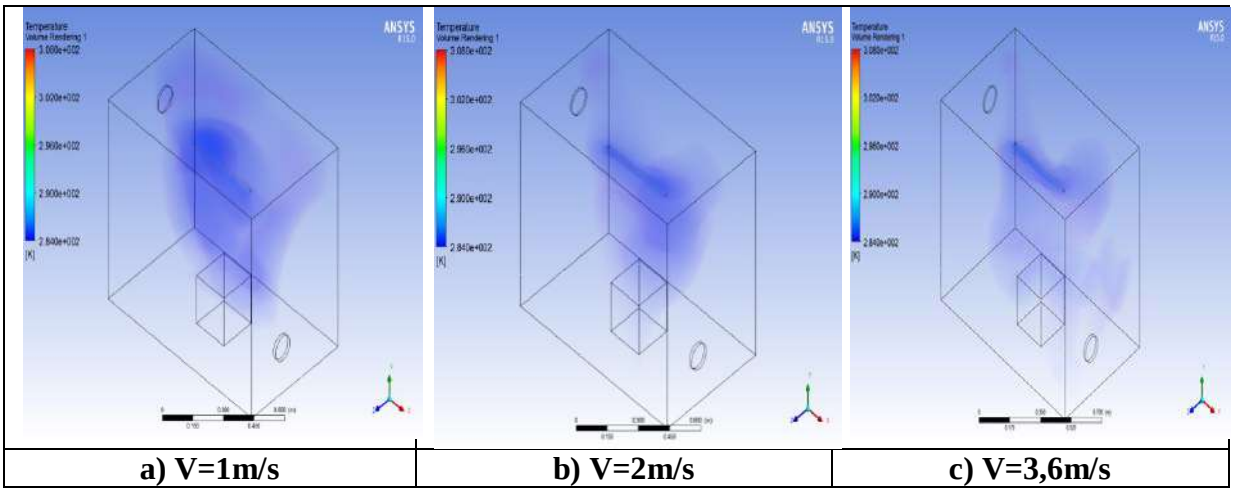
Résultats et Discussion

V.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents résultats obtenus des simulations et ce par le changement de la température de la Resistance. Pour chaque température, nous avons varié la vitesse d'entré (INLET) en utilisant le logiciel ANSYS CFX. Aussi, nous allons effectuer une comparaison entre les résultats des cas étudiés. L'objectif est de vérifier les conditions de culture du tableau (.I.1) du chapitre 1. On a proposé d'examiner l'effet de la température de la résistance (35°C, 40°C et 50°C) et l'effet de trois valeurs de vitesses d'entrée de l'air par l'intracteur (1m/s, 2m/s et 3.6m/s).

V.2. Effet de la température et de la vitesse d'aspiration sur la température du domaine (3D) :

T=35 °C :

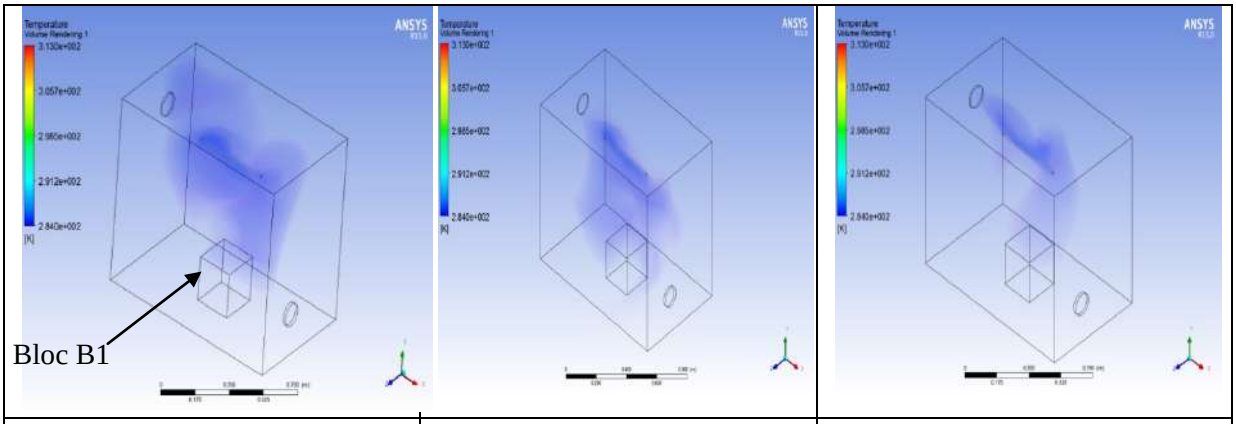


a) V=1m/s	b) V=2m/s	c) V=3,6m/s

Figure. V.1 : Variation de la température dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V .1 (a, b et c) : illustre la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3 m/s et pour une température de résistance T=35 ℃ dans le domaine de calcul (3D). D'après ces figures, on constate que la variation de vitesse joue un rôle important dans la distribution de la température à l'intérieure du domaine. L'endroit essentiel (bloc B1) dans cette étude est basé sur la variation de température environ du bloc (Bain d'essai). Pour cet endroit, on remarque aussi que la température varie entre (11≤T≤17℃), cette gamme concerne la phase de fructification de champignon (7-14 jours). Cette gamme a été aussi vérifiée par rapport à mon étude expérimentale qui a été déjà réalisée dans le laboratoire de l'université de Médéa, telle que la température varie entre (14≤T≤17℃).

T=40℃:

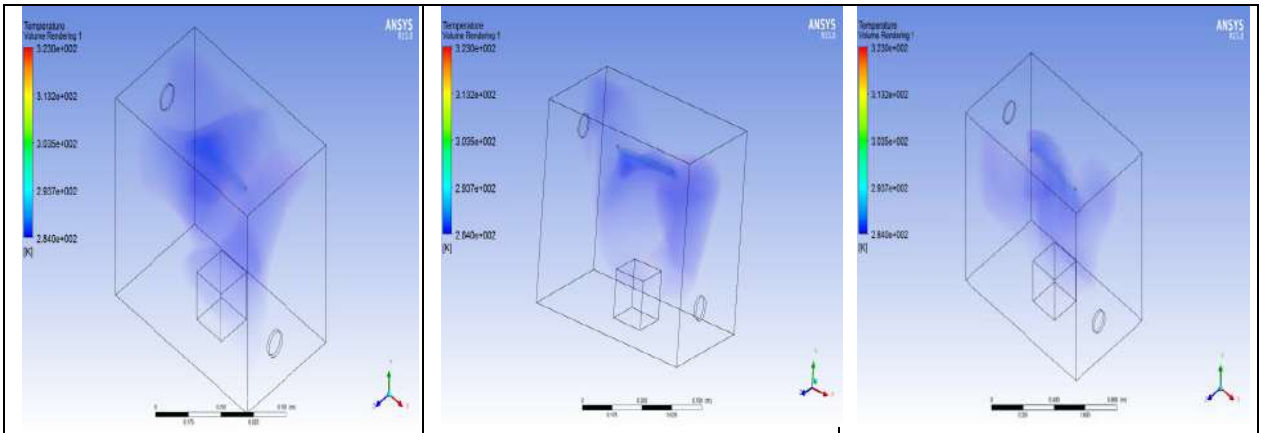


a) V=1m/s	b) V=2m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.2. Variation de la température dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.2. (a, b et c) : présente la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3 m/s et pour une température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures, on constate que la variation de vitesse joue un rôle important dans la distribution de la température a l'intérieure du domaine. L'endroit essentiel (bloc B1) dans cette étude est basé sur la variation de température environ du bloc (Bain d'essai). Pour cet endroit, on remarque aussi que la température varie entre (11≤T≤18℃), cette gamme concerne la phase de fructification du champignon.

T=50℃:



a) V=1m/s	b) V=2m/s	c) V=3.6m/s

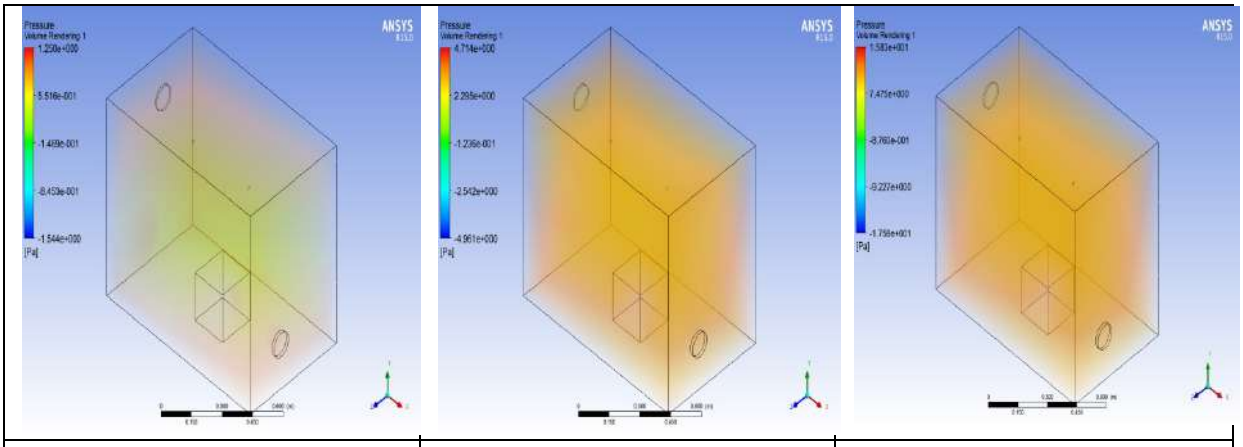
Figure. V.3. Variation de la température dans le domaine de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.3. (a, b et c) illustre la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3 m/s et pour une température de résistance T=50 ℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures, on constate que la

variation de vitesse joue un rôle important dans la distribution de la température a l'intérieure du domaine. L'endroit essentiel (bloc B1) dans cette étude est basé sur la variation de température environ du bloc (Bain d'essai). Pour cet endroit, on remarque aussi que la température varie entre (12≤T≤20℃), cette gamme concerne la phase de carpophores du champignon.

V.3. Effet de la température et la vitesse d'aspération sur la Pression du domaine (3D) :

T=35 ℃ :

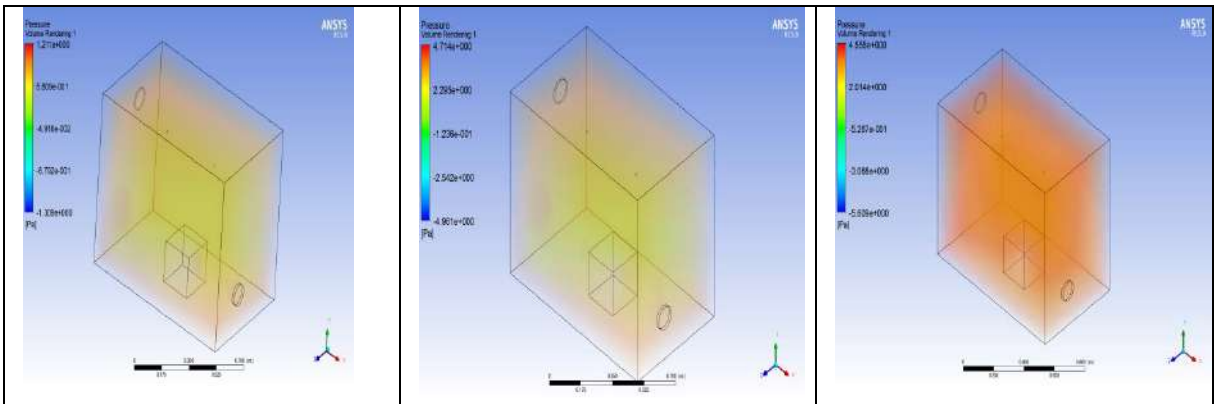


a) V=1 m/s	b) V=2 m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.4. Variation de pression dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.4. (a, b et c) montre la variation de la pression pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3m/s et la température de résistance T=35℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures on constate que la variation de vitesse joue un rôle important dans la distribution de la pression a l'intérieure du domaine.

T=40℃.

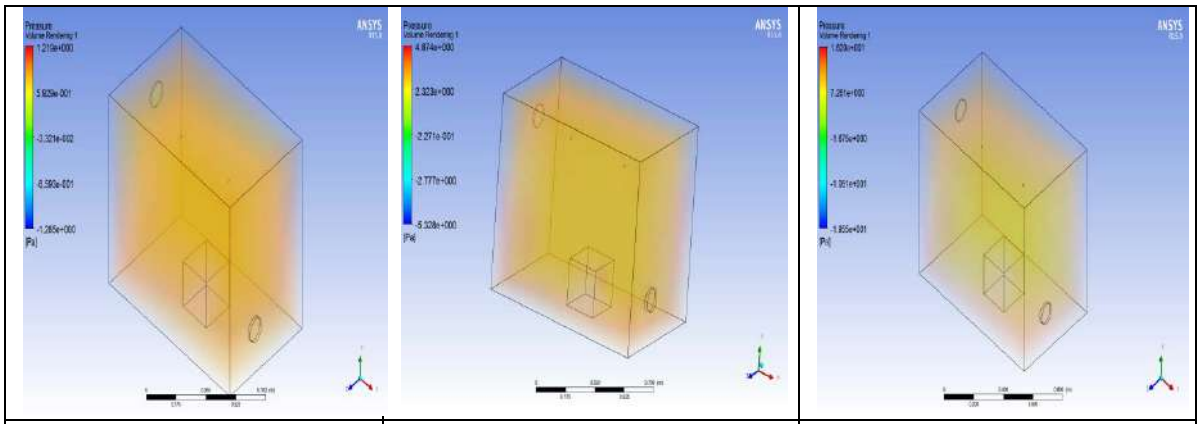


a) V=1 m/s	b) V=2 m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.5. Variation de pression dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.5. (a, b et c) présente la variation de la pression pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures on constate que la variation de vitesse d'aspiration de l'air joue un rôle important dans la distribution de la pression a l'intérieure de domaine.

T=50℃.



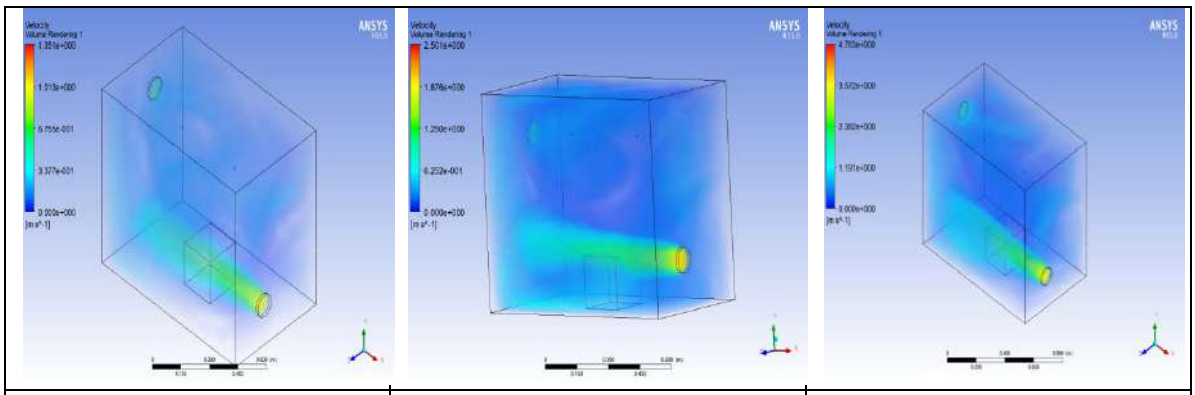
a) V=1m/s	b) V=2 m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.6. Variation de pression dans le domaine de calcul pour les différentes vitesses d'aspiration (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.6. (a, b et c) illustre la variation de la pression pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=50℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures on constate que la variation de vitesse d'aspiration de l'air joue un rôle important dans la distribution de la pression a l'intérieure de domaine.

V.4. Effet de la température et la vitesse d'aspiration sur la Vitesse dans le domaine (3D) :

T=35℃ :

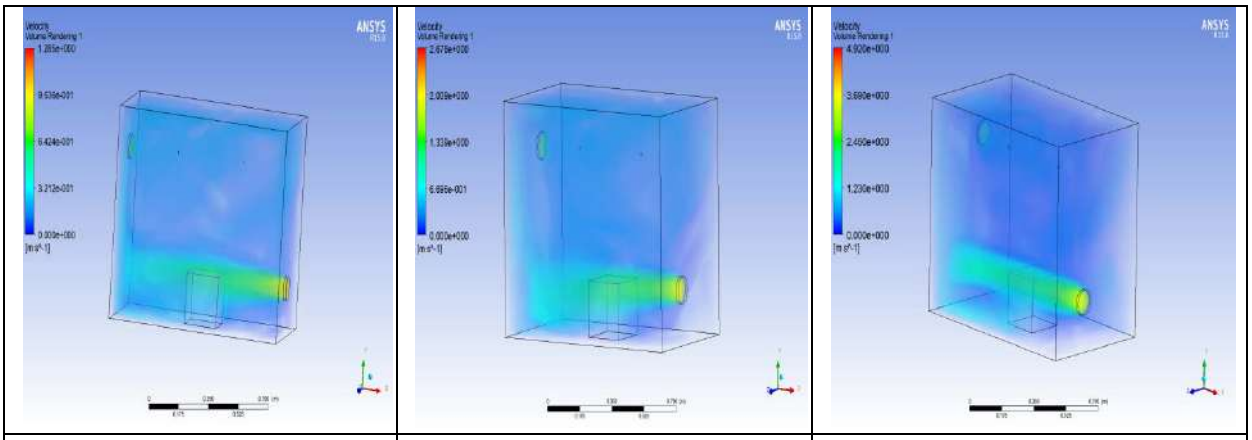


a) V=1m/s	b) V=2m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.7. Variation de vitesse dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.7. (a, b et c) illustre la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=35℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse joue un rôle important dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

T=40℃

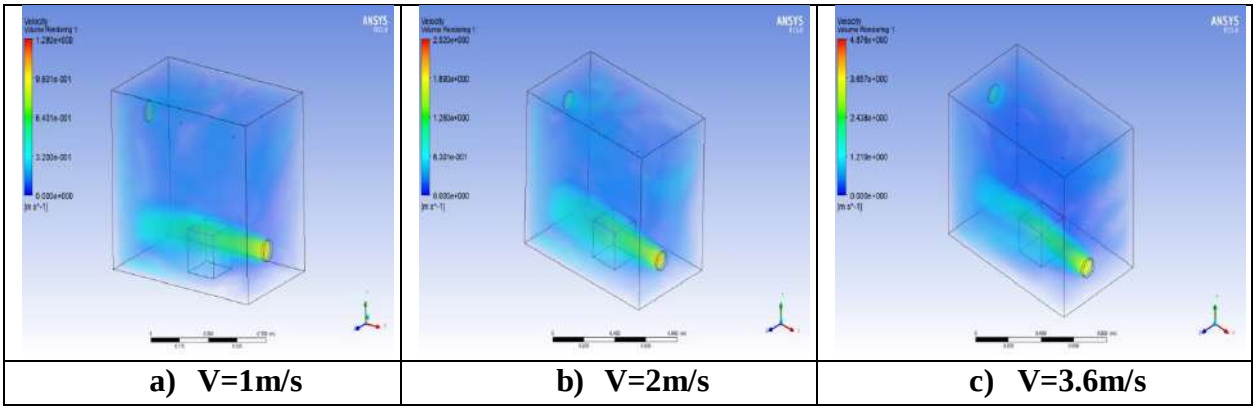


a) V=1m/s	b) V=2m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.8. Variation de vitesse dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.8. (a, b et c) montre la variation de la vitesse de l'air à l'intérieur du banc d'essai pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures on constate que la variation de vitesse joue un rôle important dans la vitesse d'écoulement a l'intérieure de domaine.

T=50℃ :



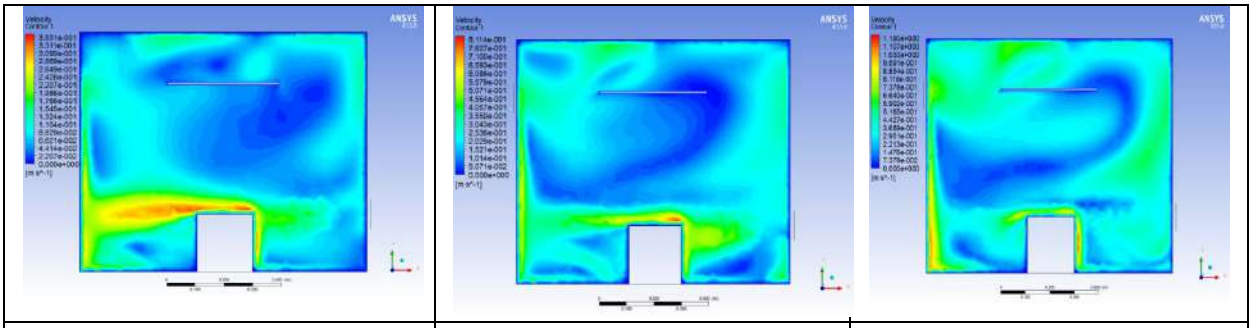
a) V=1m/s	b) V=2m/s	c) V=3.6m/s

Figure. V.9. Variation de vitesse dans le domaine de calcul pour les différent vitesse d'opération (v=1, v=2,v=3,6 m/s)

Figure. V.9. (a, b et c) présente la variation de la vitesse pour les différentes vitesse d'aspiration, V=1, 2et 3m/s et la température de résistance T=50℃ dans le domaine de calcule (3D). D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse comportement de l'écoulement a l'intérieure de domaine.

V.5. Effet de la température et la vitesse d'espérassions sur la vitesse de domaine (2D) dans le plans1:

T=35℃ :

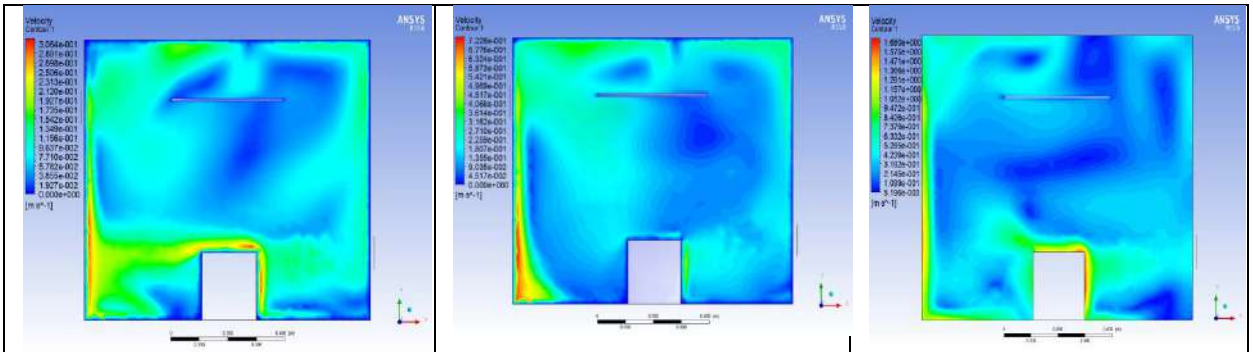


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.10. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans1.

Figure. V.10. (a, b et c) illustre la variation de la vitesse pour les differentes vitesse d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=50℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

T=40℃:



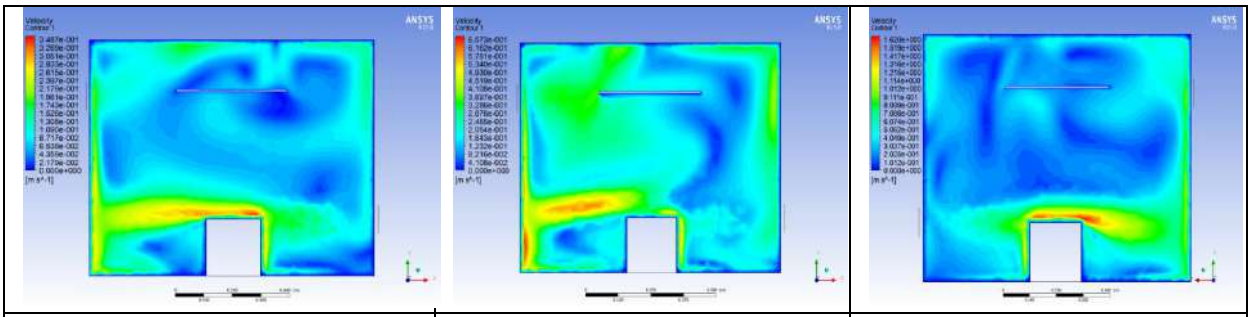
a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.11. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans1.

Figure. V.11. (a, b et c) présente la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3m/s et la température de résistance T=50℃ dans le domaine de calcule (2D). D'après ces figures ou constate que la

variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

T=50℃ :



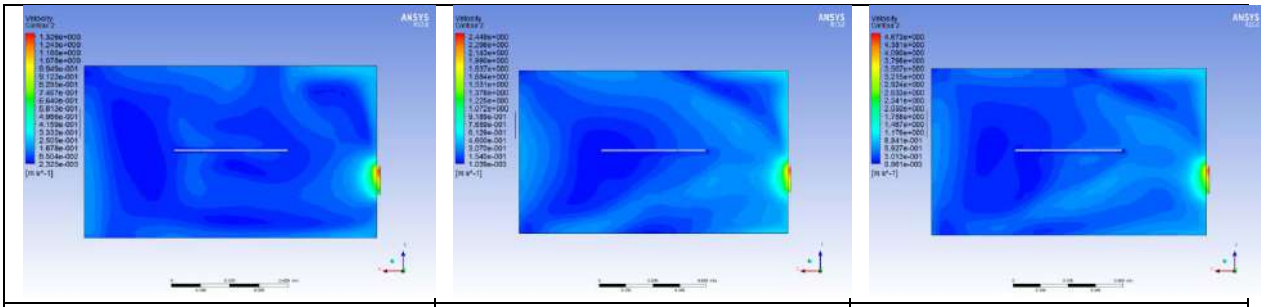
a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.12. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans1.

Figure. V.12. (a, b et c) montre la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3m/s et la température de résistance T=50℃ dans le domaine de calcule (2D). D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement à l'intérieur du domaine.

V.6. Effet de la température et la vitesse d'espérassions sur la vitesse de domaine (2D) dans le plans2:

T=35℃ :

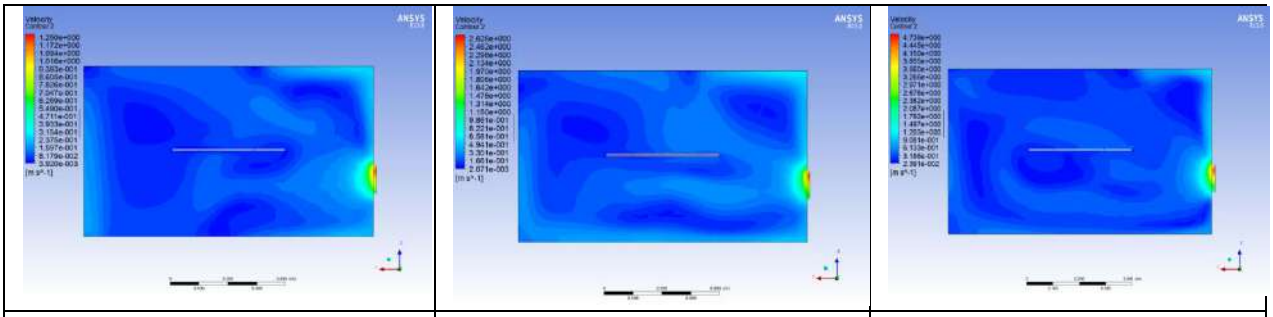


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.13. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans2.

Figure. V.13. (a, b et c) illustre la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1, 2 et 3m/s et la température de résistance T=35℃ dans le domaine de calcule (2D). D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

T=40°C:

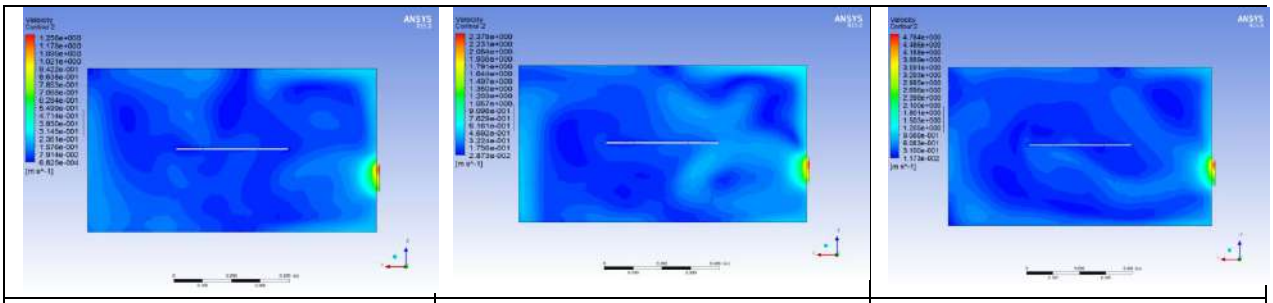


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.14. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'aspiration (v=1, v=2, v=3,6 m/s) sur le plans2.

Figure. V.14. (a, b et c) montre la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse on remarque que dans le cas augmente la vitesse d'aspiration le comportement des écoulements amélioré dans le chambre.

T=50°C:



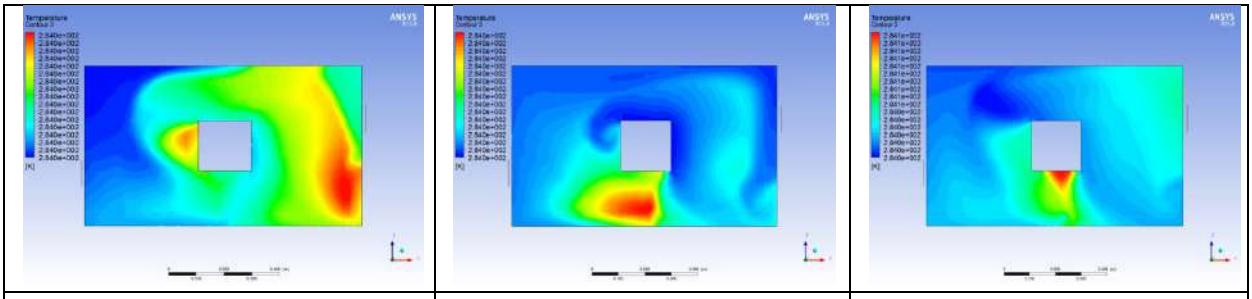
a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.15. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans2.

Figure. V.15. (a, b et c) presente la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=50℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

V.7. Effet de la température et la vitesse d'espérassions sur la température de domaine (2D) dans le plans3:

T=35℃ :

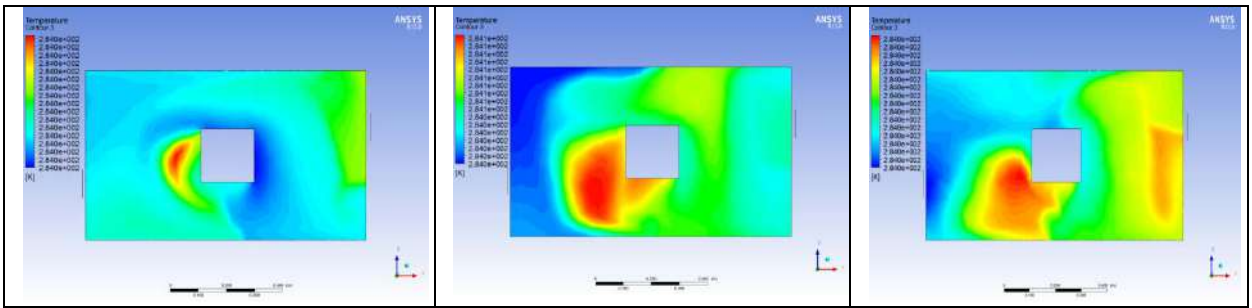


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.16. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3.

Figure. V.16. (a, b et c) illustre la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=35℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la distribution de la température a l'intérieure de domaine l'endroit essentielle dans cette étude et concetti sur la nomation de température environ les milieux de bas du bloc (Bain d'essai). Pour ce endroit on remarque aussi qui la température varie entre (11≤T≤12℃).

T=40℃ :



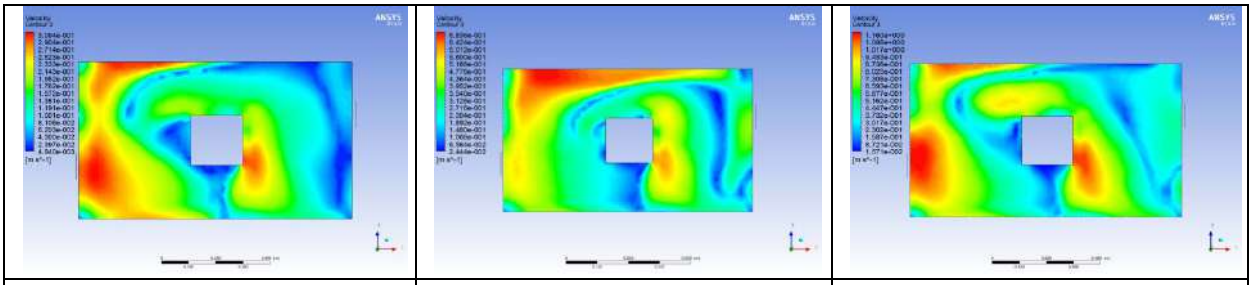
a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.17. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3.

Figure. V.17. (a, b et c) illustre la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la distribution de la température a l'intérieure de domaine l'endroit essentielle dans cette étude et concetti sur la nomation de température environ le bas de bloc (Bain d'essai). Pour ce endroit on remarque aussi qui la température varie entre (11≤T≤12℃).

V.8. Effet de la température et la vitesse d'espérassions sur la vitesse de domaine (2D) dans le plans3:

V=35 °C:

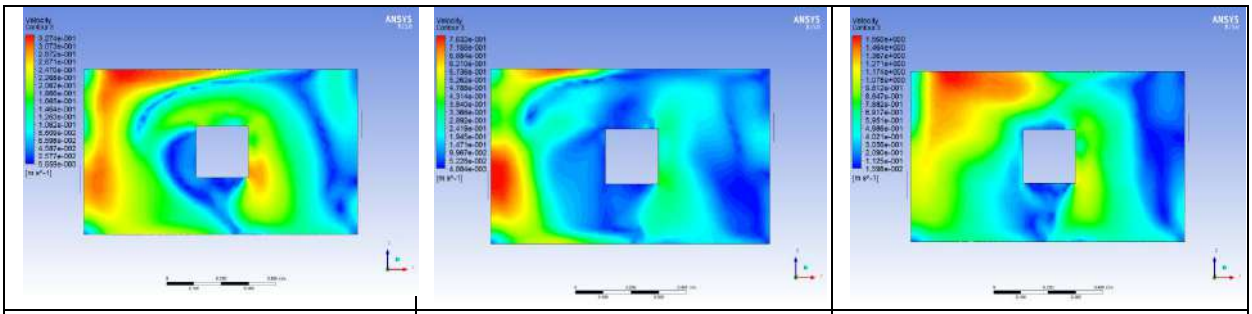


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.18. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3.

Figure. V.18. (a, b et c) illustre la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=35°C dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

V=40°C :



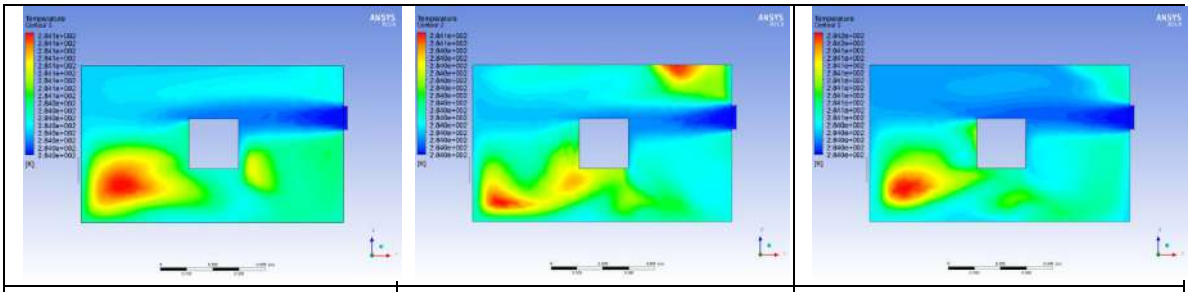
a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.19. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans3.

Figure. V.19. (a, b et c) illurent la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40°C dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

V.9. Effet de la température et la vitesse d'espérassions sur la température de domaine (2D) dans le plans4:

T=35 ℃:

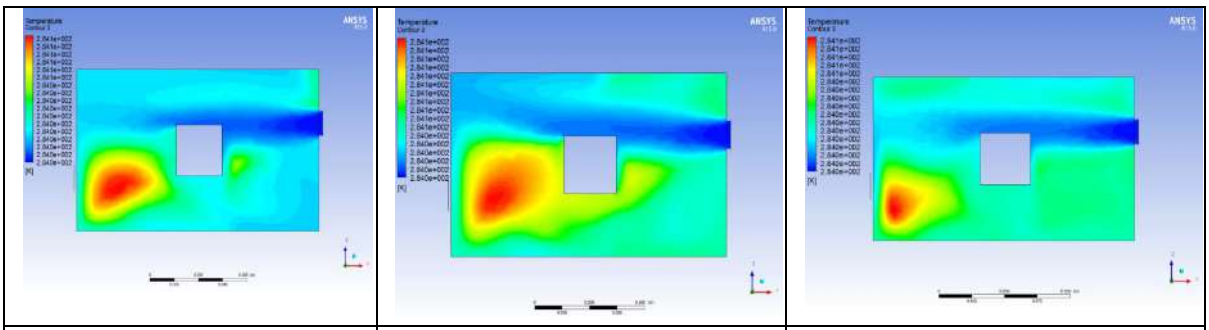


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.20. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4.

Figure. V.20. (a, b et c) illurent la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=35℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la distribution de la température a l'intérieure de domaine l'endroit essentielle dans cette étude et concetti sur la nomation de température environ de l'entre d'aspiration de bloc (Bain d'essai). Pour ce endroit on remarque aussi qui la température varie entre (11≤T≤12℃).

V=40℃ :

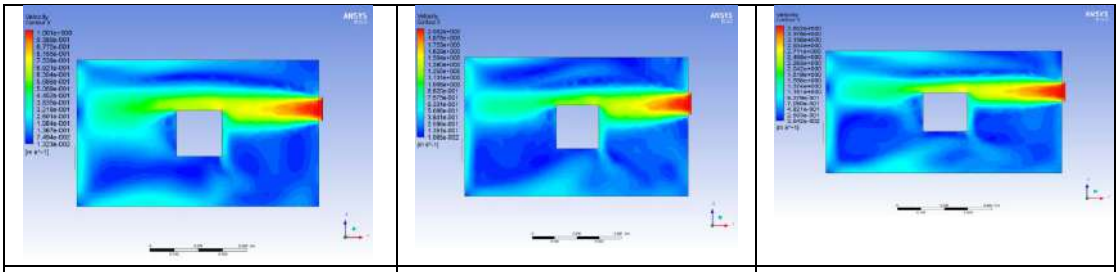


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c)

Figure. V.21. Variation de température dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4.

Figure. V.21. (a, b et c) illurent la variation de la température pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la distribution de la température a l'intérieure de domaine l'endroit essentielle dans cette étude et concetti sur la nomation de température environ de l'entre d'aspiration de bloc (Bain d'essai). Pour ce endroit on remarque aussi qui la température varie entre (11≤T≤12℃).

V=35 ℃:

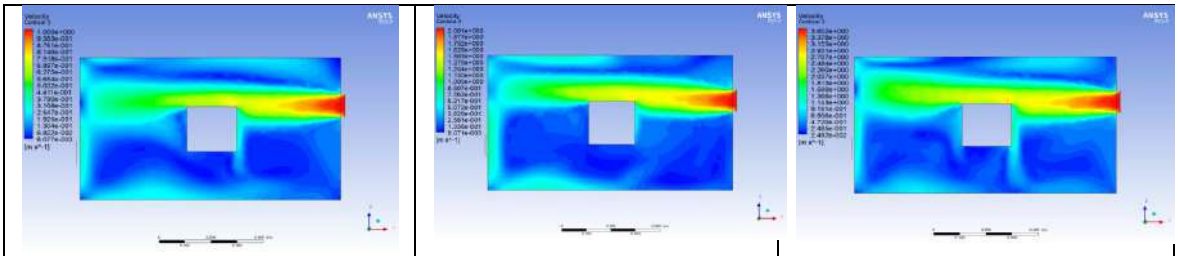


a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c)

Figure. V.22. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4.

Figure. V.22. (a, b et c) illurent la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=35℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

T=40℃ **:**



a) V=1 **m/s**	b) V=2 **m/s**	c) V=3.6m/s

Figure. V.23. Variation de vitesse dans le domaine (2D) de calcul pour les différentes vitesses d'opération (v=1, v=2, v=3,6 m/s)sur le plans4.

Figure. V.23. (a, b et c) illurent la variation de la vitesse pour les différentes vitesses d'aspiration, V=1,2et 3m/s et la température de résistance T=40℃ dans le domaine de calcule (2D).D'après ces figures ou constate que la variation de vitesse Joue un rôle importante dans la vitesse découlement a l'intérieure de domaine.

V.10. Le tableau de line :

		X	Y	Z
LINE 1	Poin1	0,8	0	0,3
	Poin2	0,8	0,835	0,3
LINE 2	Poin1	0,2	0	0,3
	Poin2	0,2	0,835	0,3
LINE 3	Poin1	0,5	0	0,1
	Poin2	0,5	0,835	0,1
LINE 4	Poin1	0,5	0	0,5
	Poin2	0,5	0,835	0,5
LINE 5	Poin1	0,5	0	0,3
	Poin2	0,5	0,835	0,3
LINE 6	Poin1	0,5	0,1	0
	Poin2	0,5	0,1	0,6
LINE 7	Poin1	0,5	0,2	0
	Poin2	0,5	0,2	0,6

Tableau. V.1. Les cordonnées du line.

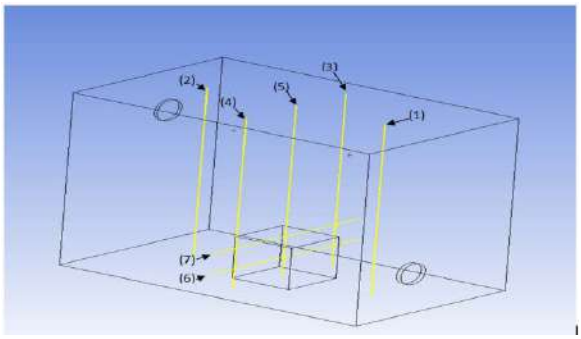


Figure. V.24.les positions de chaque line.

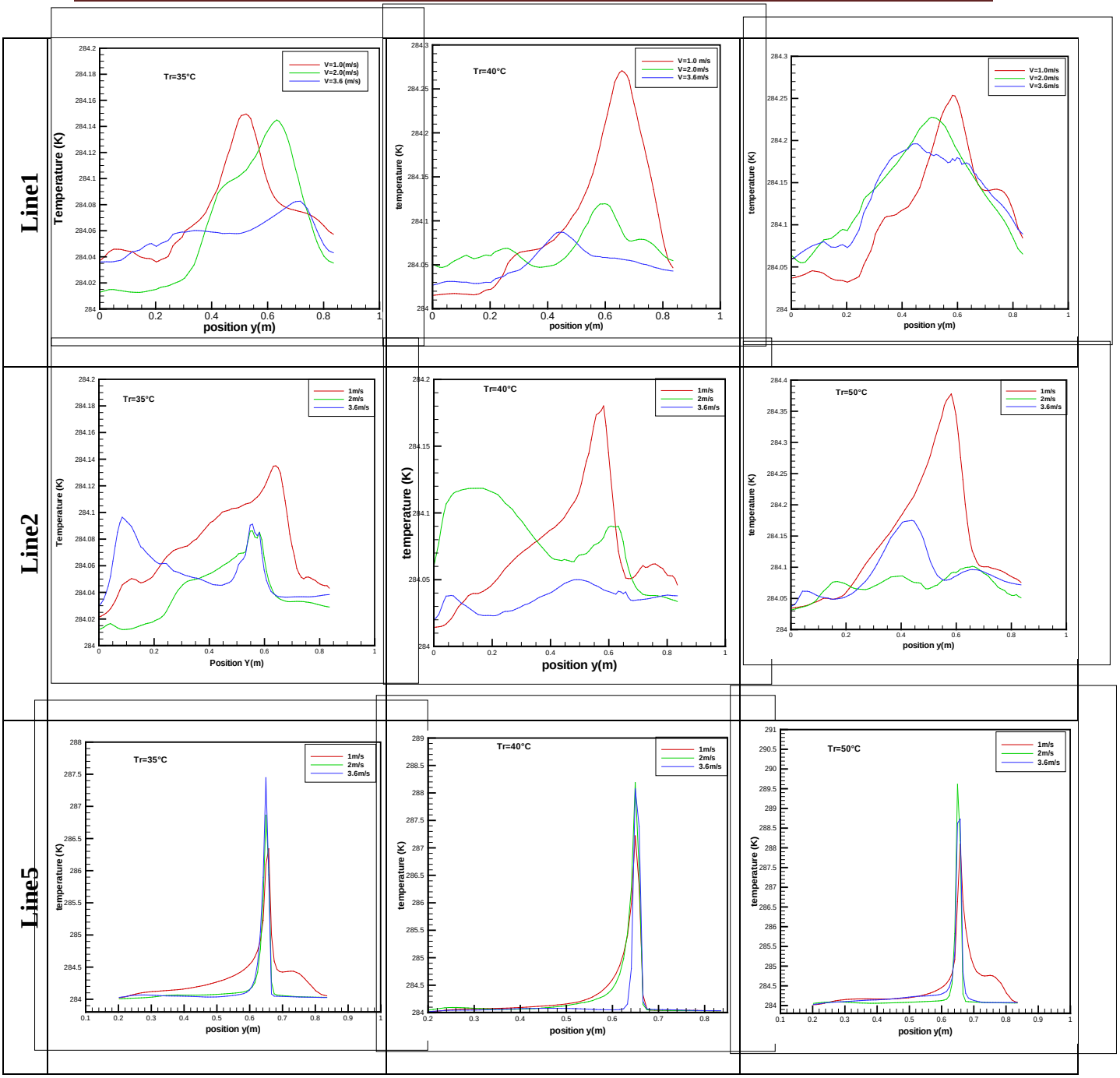


Figure (V.25)- Effet de la température et de la vitesse d'entrée de l'air sur la température de la chambre de culture pour différentes positions

V.11. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents résultats des simulations effectués en faisant la variation des différents paramètres tels que la température, la pression et la vitesse de l'air à l'intérieur du banc d'essai. Aussi, nous avons pu réaliser un banc d'essai tel qu'il montré dans le chapitre III (figure).

Par le biais des résultats de simulations obtenus, nous avons pu identifier la température à l'intérieur du banc d'essai pour laquelle la poussée des champignons puisse avoir lieu. Cette poussée à atteint la deuxième phase (fructification) pour la plage de température 11 à 17 °C et la troisième phase (carpophores) pour la plage de température 14 à 20 °C.

Additivement à cela, le résultat expérimental prélevé avec les mêmes conditions (la vitesse d'entrée, la température de résistance) est très proche des résultats de simulations mentionnées ci-dessus.

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'objectif de notre étude était garantir et contrôler les conditions optimales favorables à une bonne culture des champignons; à savoir (Température, humidité, pression et l'éclairage).

Nous avons présenté les différents résultats des simulations effectués en faisant la variation des différents paramètres tels que la température, la pression et la vitesse de l'air à l'intérieur du banc d'essai.

Par ailleurs, on a pu réaliser un banc d'essai.

Par le biais des résultats de simulations obtenus, on a pu identifier la température à l'intérieur du banc d'essai pour laquelle la poussée des champignons puisse avoir lieu. Cette poussée a atteint la deuxième phase (fructification) pour la plage de température 11 à 17 °C et la troisième phase (carpophores) pour la plage de température 14 à 20 °C.

Additivement à cela, le résultat expérimental prélevé avec les mêmes conditions (la vitesse d'entrée, la température de résistance) est très proche des résultats de simulations mentionnées ci-dessus.

Bibliographique

Bibliographique

[1]https://www.guidedeschampignons.com/ (consulté le 15 mars 2019).

[2]http://www.mychampi.com/fr/champignons/quesontleschampignons (consulte le 15 mars 2019).

[3]http://www.mychampi.com/fr/champignons/histoire (consulté le 19 mars 2019).

[4]https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/lspq/identification_champignons_importance_medicale.pdf(consulté le 21 mars 2019).

[5]https://www.planet.com/diaporamas/champignons-toxiques-mortels-659/interne/1.aspx(consulté le 21 mars 2019).

[6]https://www.agrireseau.net/documents/91272/champignons-les-techniques-de-production-en-foret(consulté le 27 mars 2019).

[7].د.محمد موفق يبرق, إنعام الياس, حجازي مندو. زراعة فطر المحار,الهيئة العامة للبحوث العلمية

[8] مصلحة الأبحاث العلمية الزراعية اللبنانية.

[9]https://www.hydrodiscount.com

[10]https://www.cultureindoor.com/content/28-les-conseils-chambre-de-culture

[11] FERRADJI, K,(Évaluation des performers énergétiques et du confort thermique dans l'habitat :Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida) mémoire de master, Université Mohamed Khider – Biskra (7)

[12]https://purificateurdair.pro/humidificateur-dair/ **(8)**

[13]https://core.ac.uk/download/pdf/132674848.pdf