

INTRODUCTION

La question énergétique constitue aujourd'hui un enjeu majeur pour le développement durable. L'énergie est le moteur silencieux du développement : sans elle, pas d'industrie, pas d'éducation moderne, pas de progrès durable. Le recours aux énergies renouvelables s'impose aujourd'hui comme une alternative incontournable dans un contexte où les énergies fossiles se font rares, leur coût devient de plus en plus croissant et avec des problèmes environnementaux liés à leur utilisation. L'utilisation de la biomasse apparaît comme une solution satisfaisante. En effet des déchets organiques biologiques telles que les déchets ménagers ou animale, peuvent produire avantageusement de l'énergie et par la même occasion, valoriser les déchets organiques. Le biogaz issu de la méthanisation représente ainsi une solution adaptée pour les pays en développement, où il y a une disponibilité abondante des déchets agricoles, alimentaires et fécaux.

Comment valoriser efficacement les déchets organiques domestiques pour produire une énergie renouvelable localement exploitable, tout en réduisant l'impact environnemental et en améliorant l'autonomie énergétique ? Cette interrogation est au cœur du présent projet, dont l'objectif est de conception et réalisation d'un biodigester intelligent.

Deux points majeurs justifient le choix de notre sujet.

- **Enjeux pratiques** : proposer une solution de valorisation des déchets organiques et de production d'énergie renouvelable.
- **Enjeux pédagogiques** : mettre à disposition un outil de démonstration pratique pour la compréhension des processus d'obtention du biogaz et de conversion énergétique.

Objectif général

Nous avons pour objectif générale de concevoir et réaliser un système autonome de production d'énergie à base de biogaz issu des déchets de cuisine, intégrant un contrôle automatisé par Arduino.

Les objectifs spécifiques sont entre autres :

- Mettre au point un digesteur capable de traiter de déchets de cuisine par jour, avec un temps de rétention adapté.
- Produire du biogaz suffisant pour alimenter un système de cuisson et/ou pour produire de l'électricité.
- Assembler une maquette fonctionnelle incluant :
 - Circuit de gaz (digesteur → filtre → stockage →),
 - Capteurs (température, gaz, pression, niveau),
 - Électrovannes commandées par Arduino.
- Développer une interface de commande et de surveillance avec affichage sur écran (I2C), gestion des capteurs et actionneurs.
- Optimiser le fonctionnement du digesteur via un système de chauffage automatique (résistances) pour maintenir la température à 35°C.
- Assurer la sécurité du système, notamment en cas de surpression ou de fuite de gaz, par un système d'alerte (LED + buzzer).
- Sensibiliser à la valorisation énergétique des déchets organiques dans un cadre pédagogique ou communautaire.

L'originalité et le caractère innovant du projet résident dans la synergie entre valorisation énergétique, automatisation et éducation technique, à travers des éléments concrets :

Automatisation complète avec Arduino :

- Commande intelligente du système via microcontrôleur : électrovannes, chauffage, capteurs.
- Affichage en temps réel, sécurité, alarmes... tout est centralisé sur un seul système open-source et à bas coût.
- Système adaptable, évolutif et reproductible.

Valorisation de très faibles quantités de déchets :

- Approche micro-méthanisation, adaptée aux contextes domestiques ou urbains.
- Peu de projets s'intéressent à ce niveau de production, souvent négligé.

 Fabrication artisanale des composants clés :

- Filtres à H₂S faits maison.
- Digesteur conçu localement.

 Accessibilité :

- Projet à faible coût, répliquable pour des écoles, fermes ou familles rurales.

Impact social du projet :

- Lutte contre l'insalubrité : en valorisant les déchets de cuisine, le système réduit les déchets organiques dans les ménages et communautés, contribuant à un environnement plus sain.
- Amélioration des conditions de vie : le biogaz produit peut-être utiliser pour la cuisson ou la génération d'électricité, réduisant la dépendance au bois ou au charbon, et donc à la déforestation.
- Sensibilisation et éducation : le projet a un fort potentiel éducatif pour former les jeunes aux énergies renouvelables, à l'automatisation et à la gestion durable des déchets.
- Autonomisation économique : en réduisant les dépenses énergétiques et en valorisant le digestat comme fertilisant, il offre une source de revenus indirects pour les familles ou coopératives.
- Accessibilité technologique : en étant simple, modulaire et basé sur Arduino, il est répliquable à bas coût dans les zones rurales ou périurbaines.

Impact environnemental du projet :

- Réduction des déchets organiques : la méthanisation permet de transformer les biodéchets en énergie, réduisant ainsi la pollution liée à leur accumulation (odeurs, lixiviats, etc.).
- Diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES) : en capturant le méthane issu de la fermentation, le système évite qu'il ne soit rejeté directement dans l'atmosphère, où il est 25 fois plus nocif que le CO₂.

- Réduction de la déforestation : en produisant du biogaz utilisable pour la cuisson, le projet limite l'utilisation du bois de chauffe, donc préserve les ressources forestières.
- Valorisation locale de la biomasse : en réutilisant les déchets alimentaires, le système ferme le cycle des matières organiques, renforçant une économie circulaire à petite échelle.
- Substitution partielle aux énergies fossiles : la production d'électricité ou de chaleur à partir du biogaz diminue la consommation de carburants classiques.

Impact économique du projet :

- Source de revenus complémentaires : la production de biogaz et d'électricité peut être utilisée pour l'autoconsommation ou être revendue, générant un revenu local.
- Réduction des dépenses énergétiques : le biogaz remplace partiellement le gaz butane ou le bois pour la cuisson, et l'électricité produite peut alimenter certains équipements, réduisant ainsi les factures.
- Moins de dépenses en engrais chimiques : le digestat, sous-produit de la méthanisation, est un excellent fertilisant naturel, diminuant les achats d'engrais chimiques.
- Création de micro-activités locales : la fabrication, la maintenance ou l'extension du système peuvent générer de petites opportunités d'emploi ou de services autour du projet.
- Autonomisation énergétique : en zone rurale ou périurbaine, le projet peut offrir une alternative locale fiable à l'approvisionnement en énergie, moins dépendante des fluctuations du marché.

CONCLUSION

Ce projet de valorisation des déchets de cuisine par méthanisation, combiné à la production d'électricité, représente une solution innovante, durable et accessible aux problématiques d'accès à l'énergie, de gestion des déchets et d'agriculture durable. En intégrant des capteurs, de l'électronique embarquée (Arduino) et un système de contrôle intelligent, il s'inscrit parfaitement dans la dynamique actuelle de transition énergétique et d'innovation technologique adaptée aux réalités locales.

Son caractère modulaire, bas coût et éco-responsable en fait un projet à fort impact social, économique et environnemental, avec un grand potentiel de réplication dans les zones à faibles ressources ou non connectées au réseau. Il s'agit donc d'un projet porteur d'avenir, au croisement de la technologie, de l'écologie et de l'autonomie énergétique.