



PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTEGRATION DU DIGESTEUR ANAEROBIE « LM »

PLAN

1. LES PROCEDES DE TRAITEMENT DES DECHETS ORGANIQUES ET LEUR CHAMP D'APPLICATION	1
2. DIGESTEUR ANAEROBIE « LM » - ELEMENTS DU BREVET.....	4
3. PLACE DU DIGESTEUR DANS UNE INSTALLATION GLOBALE.....	5

1. Les procédés de traitement des déchets organiques et leurs champs d'applications

Le digesteur LM traite les déchets constitués majoritairement de matières organiques. Ce document en présente succinctement les principes de fonctionnement et d'intégration.

Les déchets, liquides, semi-liquides ou solides, sont transformés principalement par minéralisation de la matière sous l'action de bactéries qui contribuent à la rupture des longues chaînes organiques en des assemblages simples de leurs constituants primaires sous forme gazeuse et saline..

Les deux procédés les plus employés pour le traitement sont l'un aérobie (en présence d'oxygène) et l'autre anaérobie (sans présence d'oxygène). C'est ce procédé qui est utilisé dans le digesteur LM.

CHAMP DU PROCEDE AEROBIE

Le procédé aérobie, qui fait agir l'air ou l'oxygène, s'adresse à des effluents peu chargés en matière organique ou à des traitements de finition.

Dans ce procédé, en effet, l'eau en fin de traitement est rejetée dans la nature après traitement. Or la matière organique qui subsisterait consomme de l'oxygène pour se décomposer, entrant en compétition avec les organismes vivants des cours d'eau, végétation et animaux. Il est donc essentiel qu'il n'en reste pratiquement plus en fin de traitement, et donc que les effluents traités soient peu chargés en matière à décomposer.

CHAMP DU PROCEDE ANAEROBIE

Le procédé anaérobie est bien adapté pour les déchets chargés en matière organique tels que :

- les effluents liquides provenant de distilleries, laiteries, levureries, abattoirs, lisiers d'élevage, fèces, graisses, lixiviats, brasseries, huileries, industries alimentaires en général.
- les effluents semi solides tels que les boues de stations d'épuration, les fumiers de toute provenance, les restes de fruits, les fonds de cuves.
- les effluents solides triés issus des cuisines, des supermarchés, de agriculture vivrière ou fruitière industrielle.
- les combinaisons des matières organiques citées ci-dessus.

Le traitement anaérobie est complété par un traitement final aérobie pour les restes encore trop chargés en matière organique pour être rejetés tels que au regard de la réglementation locale.

PRINCIPE DU PROCEDE ANAEROBIE

Le procédé anaérobie est classiquement fondé sur l'action de deux familles de bactéries qui produisent une acétogénèse suivie d'une méthanogénèse.

La matière organique est décomposée en acides organiques, lesquels subissent à leur tour une scission principalement en biogaz (méthane, vapeur d'eau, gaz carbonique et un peu d'hydrogène). Il reste un liquide peu chargé en matière organique et un reliquat de boues presque complètement minéralisées pouvant être séchées, compostées ou directement utilisables en agriculture selon l'origine des effluents.

Ce procédé a un rendement minimum de 80% d'élimination de la matière organique.

Un traitement aérobie terminal complète généralement le processus de destruction de la matière organique pour respecter les conditions locales de rejet.

Le biogaz en quantité importante issu du traitement peut être utilisé :

- soit directement en chaudière pour produire de la vapeur ou de l'eau chaude,
- soit en cogénération pour produire de l'électricité (utilisable ou commercialisable) et de l'eau chaude,
- soit comme carburant, après purification et compression, si l'échelle est suffisante.

Le choix de l'utilisation du gaz est fonction des conditions industrielles et commerciales locales.

PARAMETRES DU PROCESSUS DE LA DIGESTION ANAEROBIE

La digestion anaérobie des effluents repose sur la présence en quantités adéquates des bactéries qui croissent dans le digesteur. Celui-ci, quel qu'il soit, devra donc favoriser :

- les conditions de croissance des colonies de bactéries,
- le support de ces bactéries,
- les conditions de contact de ces bactéries avec la matière organique à traiter.

Plusieurs paramètres entrent en jeu pour obtenir les meilleurs résultats possibles :

- la concentration des bactéries (quantité par unité de volume à traiter),
- la température qui doit correspondre au type de méthanisation choisi, moyenne température (35-37°C) ou haute température (53-55°C). Le choix dépend en partie des conditions locales,
- l'acidité qui peut être corrigée à l'entrée des matières premières,
- la nature de la matière première qui conditionne la production et qualité de biogaz,

NB - Dans la pratique on a souvent intérêt à mélanger plusieurs substrats pour booster la production de gaz en optimisant les conditions de développement des bactéries (équilibre carbone-azote entre autres)

- la régularité et l'homogénéité de l'alimentation,
- d'autres facteurs tels que certains équilibres chimiques qui favorisent ou non le développement des bactéries.

Pour la fixation et la mise en contact des colonies de bactéries, les digesteurs les plus classiques proposent des supports fixes (structures en nids d'abeilles, anneaux, tubes courts ou filtres), ou mobiles en agglomérant les colonies sur des nodules de matériaux variés (roches volcaniques, petits anneaux de plastique).

La mise en contact de la matière organique avec les colonies de bactéries est assurée par une circulation du liquide le plus souvent de bas en haut ou par un agitateur mécanique à pales.

D'autres types de digesteurs existent dans lesquels le liquide à traiter passe verticalement de bas en haut dans un lit de boues. Les colonies de bactéries forment alors, en principe, des glomérules qui digèrent la matière organique au passage. La formation de ces glomérules, indispensable à la bonne tenue du système, est soumise à des conditions bien particulières qui font que seuls des liquides peu chargés en matière organique sont acceptables.

Pour les petites installations traitant des liquides, des systèmes discontinus mieux adaptés sont proposés.

IMPORTANCE DE L'IMPOSSIBILITE D'ARRETER LE PROCESSUS DE LA DIGESTION ANAEROBIE

Dans tous les cas, il est fondamental qu'un digesteur anaérobie maintienne toute la masse à l'abri de l'air pour assurer la production des bactéries et leur action sur les effluents. Il n'est donc pas question de l'ouvrir pour un entretien durant sa vie utile qui peut dépasser facilement les trente ou quarante ans.

On peut se demander d'ailleurs, même s'il était possible de l'ouvrir, où l'on viderait les milliers de mètres cubes du digesteur et comment on contrôlerait la suite des réactions et les nuisances éventuelles qui sont normalement confinées dans le digesteur parfaitement étanche.

La robustesse et la maintenance sans interruption sont donc des facteurs essentiels et impératifs pour la conception d'un digesteur, en sus de sa capacité à produire, fixer et mettre en contact les bactéries

2. Digesteur anaérobie « LM » - Eléments du brevet.

Le digesteur LM a été conçu pour répondre aux trois impératifs que sont l'efficacité de la dépollution d'effluents, la robustesse (aucune défaillance entraînant l'arrêt n'est permis), et l'entretien/réparation sans obliger à un arrêt de la digestion anaérobie. Tout arrêt pourrait se traduire par des conséquences dramatiques telles que l'obligation d'arrêt de l'activité principale source des effluents (agroalimentaire, réception de déchets, ...).

La conception est issue d'une expérience très vaste en matière de méthanisation et d'entretien de matériel industriel avec la contrainte de non interruption des réactions en cours. Elle met en pratique les principes suivants :

- L'installation de toutes les parties en mouvement et celles nécessitant un entretien à l'extérieur du digesteur. Elles sont donc accessibles sans rompre l'état anaérobie des cuves.

- La pré-installation en double des équipements complètement indispensables en permanence ou pouvant demander des opérations d'entretien plus longues (révision de pompes), ce qui permet de ne jamais devoir arrêter le digesteur pour les maintenances ou en cas de panne.
- La croissance des colonies bactériennes sur les particules de matière organique elles-mêmes
- Le contact entre ces colonies et la matière à traiter par une circulation interne presque continue et optimisée par des déflecteurs
- La mise en œuvre de déflecteurs calculés et positionnés à partir de la très vaste expérience acquise en hydraulique de la digestion et de son ennemi mortel, la solidification en masse des déchets au sein du digesteur.
- Enfin, la correction par anticipation des défauts connus des digesteurs d'autre conception. Un certain nombre de détails additionnels internes sont le fruit de l'expérience et de l'observation.

Le digesteur LM est complété par un décanteur statique ou dynamique qui permet de recycler en continu les colonies de bactéries qui pourraient sortir avec les liquides traités. Ce recyclage contrôlé de solides décantés permet de maintenir un niveau optimal de matière organique en suspension comme support des bactéries anaérobies.

Plusieurs solutions alternatives complémentaires ont été conçues et brevetées pour répondre aux caractéristiques spécifiques des substrats à traiter et des conditions locales.

3. Place du digesteur dans une installation globale

Le digesteur « LM » n'est qu'une partie d'une installation globale existante ou à créer.

DANS UNE INSTALLATION EXISTANTE :

- Le digesteur LM peut être installé soit en remplacement d'un digesteur anaérobie défaillant, soit en parallèle pour augmenter avantageusement la capacité de traitement, permettant ainsi de répondre à un besoin de croissance des volumes à traiter.
- Le digesteur LM peut aussi remplacer un traitement aérobie devenu inadéquat en raison de l'augmentation de la charge des effluents à traiter, ou parce que le traitement aérobie est trop cher (aucune énergie produite et génération d'importantes quantités de boues non stabilisées). Dans ce cas on place le digesteur anaérobie après l'étape de tri et dégrillage et avant une éventuelle épuration aérobie de finition,

nécessaire en raison de conditions locales. NB – Le digesteur LM est une alternative à la réadaptation de l'équipement de traitement aérobic initial aux nouvelles conditions.

Dans tous les cas l'installation d'une digestion anaérobie efficace produira un bilan énergétique beaucoup plus rentable que celui en place.

L'équipe de la société MELDOM Energies, forte de son expérience de nombreuses études et réalisations et de l'observation de technologies existantes, propose une nouvelle approche de l'intégration de la méthanisation.

- **Les critères sélectionnés pour cette synthèse ont été les suivants :**
 - 1) **Un système d'introduction séquentiel réglable et qui assure une bonne répartition de la matière organique;**
 - 2) **Un système d'agitation extérieur (donc facilement réparable, sans arrêt du méthaniseur) et « non violent » ;**
 - 3) **Un système de « niches » et de supports libres propices au développement de populations bactériennes spécifiques (absence de risque de colmatage);**
 - 4) **Un système extérieur indépendant de soutirage des boues minéralisées qui ne déstructure pas les communautés bactériennes.**

Ces avantages technologiques permettent de répondre aux attentes des porteurs de projets et des investisseurs sur une optimisation de la production de biogaz par un équipement facile d'utilisation et de maintenance.

- **Dans des conditions à définir au cas par cas MELDOM Energies propose la mise en place d'une unité pilote semi industrielle à installer sur site afin de reproduire, au plus près, les conditions normales d'utilisation d'une installation industrielle.**

L'unité pilote est destinée à démontrer la faisabilité de la méthanisation des effluents existants et de préfigurer, avec précision, les résultats qui seraient obtenus par une installation industrielle en charge de la totalité de ces effluents.

Cette unité (Photo 1) de taille moyenne (25m³) occupe peu d'espace au sol (+/- 50m²), elle est placée en général près de la source des effluents. Elle s'installe à l'air libre.



Photo 1 - modèle de l'unité pilote de méthanisation (vinasses de distillerie).

Elle peut parfaitement s'intégrer dans une chaîne d'épuration existante, en dérivation, pour démontrer comment un digesteur de taille industrielle pourrait dans le futur augmenter la capacité d'épuration de l'ensemble de la station.

La technologie mise en œuvre est basée sur une optimisation du contact des bactéries de la méthanisation avec la matière organique à transformer. Ceci est obtenu par :

- **une introduction séquentielle, un brassage séquentiel**
- **une maîtrise de la température, une maîtrise du pH**
- **la présence de particules libres qui servent de support aux bactéries**
- **une réduction de la taille des particules avant introduction**
- **une mesure permanente de la production de biogaz**
- **une extraction de données permettant d'optimiser l'évolution de la réaction**
- **un suivi informatisé de toutes les données, disponible localement et à distance, pour le choix des conditions optimales.**

L'opérateur peut, au vu des résultats :

- **modifier chacun des paramètres décrits ci-dessus (rythme d'introduction et de mélange, température, pH, quantité de particules)**
- **si l'effluent principal est déséquilibré on peut essayer divers apports d'effluents provenant d'autres sources pour optimiser l'équilibre biochimique dans le digesteur et améliorer le rendement de l'ensemble. On obtient ainsi une**

meilleure réduction de la charge organique et un plus grand volume de gaz de meilleure qualité.

Résultats prévisibles

Sans connaissance des effluents à traiter on peut seulement donner des chiffres résultats standards en fonction d'expériences antérieures.

- réduction de 80% de la demande chimique en oxygène (DCO soluble*)
- réduction de 90% de la demande biologique en oxygène (DBO5)
- production de biogaz à 60% de méthane (600 litres par Kg de DCOs transformée)

* La DCO (Demande Chimique en Oxygène) : elle permet de quantifier la teneur en matière oxydable de l'effluent.

** La DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) : c'est la mesure de la quantité de matière organique qui sera dégradée en 5 jours par des bactéries. C'est donc une mesure de la matière organique facilement dégradable.

DANS UNE INSTALLATION A CREER

Il est nécessaire de réaliser ou faire réaliser une étude, de pré faisabilité ou faisabilité, de la valorisation par méthanisation des déchets organiques sur le territoire de XXX. Les étapes suivantes sont nécessaires.

ETAPE 1 : Détermination des gisements de déchets et effluents organiques et des besoins en thermies

Synthèse des études sur les déchets et effluents déjà réalisées par le territoire de XXX.

Définition du gisement de déchets organiques (solides, pâteux et liquides) sur le territoire de la XXX, y compris les déchets verts, les boues de STEP et les sous-produits animaux. :

Type de produits, nature (liquide, solide, pâteux, etc.), classement réglementaire (code déchet et code sous produits animaux), producteur, lieu de production, quantités produites, saisonnalité, débouché actuel.

Caractérisation physico-chimique des déchets (ou effluents): MS, COT et DCO, N, P, K, S, Métaux traces, densité, granulométrie.

Synthèse, avec 10 fiches d'entretiens avec des producteurs de déchets et 10 fiches d'analyses physico-chimiques

Définition des besoins en thermies sur la zone :

Identification des consommateurs de thermies, nature des besoins (air chaud, eau chaude, vapeur, etc.), caractérisation des besoins (par jour ouvré, par mois, etc.).

Mode de production actuel, date de l'investissement ou durée de vie restante des équipements de production, coûts de production, etc.

Evaluation des éventuels besoins à moyen terme (5 à 10 ans).

Synthèse, avec 5 fiches d'entretiens avec des consommateurs de thermies.

ETAPE 2 : Evaluation technique et économique de solutions de méthanisation

Définition du type de déchets et effluents retenus pour la méthanisation

Nature et origine des matières organiques retenus avec justification des choix. Contraintes de mobilisation, saisonnalité, mode de collecte et flux de transport.

Définition de la réception et du prétraitement des déchets et effluents retenus

Schéma de principe

Description des principaux équipements

Définition du type de méthanisation, suivant le gisement exploitable

Description du procédé

Dimensionnement Théorique du méthaniseur (volume total, volume hydraulique, temps de rétention hydraulique). Cette phase peut être aussi réalisée en utilisant un Pilote, unité pré- industrielle, permettant une approche plus pragmatique du projet final.

Bilan matière de la méthanisation

Définition du traitement et de la valorisation du biogaz

Type de valorisation (production chaleur ou cogénération)

Schéma général

Description des principaux équipements

Bilan énergétique

Définition du traitement du digestat et de son utilisation.

Type de traitement

Schéma de principe

Bilan matière

Valorisation et/ou élimination des produits générés

Définition des lieux d'implantation potentiels (en fonction du gisement, des besoins en thermies et des possibilités de branchement au réseau électrique si nécessaire).

Estimation des investissements suivant les hypothèses

Estimation des coûts de fonctionnement

Estimation du planning de réalisation

Synthèse générale

ETAPE 3 : Volet juridique et financier

Etude des contraintes réglementaires d'urbanisme suivant les lieux d'implantation et les solutions techniques évaluées.

Etude des contraintes réglementaires environnement suivant les lieux d'implantation et les solutions techniques évaluées.

Estimation des investissements suivant les hypothèses techniques

Estimation des coûts de fonctionnement

Evaluation des possibilités de financement (aides publiques, partenaires privés, etc.)

Etude sur les possibilités de réalisation (clef en main, groupement d'entreprise, AMO, etc.) et d'exploitation de l'unité (exploitation privée, publique, concédée, etc.)

Etude sur le porteur de projet et montage juridique pouvant permettre de passer à la phase ingénierie (municipalité => marché public, GIE, transfert de l'étude de faisabilité à un privé ou une structure privée ad hoc, etc.)