

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



Mémoire de fin d'étude Présenté

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Procédés de l'environnement

Présenté par :

Lamri Rania Bensid Fatma

Intitulée:

Surveillance du bio séchage des déchets alimentaires dans un réacteur à l'échelle laboratoire

Évaluation du trempage de la sciure de bois dans les eaux usées pour soutenir le processus de bio séchage.

Soutenue le: 15 / 06 / 2023

Devant le jury d'examen:

Cherraye Ridha	MCB	UKM Ouargla	Président
Lati Mokhtar	Professeur	UKM Ouargla	Examineur
Mennouche Djamel	Professeur	UKM Ouargla	Rapporteur
Hathat Azzedine	Phd	UKM Ouargla	Co-Rapporteur

Année Universitaire : 2022 / 2023

إهداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد
الحمد لله الذي وفقنا لتتمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه
ثمرة الجهد والنجاح بفضلته تعالى مهداة إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله
وأدامهما نورا لدربي

لكل العائلة الكبيرة والصغيرة إلى الإخوة ولأخوات
إلى عمي بوجمعة الذي مهما قلت لن أوفيه حقه

إلى كتكوت العائلة ريان

إلى صديقتي ورفيقة الدرب حليلة

إلى رفيقات المشوار اللاتي قاسمنني لحظاته رعاهم الله
إلى أبناء العم جهيدة ، إيمان ، منير

إلى كل من لهم أثر على حياتي إلى كل من أجبهم قلبي ونسيهم قلمي.

فاطمة بن الصيد

إهداء

أهدي تخرجي هذا إلى روح والدي الذي لم يشاهدني وأنا أتوج على هذه المنصة، فكم كنت أتمنى أن تكون بجانبني في هذه اللحظة الجميلة من حياتي، لكن وعد يا أبي سأرفع رأسك عالياً بكل عزيمة وإصرار، رحمك الله وأنار قبرك يا أغلى سند وأغلى أب رحل عن الدنيا
أبي عبد الله

إلى بسمة الحياة و سرّ الوجود إلى التي لا منافس لها في قلبي إلى من كان دعاؤها سرّ نجاحي.
أمي دبلاوي الزهرة

إلى الشموع المتقدة التي تنير حياتي بوجودهم إلى من يزهو العمر بقربهم إخوتي وأبنائهم
إلى مهما بحثت في قاموس الكلمات ونثرت من عبارات الشكر فلن أجد كلمة توفيك حقك وقدرك
خديجة سعيدي

إلى السنابل التي شاء الله أن نجتمع إلى من كانوا الإنس لقلبي في كل اللحظات إلى من عشت معهم أجمل الأيام
أصدقائي

إلى كل من علمني حرفاً وأزال غيمة جهلي وصحح عثراتي... كل أساتذتي

(جزاهم الله عنا كل خير)

رانيا العمري

Remerciements

Au premier temps, Nous remercions dieu tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté et de nous avoir bénie jusqu'à la réalisation de ce travail.

A Mes Parents:

Pour tous leurs sacrifices, leurs soutiens, Leurs encouragements et leurs amours qui ont été la raison de ma réussite. Que dieu leur présente une bonne santé et une longue vie.

J'exprime tous mes remerciements à mon encadreur le professeur:

MENOUCHE DJAMEL

Pour toute l'aide à la fois en termes de fourniture des conférences et des leçons et de nous fournir des informations utiles et d'autres.

Je tiens à remercier les personnes qui ont contribué à cette étude, en particulier M:

Mr HATHAT AZZEDDINE

pour leur aide et encouragement.

Je tiens aussi à remercier le président et les membres du jury:

Cherraye Ridha MCB UKM Ouargla Président

Lati Mokhtar Professeur UKM Ouargla Examineur

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants de département de génie des procédés de nous avoir suivis le long de notre cursus universitaire.

Enfin, nous remercions vivement toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail dans les meilleures conditions.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل لدراسة تأثير نشارة الخشب كعامل تكتل والذي يعمل على ضمان بنية متجانسة من النفايات المعالجة من وجهة نظر توزيع تدفق الهواء المجفف. يمكن أن تلعب بعد ذلك دور دعم موثوق للبكتيريا الهوائية بحيث تجد ظروفًا مواتية داخل المفاعل البيولوجي لإنتاج كمية كافية من الطاقة البيولوجية القادرة على دعم التجفيف عن طريق التدفق الحراري للتسخين المطروح من مقاومة كهربائية وبالتالي فهي قيمة مضافة لنظام بهدف إنتاج وقود صلب مسترجع ليتم حرقه في أفران مناسبة (مصانع الإسمنت) أو في محطات الحرق. من أجل استعادة الطاقة من هذه النفايات عن طريق تحويلها إلى موارد. سيتم تنفيذ هذا العمل على مفاعل تجفيف بيولوجي معزول حرارياً ومجهز بنظام (اردوينو- بايتين) للحصول على البيانات في الوقت الفعلي.

يمكن الوصول إلى توصيف المنتج النهائي هنا عن طريق قياس النسبة المئوية للمواد الصلبة المتطايرة المستهلكة أثناء عملية التجفيف لحمولة الكتلة الحيوية التي تتكون من قشور المواد الغذائية الممزوجة بكمية من نشارة الخشب التي سبق نقعها في مياه الصرف الصحي المأخوذة من محطة المعالجة لحوض بركاوي .
الكلمات المفتاحية: التجفيف الحيوي ، والنفايات المنزلية ، والنموذج الأولي ، و إنتاج الطاقة

Résumé

Ce travail est réalisé pour étudier l'effet de la sciure de bois comme agent de charge qui sert à assurer une structure de déchets a traitée homogène du point de vue distribution du flux d'air déshydratant. Il peut être ensuite joué le rôle d'un support fiable pour les bactéries aérobies à fin qu'elles trouvent des conditions favorables au sein du réacteur biologique pour produire la quantité suffisante en énergie biologique capable à soutenir les échange par le flux convectif chauffant soustrait d'une résistance électrique. Et donc une valeur ajoutée au system dans le but de produire un Combustible solide de récupération (CSR) pour être brûlés dans des chaudières ou fours adaptés (cimenteries en général) ou en usines d'incinération. Afin de valoriser énergétiquement ces déchets en les transformant en ressources.

Ce travail sera réaliser sur un réacteur de séchage biologique isolée thermiquement équipée d'un système Arduino Python pour l'acquisition des données en temps réel.

La caractérisation du produit finale est abordable ici par le mesure du pourcentage des solides volatile (VS) consommé au cours de l'opération de séchage de la charge biomasse constitués des épluches des denrées alimentaires mélangées avec une quantité ajustée de sciure de bois trempée auparavant dans les eaux usées de la station d'épuration de Haoud Berkaoui.

Mots-clés : bio-séchage, ordures ménagères, prototype et production d'énergie.

Abstract

This work is carried out to study the effect of sawdust as a bulking agent which serves to ensure a homogeneous waste treatment from the point of view of desiccant air flow distribution. It can then play the role of a reliable carrier of aerobic bacteria to finish finding favorable conditions inside the bioreactor to produce sufficient amount of bioenergy capable of sustaining drying by means of the heat flux of heating subtracted from the electrical resistance. Thus, it is an added value to the system in order to produce SRF solid fuel to be burned in suitable boilers or kilns (cement plants in general) or in combustion plants. In order to recover energy from this waste by converting it into resources.

This work will be carried out on a thermally insulated biological drying reactor equipped with an Arduino Python system for real-time data acquisition.

The characterization of the final product is accessible here by measuring the percentage of volatile solid (VS) consumed during the drying operation of the biomass load consisting of the peelings of foodstuffs mixed with an adjusted quantity of sawdust previously soaked in wastewater from the Haoud Berkaoui wastewater treatment plant.

Keywords: bio-drying, household waste, prototype and energy production.

Liste des Tableaux

Chapitre II: Etude Expérimentale

Tableau II.1	Dimensionnement du réacteur de bio-séchage à isolation thermique	13
Tableau II.2	Composition des déchets alimentaires	23
Tableau II.3	Composition des déchets alimentaires	27

Liste des Figures et des Graphiques

Chapitre I: Etude bibliographique sur le procédé de bio-séchage		
Figure (I.1)	des déchets ménagers	04
Figure(I.2)	Taux de croissance de différents organismes[.15]	07
Chapitre II: Etude Expérimentale		
Figure (II.1)	Conduite d'air isolé thermiquement	11
Figure (II.2)	Ventilateur a flux mixte TT160 & Régulateur de vitesse RS1-400	12
Figure (II.3)	Résistancechauffante340 W	12
Figure (II.4)	Réacteurde bio séchage à isolation thermique	13
Figure (II.5)	Support des déchets avec treillis métallique (trou de 5*5 mm)	14
Figure (II.6)	Robinet de lixiviation	14
Figure (II.7)	Plaque perforée en polycarbonate	14
Figure (II.8)	Armoire électrique	15
Figure (II.9)	Anémomètre (vitesse de l'air en m/s) Cylindre en acier inoxydable perforé (photo droite) &tube-	15
Figure (II.10)	calandre isolant rigide en fibre de verre (photo gauche).	16
Figure (II.11)	Plan descriptive du prototype de bio séchage avec data acquisition system	16
Figure (II.12)	carte Arduino	17
Figure (II.13)	Le capteur de température et d'humidité professionnel DFRobot SEN0148	18
Figure (II.14)	capteur de température de biomasse	18
Figure (II.15)	La carte LM2596	19
Figure (II.16)	Le capteur(CO2) MG811	19
Figure (II.17)	Le capteur d'oxygène SEN0322	20
Figure (II.18)	Le capteur DHT22	20
Figure (II.19)	Le relais	21
Figure (II.20)	Afficheur 2,4 SPI TFT LCD	21
Figure (II.21)	Module GSM Sim 800L	22
Figure (II.22)	Déchets utilisé	23
Figure (II.23)	Tranches des déchets	23
Figure (II.24)	Test d'humidité sur IR35 Denver Instrument.	23

Liste des Figures et des Graphiques

Figure (II.25)	1/5 Agent de charge + 4/5 épiluche des denrées alimentaires	24
Figure (II.26)	Mélanger la sciure de bois égoutté (20%) Avec les déchets alimentaires (80%) Alimentaire	24
Figure (II.27)	Diagramme de déroulement de la première expérience	25
Figure (II.28)	étape de hachage	27
Figure (II.29)	étape détrempage detrempage	27
Figure (II.30)	étape d'Egouttage	28
Figure (II.31)	Introduction du mélange ds. le réacteur de bio séchage	28
Figure (II.32)	Diagramme de déroulement de la deuxième expérience	29
Figure (II.33)	Four à moufle de laboratoire Marque: Nabertherm	30
Figure (II.34)	étuve Marque : Memmert	30

Chapitre III: Résultats et discussion

Figure (III.1)	Courbe des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse)	32
Figure(III.2)	Courbe des humidités (Air entrant, Air sortant).	33
Figure (III.3)	Courbe de Concentration d'O ₂ et CO ₂	34
Figure (III.4)	Courbe des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse)	35
Figure(III.5)	Courbe des humidités (Air entrant, Air sortant).	36
Figure(III.6)	Courbe de Concentration d'O ₂ et CO ₂	37
Figure (III.7)	Produit Final.	39

SOMMAIRE

(فاطمة) إهداء.....	I
(رانيا) إهداء.....	II
Remercîment.....	III
Résumé	IVIII
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures et des graphiques.....	VIII
Sommaire.....	/IIIIII
Introduction générale.....	01

Chapitre I: Etude bibliographique sur le procédé de bio-séchage

I.1	Introduction	03
I.2	Définition des déchets	03
I.3	Définition des déchets ménagers	03
I.4.	Les caractéristiques des déchets	04
I.4.1	La densité	04
I.4.2	Le degré d'humidité	04
I.4.3	Le pouvoir calorifique	04
I.4.4	Le rapport des teneurs en carbone et azote	04
I.5	Différents procédés de traitement des déchets	04
I.5.1	Le compostage	04
I.5.2	L'incinération	05
I.5.3	Enfouissement	05
I.5.4	Recyclage	05
I.6	Processus de séchage	05
I.7	Processus de bio-séchage	06
I.7.1	Facteurs affectant le processus de séchage biologique	07
I.7.1.1	Teneur en humidité	07
I.7.1.2	Débit d'air	08
I.7.1.3	Température	08
I.7.1.4	Agents de charge	08
I.8	Définition des CSR	08
I.9	Études antérieures sur les procédés de bio séchage	09
I.10	Technologies de transformation des déchets en énergie.....	09
I.11	Les avantages et les inconvénients du bio séchage	10
I.11.1	Les avantages	10
I.11.2.	Les inconvénients	10
	Conclusion	10

SOMMAIRE

Chapitre II: Etude Expérimentale

II.1	Introduction.....	11
II.2	Conception du Bioréacteur de séchage à isolation thermique	11
II.2.1	Conduite d'air avec isolation thermique	11
II.2.1.1	Ventilateur a flux mixte	12
II.2.2	Réacteur bio séchage à isolation thermique	12
II.3	Armoire électrique	15
II.4.	Accessoire du prototype de bio-séchage pour des fins de sécurité	15
II.5.	Système d'acquisition de données (Arduino-python)	16
II.5.1	Plan descriptive du prototype de bio séchage avec data acquisition System.....	16
II.5.2	Une Carte Arduino	16
II.5.3	Software Python	17
II.5.4	Les capteurs d'enregistrement	18
II.5.4.1	Le capteur d'air entrant	18
II.5.4.2	Les Capteurs de biomasse	18
II.5.4.3	Les capteurs d'air sortant	19
II.6	Le relais	20
II.7	Les cartes d'interface périphériques (shield).....	21
II.7.1	Afficheur 2,4 SPI TFT LCD	21
II.7.2	Module GSM Sim 800L	21
II.8	Protocole expérimental	22
II.8.1	La première expérience	22
II.8.1.1	La détermination du point final de bio-séchage	25
II.8.2	Deuxième expérience	26
II.8.2.1	La détermination du point final de bio-séchage	30

Chapitre III : Résultats et discussion

III .1	Introduction.....	31
III .2	Les résultats d'expérience 1	31
III .2.1	Profil des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse).....	32
III .2.2	Profil des humidités (Air entrant, Air sortant).....	33
III .2.3	Profil d'oxygène et de dioxyde de carbone	34
III .2.3.1	Profil d'oxygène	34
III .2.3.2	Profil de dioxyde de carbone	35
III .3	Les résultats de l'expérience 2.....	35
III .3.1	Profil des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse)	35

SOMMAIRE

III .3.2	Profil de l'humidité (Air entrant, Air sortant).....	36
III .3.3	Profil d'oxygène et de dioxyde de carbone	37
III .3.3.1	Profil d'oxygène	37
III .3.3.2	Profil de dioxyde de carbone	38
III .4	Teneur en matières volatiles	38

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

La quantité de déchets ménagers solides générés est en hausse continue, entraînée par une population en expansion, une mobilité sociale, une qualité de vie croissante des niveaux bas à des niveaux élevés, et la demande mondiale en énergie, matières premières et produits de base en général, en particulier en Algérie le est plus élevé jamais enregistré.

L'élimination des ordures ménagères est un sujet sensible pour les autorités en raison de son impact sur l'environnement et la santé publique. Dans les pays développés, cette mission n'est plus un fardeau, mais une richesse se traduit par des politiques de recyclage et des techniques de gestion basées sur des règles de gestion conformes aux principes de la gestion intégrée des déchets.

Le bio séchage est un processus qui consiste à transformer les déchets solides humides en Combustible Solide de Récupération à l'aide d'un flux d'air convectif assez chaud convenablement avec le métabolisme bactérien.

Le bio séchage des déchets alimentaires en laboratoire est une méthode de traitement des déchets organiques qui consiste à évaporer l'eau contenue dans ces déchets en favorisant l'activité des bactéries aérobies de telle façon qu'elles produisent de la chaleur biologique ce qui réduit la consommation d'énergie thermique résultant du chauffage électrique.

Cette méthode est basée sur le principe de la biodégradabilité partielle de la matière organique contenue dans les déchets ménagers, de telle manière qu'en réduisant la perte en carbone et cela garantit un bon pouvoir calorifique au produit solide séché. Le processus de séchage biologique commence par le tri des déchets alimentaires et la séparation des matières organiques des matières non organiques. Ensuite, les déchets organiques sont mélangés avec des microorganismes spécifiques, tels que des bactéries ou des champignons, pour initier la biodégradation aérobie, comme c'est le cas au compostage, mais dans un autre but loin d'être un engrais minéral obtenu par biodégradation totale de la matière organique.

La performance du procédé de bio séchage et la qualité du produit fini sont liées à une surveillance continue des paramètres tels que la vitesse et la température du flux d'air convectif ; le choix de la qualité et le taux de la matière de structuration (agent de charge), humidité initiale des déchets à sécher, et le contrôle permanent des températures et humidités de l'air entrant et sortant, le profil de température et la perte en poids de la biomasse, et cela nécessite un système d'acquisition des données renouvelés.

Le bio séchage présente de nombreux avantages, notamment la réduction du volume des déchets alimentaires, la réduction des odeurs désagréables liées à la décomposition des déchets,

Introduction générale

la production d'un combustible solide de bonne qualité, qui donne une valeur énergétique appréciable au cours d'incinération et capable a substitué le combustible fossile, en revanche, la valorisation des déchets ménagers et assimilés réside aussi dans la réduction des coûts de gestion des déchets et la protection de l'environnement.

Pour atte indènes objectifs de recherche, nous retrouvons ces origines en trois chapitres : comme étude bibliographique, le premier chapitre vise adonner un aperçu des propriétés des déchets solides et de leur processus de traitement, en mettant l'accent sur le séchage biologique. Le chapitre deux décrit le matériel, les méthodes et les protocoles expérimentaux utilisés pour soutenir notre objectif. Tandis que le troisième chapitre discute les résultats obtenus et s'ils sont effectivement atteint le but de cette étude.

En effet, notre étude vient pour appuyer sur l'obligation de suivre une stratégie de valorisation énergétique des déchets ménagers et assimilés rénovée afin de gagner une source d'énergie durable tout en protège notre univers et notre écosystème.

Chapitre I

Étude

*bibliographique
sur le procédé de
bio-séchage*

Chapitre I**Etude bibliographique sur le procédé de bio-séchage****I.1.Introduction:**

Dans ce chapitre, nous allons mener une large enquête pour donner un aperçu des caractéristiques des différents déchets et les stratégies utilisées pour résoudre ce problème, en mettant l'accent sur le séchage biologique et les variables qui l'affectent.

I.2. Définition des déchets :

Les déchets désignent tous les matériaux résultant de l'activité humaine, qui ont été jetés faute d'avantages Ou pour l'augmenter au-delà des besoins, et cela peut entraîner des dommages pour l'homme ou l'environnement, directement ou indirectement, s'il n'est pas éliminé de manière appropriée[1] .

I.3. Définition des déchets ménagers :

Les déchets domestiques sont le terme utilisé pour décrire les déchets produits par les résidents de lieux tels que les maisons, les restaurants et les hôtels. Les ordures ménagères comprennent des éléments bien connus tels que les restes de cuisine provenant de la préparation des aliments, ainsi que les ordures et les éléments qu'ils contiennent, tels que les déchets de papier, de verre et de plastique. Les ordures ménagères doivent être éliminées immédiatement pour éviter de devenir un vivier d'insectes dangereux car elles sont constituées en grande partie de composants organiques susceptibles de se décomposer et d'émettre des odeurs désagréables[2]

Le législateur algérien a donné la définition succincte suivante des déchets ménagers et assimilés : Tous les déchets résultant des activités ménagères et déchets assimilés résultant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres, qui par leur nature et leurs composants sont assimilés aux déchets ménagers[3] .



Figure1: des déchets ménagers

I.4. Les caractéristiques des déchets:

I.4.1. La densité:

C'est le rapport volume sur masse qui nous montre le rapport entre la masse des déchets et le volume qu'ils occupent, et il est d'une grande importance pour le choix des moyens de collecte et de stockage. La densité change à toutes les étapes du traitement, du lieu de production de déchets vers le lieu d'élimination et fosses vicieuses.

I.4.2. Le degré d'humidité :

L'humidité est le pourcentage d'eau présent dans le matériau. On constate que le déchet contient une quantité d'eau qui change selon les saisons et les températures. Cette eau a un effet sur la vitesse de décomposition des matériaux qu'il contient et sur l'énergie thermique des déchets.

I.4.3. Le pouvoir calorifique :

C'est la quantité de chaleur émise par la combustion d'une unité de masse de déchets bruts et elle est mesurée (en kcal/kg), de sorte que lorsque la teneur en eau augmente, la capacité calorifique minimale diminue.

I.4.4. Le rapport des teneurs en carbone et azote :

C'est un ratio qui permet d'identifier la validité des déchets pour le processus de fermentation et la qualité de l'engrais obtenu, car il est d'une grande importance pour le traitement biologique des déchets. Le développement des déchets dans le processus de fermentation peut être suivi par la détermination régulière de ce rapport.

I.5. Différents procédés de traitement des déchets :

I.5.1. Le compostage :

Le compostage de la fraction organique des déchets solides municipaux (DSM) est un outil puissant pour conserver et recycler la matière organique (MO), car elle détourne non seulement les déchets des décharges, mais crée également des produits à haute valeur agricole[4]. Est un processus

qui remplit plusieurs objectifs de gestion des déchets-stabilisation, réduction de volume et assainissement par inactivation thermique de pathogènes. Le but de la stabilisation est de produire un matériau qui ne se putréfie pas, ne s'échauffe pas, n'épuise pas l'oxygène, ne dégage pas d'odeurs et n'attire pas la vermine. Le produit du compost peut être

Bénéfique, fournir des nutriments pour la croissance des plantes, matière organique pour l'amélioration des sols et agents de suppression des maladies des plantes. [5]

I.5.2. L'incinération:

Il concerne les déchets solides urbains sans valeur.[6] L'incinération est une méthode de traitement thermique où la combustion contrôlée des déchets à une température de 870°C à 1200°C pendant une durée suffisante oxydara environ 99% de la matière organique pour produire de la vapeur à haute pression pour la production d'électricité. L'incinération des déchets réduit le volume et le poids des déchets de 90% et 70% respectivement[7]

I.5.3. Enfouissement :

La décharge est un endroit où des couches de déchets solides sont déposées puis recouvertes de terre[8] .elle est processus de réduction des effectifs Les ordures sont ensuite enterrées dans une fosse appropriée, et du ciment et une couche de plastique dur sont ajoutés aux bords et à la base de la fosse pour empêcher les liquides de s'infiltrer à la suite de l'enfouissement des déchets, protégeant ainsi les eaux souterraines[9] .

I.5.4. Recyclage :

Est une méthode d'élimination des déchets qui a des effets positifs importants. Le recyclage est la pratique consistant à réutiliser les déchets dans des secteurs qui profitent aux personnes. Le recyclage englobe un large éventail de déchets, y compris le papier, le plastique, le verre et le métal usagés, entre autres.[10]

I.6. Processus de séchage :

Le séchage est un processus par lequel un corps liquide est séparé d'un autre solide ou semi-liquide, selon le mécanisme d'évaporation .Ce processus est endothermique et nécessite donc l'apport d'énergie thermique. Le séchage des aliments vise à inhiber la croissance bactérienne et à prévenir la détérioration des aliments. Le degré de séchage appliqué à un produit dépend de l'utilisation finale de ce produit.[11]

I.7. Processus de bio-séchage :

Le séchage biologique est une technique auto-thermique dans laquelle la chaleur biologique émise lors de la décomposition sur site de la matière organique accélère les taux de séchage. En conséquence, il présente une alternative pratique et abordable pour la gestion des déchets. Le bio-séchage réduit l'humidité tout en préservant la valeur calorifique des déchets traités, convertissant les déchets humides en "combustible" solide qui peut être conservé pour une utilisation ultérieure[12] .



La différence entre le compostage et le bio-séchage:

Ce procédé diffère du compostage par le fait que Le compostage vise la décomposition complète de la biomasse, en éliminant les odeurs et en tuant les agents pathogènes. La durée du compostage peut s'étendre sur plusieurs mois. D'autre part, la dessiccation biologique vise à éliminer le maximum d'humidité dans les plus brefs délais. Il faut généralement ce processus de Deux à trois semaines. Peut être L'utilisation de matériaux compostés comme amendement du sol tandis que les matériaux bio-séchés ont une valeur pour la production de bioénergie[13].

Les organismes mésophiles et thermophiles sont généralement présents dans les boues mélangées. La température a un impact significatif sur le développement et les taux de mortalité de certains types de micro-organismes.

Le rôle des organismes dans le bio-séchage est divisé en : L'arrivée d'organismes qui vivent à des températures intermédiaires, entre 35°C et 40°C, ou des températures thermophiles de 40 à 45°C sont plus applicables à des températures thermophiles de 55 à 70 °C.[14]

Dans le processus de bio séchage, seules les bactéries mésophiles et thermophiles sont pris en compte car sont actifs dans la plage de température de fonctionnement typique du réacteur. Selon Frei et al. (2004) et Roy et al. (2006), la plage de température habituelle du réacteur de bio séchage discontinu pour la dégradation microbienne était de 15 à 55 o C, tandis que des températures élevées allant jusqu'à 65 o C ont également été enregistrées. La température de la matrice dans laquelle les bactéries se développent les affecte grandement. La figure 2. illustre comment des températures plus élevées favorisent la croissance des bactéries thermophiles tout en tuant les bactéries mésophiles. Cependant, les bactéries thermophiles sont également affectées par des températures exceptionnellement élevées.

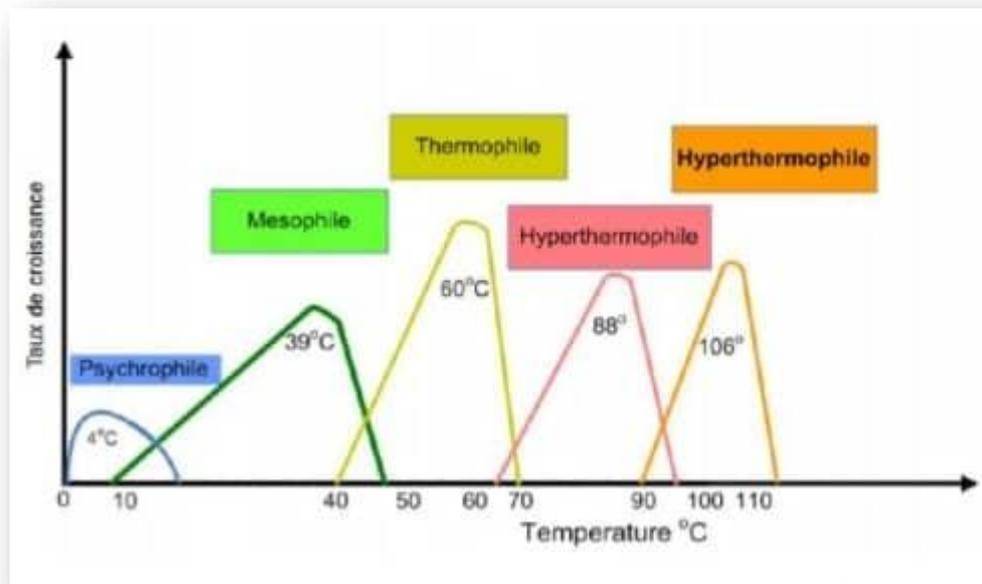


Figure 2 :Taux de croissance de différents organismes[.15]

L'idée de base du processus de bio séchage est que l'eau peut être éliminée des déchets solides municipaux en utilisant efficacement l'énergie thermique créée lors de la réaction qui la fait chauffer d'elle-même. Son origine Les produits chimiques facilement biodégradables fournissent la source d'énergie pour la réaction d'auto-échauffement, et le séchage peut être effectué en utilisant la chaleur émise lors de la décomposition aérobie de ceux-ci. D'un point de vue différent, la transformation du substrat se produit tout au long du processus de bio séchage lorsque la chaleur nécessaire est produite le long du chemin biochimique.[16]

I.7.1. Facteurs affectant le processus de séchage biologique :

I.7.1.1.Teneur en humidité :

Un aspect affectant l'efficacité du bio-séchage est la teneur en humidité. Pour favoriser les interactions biologiques et créer un lieu propice au transfert d'oxygène, le taux d'humidité doit être suffisant.[17]l'humidité est Aussi un paramètre très important qui peut maintenir Le taux de biodégradation des matériaux. Agents de charge tels que la sciure de bois, la balle de riz et la boîte de coton et de la paille de maïs pour contrôler la teneur en humidité. Lorsque la teneur en humidité se situe entre 55 % et 65 %, le séchage biologique est le plus efficace. L'eau est un milieu Transport des nutriments et réactions métaboliques. La disponibilité des nutriments et des polluants pour les micro-organismes est affectée par la teneur en eau de leur microenvironnement, en particulier dans les fines couches liquides à la surface des particules. La teneur en humidité optimale se situe entre

50 et 70 %. Si beaucoup d'eau remplit les vides, l'espace poreux qui permet à l'air de circuler sera limité[18].

I.7.1.2.Débit d'air:

La température de la matrice et l'efficacité du séchage sont directement impactées par le débit d'air. De nombreux universitaires ont récemment étudié en détail l'impact du débit d'air sur le séchage biologique. D'un autre côté, un débit d'air plus important fait s'échapper plus de chaleur, ce qui abaisse la température de la matrice et la rend moins propice à l'évaporation de l'eau. Cependant, une augmentation du débit d'air entraînera également une augmentation de la quantité d'eau délivrée, ce qui réduira les pertes d'eau.[19]

I.7.1.3.Température :

La température est importante pendant le processus de bio-séchage car elle affecte à la fois la capacité de l'air à retenir l'eau et le débit d'air (ce qui affecte la capacité du système à se débarrasser de l'eau).La température est difficile à contrôler car elle dépend de l'activité des micro-organismes dans le réacteur de bio- séchage. [14]

I.7.1.4.Agents de charge:

Des agents de charge (BA) sont fréquemment ajoutés aux matrices de déchets pour favoriser la circulation de l'air et modifier le taux d'humidité initial. Pour le bio séchage Des agents agglomérasses sont nécessaires pour produire une porosité améliorée pour les déchets alimentaires[20]. Les chercheurs ont exploré la fonction de BA dans le bio-séchage des boues d'épuration et ont découvert que l'utilisation de l'agglomération d'agents améliore non seulement la structure de la matrice, mais ajoute également plus de matière organique qui peut être décomposée par les micro-organismes (Yang et autre. 2014). Alors que Zhao et al. (2011) et Choi et autre. (2001) ont utilisé de la sciure de bois et/ou de la paille pour bio-sécher les boues d'épuration[21].[22], Frei et autre. (2004) ont utilisé de l'écorce. En raison de leur porosité poreuse et de leur grande capacité de rétention d'eau, les boues séchées à l'air ont un meilleur potentiel de biodégradation lorsqu'elles sont utilisées comme BA que le caoutchouc déchiqueté et la sciure de bois, selon Yang et autre. (2014). Essentiellement, ils ont constaté que la capacité du substrat à stocker l'eau augmentait avec la taille ou la finesse des particules. [21]

I.8.Définition des CSR:

L'appellation CSR, pour combustible solide de récupération, est un terme assez large qui regroupe tout type de déchets non dangereux solides, non constitués de biomasse uniquement, dont le pouvoir calorifique est suffisamment élevé pour présenter un intérêt en valorisation par combustion.

Largement développé à l'échelle européenne, on trouve également les expressions suivantes pour qualifier ces combustibles : Refuse Dérive Fuel (RDF), Fluff, Solid Recovered Fuel (SRF), Substitute Fuel, Secondary Fuel.

Produits à partir de gisements de déchets municipaux ou industriels, ils peuvent être composés de un ou plusieurs Éléments suivants : Pneus ;Plastiques ;RBA ;Papiers/cartons ;Bois et déchets de bois (classe B) ;Papiers, cartons et boues de papeterie ;Boues de STEP ;Textiles ;Déchets ménagers.

[23]

I.9.Études antérieures sur les procédés de bio séchage:

Étudié ont Adani et autres le processus de bio-séchage, et les résultats sont les suivants : Dans 10 réacteurs avec des volumes d'air connus allant de 0,88 à 6,42 L/réactif, un bio-séchage a été effectué. (Poids sec minimum Kg). Afin de favoriser l'aération, 15% d'un agent de charge a été ajouté dans 5 des réacteurs. L'essai de 20 jours a été mené. Suite aux tests, il a été découvert que l'agent de charge favorisait davantage la réduction de poids.

Cependant, la perte de poids n'a pas augmenté de manière linéaire avec l'augmentation du débit d'air.[24]

Travaux de mutala mohammed et autres ont montré que l'utilisation d'un agent de charge a un impact significatif sur la teneur en humidité initiale avec un impact ultérieur sur l'efficacité du bio-séchage, ce qui pourrait offrir des approches prometteuses pour prétraiter les déchets organiques afin de réduire la teneur en humidité, le poids et le volume et d'augmenter la valeur énergétique de la production de combustible secondaire de récupération (SRF).[12]

Alors qu'il étudiait ont Agnieszka Dominzyk et autres le processus de bio-séchage, et les résultats sont les suivants :

Le bioréacteur de 240 dm³ utilisé pour effectuer le processus de bio séchage a une capacité de cette taille. Les méthodes de l'étude ont été digérées les boues des stations d'épuration et Une partie des déchets solides municipaux qui sont organiques. La température, la masse sèche, la masse organique sèche et l'indice de respiration du matériau séché ont tous été mesurés au cours de la procédure de bio séchage. 51,7 % de l'humidité a été éliminée à la suite du processus de bio séchage des déchets de dix jours. Le quatrième jour de l'opération, lorsque la couche supérieure de déchets au milieu du bioréacteur a atteint une température maximale de 58°C, la quantité d'activité microbienne dans les déchets a culminé[25] .

I.10.Technologies de transformation des déchets en énergie:

Les quatre principaux types de technologies de traitement pyrochimique des MSW et RDF (incinération, pyrolyse, gazéification/vitrification plasma) Technologies de valorisation énergétique

des déchets en chaleur utilisable, l'électricité ou le carburant sont généralement appelés technologies de transformation des déchets en énergie (WTE). Les procédés d'incinération peuvent fournir un moyen de permettre à l'énergie Valorisation des déchets. Incinérateurs de déchets solides municipaux en particulier Offrent une importante source potentielle de chaleur/électricité, en particulier dans Cas où la production combinée de chaleur et d'électricité (CHP) est appliquée. Les incinérateurs de déchets solides peuvent obtenir un signi Fi volume de déchets réduction d'environ 90%.[26]

I.11.Les avantages et les inconvénients du bio séchage:

I.11.1.Les avantages :

- Le bio-séchage réduit la teneur excessive en humidité des déchets organiques. La réduction de la teneur en humidité réduit le poids du matériau Ce qui réduit les coûts de manutention et de transport.[27]
- Le processus de séchage augmente le contenu énergétique des déchets.
- Avec l'utilisation d'un réacteur de bio séchage, un combustible dérivé de déchets (RDF) de haute qualité peut être produit en prétraitant les déchets avec le moins de temps de rétention possible.[28]

I.11.2.Les inconvénients:

- Comparé aux technologies qui reposent sur une source électrique ou thermique traditionnelle (ou l'énergie solaire dans les régions solaires), cela prend plus de temps.
- ne stabilise pas les bios déchets, s'ils ont encore une chance de se dégrader.
- Les déchets stockés dans des conditions humides continuent de se détériorer et finissent par produire du méthane.

Conclusion:

Le bio-séchage est un procédé prometteur pour le traitement des déchets solides mixtes qui contiennent un pourcentage élevé de composés organiques. Le processus de bio- séchage augmente la teneur énergétique des déchets solides en éliminant au maximum l'humidité présente dans la matrice des déchets et en préservant la majeure partie de la valeur calorifique totale des composés la chimie organique grâce à une biodégradation minimale.

CHAPITRE II

ETUDE

EXPERIMENTALE

Chapitre II

Etude Expérimentale

II.1.Introduction :

Notre étude a pour but de mettre en œuvre et de développer un processus de bio-séchage des déchets ménagers solides qui représentent un impact sur l'environnement et entraînent des risques pour la santé et le bien-être humaine ,afin d'obtenir un combustible solide de récupération (CSR) capable a utilisé comme agent combustible dans l'industrie (ex.briqueterie) tout en utilisant un system Arduino- python pour l'acquisition des données en temps réel, l'opération de bio-séchage emploie un courant d'air chauffé a certain température convenable a l'activité bactérienne.

II.2. Conception du Bioréacteur de séchage à isolation thermique :

Notre prototype de bio séchage qui se trouve actuellement au niveau du laboratoire MDF d'hydrodynamique et Aérodynamique, Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière, il se compose de:

II.2.1.Conduite d'air avec isolation thermique :

Une conduite circulaire calorifugée de longueur 230cm et d'un épaisseur interne de 100mm et de 30 mm d'isolation thermique en coquille laine de verre, relie à l'extrémité par un pour munir le system avec un flux d'air ventilateur flux mixte en ligne(TT160)de 520m3/h préalablement chauffé par une résistance électrique intercalée au milieu de la conduite et attaché avec un relais électrique qui sert à assurer une température constante au flux d'air entrant.



Figure II.1:Conduite d'air isolé thermiquement

II.2.1.1.Ventilateur a flux mixte :

Le ventilateur tubulaire a flux mixte, Marque: Vents, Type: TT 160 à deux débits: 405/520 m³/h, diamètre de connexion: Ø 160 mm, Température de l'air: max 60 °C, il convient pour la ventilation. Le déplacement d'air et / ou l'échange d'air dans les conduits ronds.

Fournée avec régulateur de vitesse série RS 1-400 installé dans le système de ventilation pour allumer et éteindre le ventilateur TT 160 ainsi que pour le contrôle de la vitesse des moteurs monophasés.



Figure II.2: Ventilateur a flux mixte TT160 & Régulateur de vitesse RS1-400



Figure II.3: Résistance chauffante 340 W

II.2.2. Réacteur bio séchage à isolation thermique :

- Une chambre rectangulaire à isolation thermique composée par fixation des panneaux sandwich de bardage. Un panneau est constitué côté extérieur d'un parement en acier galvanisé, avec une intercalation d'une âme isolante en mousse polyuréthane d'une épaisseur de 30mm et d'une conductivité thermique de 0,022W/mC°,

- Une plaque perforée en polycarbonate 400*400mm à 1,4% d'espace aérien libre [29] intercalée à l'intérieur du réacteur à une hauteur de 125mm utilisé pour distribuer le flux d'air provenant du ventilateur.
- Une cheminée rectangulaire fabriquée en panneau sandwich avec une sortie circulaire de diamètre de 100mm.
- Robinet d'eau de lixiviation ou tout liquide résiduel engendré par la percolation de l'eau et des liquides à travers les déchets.



Figure II.4: Réacteur de bio séchage à isolation thermique

Tableau II.1: Dimensionnement du réacteur de bio-séchage à isolation thermique

Réacteur de bio-séchage à isolation thermique	Dimensions	Volume	% Volume
Réacteur de bio-séchage	400mm*400mm*925mm	148 litres	100 %
Espace au-dessus	200mm*400mm*400mm	32 litres	21.62 %
Chambre de séchage avec porte	600mm*400mm*400mm	96 litres	64.86 %
Espace au-dessous de la plaque Perforée	125mm*400mm*400mm	20 litres	13.51 %



Figure II.5 : Support des déchets avec treillis métallique (trou de 5*5 mm)



Figure II.6: Robinet de lixiviation



Figure II.7: Plaque perforée en polycarbonate

II.3.Armoire électrique:

Elle sert à alimenter en courant alternatif 230V le ventilateur, la résistance électrique et la carte Arduino.



Figure II.8: Armoire électrique



Figure II.9: Anémomètre (vitesse de l'air en m/s)

II.4.Accessoire du prototype de bio-séchage pour des fins de sécurité:

de Un cylindre en acier inoxydable de 96 mm de diamètre et 110 petits trous de 8 mm diamètre (inspiré d'une étude sur le flux d'air qui s'écoule autour d'un obstacle fixe (Mahdhaoui et al.) Le cylindre est placé à l'intérieur d'un tube isolant rigide en fibre de verre. Le but est d'empêcher le flux inverse d'air chaud qui peut fondre le ventilateur TT160.



Figure II.10: Cylindre en acier inoxydable perforé (photo droite) & tube-calandre isolant rigide en fibre de verre (photo gauche).

II.5. Système d’acquisition de données (Arduino-python) :

Composants du système d’acquisition de données :

II.5.1. Plan descriptive du prototype de bio séchage avec data acquisition system :

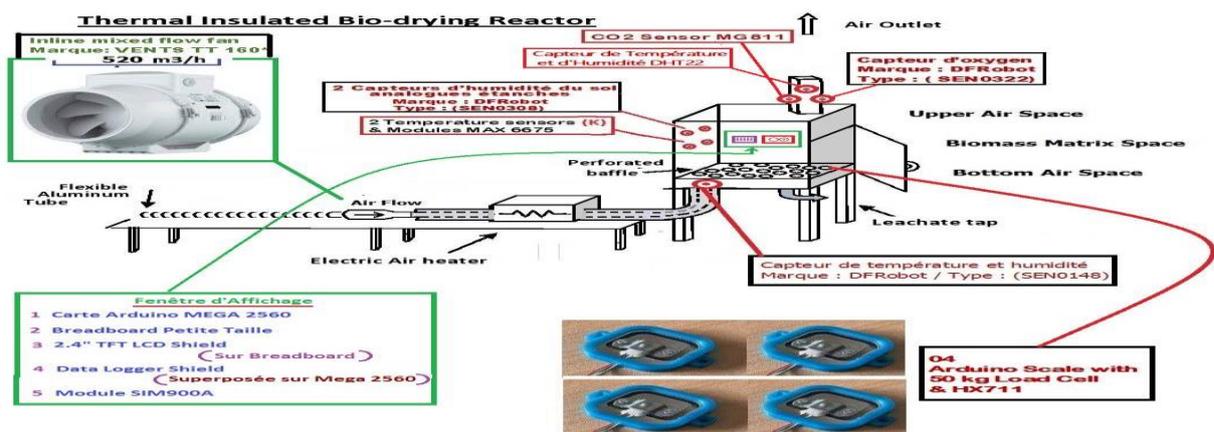


Figure II.11: Plan descriptive du prototype de bio séchage avec data acquisition system.

II.5.2. Une Carte Arduino:

Arduino est une plate-forme électronique open source basée sur du matériel et des logiciels flexibles et faciles à utiliser (Arduino.cc), utilisé pour la création de projets électroniques.

[30]

Il se compose d'une carte de circuit imprimé programmable (généralement appelée microcontrôleur) et d'un programme software IDE (environnement de développement intégré) qui s'exécute sur l'ordinateur pour écrire et télécharger du code informatique sur la carte de circuit imprimé physique

[31]

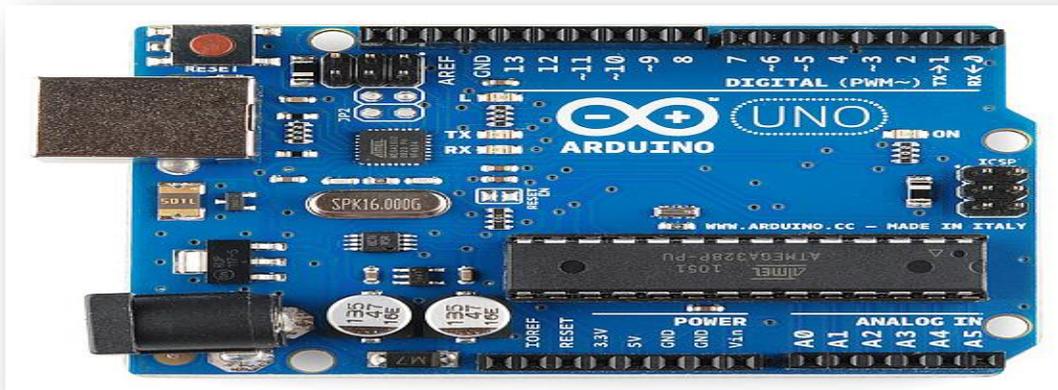


Figure II.12: carte Arduino

Dans notre prototype de bio séchage, les fonctions de la carte Arduino MEGA 2560 sont :

- ✓ Il reçoit les enregistrements des sept (07) capteurs.
- ✓ Il donne des ordres : allumer- éteindre à la résistance électrique chauffante à travers un relais (voir page --).

Tandis que la représentation (l'affichage) et le transfert des enregistrements est assurer par :

- Afficheur 2,4 SPI TFT LCD (il affiche les données en temps réel)
- Module GSM Sim 8001 (il transfère l'ensemble des données jusqu'à les valeurs actualisées vers un téléphone portable suivant des périodes prédéfinies)
- Software Python (il enregistre l'ensemble des données jusqu'à les valeurs actualisées sur un fichier Excel sur demande)

II.5.3. Software Python :

Python a été créé en 1991 par Guido van Rossum. Sa philosophie met l'accent sur la lisibilité du code, qui se manifeste par un langage simple mais puissant qui fonctionne sans problème sur la plupart des systèmes d'exploitation populaires (Windows, Linux et Mac). Le langage peut se conformer au style de codage d'un programmeur (fonctionnel, impératif ou orienté objet), ce qui signifie que les développeurs Python peuvent utiliser le style qui convient le mieux à une tâche donnée. Python peut être utilisé non seulement pour le développement Web, mais aussi dans de nombreux domaines différents (intelligence artificielle, apprentissage en profondeur et IoT) et dans de nombreuses industries.

[32]

II.5.4. Les capteurs d'enregistrement :

II.5.4.1. Le capteur d'air entrant :

C'est un capteur de température et d'humidité professionnel d'une marque DFRobot type : SEN0148, il a double fonctions : non seulement l'enregistrement de d'humidité et la température de l'air entrant, mais aussi le conditionnement du relais qui sert a assuré une plage de températures fixée.



Figure II.13: Le capteur de température et d'humidité professionnel DFRobot SEN0148

II.5.4.2. Les Capteurs de biomasse :

a. Capteur de température:

Deux capteurs de température type K avec module : max6675 ont été utilisés pour la surveillance du profil de température de la biomasse.

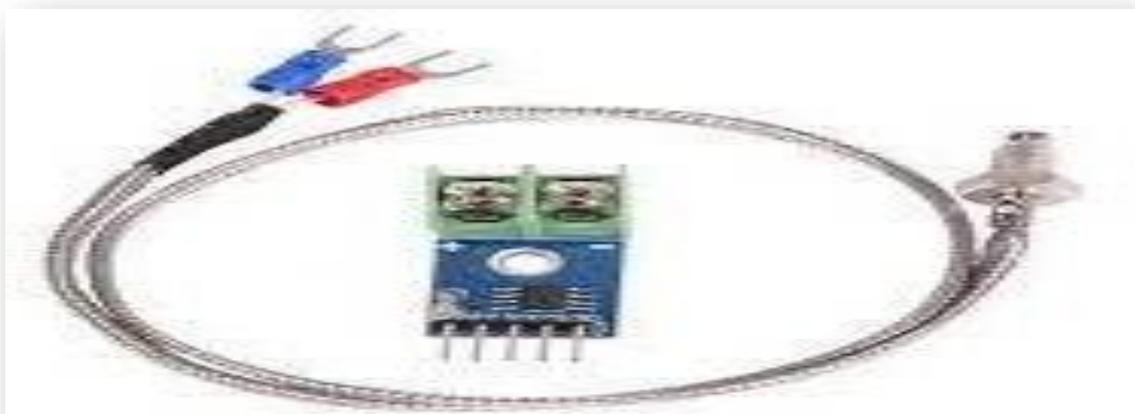


Figure II.14: capteur de température de biomasse

b. Capteur de Pesé :

C'est une balance électronique de 30 Kg de charge maximale, modifiée de telles façons qu'il envoie l'enregistrement de pesée à la carte Arduino. Le circuit électronique de pesée se compose aussi de:

- ✓ La carte LM2596 qui a été utilisée pour augmenter la sensibilité de la balance (1 gramme).



Figure II.15: La carte LM2596

II.5. 4.3. Les capteurs d'air sortant :

Le capteur analogue de dioxyde de carbone (CO₂) appelé MG811



Figure II.16: Le capteur(CO₂) MG811

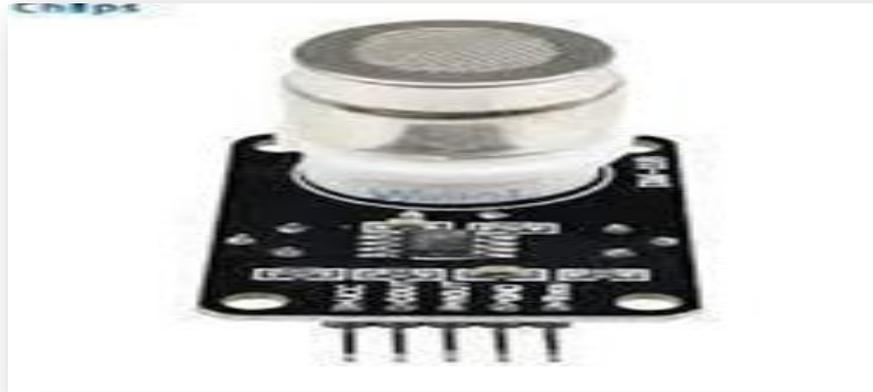


Figure II.17: Le capteur d'oxygène SEN0322

Le capteur DHT22 que nous avons utilisé pour détecter la température et l'humidité de l'air sortant



Figure II.18: Le capteur DHT22

II.6. Le relais :

Les relais sont des commutateurs automatiques, Ils reçoivent des signaux électriques et les envoient à d'autres appareils en allumant et en éteignant les interrupteurs.

[33]



Figure II.19: Le relais

II.7. Les cartes d'interface périphériques (shield):

Se sont des périphériques conçus spécialement pour fonctionner avec Arduino (bouclier)

II.7.1. Afficheur 2,4 SPI TFT LCD :

Un écran TFT LCD 2.4 SPI (Serial Peripheral Interface) de résolution de 240x320 pixels utilisé pour afficher les valeurs des 07 capteurs en temps réel.



Figure II.20: Afficheur 2,4 SPI TFT LCD

II.7.2. Module GSM Sim 800L:

GSM Sim 800L a été utilisé pour envoyer périodiquement toutes l'enregistrement des sept capteurs vers un nombre bien déterminé (notifié dans le code Arduino) des téléphones portables. Un message est également envoyé lorsqu'il y a un risque de chauffage non contrôlé, cela peut s'engendrer s'il y a une défaillance au niveau du capteur de température de l'air entrant (DFRobotSEN0148).



Figure II.21:Module GSM Sim 800L

II.8. Protocole expérimental :

La réussite du processus de bio séchage est largement déterminée par un certain nombre de variables, notamment la teneur en humidité initiale, la porosité des déchets, l'aération et la température atteinte à l'intérieur du réacteur .Notre étude est basée sur l'utilisation de la sciure de bois comme agent de charge mélangé en 20% avec les épluche des denrées alimentaires (1/5 agent de charge + 4/5 épluche des denrées alimentaires); alors que, dans la premier expérience celle-ci est utilisé seulement comme agent de charge, mais dans la deuxième expérience, nous la confions deux tâches : une comme agent de charge, et l'autre comme milieu support des bactéries aérobies. La première expérience est exercée lors de la mise en route du prototype, donc en peut la considérer seulement comme expérience témoin, tandis que, la deuxième expérience vient pour déceler la présence l'activité bactérienne. Pour cela, la comparaison entre les deux expériences se réside dans le recensement des déférences entre les résultats obtenue dans les deux expériences de notre étude, précisément les profils de température et d'humidité des biomasses ainsi que les profils de dioxyde de carbone et d'oxygène.

II.8.1.La première expérience :

Les déchets alimentaires sont composés comme suit : 80 % du poids total sont les épluches des denrées alimentaire, et 20 % sont de la sciure de bois, la composition et les proportions sont indiqués dans le tableau1.Les démarches de cette étape de travail, sont ordonnées comme suite :

- Des quantités suffisantes des épiluches des denrées alimentaire ont été coupés manuellement en tranches d'environ 6×6 mm.
- Un échantillon synthétique (des proportions identiques à celle du mélange initial), de 5g à été préparée et introduite dans l'analyseur de l'humidité IR35, Marque : Denver Instrument, (l'humidité initiale été = 73,64%).

Tableau (II.2): Composition des déchets alimentaires.

Type	Composition	Poids (kg)	Poids (%)
des les épiluches Légumes	Pomme de terre	0.6707	80
	épluchures de carottes	0.3294	
	Chou-fleur	0.3258	
les	écorces (orange-citron-	0.741	
Agent de charge	Sciure de bois	0.280	20
Total		1.400	100



Figure II.22: Déchets utilisé



Figure II.23: Tranches des déchets



Figure II.24: Test d'humidité sur IR35 Denver Instrument.

- Nous avons mixé 1400 g du mélange avec des fractions indiquées auparavant (1/5 agent de charge + 4/5 épiluche des denrées alimentaire) et le poser sur le treille métallique occupant le volume suivant : (20 x21 x12 cm) à l'intérieur du réacteur sur la balance électronique.



Figure (II.25): 1/5 agent de charge + 4/5 épiluche des denrées alimentaires



Figure (II.26): Mélanger la sciure de bois égoutté (20%)
Avec les déchets alimentaires (80%)
alimentaire

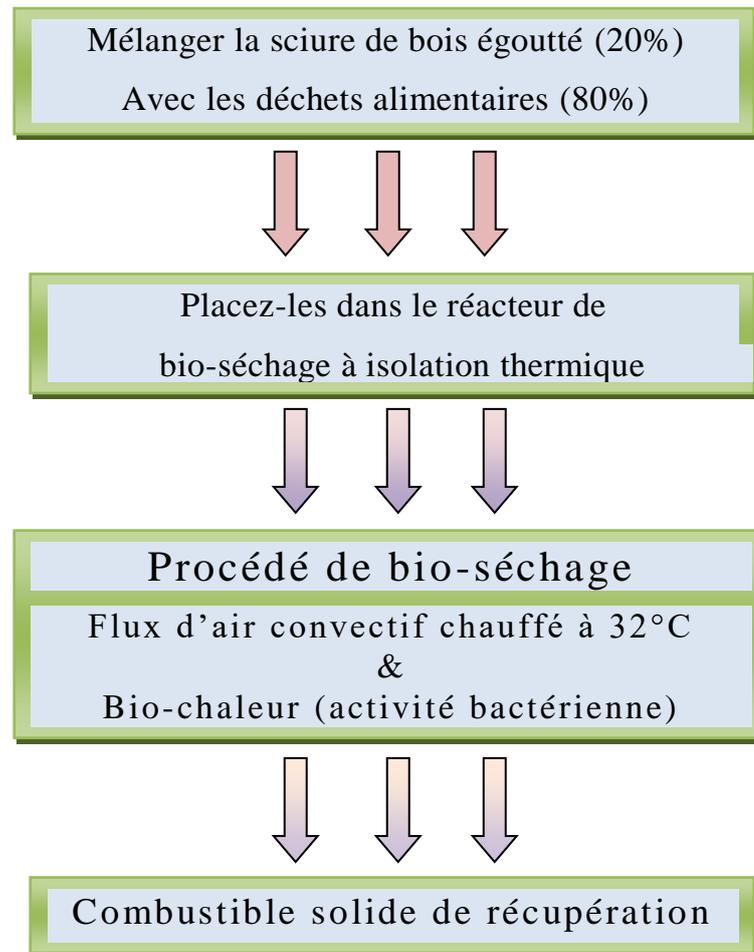


Figure II.27:Diagramme de déroulement de la première expérience

Lors de démarrage du procédé de séchage, le ventilateur TT160 a été réglé de façon à donner une vitesse de l'air de 0,6 m/s (débit = 16,95 m³/h). Le flux d'air a été chauffé à une température constante (32°C) tout en suivant le code Arduino. La température de préchauffage de l'air a été choisie convenablement avec le développement des bactéries mésophile, la plage de température optimale pour la croissance des bactéries mésophile : 25-40°C

[34]

- La surveillance du procédé de séchage se réside dans le suivi continu des messages envoyés chaque 30min (1800000 millisecondes) vers les téléphones portables inscrits sur le code Arduino. Le processus de séchage dans cette étape s'étale sur 1860 min (environ 30h).

II.8.1.1. La détermination du point final de bio-séchage :

Considérons que :

:Teneur en humidité x_L

: Masse humide m_h

sèche :Masse m_s

$$.x_L m_h = m_h - m_s$$

$$.x_L = \frac{m_h - m_s}{m_h}$$

Comme 5g qui ont été mesure par IR35 Denver instrument égal 73,64 % $.x_L$

$$m_s = m_h(1 - x_L) = 1400(1 - 0,7364)$$

$$m_s = 369,04 \text{ g}$$

Assume-moi $x_L \leq 25\%$

[35]

$$\text{et } x_L = \frac{m_h - m_s}{m_h}.$$

$$m_s = 369,04 (0,25 + 1)$$

Point finale de séchage (1^{ère} Expérience) : $m_s = 461,3 \text{ g}$

II.8.2. Deuxième expérience :

Dans cette partie de l'étude, les déchets alimentaires collectés du restaurant universitaire (Cité Universitaire Ben Malek Med Hassan). Les déchets alimentaires sont composés toujours comme suite : 80 % du poids total sont des épluches des denrées alimentaires, et 20 % sont de la sciure de bois. Les démarches de deuxième étape de travail, sont ordonnées comme suite :

- Les épluches des denrées alimentaires ont été coupés manuellement en tranches d'environ 6×6 mm.
- Les 20 % en poids de la sciure de bois, ont été trempées pendant 14 heures dans des eaux usées échantillonnés de la STEP- Haoud Berkaoui et considérés comme source d'activité bactérienne: les proportions du mélange étaient 1/10 : c'est-à-dire 1 poids de sciure de bois avec 10 poids des eaux usées (cela nous donne un volume de 4,5 litres).
- La sciure de bois trempés dans les eaux usées a été égouttée pendant deux heures.
- 905 g de la sciure égouttée ont été mélangées avec 4855 g des déchets alimentaires.
- La dernière préparation (80% des déchets alimentaires, 20% agent de charge) a été mis à l'intérieure du support à treille métallique de notre réacteur de bio séchage.

- La surveillance du procédé de séchage se réside dans le suivi continu des messages envoyés chaque 30min (1800000 millisecondes) vers les téléphones portables inscrits sur le code Arduino. Le processus de séchage dans cette étape s'étale sur 1860 min (environ 59h).
- Les étapes qui suivent : réglage de vitesse de l'air et de température de préchauffage se font de même manière que la première expérience (vitesse de l'air de 0,6 m/s & T=32°C).

Tableau II.3: Composition des déchets alimentaires.

Type	Composition	Poids (kg)	Poids (%)
Les épluchés des Légumes	Pomme de terre	2.255	80
	Fenouil	0.155	
	Chou	0.305	
	Laitue	0.945	
	Carottes	0.490	
	Chou-fleur	0.925	
Agent de charge	Sciure de bois <i>Trempe ds. les eaux usées & égoutté</i>	0.905	20
Total		4.855	100



Figure II.28 : étape de hachage



Figure II.29: étape détrempage



Figure II.30 : étape d'Egouttage



Figure II.31 : Introduction du mélange ds. le réacteur de bio séchage

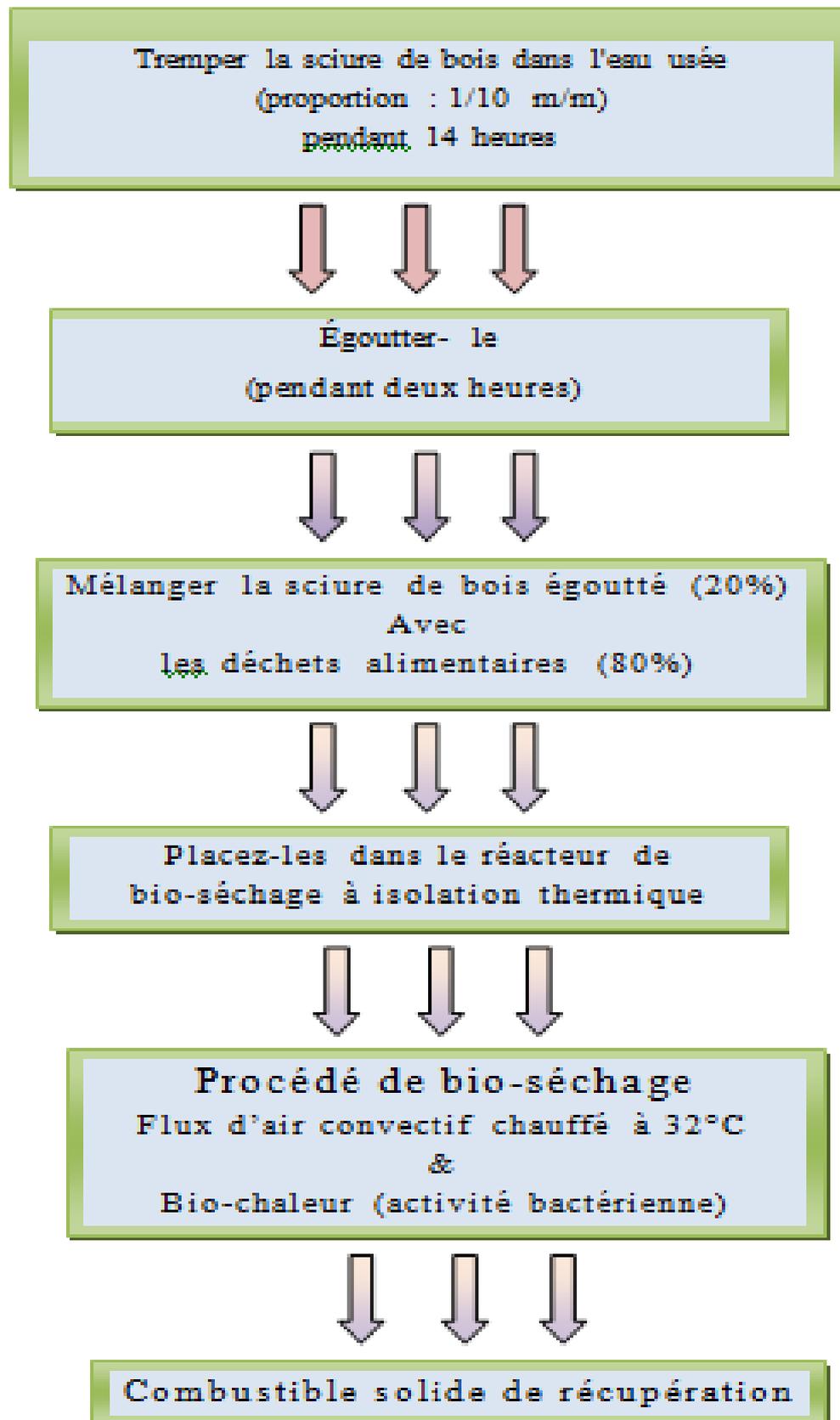


Figure II.32:Diagramme de déroulement de la deuxième expérience

II.8.2.1. La détermination du point final de bio-séchage :

Considérons que :

: Teneur en humidité x_L

: Masse humide m_h

: Masse sèche m_s

$$x_L m_h = m_h - m_s$$

$$= 0.669 \cdot x_L = \frac{m_h - m_s}{m_h}$$

$$m_s = m_h(1 - x_L) = 4855(1 - 0.669)$$

$$m_s = 1607.005g$$

Assume-moi $x_L \leq 25\%$

[35]

$$\text{et } x_L = \frac{m_h - m_s}{m_h}$$

$$m_s = 1607.005 (0,25 + 1)$$

Point finale de séchage (2^{ème} Expérience) : $m_s = 2008g$

- Le test d'humidité initiale du mélange se fait par 25 g prélevée du mélange étuvé à 105°C pendant 24 h. cela nous donne le TS: Total Solide. L'échantillon étuvé sera incinéré dans un four à moufle réglé à 550°C pendant 1h cela nous donne les VS Solides Volatiles.



Figure II.33 : Four à moufle de laboratoire
Marque: Nabertherm

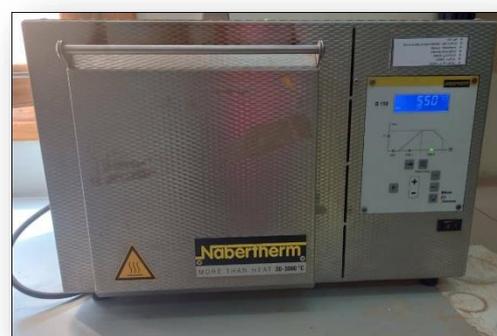


Figure II.34 : étuve
Marque : Memmert

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III**Résultats et discussion****III.1.Introduction :**

Dans cette partie, nous allons exposer les résultats expérimentaux obtenus pendant les Expériences effectuées.

Dans chaque série expérimentale, nous avons exposé les courbes suivantes :

1. Des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse).
2. des humidités (Air entrant, Air sortant).
3. . d'oxygène et de dioxyde de carbone.

Enfin, nous avons fait une discussion des résultats qui correspondent toutes les courbes existantes dans toutes les expériences réalisées.

III.2.Les résultats d'expérience 1:

Nous avons commencé le test sur le prototype de bio-séchage le mardi 4 Avril 2023, correspondant au 13 Ramadan 1444, à 13h57. Le processus de séchage à durer environs 30 heures. Les résultats obtenus sont inscrit dans le tableau ci-dessous : (Voir annexe 2)

- La température de masse supérieur (T_{bs})
- La température de masse inférieur (T_{bi})
- La température de l air entrant(T_{ae})
- La température de l air sortant(T_{as})
- Humidité de l air entrant(H_{ae})
- Humidité de l air sortant (H_{as})

III.2.1. Profil des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse) :

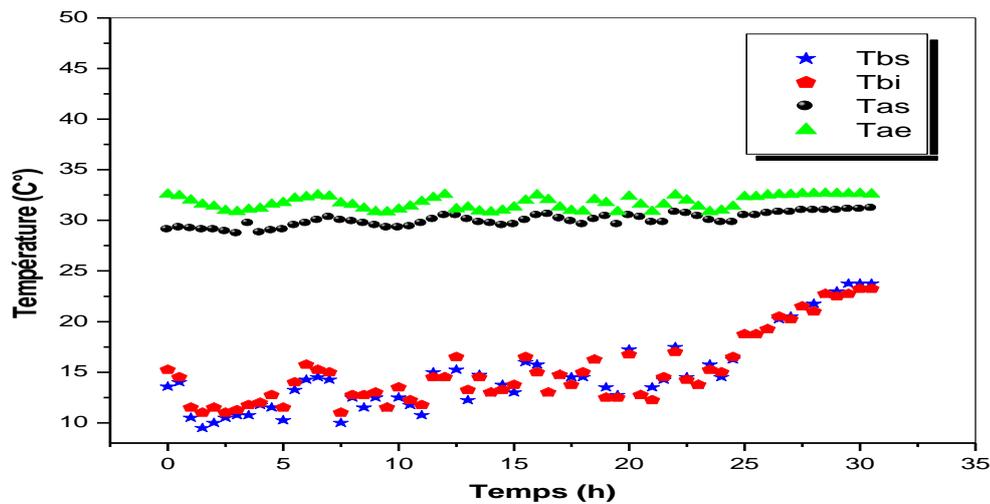


Figure III.1 : Courbe des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse)

Figure 1: La courbe de température représente (Air entrant, Air sortant & Biomasse) en fonction du temps pendant les jours de séchage.

On observe dans les douze (12) heures premières de séchage un écart assez clair entre la température d'air entrant, et celle de l'air sortant et cela est dû à l'absence de chaleur biologique responsable du préchauffage de l'eau stockée à l'intérieur de la structure, et donc un transfert de matière assez important de l'intérieur de la structure vers la surface contribuant à l'hydratation et au refroidissement de l'air sortant, et au fur à mesure que la quantité de l'eau inter-structurelle diminue, l'écart entre les températures de l'air entrant, et l'air sortant sera réduite.

En ce qui concerne la cinétique de séchage (températures de la biomasse), on constate une diminution de l'humidité de la masse jusqu'à ce qu'elle atteigne 25 % (à base sèche), ce qui correspond à une teneur en eau convenable pour le stockage du Combustible Solide de Récupération.

[35]

III.2.2. Profil des humidités (Air entrant, Air sortant) :

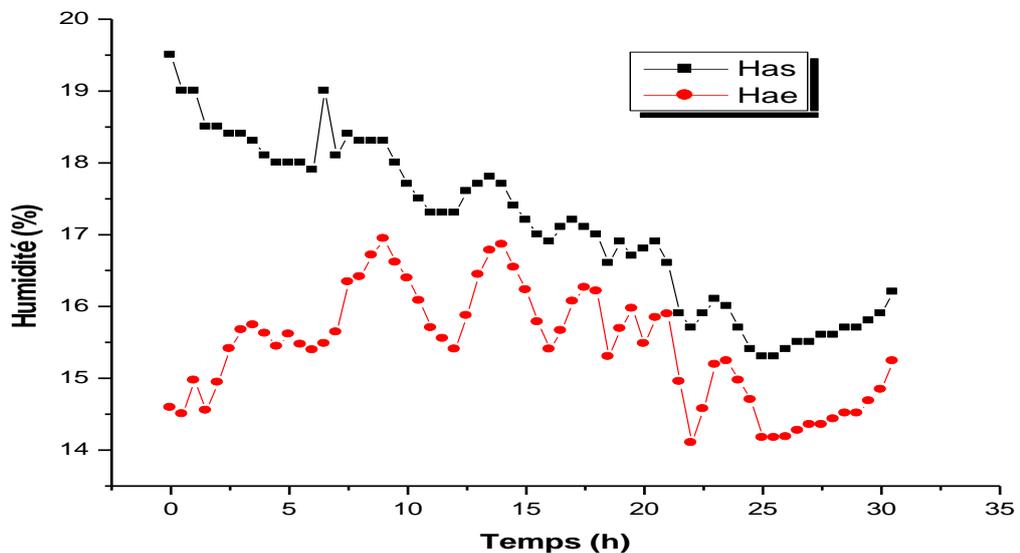


Figure III.2: Courbe des humidités (Air entrant, Air sortant).

Le Figure 2 représente l'humidité d'air (Air entrant, Air sortant) en fonction du temps pendant les jours de séchage.

Dans cette figure on observe le suivant :

On constate ici une diminution rapide de l'humidité de l'air sortant dans les premières heures de séchage, qui c'était censé suivre un profil croissant ou même stable, influencé par l'absence de la chaleur biologique responsable, dans ce lieu, au préchauffage de l'eau inter-structurelle (il n'y a pas de métabolisme). L'écart de température entre l'intérieur de la structure et la surface est importante, et donc le transfert de la matière devient de plus en plus rapide, il en résulte que l'évaporation de la masse totale d'eau (eau de surface + eau extraite de l'intérieur de la structure) ne se fait qu'à travers d'une seule source de chaleur, qui est le chauffe-canal, i.e. flux d'air convectif entrant ($T = 32^{\circ}\text{C}$). Et évidemment, l'eau évaporée sera transmise à l'extérieur par l'air sortant du réacteur, ce qui rend l'humidité de l'air sortant élevée dans les premières heures de séchage et diminue rapidement au fur à mesure que l'eau inter-structurelle s'est épuisée.

D'autre part, la perméabilité élevée (sciure de bois sèche) a permis à l'air de traverser rapidement la matrice biomasse, cela nous donne un temps de séchage réduit (30 heures).

III.2.3. Profil d'oxygène et de dioxyde de carbone :

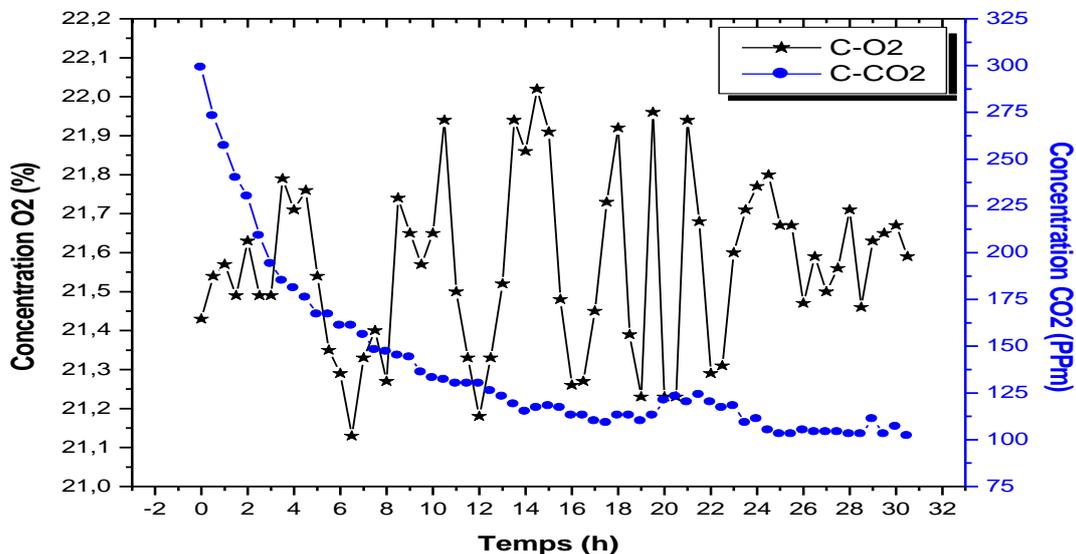


Figure (III.3): Courbe de Concentration d'O₂ et CO₂

La figure 3 représente la variation de la concentration d'oxygène et la concentration de dioxyde de carbone dans l'air sortant en fonction de temps.

III.2.3.1. Profil d'oxygène :

Vue l'absence de retournement périodique de la biomasse, au cours de l'opération de bio séchage la structure de la biomasse passe par une succession des phénomènes :

1. Le flux d'air s'échappe à l'intérieure de le structure biomasse créant des pistes courte-circuit(absence de la distribution de l'air a l'intérieur), donc la concentration d'oxygène s'augmente pour une période réduite.
2. Effondrement de le structure du solide (matière à séchée) due à évaporation de l'eau libre (qui occupe un volume bien déterminé)
3. Obstruction des voies aériennes qui engendre une concentration minimale de l'oxygène de l'air sortant.

Cela engendre un profit d'oxygène zigzagué, selon à une succession des trois phénomènes ci-dessus.

III.2.3.2. Profil de dioxyde de carbone :

Selon des chercheurs danois, les déchets de jardin laissés en place (les feuilles mortes) le Danemark pourrait stockés 600000 tonnes de CO₂ par an.

Ce principe se manifeste clairement dans le profil de dioxyde de carbone de la première expérience lors de l'utilisation de sciure de bois sèche comme agent de charge contribue à la distribution homogène du flux d'air convectif à travers la matrice biomasse. L'absence de l'activité bactérienne aérobie a favorisé une chute aiguë de la concentration de dioxyde de carbone dès les premiers heures du séchage, qu'il se stabilise à partir des 14 heures de séchage, selon la capacité d'adsorption des épluchures des légumes & des fruits.

III.3. Les résultats de l'expérience 2:

Nous avons commencé le test sur le prototype de bio-séchage le mardi 9 Mai 2023, correspondant au 19 Ramadan 1444, à 17h30. Le processus de séchage a duré environ 57 heures. Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau ci-dessous : (Voir annexe 3).

III.3.1. Profil des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse) :

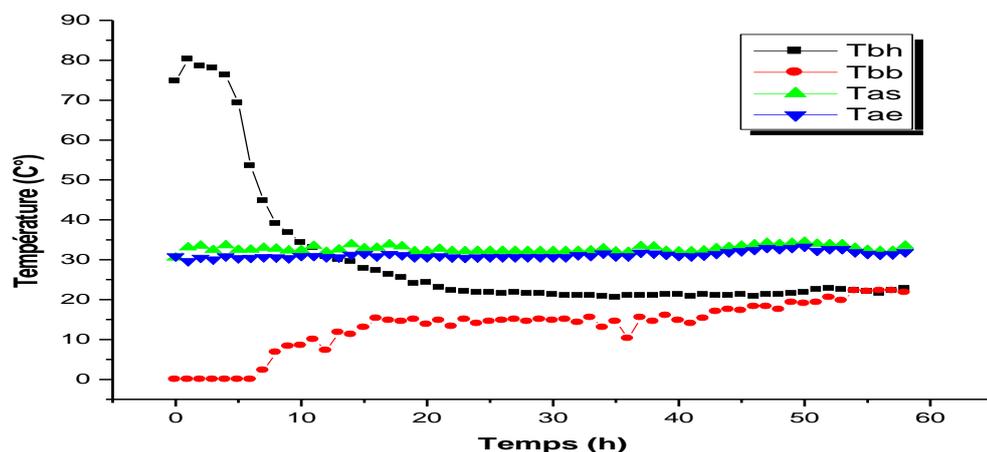


Figure III.4: Courbe des températures (Air entrant, Air sortant & Biomasse)

Nous notons que l'écart entre les températures de l'air entrant et de l'air sortant est presque nul, et cela est dû à la présence d'une activité bactérienne qui a contribué à la production de la chaleur responsable du chauffage de l'eau inter-structurelle à certains degrés,

d'une part et d'autre part, le flux d'air convectif à rencontrer une matrice mouillée ce qui engendre une humidification refroidissement de l'eau de surface, de sorte que l'eau se déplace à travers la matrice de manière modérée de l'inter-structure vers la surface.

En ce qui concerne la température de la biomasse, l'eau libre est soumise à la loi de la gravité, elle s'accumule donc au fond, et c'est pourquoi le capteur de la température en bas dans les premières heures de séchage donne des valeurs faibles ou quasi nulles; contrairement, le capteur haut de la température biomasse qui a donné des valeurs élevées les premières heures, par le fait que le flux d'air convectif travers une couche de biomasse assez poreuse (couche supérieur de la matrice), le chute de cette température est dû à l'hydratation refroidissement de l'eau de surface influencé par le transfert rapide de l'eau de l'inter-structure vers la surface. Le même principe cité ci-dessus gère le profil de la température biomasse du capteur bas, en plus L'humidité élevée de la couche inferieur de la matrice a réduit les voies aérienne ce qui influe négativement le flux d'air convectif. Et cela réduit l'intensité de l'élévation de température indiquée par ce capteur.

III.3.2. Profil de l'humidité (Air entrant, Air sortant)

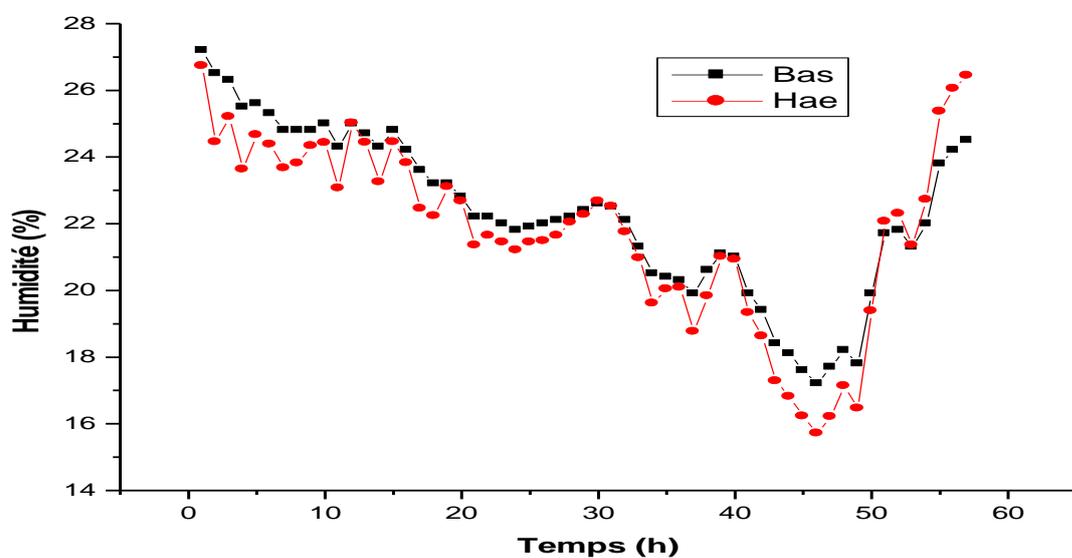


Figure III.5 : Courbe des humidités (Air entrant, Air sortant).

L'humidité de l'air entrant a montré ensuite une diminution modérée dont l'écart est presque nul avec l'humidité de l'air sortant. Cette phénomène provenant en raison de la présence d'une activité bactérienne qui a contribué à l'augmentation de la température de l'eau inter-structurelle, jusqu'à presque la température de l'eau de surface, d'où vient la diminution du degré de transfert de la

matière (mouvement de l'eau inter structurelle vers la surface). Le profil des humidités air entrant & air sortant a montré une perturbation (descente et remonté) à partir les 40 heures de séchage en raison de la mauvaise distribution de la structure biomasse, et cela est due l'absence du retournement périodique de la masse a séchée. D'autre part, la sciure de bois mouillé a aidé à remplir les vides, car elle a réduit la vitesse du flux d'air, ce qui a conduit à un allongement du temps de séchage par rapport à la première expérience (59 heures).

III.3.3.Profil d'oxygène et de dioxyde de carbone:

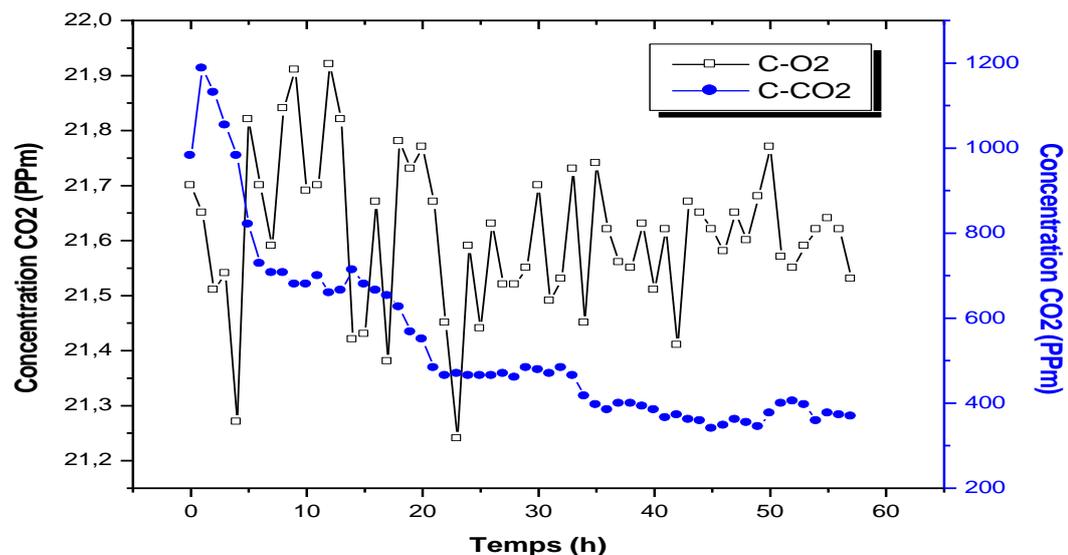


Figure III.6 : Courbe de Concentration d'O₂ et CO₂

La figure 3 représente la variation de la concentration d'oxygène et la concentration de dioxyde de carbone dans l'air sortant en fonction de temps.

III.3.3.1.Profil d'oxygène :

Nous constatons que le profil de la concentration d'oxygène lui-même à zigzagué mais de manière modérée, ce qui indique que les trois phénomènes précédemment mentionnés dans la première expérience à également suivis de la première expérience. Nous notons que la courbe de l'oxygène est tortueuse, mais de manière modérée, ce qui indique que les trois phénomènes précédemment mentionnés dans le La première expérience a également suivis. Quant au fait qu'il est modéré, cela est dû à l'utilisation de sciure de bois mouillé d'eau, ce qui affecte négativement le flux d'air dans la matrice.

III.3.3.2.Profil de dioxyde de carbone:

Nous avons immergé la sciure de bois dans les eaux usées afin de favoriser la croissance des bactéries aérobies qui contribuent à la production de chaleur biologique. Cela conduirait à une augmentation de la concentration de CO₂ de l'air sortant. Cependant, l'échantillon de *l'eau de recirculation* prélevé à partir de la station d'épuration des eaux usées de Haoud Berkaoui n'était pas très riche en bactéries actives, et selon le principe des boues activées qui gère cette station, l'eau de recirculation retourne vers le bassin d'aération où se trouve une grande colonie des bactéries actives jeunes comme appoint des aliments nutritif. (Voir annexe 1)

De plus, le principe d'absorption des feuilles mortes de CO₂ en grandes quantités contribue à l'absence d'indicateur d'activité bactérienne: CO₂ (augmentation de la concentration de CO₂ dans l'air extérieur n'était pas assez claire).

III.4. Teneur en matières volatiles :

Le résidu du processus de séchage à 105°C est chauffé à 550°C pendant une heure dans un four à moufle.

% de matières volatiles = [(Poids de l'échantillon sec - Poids des cendres) / Poids de l'échantillon sec] × 100

$$VS(\%) = ((W_i - W_f) / W_i) \times 100$$

W_i : Poids de l'échantillon sec à 105°C.

W_f : Poids des cendres à 550°C.

$$VS \text{ (Initial)} = \frac{7.4 - 0.449}{7.4} \times 100 = 93.93\%$$

$$VS \text{ (Final)} = \frac{23.307 - 14.4}{23.307} \times 100 = 84.23\%$$



Figure III.7: Produit Final.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale:

Ce travail est venu contribuer à un apport scientifique dans le domaine de la valorisation énergétique des déchets ménagers tout en répondons au question majeur : Comment peut-on traiter les denrées alimentaires qui ont été considérés comme déchets nocif pour la santé et l'environnement et difficile de s'en débarrasser, pour l'avoir adopté comme ressources énergétique durable capable a substituer l'énergie fossile qui vient d'être épuisé ?

Le traitement ici consiste à tremper la sciure de bois qui était considéré seulement comme agent de charge qui facilite la distribution homogène du flux d'air déshydratant, dans la matrice des déchets à sécher, pour lui confier une autre tâche, c'est de supporter les bactéries aérobie contenue dans les eaux usées et donc de fournir des nutriments, de l'eau et de l'air pour ces microorganismes pour se métaboliser et fournir de la chaleur biologique, capable à soutenir le chauffage électrique du flux d'air entant au réacteur de séchage, mais à une degré qui garantir la conservation de certain quantité de matières organiques, ou bien volatile solides (VS) afin de conserver la valeur énergétique du produit de séchage dite : combustible solide de récupération (CSR).

Le réacteur de bio séchage donc doit être doté d'un système de surveillance rénové des paramètres de ce processus. Le système d'acquisition des données en temps réel dit :

Arduino- Python s'était déjà préparé à cette tâche dans le prototype de bio-séchage ou nous avons réalisé notre étude.

Le taux de la consommation des solides volatils trouvé 9.7 pourcent indiquent que l'activité bactérienne a contribué à réduire à certain degré le taux d'humidité, améliorant ainsi le processus de séchage biologique.

En revanche, la comparaison entre les profils (enregistrées est dessinée à l'aide du software Origine), dans la première expérience où la sciure de bois est ajouté sèche et la deuxième expérience où celle-ci est ajouté trempé dans les eaux usées puis égouttée montre que la sciure de bois peut être utilisée dans les études envisagées dans le futur comme support fiable aux microorganismes aérobie facilitant leur métabolisme, dans le but de valoriser énergétiquement les déchets ménagers solides et assimilés.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- المؤلفة: وردة نويشي، النفايات المنزلية وانعكاساتها على الأسرة الحضرية، (دراسة ميدانية بمدينة بسكرة-1
، بسكرة، جامعة محمد خيضر بسكرة، كلية: العلوم الإنسانية و الاجتماعية، أطروحة دكتورا، سنة 2022
- المؤلف: سعد الله نجم أنعمي، التربة السليمة وصحة الغذاء والإنسان، لبنان، دار النشر: دار الكتب العلمية. سنة -2
النشر: 2021.
- 3- Auteurs:mekhri hasna/Messala soufiane،the valuation of recycling household solid waste in light of sustainable development requirement ،setif sEesoset case stedy،sétif،Université sétif.
- 4- Javad Yousefi / Habibollah Younesi/ Seyed Mahmoud Ghasempoury ،: Co-composting of Municipal Solid Waste with Sawdust: Improving Compost Quality، Research article:soil Air Water ،2013،41 (2) 185-. 194
- 5- Cecilia Sundberg ،Improving Compost Process Efficiency by Controlling Aeration, Temperature and Ph ،Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Biometry and Engineering Uppsala ،Acta Universitatis Agriculturae Sueciae ،2005:103.
- المؤلفين: حدة فروحات /محمد حمزة بن قرينة، واقع التسيير المستدام لنفايات المنزلية (دراسة حالة المؤسسة -6
العمومية الولائية لتسيير مراكز الردم التقني بورقلة)، ورقلة، جامعة قاصدي مرباح بورقلة، كلية العلوم
الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير،مجلة أداء المؤسسات الجزائرية، العدد 2015/08
- 7- Santosh S. Chobe¹; Shivshankar N. Hallale⁴, and Trambak U. Kendre³, Suresh D. Dhage²،
SOLID WASTE MANAGEMENT- PRACTICES AND TECHNIQUES ،Journal of Emerging Technologies and Innovative Research ،2023 JETIR April 2023, Volume 10, Issue
4 ،(ISSN-2349-5162)

8- ASHA P TOM .BIODRYING PROCESS: A SUSTAINABLE TECHNOLOGY FOR

MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT.2018. 682 022

المؤلفة: كباب مباركة، إستراتيجية الوطنية في إدارة وتسيير النفايات المنزلية وما شبهاها في إطار حماية البيئة -9 والتنمية

المستدامة، الجزائر، مجلة الأكاديمية للبحوث القانونية، سنة : 278، 2021-302

المؤلف: حسن عبد الفتاح السيد محمد، الاستفادة من تدوير النفايات المنزلية في ميزان الفقه الإسلامي، مكتبة عين-10
الجامعة -البحوث العلمية المحكمة -الدراسات القانونية -السنة 2017

11- <https://arab-ency.com.sy/tech/details/945/6>.

12- Asha P. Tom, Renu Pawelsb, Ajit Haridas; Biodrying process: A sustainable technology

for treatment of municipal solid waste with high moisture content.2016; 0956-053.-

13-SAMMY Sadaka،karl vandevender،thomas costello،mahmoud sharara

،Partial Composting for Biodrying Organic Materials،University of arkansas،united
depart ments cooperating ،1055.

14-N.A. Ab Jalil, H. Basri, N.E. Ahmad Basri،Mohammed F.M. Abushammala،

Biodrying of municipal solid waste un derdifferent ventilation periods،reserch
article،1226-

1225،

15- SHAHRAM NAVAEE- DESIGN, EXPERIMENTATION, AND MODELING OF
A NOVEL -CONTINUOUS BIODRYING PROCESS -UNIVERSITÉ DE
MONTRÉAL-

DIPLÔME DE PHILOSOPHIAE DOCTOR (Ph.D.) (GÉNIE CHIMIQUE) -
NOVEMBRE

2009.

16- Bartha, B.K., Brummack, J. and Kloden, W (2002). Control of a reactor for the treatment

of waste with biogenic components. Final report on the DBU project 14736, Dresden University of Technology.

17- SHER singh gill- A.M.Jana and arshana Shriv Arivastav- AEROPACTERIAL DEGRADATIEN

OF KTTCHEN WASTE, JOURNAL OF MICROBIOTECHNOROLOGY AND FOOD SCIENES .2014

18- XIAO SONG;Jiao Ma JIandong Gae; Yanbo Liu;Yongce Hao ;Wei Li ; Ruhai Hu;Aimin

Li;LeiZhang.Optimization of bio-drying of kitchen waste: inoculation, initial moisture content

and bulking agents. The 9th International Conference on Waste Management and Technology2014.440163-915-0450-3.

19- Mutala Mohammed, Augustine Donkor and Ismail Ozbay.Bio-Drying of Biodegradable

Waste for Use as Solid Fuel: A Sustainable Approach for Green Waste Management. 2018.

10.5772/intechopen.77957.

20- Mutala Mohammed ,Ismail Ozbay ,Ertan Durmusoglu. Bio-drying Of green waste with

high moisture content. Process Safety and Environmental Protection.2017.420-427.

21- Mohammed, Mutala, Ozbay, Ismail, Durmusoglu, Ertan. Bio-drying of green waste with

high moisture content. Process Safety and Environment Protection.2017-08-002.

22- Mutala Mohammed, Ismail Ozbay, Aykan Karademir, Mehmet Isleyen. Pre-treatment and

utilization of food waste as energy source by bio-drying process . International Scientific

Confer ence “Environmental and Climate Technologies.2017.107-100.

23-[https://www.bioenergie.fr/wp-content/uploads/2016/03/FEDEREC CSR ADEME VF-](https://www.bioenergie.fr/wp-content/uploads/2016/03/FEDEREC_CSR_ADEME_VF-)

reduit.

24- F. J. Colomer-Mendoza, L. Herrera-Parts, F. Robles-Martinez, A. Gallardo-Izquierdo,

A.B.Pina-Guzman. Effect of airflow on bio drying of gardening wastes in reactors. Journal of

Environnemental Sciences 2013, 25(5) 865–872. .

25- Łukasz Abramczyk; Agnieszka Domińczyk; Radosław Ślęzak Robert Artur Cichowicz;

THE IMPACT OF MICRO-ORGANISM ACTIVITY ON THE BIODRYING PROCESS.

Acta Innovations .2014; 2300-5599.

26- A. Bosmans,, I. Vanderreydt, D. Geysen, L. Helsen. The crucial role of Waste-to-Energy

technologies in enhanced land fills mining: a technology review

27-Taylor & Francis; Biodrying of Organic Municipal Wastes and Residues from the Pulp

and Paper Industry; Drying Technology: An International Journal; 2014; 1297-1303.

28- Asha P. Tom, Renu Pawels, Ajit Haridas; Biodrying process: A sustainable technology

- for treatment of municipal solid waste with high moisture content.2016; 0956-053.
- 29- DOMINCZYK ET AL 14 Based on Zawadzka et al 2010REF
- 30-Monk S. Programming Arduino: getting started with sketches. New York: McGraw-Hill, 2011)
- 31- <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>
- 32-<https://mobiskill.fr/blog/conseils-emploi-tech/pourquoi-utiliser-python-pour-du-developpement-web/>
- 33-<https://components.omron.com/sg-en/products/basic-knowledge/relays/basics>
- 34- Mahdhaoui H, Chesneau X, Laatar A.H, Effets d'un cylindre poreux inséré dans un canal sur les transferts de chaleur et de masse, (CIER– 2017), Proceeding of Engineering &Technology, Vol.31 pp.24-30.
- 35- Ma, J., Zhang, L., Mu, L., Zhu, K., & Li, A. (2018). Thermally assisted bio-drying of food waste: Synergistic enhancement and energetic evaluation. *Waste management*, 80, 327-338.

Annexes

Annexes 1 : STATION D'EPURATION DES EAUX USEES HAUD BERKAOUI

Le principe de traitement adopté est celui d'une épuration biologique par boues activée à faible charge (aération prolongée).

Dans ce type de traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus AEROBIES par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usée à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

L'épuration biologique à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de film. Dont les bactéries retiennent la pollution organique et s'en nourrissent.

Les étapes de traitement dans la station s'ordonnent comme suite:

- Arrivé & dégrillage des eaux brutes (tamisage)
- Dessablage-Déshuilage
- Aération des eaux et formation des boues activées
- Clarification des eaux (décanteur secondaire)
- Désinfection des eaux traitées
- Recirculation des boues
- Epaissement des boues en excès
- Evacuation des boues fraîches vers les lits de séchage
- Déshydratation des boues sur les lits de séchage
- Réutilisation des eaux traitées.

Arrivée des eaux brutes :

Les eaux brutes sont acheminées vers les ouvrages de la station par deux (02) postes de pompage en série SR1 et SR2

Dégrillage (tamisage) :

De la station de relevage SR1, les eaux sont refoulées vers le dégrillage. Le dégrilleur comprend un tamis rotatif de 1.5mm de passage avec une capacité hydraulique de 150m³/h, de construction AISI-304, et est actionné par un moteur de 0.37kw .en cas de défaillance du tamis, il y a un canal en béton armé de largeur 400mm équipé d'une grille fine de by-pass à nettoyage manuel. Il sera isolé par des vannes manuelles type canal.

Dessablage-Déshuilage :

Il est toujours à craindre une présence importante de sable, de matières minérales en suspension, et d'huiles pouvant gêner voire freiner le fonctionnement de l'installation. Pour cela, une phase de prétraitement des eaux usées dégrillées est réalisée dans un dessaleur-déshuileur longitudinal aérée. La vitesse d'écoulement des eaux est maintenue à environ 0.30m/s.

Moyennant un Aeroflot, l'eau est aérée par insufflation d'air permettant, d'une part, la séparation aisée du sable. Les huiles sont récupérées en surface dans une zone de tranquillisation et sont déversées dans un puisard à graisses pour être acheminées par camion vers la décharge ménagère.

Traitement biologique :

Le traitement biologique est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

- le bassin d'aération
- le bassin de clarification (décanteur secondaire)
- le poste de recirculation et d'extraction des boues

***bassin d'aération :**

- le bassin d'aération est de forme rectangulaire en béton armé, il sera alimenté en eaux usées dégrillées, dessablées et d'dégraissées qui seront brassées avec les boues de retour et la liqueur mixte.
- le bassin est équipé de deux aérateurs de surface à axe vertical reposant sur une passerelle en béton armé. L'aérateur de surface a pour rôle :

1) d'apporter l'oxygène nécessaire aux bactéries épuratrices

2) de provoquer une intense turbulence qui permet, d'une part, le maintien en suspension des boues activées, et d'autre part, de renforcer le contact intime de l'eau brute avec les bactéries épuratrices.

- le bassin d'aération est équipé aussi d'un oxymétrie permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène de la biomasse et la vitesse des aérateurs.

Après un temps de contact suffisant le mélange, eau/boue activé, est évacué par l'intermédiaire d'un ensemble de déversoir vers le clarificateur.

***bassin de clarification (décantation secondaire) :**

Les performances d'upérisation biologique résultent de l'action d'aération et de clarification qui, sur le plan technique, forment une seule unité.

La liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération, passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée.

L'alimentation se fait au moyen d'une conduite en siphon surmonté au centre du bassin, d'une jupe de répartition. Le floc se sépare dans l'eau interstitielle et se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par surverse dans une rigole périphérique.

Le bassin de décantation de 6 m de diamètre est équipé d'un pont racleur muni de racleur de fond ramenant les boues sédimentaires sur le radier de l'ouvrage vers la fosse centrale à boue, d'où ces dernières seront reprises par l'intermédiaire de tuyauteries vers la station de pompage et d'un racleur de surface pour l'élimination des flottants.

***poste de recirculation et d'extraction des boues**

Les boues reprises au centre du décanteur sont transférées gravitairement vers le poste de pompage des boues pour y être recirculées ou dirigées vers le traitement des boues en fonction de la destination des boues produites.

***boues de recirculation**

L'efficacité des procédés du traitement biologique par boues activées est basée sur une recirculation importante des boues provenant de la clarification.

La concentration nécessaire en boues activées dans le bassin d'aération est assurée par deux groupes électropompes.

***boues en excès :**

Les boues en excès sont extraites du poste de pompage par un groupe électropompes, et envoyées à l'épaississeur où elles subiront une stabilisation et une concentration avant l'expédition vers les lits de séchage.

Désinfection des eaux :

Les eaux décantées s'écoulent gravitairement dans un bassin final de stérilisation à l'hypochlorite de sodium avant rejet vers l'exutoire.

La désinfection est obtenue par l'injection d'une solution d'hypochlorite de sodium.

L'eau clarifiée en provenance du bassin de clarification alimente un bassin de contact rectangulaire permettant d'assurer un bon mélange de la solution désinfectante avec l'eau clarifiée. Ce bassin est dimensionné pour un temps de séjour qui assure une bonne efficacité de l'action du chlore actif.

La solution d'hypochlorite de sodium est distribuée par un groupe de dosage comprenant une pompe doseuse (01 de secours) et une cuve de stockage placée dans un local indépendant en béton armé.

L'eau traitée et après la désinfection sera pompée au bassin de stockage par deux pompes.

Il y a un système de sur-presseur pour l'expédition de l'eau traitée aux services d'irrigation.

Épaississement des boues :

L'épaississement des boues a pour but de concentrer au maximum les boues à envoyer sur les lits de séchage. L'ouvrage se présente sous forme d'un cylindre à fond conique, en béton armé à faible pente et de diamètre 3m.

L'équipement se compose essentiellement :

- D'un groupe de commande sur une passerelle,
- D'un arbre vertical tournant à faible vitesse et portant des herses.
- D'épaississement et des raclettes de fond.
- D'un tube central solidaire de la passerelle qui permet l'alimentation en boues l'épaississement.

Le surnageant passe par dans une goulotte périphérique d'où il est retourné en tête du poste de relevage, tandis que les boues épaissies sont ramenées par raclettes de fond dans une fosse centrale, d'où elles sont envoyées vers les lits de séchage.

Lits de séchage :

Les boues épaissies sont épanchées sur les (07) lits de séchage pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes en béton armé et d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier.

Les conduites de drainage disposées sous la couche support recueillent les eaux d'égouttage pour le ramener gravitairement vers la tête de la station.

L'enlèvement des boues sèches des lits et le remplissage des bennes d'évacuation se feront par une pompe type hélicoïdal.

STATION D'EPURATION

Site	HAOUD BERKAOUI
Population raccordée	1000 HABITANTS
Capacité	300 M ³ /J
Stations relevage	02
Rejets	Eau épurée : Irrigation espaces vers Boue organique
Avancement	En service

Annexes 2: Tableau 1: Les résultats d'expérience 1

Temps	TMS °c	TMII °C	T AE °C	H AS %	O2 %	CO2 ppm	T AE °C	H AE %
0	13,57	15,25	29,1	19,5	21,43	299	32,55	14,59
0,5	14	14,5	29,3	19	21,54	273	32,42	14,5
1	10,5	11,5	29,2	19	21,57	257	31,98	14,97
1,5	9,5	11	29,1	18,5	21,49	240	31,57	14,55
2	10	11,5	29,1	18,5	21,63	230	31,36	14,94
2,5	10,5	11	28,9	18,4	21,49	209	30,95	15,41
3	10,75	11,25	28,7	18,4	21,49	194	30,84	15,67
3,5	10,75	11,75	29,7	18,3	21,79	185	31,07	15,74
4	11,75	12	28,8	18,1	21,71	181	31,16	15,62
4,5	11,5	12,75	29	18	21,76	176	31,57	15,44
5	10,25	11,5	29,1	18	21,54	167	31,72	15,61
5,5	13,25	14	29,5	18	21,35	167	32,16	15,47
6	14,25	15,75	29,7	17,9	21,29	161	32,3	15,39
6,5	14,5	15,25	30	19	21,13	161	32,48	15,48
7	14,25	15	30,3	18,1	21,33	156	32,37	15,64

7,5	10	11	30	18,4	21,4	148	31,71	16,34
8	12,5	12,75	29,9	18,3	21,27	147	31,54	16,41
8,5	11,5	12,75	29,7	18,3	21,74	145	31,18	16,71
9	12,5	13	29,5	18,3	21,65	144	30,84	16,94
9,5	11,5	11,5	29,3	18	21,57	136	30,8	16,61
10	12,5	13,5	29,3	17,7	21,65	133	31,09	16,39
10,5	11,75	12,25	29,4	17,5	21,94	132	31,38	16,08
11	10,75	11,75	29,7	17,3	21,5	130	31,85	15,7
11,5	15	14,5	30,1	17,3	21,33	130	32,24	15,55
12	14,5	14,5	30,5	17,3	21,18	130	32,53	15,4
12,5	15,25	16,5	30,5	17,6	21,33	126	31,11	15,87
13	12,25	13,25	30,1	17,7	21,52	123	31,3	16,44
13,5	14,75	14,5	29,8	17,8	21,94	119	30,9	16,78
14	13	13	29,7	17,7	21,86	115	30,82	16,86
14,5	13,75	13,25	29,5	17,4	22,02	117	30,97	16,54
15	13	13,75	29,6	17,2	21,91	118	31,3	16,23
15,5	16	16,5	30	17	21,48	117	31,96	15,78
16	15,75	15	30,5	16,9	21,26	113	32,48	15,4
16,5	13	13	30,6	17,1	21,27	113	32,03	15,66
17	14,75	14,75	30,2	17,2	21,45	110	31,3	16,07
17,5	14,5	13,75	29,9	17,1	21,73	109	30,95	16,26
18	14,5	15	29,6	17	21,92	113	30,88	16,21
18,5	16,25	16,25	30,1	16,6	21,39	113	32,03	15,3
19	13,5	12,5	30,4	16,9	21,23	110	31,72	15,69
19,5	12,75	12,5	29,6	16,7	21,96	113	30,84	15,97
20	17,25	16,75	30,5	16,8	21,23	121	32,34	15,48
20,5	12,75	12,75	30,3	16,9	21,23	123	31,56	15,84
21	13,5	12,25	29,8	16,6	21,94	120	30,86	15,89
21,5	14,25	14,5	29,8	15,9	21,68	124	31,57	14,95
22	17,5	17	30,8	15,7	21,29	120	32,48	14,1
22,5	14,5	14,25	30,7	15,9	21,31	117	31,97	14,57
23	13,75	13,75	30,4	16,1	21,6	118	31,37	15,19
23,5	15,75	15,25	30	16	21,71	109	30,83	15,24
24	14,5	15	29,8	15,7	21,77	111	30,97	14,97
24,5	16,25	16,5	29,8	15,4	21,8	105	31,37	14,7
25	18,75	18,75	30,5	15,3	21,67	103	32,33	14,17
25,5	18,75	18,75	30,5	15,3	21,67	103	32,33	14,17

26	19,25	19,25	30,7	15,4	21,47	105	32,49	14,18
26,5	20,25	20,5	30,8	15,5	21,59	104	32,53	14,27
27	20,5	20,25	30,8	15,5	21,5	104	32,53	14,35
27,5	21,5	21,5	31	15,6	21,56	104	32,62	14,35
28	21,75	21	31	15,6	21,71	103	32,62	14,43
28,5	22,75	22,75	31	15,7	21,46	103	32,64	14,51
29	23	22,5	31	15,7	21,63	111	32,62	14,51
29,5	23,75	22,75	31,1	15,8	21,65	103	32,62	14,68
30	23,75	23,25	31,1	15,9	21,67	107	32,62	14,84
30,5	23,75	23,25	31,2	16,2	21,59	102	32,57	15,24

Annexes 3 : Tableau 2: Les résultats d'expérience 2

HEUR	TPM °c	TGM °C	T Prof °C	H DHT22 %	O2 %	CO2 ppm	T DHT22°C	H Prof %
0	74.75	0.00	30.54	23.90	21.70	982.00	30.90	44.29
1	80.25	0.00	33.06	27.20	21.65	1187	29.70	26.73
2	78.50	0.00	33.48	26.50	21.51	1130.00	30.50	24.45
3	78.00	0.00	32.37	26.30	21.54	1053.00	30.10	25.20
4	76.25	0.00	33.58	25.50	21.27	982.00	30.90	23.63
5	69.25	0.00	32.43	25.60	21.82	820.00	30.40	24.66
6	53.50	0.00	32.47	25.30	21.70	728.00	30.50	24.38
7	44.75	2.25	32.96	24.80	21.59	706.00	30.70	23.67
8	39.00	6.75	32.73	24.80	21.84	706.00	30.60	23.81
9	36.75	8.25	32.26	24.80	21.91	679.00	30.40	24.33
10	34.25	8.50	32.35	25.00	21.69	679.00	31.00	24.42
11	33.00	10.00	33.45	24.30	21.70	699.00	31.00	23.06
12	30.75	7.25	31.90	25.00	21.92	659.00	30.70	25.01
13	30.00	11.75	32.54	24.70	21.82	665.00	30.60	24.43
14	29.50	11.25	33.82	24.30	21.42	713.00	31.30	23.25
15	27.75	13.00	32.88	24.80	21.43	679.00	31.50	24.45
16	27.25	15.25	32.94	24.20	21.67	665.00	30.90	23.82
17	26.25	14.75	33.79	23.60	21.38	652.00	31.50	22.45
18	25.50	14.50	33.33	23.20	21.78	626.00	31.20	22.23
19	24.00	15.00	32.06	23.20	21.73	567.00	30.70	23.10
20	24.25	13.75	32.11	22.80	21.77	550.00	30.70	22.67
21	23.00	14.75	32.70	22.20	21.67	483.00	30.90	21.35
22	22.25	13.25	32.12	22.20	21.45	464.00	30.60	21.64
23	22.00	15.00	32.07	22	21.24	469.00	30.50	21.44
24	21,75	14	32,18	21,8	21,59	464	30,6	21,21

25	21,75	14,5	32,16	21,9	21,44	464	30,7	21,44
26	21,5	14,75	32,16	22	21,63	464	30,7	21,48
27	21,75	15	32,18	22,1	21,52	469	30,7	21,64
28	21,5	14,5	32,15	22,2	21,52	460	30,7	22,04
29	21,5	15..00	32,14	22,4	21,55	483	30,7	22,27
30	21,25	14,75	32,11	22,6	21,7	478	30,7	22,67
31	21	15	32,11	22,5	21,49	469	30,7	22,51
32	21	14,25	32,2	22,1	21,53	483	31,2	21,75
33	21	15,5	32,29	21,3	21,73	464	31	20,97
34	20,75	13	32,81	20,5	21,45	416	31,6	19,61
35	20,5	14,5	32,02	20,4	21,74	396	30,9	20,04
36	21	10,25	31,94	20,3	21,62	384	30,9	20,08
37	21	15,5	33,38	19,9	21,56	399	31,8	18,76
38	21	14,5	33,26	20,6	21,55	399	31,6	19,83
39	21,25	16	32,16	21,1	21,63	392	31,3	21,01
40	21,25	14,75	32,01	21	21,51	384	31	20,92
41	20,75	14	32,1	19,9	21,62	365	30,9	19,33
42	21,25	15,25	32,28	19,4	21,41	372	31,1	18,62
43	21	17	32,88	18,4	21,67	361	31,5	17,28
44	21	17,5	33,13	18,1	21,65	358	31,9	16,81
45	21,25	17,25	33,46	17,6	21,62	340	32,2	16,22
46	20,75	18,25	33,77	17,2	21,58	347	32,5	15,71
47	21,25	18,25	34,22	17,7	21,65	361	33	16,21
48	21,25	17,5	33,88	18,2	21,6	354	32,7	17,13
49	21,5	19,25	34,2	17,8	21,68	344	33	16,46
50	21,75	19	34,46	19,9	21,77	376	33,3	19,38
51	22,5	19,25	33,94	21,7	21,57	399	32,3	22,06
52	22,75	20,5	33,82	21,8	21,55	404	32,7	22,3
53	22,5	19,75	33,83	21,3	21,59	396	32,7	21,35
54	22,25	22,25	32,95	22	21,62	358	31,9	22,72
55	22	22	32,46	23,8	21,64	376	31,5	25,36
56	21,5	22,25	32,19	24,2	21,62	372	31,3	26,05
57	22,25	22,25	32,2	24,5	21,53	369	31,4	26,44