



UNIVERSITÉ LIBANAISE
FACULTÉ DES SCIENCES 3

Master 2 -Physique énergétique

Année universitaire: 2025 – 2026



PNRJ 506 Valorisation Energétique et traitement des déchets

One-day Seminar & Workshop

The goal of this event is to encourage young minds and their research skills by providing them with the necessary tools to work on current topics related to biomass/bioenergy, waste-to-energy processing, and bioenergy production from biomass. It aims to explore various applications in different sectors: urban, agricultural, and industrial.



UNIVERSITÉ LIBANAISE
FACULTÉ DES SCIENCES 3



PNRJ 506 Valorisation Énergétique et traitement des déchets

**Black Soldier fly technology for organic waste Management in
Lebanon**

Présenté par : Judy Asaad et Riham Abou Lebdeh

Master 2 -Physique énergétique
Année universitaire: 2025 – 2026

Titre: Black Soldier fly technology for organic waste Management in Lebanon

Abstract

Lebanon faces a severe waste management crisis, with organic materials comprising over half of municipal solid waste yet remaining largely untreated in overwhelmed landfills. This study evaluates Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as an innovative bioconversion solution adapted to the Lebanese context. The technology employs larvae to rapidly decompose organic waste while simultaneously producing high-protein animal feed and nutrient-rich compost. Unlike conventional composting methods requiring months, this biological approach completes waste transformation within two weeks while generating economically valuable byproducts. Analysis demonstrates that Black Soldier Fly systems offer a viable pathway to address Lebanon's waste crisis while creating local protein production capacity and supporting circular economy principles in the Mediterranean region.

Keywords: Black Soldier Fly, organic waste, bioconversion, Lebanon, circular economy.

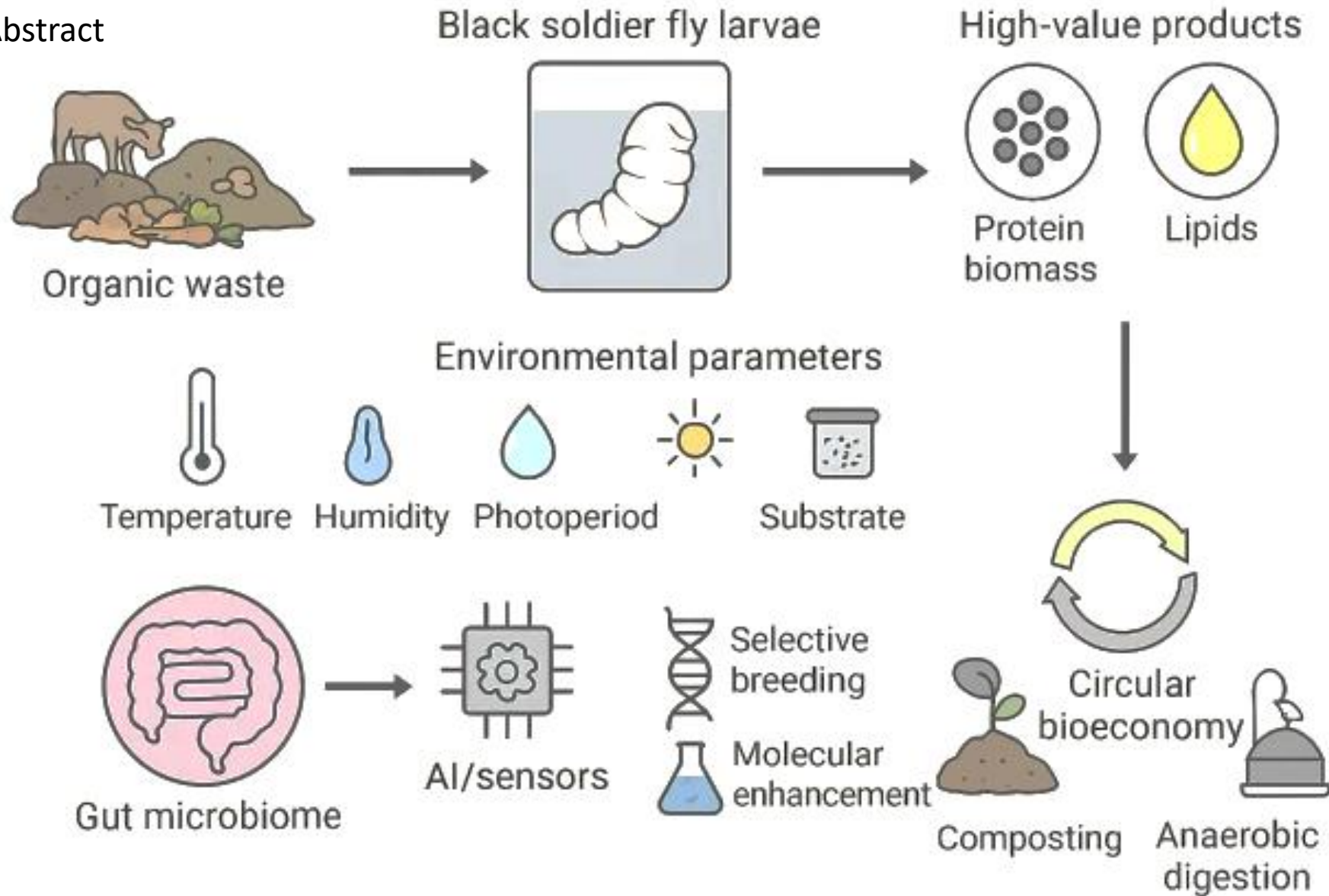
[1]. Kate Tepper, 2024, Diverting organic waste from landfills via insect biomanufacturing using engineered black soldier flies (*Hermetia illucens*), Perspective, Communications Biology volume 7, Article number: 862

[2] Timoth Mkilima, 2025, Harnessing Black Soldier Fly Larvae for Sustainable Waste Valorisation: Advances, Challenges, and Biotechnological Innovations, Springer nature

[3] Abbas et al. (2017) - Journal of Environmental and Waste Management Lien : <https://www.researchgate.net/publication/320190830>

[4] Debasree Purkayastha, 2021, Using black soldier fly for waste management in developing countries, Chap 12, Clean Energy and Resources Recovery, Biomass Waste Based Biorefineries, Volume 1, 2021, Pages 295-312

Graphical Abstract



[2] Timothy Mkilima, 2025, Harnessing Black Soldier Fly Larvae for Sustainable Waste Valorisation: Advances, Challenges, and Biotechnological Innovations, Springer nature

December 10 2025



Black Soldier Fly Larvae for organic waste management in Lebanon

Judy Asaad-Riham Abou Lebdeh
Faculty of sciences_LU



Abstract

Lebanon faces a severe waste management crisis, with organic materials comprising over half of municipal solid waste yet remaining largely untreated in overwhelmed landfills. This study evaluates **Black Soldier fly (*Hermetia illucens*)** larvae as an innovative bioconversion solution adapted to the Lebanese context. The technology employs larvae to rapidly decompose organic waste while simultaneously producing high-protein animal feed and nutrient-rich compost. Unlike conventional composting methods, this biological waste transformation occurs within **two weeks** while generating economically valuable byproducts. Analysis demonstrates that Black Soldier Fly systems offer a viable pathway to address Lebanon's waste crisis while creating local protein production capacity and supporting circular economy principles in the Mediterranean region.
Keywords: Black Soldier Fly, organic waste, bioconversion, Lebanon, circular economy

Introduction

Le Liban génère environ 6 500 tonnes de déchets municipaux par jour, dont plus de la moitié est constituée de matière organique. En l'absence d'un système de gestion efficace, ces déchets s'accumulent dans des décharges saturées, entraînant pollution, émissions de méthane et impacts sanitaires. La mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) représente une solution de bioconversion adaptée au contexte libanais. Ses larves décomposent rapidement les déchets organiques tout en produisant une biomasse riche en protéines et un engrais organique valorisable, ce qui en fait une technologie durable alignée avec les principes de l'économie circulaire.



Figure 1. la larve soldat noire.



Figure 2. Larves de BSF dans les déchets organiques

Materials and methods

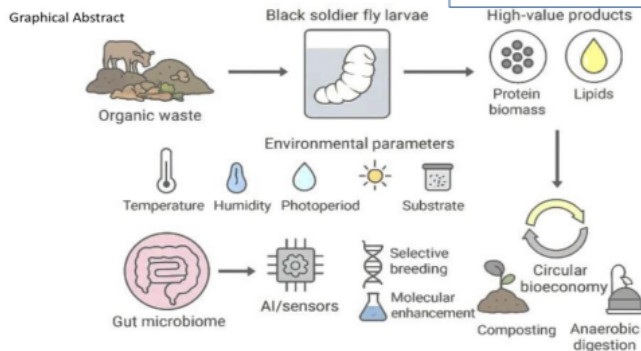
Six-day-old larvae are reared under controlled conditions with temperatures ranging from 27 to 30 °C, relative humidity between 60 and 70%, and a substrate maintained at 70% moisture. Between 400 and 1000 larvae are introduced per container and left to bioconvert the waste for 13 to 14 days.

The substrate is turned every 48 hours to ensure uniform aeration. Process evaluation includes waste weight reduction, larval biomass production, feed conversion ratio (FCR), larval survival rate, substrate temperature, and CO₂ and NH₃ emissions.

Results

The results confirm that the Black Soldier Fly represents an effective alternative to traditional organic waste management methods. The significant reduction in waste volume, rapid treatment cycle, and production of protein-rich biomass demonstrate the system's versatility.

The low emissions observed further enhance its environmental value, especially in a context where Lebanese landfills contribute significantly to greenhouse gas emissions. However, large-scale implementation requires infrastructure optimization, continuous environmental condition management, and local awareness to ensure effective integration into existing waste management systems.



[2] Timothy Mkilima, 2025, Harnessing Black Soldier Fly Larvae for Sustainable Waste Valorisation: Advances, Challenges, and Biotechnological Innovations, Springer nature

Discussion

Les résultats obtenus confirment que la mouche soldat noire représente une alternative performante aux méthodes traditionnelles de gestion des déchets organiques. La forte réduction du volume des déchets, la rapidité du cycle de traitement et la production de biomasse protéique démontrent la polyvalence du système. Les faibles émissions observées renforcent son intérêt environnemental, surtout dans un contexte où les décharges libanaises contribuent fortement aux gaz à effet de serre. Cependant, la mise en place à grande échelle nécessite une optimisation des infrastructures, une gestion continue des conditions environnementales et une sensibilisation locale afin d'assurer une intégration efficace dans les systèmes de gestion des déchets existants.

Conclusion

La bioconversion des déchets organiques par la mouche soldat noire constitue une solution durable et rentable pour répondre à la crise des déchets au Liban. Elle permet de réduire efficacement les volumes de déchets, de produire localement des protéines de haute qualité et un engrais organique, et de renforcer les modèles d'économie circulaire. Cette technologie offre ainsi une option prometteuse pour améliorer la gestion des déchets et soutenir une transition écologique dans la région.

Références

- Rehman K.U. et al. (2023). BSF for organic waste management. Waste Manag. Res.
- Surendra K.C. et al. (2020). Bioconversion potential of BSF. Waste Management.
- Amrul N.F. et al. (2022). Organic waste treatment using BSF. Sustainability.
- Hussein M. et al. (2022). BSF biomass for feed. Waste Manag. Res.
- Abbas Y. et al. (2017). Solid waste management in Lebanon. J. Environ. Waste Manag.

UNIVERSITÉ LIBANAISE
FACULTÉ DES SCIENCES 3

PNRJ 506 Valorisation Énergétique et traitement des déchets

**Incinération des déchets médicaux : efficacité, durabilité et
valorisation énergétique**

**Medical waste incineration: efficiency, sustainability and energy
recovery**

Présenté par : Martha Al Zoghbi, Elie Tannous

Master 2 -Physique énergétique
Année universitaire: 2025 – 2026

Abstract

Ce projet s'inscrit dans le contexte des pays de la région MENA, où la gestion durable et la valorisation énergétique des déchets médicaux constituent un enjeu grandissant, en particulier depuis l'augmentation des volumes liée à la pandémie de COVID-19. À partir d'études récentes, ce travail analyse les performances, les limites et les perspectives d'évolution de l'incinération, qui demeure la méthode la plus utilisée pour assurer une élimination sécurisée de ces déchets. Les résultats soulignent le double potentiel de cette technique : une réduction efficace des risques sanitaires et du volume des déchets, ainsi qu'une possibilité de production d'énergie grâce à la récupération de chaleur et à l'optimisation des procédés thermiques. Toutefois, les émissions polluantes associées à l'incinération restent un défi majeur dans la région, ce qui met en évidence la nécessité de renforcer les systèmes de contrôle, d'améliorer la conception des installations et d'adopter une gestion plus intégrée. L'étude met également en avant l'importance d'une approche globale combinant innovations technologiques, formation du personnel et cadre de gouvernance adapté aux réalités des pays MENA. La valorisation énergétique des déchets médicaux apparaît ainsi comme une voie prometteuse pour renforcer la santé publique tout en soutenant la transition vers des solutions énergétiques plus durables.

Mots-clés : déchets médicaux, incinération, valorisation énergétique, émissions polluantes, pays MENA, gestion durable, transition énergétique.



INCINÉRATION DES DÉCHETS MÉDICAUX

Efficacité, durabilité et valorisation énergétique

Martha Al Zoghbi et Elie Tannous

Université Libanaise – Faculté des Sciences 3

Introduction

La gestion des déchets médicaux est devenue un enjeu majeur dans les pays de la région MENA, surtout après l'augmentation importante des volumes observée durant et après la pandémie de COVID-19. Parmi les méthodes disponibles, l'incinération est l'une des techniques couramment utilisées car elle permet de réduire significativement le volume des déchets tout en détruisant les agents pathogènes. Elle présente également un potentiel intéressant de valorisation énergétique grâce à la récupération de chaleur. Cependant, cette technique pose plusieurs défis dans la région, notamment en termes d'émissions polluantes, de conception des installations et d'optimisation des performances.

Problématique : Comment améliorer l'efficacité et la durabilité de l'incinération des déchets médicaux dans les pays MENA tout en limitant son impact environnemental ?

Méthodologie

Analyse documentaire : étude de cinq articles scientifiques portant sur l'incinération, la performance énergétique, les impacts environnementaux et les pratiques de gestion hospitalière.

Approche comparative : évaluation des technologies existantes, des conditions opérationnelles et des résultats observés dans différents pays.

• Critères étudiés :

1. Réduction du volume et de la masse des déchets
2. Consommation énergétique et récupération de chaleur
3. Émissions polluantes (dioxines, furanes, métaux lourds)
4. Qualité du design des incinérateurs
5. Impact de la formation du personnel et du cadre organisationnel

Références principales

Heat Exchanger Enhancements in Medical Waste Incinerators.
Environmental Impact of Medical Waste Incineration.
Fuel Consumption Analysis in a Tanzanian Hospital Incinerator.
Sustainable Hospital Waste Management in Sri Lanka
Medical Waste Treatment Technologies for Energy Production.

Fonctionnement de l'incinérateur

L'incinération des déchets médicaux repose sur un processus thermique en plusieurs étapes visant à assurer une destruction complète des agents pathogènes tout en limitant les émissions polluantes.

1. Chambre de combustion primaire
Les déchets sont introduits dans la chambre principale où ils sont portés à haute température. Cette étape permet de réduire leur volume et d'éliminer la majorité des contaminants biologiques.

2. Chambre de combustion secondaire
Les fumées générées passent dans une seconde chambre, plus chaude, destinée à compléter la combustion et à réduire la formation de polluants comme les dioxines et les furanes.

3. Récupération de chaleur
Les gaz chauds traversent un échangeur thermique permettant de récupérer une partie de l'énergie. Cette chaleur peut être utilisée pour chauffer de l'eau ou alimenter un système de production énergétique (selon les configurations modernes).

4. Filtration et traitement des fumées
Les fumées passent ensuite dans des systèmes de filtration (filtres céramiques, électrofiltres, cyclones, etc.) afin de réduire les métaux lourds, les particules fines et les composés toxiques avant leur rejet dans l'atmosphère.

5. Évacuation des résidus
Le processus génère deux types de cendres :

- a. cendres de fond, moins dangereuses
- b. cendres volantes, plus toxiques et nécessitant un traitement spécifique.

Ce fonctionnement met en évidence l'importance de la conception de l'incinérateur, du contrôle des températures et de l'efficacité des systèmes de filtration pour minimiser l'impact environnemental



Résultats

Les analyses montrent plusieurs tendances clés concernant les performances des incinérateurs médicaux :

L'incinération permet une réduction du volume des déchets jusqu'à 90 %.

Les systèmes modernes offrent un potentiel de récupération de chaleur grâce à l'échange thermique.

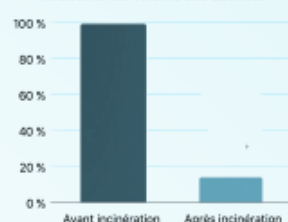
Les émissions polluantes (dioxines, furanes, métaux lourds) restent un défi majeur.

Les performances varient fortement selon :

- la conception de l'incinérateur,
- la formation du personnel,
- le contrôle des températures.

Les études montrent aussi une consommation de carburant parfois excessive dans les installations anciennes.

Reduction du volume des déchets



Conclusion

L'incinération des déchets médicaux apparaît comme une solution efficace pour réduire les risques sanitaires et la quantité de déchets. Cependant, son impact environnemental doit être mieux maîtrisé grâce à des systèmes de filtration performants, une meilleure conception des équipements et une optimisation du contrôle de combustion. La récupération d'énergie offre une opportunité importante pour rendre ce procédé plus durable et plus rentable dans les pays MENA.

Perspectives

- Développer des incinérateurs plus économes en carburant.
- Améliorer les systèmes de filtration et de traitement des fumées.
- Former le personnel hospitalier aux bonnes pratiques de tri et d'exploitation.

UNIVERSITÉ LIBANAISE
FACULTÉ DES SCIENCES 3

PNRJ 506 Valorisation Énergétique et traitement des déchets

Valorisation Énergétique des déchets médicaux par Pyrolyse.
Energy recovery from medical waste by pyrolysis.

Présenté par : Amal El Moukadem, Abir El Abed

Master 2 -Physique énergétique
Année universitaire: 2025 – 2026

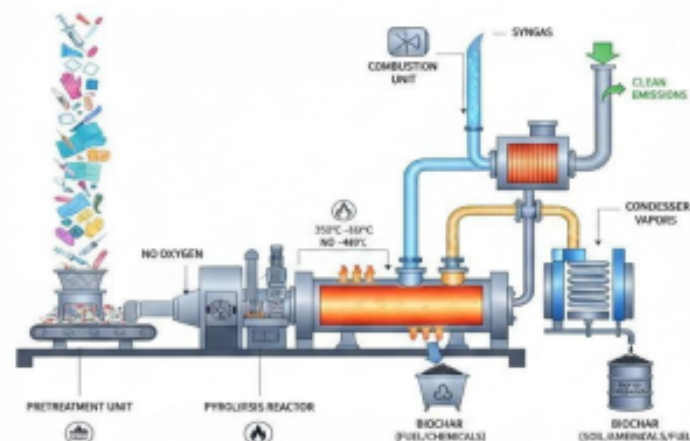
Abstract

La gestion appropriée des déchets médicaux est une préoccupation mondiale majeure, nécessitant de nouvelles méthodes d'élimination tout en permettant la récupération d'énergie (waste-to-energy). Ce projet explore en détail la valorisation énergétique des déchets médicaux en utilisant le processus de la pyrolyse qui est une solution durable face aux défis environnementaux croissants, notamment ceux dues à la pandémie du COVID19. Les études confirment que la pyrolyse est une technologie plus viable que l'incinération, puisqu'elle produit moins de pollutions et de produits toxiques. Pour mener la pyrolyse, un réacteur discontinu à chauffage externe a été construit, où divers types de déchets médicaux, y compris des flacons de sérum physiologique, des seringues et des gants médicaux, ont été dégradés thermiquement. Les principaux objectifs de l'étude étaient d'examiner les effets des variations dans les mélanges de déchets médicaux et des températures sur les rendements des produits, et de déterminer les propriétés physico-chimiques de l'huile pyrolytique produite. Les résultats montrent que l'huile pyrolytique est comparable au diesel et présente un potentiel pour être utiliser comme un fuel alternatif pour la récupération d'énergie.

Keywords : pyrolyse, gestion des déchets médicaux, valorisation énergétique, récupération d'énergie, huile pyrolytique, fuel alternatif



PYROLYSIS PROCESS FOR MEDICAL WASTE: SUSTAINABLE ENERGY & RESOURCE RECOVERY



KEY BENEFITS:

- ✓ REDUCED POLLUTION
- ✓ ENERGY RECOVERY
- ✓ RESOURCE RECYCLING

Méthodes

Le processus étudié est la pyrolyse en laboratoire, utilisant principalement un réacteur discontinu à lit fixe chauffé de manière externe. L'objectif expérimental était d'évaluer l'effet de la température et de la composition des mélanges de déchets (par exemple, flacons de solution saline, seringues, gants médicaux) sur le rendement des produits. La pyrolyse est menée à des températures modérées, le taux de chauffage et le prétraitement des déchets étant des facteurs clés. Les recherches se penchent également sur des concepts innovants tels que la pyrolyse par induction pour développer des machines de petite taille adaptables aux sites de production (hôpitaux), et sur l'amélioration des processus par la pyrolyse catalytique ou la co-pyrolyse pour optimiser la sélectivité des produits.

Résultats

Les expériences confirment l'efficacité de la pyrolyse dans la conversion des DM en une triple richesse : Huile de Pyrolyse (Bio-oil) : Le rendement maximal en produit liquide a été mesuré entre 53 % et 59,5 % en poids, obtenu généralement dans la plage de 350 °C à 450 °C pour les mélanges optimaux (seringues et flacons de solution saline). L'huile obtenue présente un Pouvoir Calorifique Brut (GCV) élevé, autour de 41 à 44 MJ/kg, comparable aux carburants conventionnels. L'analyse révèle une composition riche en alcanes et alcènes. Gaz de Synthèse (Syngas) : Représentant 20 % à 30 % du rendement, il est combustible et essentiel pour l'autosuffisance énergétique du processus (récupération de chaleur). Charbon (Biochar) : Le résidu solide peut être valorisé comme amendement du sol ou combustible.

Introduction

La gestion des déchets médicaux (DM), principalement composés de plastiques (seringues, flacons, gants), représente un défi environnemental et sanitaire majeur, exacerbé par des événements tels que la pandémie de COVID-19. Les méthodes d'élimination conventionnelles comme l'incinération et l'enfouissement sont coûteuses, non durables et génèrent d'importantes pollutions (dioxines, furanes, HCl, CO₂), compromettant la santé publique et le climat. La pyrolyse, un processus de décomposition thermique sous atmosphère contrôlée (faible ou sans oxygène), est proposée comme l'approche optimale. Cette technologie propre et sûre permet non seulement de neutraliser les déchets potentiels, mais aussi d'exploiter la haute teneur en carbone et en hydrogène des DM pour la valorisation énergétique, réduisant ainsi la dépendance à l'enfouissement jusqu'à 90 % et offrant une récupération d'énergie de 75 à 80 %.

Conclusions

La pyrolyse est une méthode technologique viable, efficace et durable pour la gestion des déchets médicaux. Elle permet non seulement de résoudre le problème de l'élimination des déchets dangereux, mais aussi de récupérer une quantité significative d'énergie sous forme de carburants alternatifs de haute qualité. Pour une mise en œuvre à grande échelle, la recherche doit se concentrer sur : l'amélioration des équipements et la réduction des coûts d'investissement (CAPEX) élevés. L'optimisation continue des processus, notamment via la catalyse, pour maximiser la sélectivité vers des matières premières pétrochimiques (BDX), inscrivant ainsi l'ensemble du processus dans une véritable économie circulaire. Le développement de systèmes d'épuration des gaz performants pour neutraliser les émissions de contaminants potentiels, tels que le HCl.

UNIVERSITÉ LIBANAISE
FACULTÉ DES SCIENCES 3

PNRJ 506 Valorisation Energétique et traitement des déchets

Anaerobic co-digestion of municipal mixed sludge (MMS) and fruit and vegetable waste (FVW) for enhancing methane production

Bilal Ahmad Khaled

Energetic Physics, Faculty of science S3,
Lebanese University.

Abstract

Solid waste management represents a main challenge to the developing countries. Dumping of biodegradable waste including sewage sludge into landfills can harm the environment through intensive methane and toxic gas emissions. Waste generating per capita ranked among the highest in the world in the Gulf Cooperation Council countries, including the kingdom of Bahrain. Studies showed that the Adoption of anaerobic digestion in the kingdom of Bahrain can be beneficial on the environmental and economic levels, due to reduction of methane emission and the revenues from electricity sales. municipal mixed sludge and fruit and vegetable waste are becoming the major organic solid wastes in human society but this is not a challenge in the anaerobic digestion but an opportunity to increase the methane production. A study launched in Portugal, shows results indicating that the addition of mango peel pulp had a beneficial effect on specific methane production. Among the strategies of increasing the methane production, enzymatic pre-treatment is a suitable choice for developing countries and a very important step for treating sludge mixture produced from municipal wastewater treatment plant.

Keywords: Anaerobic digestion, anaerobic co-digestion, sewage sludge, fruit and vegetable waste, methane production, developing countries, enzymatic pre-treatment, Bahrain



Anaerobic co-digestion of municipal mixed sludge (MMS) and fruit and vegetable waste (FVW) for enhancing methane production

Bilal Khaled
Lebanese University, Faculty of science 53

ABSTRACT

Solid waste management represents a main challenge to the developing countries. Dumping of biodegradable waste including sewage sludge into landfills can harm the environment through intensive methane and toxic gas emissions. Waste generating per capita ranked among the highest in the world in the Gulf Cooperation Council countries, including the kingdom of Bahrain. Studies showed that the Adoption of anaerobic digestion in the kingdom of Bahrain can be beneficial on the environmental and economic levels, due to reduction of methane emission and the revenues from electricity sales. municipal mixed sludge and fruit and vegetable waste are becoming the major organic solid wastes in human society but this is not a challenge in the anaerobic digestion but an opportunity to increase the methane production. A study launched in Portugal, shows results indicating that the addition of mango peel pulp had a beneficial effect on specific methane production. Among the strategies of increasing the methane production, enzymatic pre-treatment is a suitable choice for developing countries and a very important step for treating sludge mixture produced from municipal wastewater treatment plant.

INTRODUCTION

The estimated total amount of waste generated in the GCC countries range from 90 million to 150 million metric tonnes annually, with the UAE being the highest generator at approximately 2.2 kg per capita daily. The amount of recycled waste is around 5% of the total, with the rest being accounted for landfills or, even worse, to illegal dump sites. The amount of waste generated is expected to grow rapidly to anywhere between 1.5 and 2 times of the current volume in 2021. Changes in consumption patterns of the GCC countries, have led to an increase in the MSW Dumping. In countries like Bahrain landfill space is running low and this practice is becoming a major problem. Municipal mixed sludge (MMS), produced in wastewater treatment plants, contains high organic loads suitable for anaerobic digestion (AD). However, mono-digestion of MMS suffers from issues such as:

- Low C/N ratio
- Slow biodegradation
- Limited methane yield

To address these limitations, two enhancement strategies are studied:

1. Enzymatic pretreatment of sludge to increase hydrolysis efficiency
2. Co-digestion of MMS with fruit and vegetable waste (FVW), particularly mango peel pulp (MPP), which is rich in carbohydrates (~80%), improves substrate balance and boosts methane yield

METHODS AND MATERIALS

1. Feedstocks
 - Municipal Mixed Sludge (MMS) from primary, secondary, and digested sludge fractions.
 - Fruit & Vegetable Waste (FVW), focusing on mango peel pulp (MPP) due to its high biodegradability.
2. Enzymatic Pretreatment

Two sludge mixtures were prepared:

 - Mix A: 50% digested sludge + 50% (primary + secondary)
 - Mix B: 25% digested sludge + 75% (primary + secondary)

Enzymes used at 0.1% and 0.5% dosages:

 - Proteases (Alcalase),
 - cellulases (Cerase, Celluclast),
 - lipases (Lipolase),
 - amylases (Termamyl),
 - and mixed carbohydrase (Viscozyme).

Process: Enhance hydrolysis by breaking down large organic particles into bioavailable fractions.

Scientific basis: Enzymatic pretreatment improves hydrolysis rate and methane yield
3. Anaerobic Co-digestion Experiments

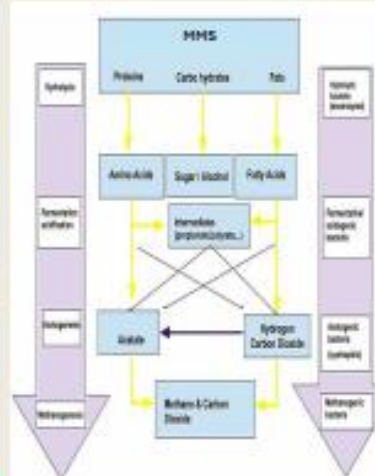
Different mixing ratios of MMS + MPP were tested (0–30% MPP). Batch anaerobic digesters operated under mesophilic conditions (35°C).

Measured parameters:

 - Volatile solids (VS) reduction
 - Biogas composition (CH₄/CO₂)
 - Methane yield (ml CH₄/g VS)

RESULTS

- Effect of Enzymatic Pretreatment**
- Increasing enzyme dosage from 0.1% to 0.5% did not significantly increase VS reduction.
 - 0.1% dosage is sufficient, offering performance improvement at lower cost.
 - Enzyme performance depends strongly on sludge characteristics and natural enzymatic activity of the biomass.
- Co-digestion of MMS + MPP**
- Mono-digestion of MMS showed limited methane production due to low C/N ratio.
 - Addition of MPP significantly boosted methane yield.
 - The highest methane yield was achieved with 30% MPP, improving performance compared to MMS alone.



CONCLUSIONS

Waste is increasing, and landfills are not sustainable. But instead of treating sludge and fruit waste as useless leftovers, we can combine them and turn them into methane — a valuable source of renewable energy. Enzymes help break down the sludge, mango peels improve its nutritional balance, and together they boost methane production much more than sludge alone. The study shows that simple steps, like adding 30% mango peel pulp or using a low enzyme dose, can have a real impact without raising costs. In short, the work proves that co-digestion isn't just a lab idea — it's a practical, efficient, and realistic solution for waste management and energy recovery.

DISCUSSION

Why co-digestion works:
MPP adds easily degradable carbohydrates, correcting the C/N imbalance of MMS and promoting optimal microbial activity.
Economic and operational benefits:
Co-digestion and enzymatic pretreatment require minimal investment and offer significant increases in methane yield, improving energy recovery in wastewater treatment plants (nVWTP).
Pretreatment insight:
Using enzymes at low concentrations is cost-effective and provides sufficient hydrolysis improvement, making this approach suitable for developing countries.
Environmental significance:
Diverting organic waste from landfills reduces methane emissions while producing renewable energy, directly supporting circular economy strategies.



REFERENCES

1. Sewage sludge management and enhanced energy recovery using anaerobic digestion or incineration
2. A Review on Anaerobic Digestion of Organic Wastes: Pretreatments and Operational Conditions
3. Improvement in the Efficiency of Hydrolysis of Anaerobic Digestion in Sewage Sludge by the Use of Enzyme
4. Feasibility of anaerobic digestion as an option for biodegradable and sewage sludge waste management in the Kingdom of Bahrain
5. Anaerobic co-digestion of municipal mixed sludge and mango peel: Biogas production and stability analysis for different ratios

CONTACT

Bilal Ahmad Khaled
Lebanese university
Email: bilal.khaled@gmail.com
Phone: 76337041

Abstract

Faced with increasing urbanization and rising municipal solid waste (MSW) production, which raise economic and environmental concerns related to sustainable waste management, this study focuses on the recovery of materials and energy contained within MSW. Efforts to overcome this crisis include a sustainable strategy aimed at reducing the negative impact of waste and improving recycling, recovery, and composting in all Lebanese cities. Taking into account the nature and composition of municipal solid waste, this study focuses on the recovery of municipal solid waste (MSW) in Lebanon, following a strategy that includes the recovery of plastic waste and used tires through pyrolysis. The organic fraction of the waste will be recovered through composting technology and the possibilities of adopting recent technological innovations. The study provides an overview of technological advancements in the recovery of tires and plastic waste. The other part of the study focuses on the composting of municipal organic waste, describing the types of composting processes, their advantages and challenges, with the aim of identifying key areas for improvement. Furthermore, process optimization, environmental and economic assessment were studied.

Keywords: municipal solid waste, energy valorization; recycling, grinding, pyrolysis, vermicomposting, windrow composting



Valorization of municipal solid waste (MSW) in Lebanon through a strategy including composting and pyrolysis.



Elie El-Hachem*
FACULTÉ DES SCIENCES II, UNIVERSITÉ LIBANAISE
Niveau 2 Energétique physique
elie@ulb.edu.lb

December, 2025 Tripoli, Lebanon

Abstract

Recent solid household collection and recycling enabled solid waste (MSW) production, which also increases and reduces solid resources, related to sustainable waste management. This study focuses on the recovery of materials and energy contained within MSW. While, to maximize this value, includes a sustainable strategy aimed at reducing the negative impact of waste and improving recycling, reusing, and responding to all stakeholders. Taking into account the volume and composition of recycled solid waste, this study focuses on the recovery of recycled solid waste (RSW) in Lebanon, following a strategy that includes the recovery of plastic waste and coal that through pyrolysis. The organic fraction of the waste will be recovered through anaerobic biodegradation and the possibility of recycling waste biodegraded by another. This study provides an overview of biodegraded substrates in the recovery of the organic fraction. The other part of this study focuses on the recycling of recycled organic waste, describing the types of recycling processes, their advantages and challenges, and the use of biodegradable biomass for biogas production. Furthermore, process optimization, waste management and waste management is essential.

Keywords: municipal solid waste, energy recovery, recycling, pyrolysis, anaerobic digestion, waste management

Introduction

Lebanon produces approximately 800 tons of recycled solid waste (RSW) per day, primarily composed of organic waste, with more than a third of this waste being recycled. Currently, illegal recycling facilities and open air landfills are the primary methods for biodegradation. This waste is sent to the country's waste management system. Consequently, only around 10% of the waste is disposed of in a controlled facility, while a significant portion ends up in illegal dumps, leading to greenhouse gas emissions and impacting Lebanon's climate goals. Furthermore, these facilities are major sources of greenhouse gas emissions, particularly methane.

A challenge involves sorting and separating plastic waste from organic waste for use, recycling and landfill. Firstly, the use of an pyrolysis process for plastic waste and coal that can convert plastic into gas and coal. profits can be made, the oil and energy, currently used in recycling process, in sustainable approach for utilization of organic waste and produce a solid oil carbonaceous.

Energy recovery

Utilization of the organic fraction of recycled solid waste (OPRSW)

The organic fraction of municipal solid waste (OPRSW), which can constitute up to 35% of total municipal waste in Lebanon, is rich in carbohydrates, proteins, and lipids, making it a valuable feedstock for composting. Its utilization is crucial for achieving a circular waste economy and reducing environmental pressures associated with landfill and incineration [1].

Compost systems are suitable for converting organic waste into a valuable substrate and organic matter for reuse in agriculture. In the other hand, the organic fraction of municipal solid waste (OPRSW) can be utilized through various composting techniques, each offering distinct advantages in terms of efficiency, process control, and product quality [2]. The process aims to ensure decomposition through microbial activity, which transforms organic matter into carbon, nitrogen, and other nutrients that can be recycled for agricultural and industrial uses.



Figure 1: Composting process flowchart showing the conversion of organic waste into compost and biogas.

Indeed, composting represents an economical and sustainable approach for managing organic waste, particularly in developing countries, as a key innovation technique for organic waste, favoring biodegradation, reducing the risk of disease, maintaining soil fertility, organic fertilizers and reducing the need for chemical fertilizers. Two general composting methods, aerobic composting (AC) and anaerobic composting (AC), have been compared for their differences in handling, rotating, and handling volume of municipal organic waste and final end products.

Different types of Composting

What is Composting? Composting is a biological process of organic waste decomposition and recycling that involves playing organic waste materials in long term, or relatively, and turning it into a rich soil amendment or compost. The capacity of a composting system can vary depending on the location of the system and the amount of organic waste generated.

After an average 30-day period, the composting process is complete.

Modern composting [3] and anaerobic digestion [4] are two distinct methods of organic waste management, offering significantly different characteristics, efficiency, and outcomes. Modern composting involves the formation of long-term piles of organic waste, known as windrows, which are regularly turned to maintain optimal conditions for decomposition by aerobic bacteria and fungi. However, anaerobic digestion is the process of breaking down organic waste in the absence of oxygen, typically in a sealed, pressurized tank. The process of anaerobic digestion starts with the fermentation of substrates by acid-forming bacteria, which break down complex organic matter into simpler compounds, which are then further broken down by methanogenic bacteria to produce biogas and a nutrient-rich digestate.

Strategy

Recovery of organic and energy from plastic waste and coal from recycled solid waste (RSW)

The recovery of plastic waste and coal from recycled solid waste (RSW) is a sustainable approach, aiming to reduce the environmental impact of waste and generate valuable resources. This process involves the use of advanced technologies to break down plastic waste into its constituent monomers, which can then be used to produce new plastic products. Similarly, coal can be recovered from RSW and used for energy production or as a feedstock for industrial processes.



Figure 2: Strategy for recovering organic and energy from plastic waste and coal from recycled solid waste (RSW).



Figure 3: Strategy for recovering organic and energy from plastic waste and coal from recycled solid waste (RSW).

The recovery of organic and energy from plastic waste and coal from recycled solid waste (RSW) is a sustainable approach, aiming to reduce the environmental impact of waste and generate valuable resources. This process involves the use of advanced technologies to break down plastic waste into its constituent monomers, which can then be used to produce new plastic products. Similarly, coal can be recovered from RSW and used for energy production or as a feedstock for industrial processes.

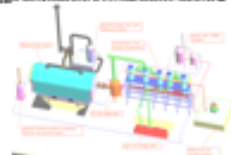


Figure 4: Strategy for recovering organic and energy from plastic waste and coal from recycled solid waste (RSW).

Conclusion and Perspectives

The recovery of organic waste, plastic waste, and coal from waste is a circular economy framework is achieved through advanced technologies and sustainable waste management practices. This process involves the use of advanced technologies to break down plastic waste into its constituent monomers, which can then be used to produce new plastic products. Similarly, coal can be recovered from RSW and used for energy production or as a feedstock for industrial processes.

The recovery of organic waste, plastic waste, and coal from waste is a circular economy framework is achieved through advanced technologies and sustainable waste management practices. This process involves the use of advanced technologies to break down plastic waste into its constituent monomers, which can then be used to produce new plastic products. Similarly, coal can be recovered from RSW and used for energy production or as a feedstock for industrial processes.

These methods offer a sustainable alternative to landfilling, helping to reduce greenhouse gas emissions and promote a more circular economy.

References

1. El-Hachem, E. (2025). Valorization of municipal solid waste (MSW) in Lebanon through a strategy including composting and pyrolysis. *One Day Seminar and Workshop: Energy Recovery and waste treatment*.
2. El-Hachem, E. (2025). Valorization of municipal solid waste (MSW) in Lebanon through a strategy including composting and pyrolysis. *One Day Seminar and Workshop: Energy Recovery and waste treatment*.
3. El-Hachem, E. (2025). Valorization of municipal solid waste (MSW) in Lebanon through a strategy including composting and pyrolysis. *One Day Seminar and Workshop: Energy Recovery and waste treatment*.
4. El-Hachem, E. (2025). Valorization of municipal solid waste (MSW) in Lebanon through a strategy including composting and pyrolysis. *One Day Seminar and Workshop: Energy Recovery and waste treatment*.



UNIVERSITÉ LIBANAISE
FACULTÉ DES SCIENCES 3
Master 2 -Physique énergétique
Année universitaire: 2025 – 2026



PNRJ 506 Valorisation Énergétique et traitement des déchets

One-day Seminar & Workshop

Valorization of municipal solid waste (MSW) in Lebanon through a strategy including composting and pyrolysis

Ahmad El Moll

Poster 1 : Black Soldier fly technology for organic waste Management in Lebanon,

Judy Asaad, Riham Abou Lebdeh

Poster 2 : Medical waste incineration: efficiency, sustainability and energy recovery,

Elie Tannous, Martha Al Zoghbi

Poster 3 : Energy recovery from medical waste by pyrolysis,

Abir El Abed, Amal El Moukadem

Poster 4: Anaerobic co-digestion of municipal mixed sludge (MMS) and fruit and vegetable waste (FVW) for enhancing methane production.

Bilal Ahmad Khaled