

## REHAUSSEUR THERMIQUE POUR BASSIN DE LAGUNAGE

H. Cortes, R. Jauberthie, M. Temimi & M. Laquerbe  
Docteurs, Enseignants - Chercheurs - INSA, Laboratoire GTMa, Rennes

### Résumé

Les effluents de matière organique peuvent être très polluants, mais ils peuvent donner par certains traitements biologiques des molécules à fortes valeurs ajoutées et de champ d'utilisation relativement vaste. Le lagunage anaérobie (absence d'oxygène) est un traitement parmi les moins onéreux. Mais le rendement de cette réaction enzymatique est très fortement tributaire de la température.

Dans les zones ensoleillées, cette technique est donc fortement conseillée. Cependant l'installation une fois réalisée, devra aussi permettre le traitement hivernal des effluents. Pendant cette période, il est donc recommandé d'introduire un rehausseur thermique.

Cette étude traite des possibilités d'utiliser certains cubitainers du commerce pour capter l'énergie solaire. Un système original d'agent vecteur de la chaleur est proposé. Les premiers résultats expérimentaux sont très prometteurs.

**Mots clés :** traitement d'effluents • lagunage • énergie solaire • pollution.

### Avant Propos :

L'expansion démographique et plus particulièrement celle des villes accroît le volume de biomasse qu'il faut absolument traiter. En effet les déchets de l'industrie agro-alimentaire, les contenus des poubelles (déchets ménagers fermentescibles), les boues des stations d'épuration constituent une source importante de nuisance alors que, correctement traités ils pourraient, au contraire, être réutilisés avec une forte valeur ajoutée.

<sup>1</sup> Mtep = Mégatonne équivalent pétrole.

Les nuisances sont en particulier les gaz qui s'échappent par fermentation, et qui, outre les mauvaises odeurs, augmentent l'effet de serre au dessus des grandes métropoles. Leurs compositions est la suivante :

CH <sub>4</sub>	: 50 à 90 %
CO <sub>2</sub>	: 10 à 40 %
H <sub>2</sub>	: 1 à 3 %
N <sub>2</sub>	: 0.5 à 2 %
H <sub>2</sub> S	: 0.1 à 0.5 %
CO	: 0.0 à 0.1 %

La composition de ce biogaz montre clairement que si ce gaz est récupéré, il peut être utilisé relativement aisément comme source d'énergie. Un certain nombre de réalisations ponctuelles ont permis de vérifier cette hypothèse.

En 1992, 500 décharges de déchets solides urbains et industriels étaient équipées d'une installation de valorisation du biogaz. Aujourd'hui, si tous les déchets mondiaux (750 Mtep<sup>1</sup> par an) étaient traités, le gaz extrait représenterait la moitié de la consommation de gaz naturel [1].

Malheureusement, et pour des raisons très variées, il n'y a que 1% de cette production qui est utilisée.

En France, l'énergie susceptible d'être valorisée par cette méthode est comprise entre 2.6 et 5 Mtep dans les conditions économiques actuelles. En réalité la production n'est que de 150 ktep par an. L'écart est très important, mais l'association des deux avantages que sont la dépollution et la production d'énergie renouvelable est certainement la voie de l'avenir.

Le traitement de la matière organique peut se faire soit par aérobiose soit par anaérobiose.

Le lagunage aérobie nécessite un apport d'énergie (le plus souvent électrique) très important pour aérer la biomasse par brassage. D'autre part, la récupération du biogaz est rendue difficile voire impossible dans cette technique. La réduction des nuisances olfactives est, par contre, très importante si l'aération par brassage est correctement effectuée. A l'opposé le traitement anaérobie [2] des déchets organiques dans un digesteur permet de récupérer le biogaz. Le réacteur dans lequel se produit la fermentation devient source d'énergie essentiellement sous forme de méthane.

La transformation de la biomasse se fait par l'intermédiaire de bactéries. La survie des différentes sortes de populations se fait dans des plages de températures relativement restreintes.

Les bactéries thermophiles voient leur population et par la même leur efficacité s'accroître avec la température. Néanmoins celle-ci ne doit pas dépasser 60°C : à cette température le processus est stoppé. Le rendement du traitement thermophile est optimum vers 55°C. Les populations mésophiles sont celles que l'on rencontre dans le corps humain (intestins). La fermentation mésophile se produit donc à des températures voisines de 35°C.

Les bactéries psychrophiles se trouvent par exemple dans les vases des lacs. La température optimale pour leur action est de 15 à 18°C. Ici la durée de fermentation est fortement allongée mais ne nécessite aucun apport extérieur d'énergie puisqu'elle s'effectue à température ambiante. La taille des réacteurs devra donc être beaucoup plus importante pour traiter une même quantité de matière organique.

Il est évident que le traitement anaérobie des déchets est préférable au traitement aérobie ou bien à l'incinération pour des considérations économiques mais surtout pour éviter toute pollution de l'air. D'autre part, pour limiter la taille des réacteurs et la durée des traitements, il est préférable d'utiliser la digestion des déchets par des bactéries thermophiles ou mésophiles.

## 1 INTRODUCTION

Le problème, objet de notre étude, est d'obtenir la température optimale à la vie bactérienne en utilisant l'énergie solaire et en limitant au maximum tout autre apport d'énergie pour diminuer le coût aussi bien en investissement qu'en fonctionnement.

Les rehausseurs thermiques ont fait l'objet de différents travaux au sein du laboratoire G.T.Ma. de l'INSA de Rennes [3] [4]. Ceux-ci concernaient essentiellement la simulation des échanges thermiques.

Cet article présente dans sa première partie, une méthode originale de récupérateur de la chaleur d'origine solaire. Dans la deuxième partie sont relatés les résultats des mesures effectuées sur des bassins

expérimentaux.

## 2 PROCEDE EXPERIMENTAL

Le laboratoire a construit une station expérimentale à Rennes. La détermination de l'énergie solaire incidente et la mesure de l'énergie récupérée dans le bassin ont permis de quantifier l'efficacité de la méthode.

Cette station comporte deux bassins de forme cubique (1.8x1.8x1.8m<sup>3</sup>) distants de 9m l'un de l'autre. Ainsi nous pourrions négliger toute influence d'un bassin sur l'autre. Les bassins sont enterrés : leur niveau supérieur étant à la surface du sol.

Ils sont construits en blocs de bétons et sont étanches à l'eau. A l'extérieur des bassins, et sur les quatre faces, sont enfoncés des tuyaux en polypropylène qui permettent de mesurer la température du sol à différentes profondeurs (50cm, 1m, 1.5m et 2m). La mesure de la température de l'eau dans chaque bassin est effectuée directement.

Ces mesures sont réalisées à l'aide de sondes résistives au platine (1000 Ω).

La température de l'air est mesurée sous abri météo.

L'ensoleillement est déterminé par pyranomètre et diffusomètre.

Le premier bassin sera utilisé comme témoin. Le niveau supérieur de l'eau est à l'air libre. Pour le deuxième bassin, la surface de l'eau est recouverte de cubitainers noirs servant de capteurs solaires. Ces éléments (Photo 1 et figure 1) sont fabriqués en série<sup>2</sup> pour un tout autre usage (Equipement portuaire, Aquaculture, Industrie Offshore, Pontons, Atténuateur de houle, Barges...). Ils ont été choisis pour leurs caractéristiques techniques :

- éléments noirs flottants en polyéthylène, matériau quasi indestructible et résistant aux ultraviolets,
- possibilité de remplissage des cubis (dans notre cas par des isolants thermiques de type polystyrène).

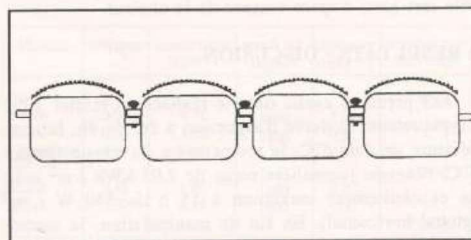


Figure 1 : Montage des cubitainers recouvrant la surface de l'eau.



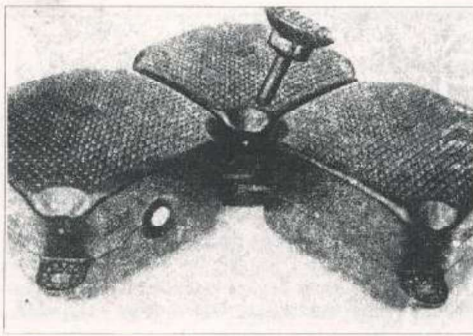


Photo 1 : Cubis Aquatechna.

Ces cubis peuvent être utilisés directement sur la surface de l'eau du bassin. Ils ne nécessitent, en outre aucun support puisque ce sont des éléments flottants.

La photo 2 permet de visualiser le bassin expérimental utilisé lors de la troisième série d'essais, c'est-à-dire avec une couverture en polycarbonate. Les quatre cubitainers sont disposés à la surface du bassin rempli d'eau.

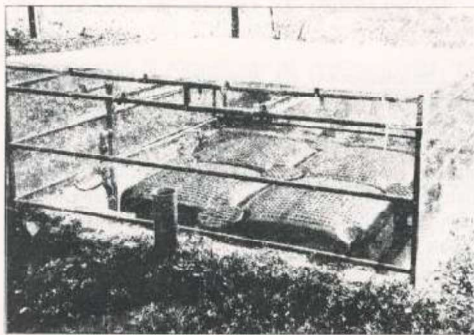


Photo 2 : Bassin expérimental.

Sur leur surface insolée, ils sont aspergés pendant toute la durée de l'ensoleillement par de l'eau sortant de petites buses. L'eau est prise en fond de bassin par une pompe puis elle est pulvérisée sur les absorbeurs. Elle sert ainsi d'agent vecteur de la chaleur.

### 3 RESULTATS - DISCUSSION

Les premiers essais ont été réalisés en février 1996 ; typiquement la durée d'aspersion a été de 8h, la température de l'air 5°C, la température du bassin témoin 5°C, l'énergie journalière reçue de 2.03 kWh / m<sup>2</sup> avec un ensoleillement maximum à 15 h de 340 W / m<sup>2</sup> (global horizontal). En fin de manipulation, la température de l'eau du bassin témoin n'a pratiquement pas

<sup>2</sup> Cubi AQUATECNA : Aquaculture system SCIM 25 rue Aubert 50580 Porbail/France.

varié, par contre la température du bassin recouvert de cubis a augmenté de 0.8°C ; ce qui correspond, rapporté à la masse totale d'eau du bassin, à une récupération de 1.49 kWh / m<sup>2</sup> pour les 8h d'expérience.

Le rendement de l'opération est de 73%.

Pour le deuxième essai, réalisé en mars 1996, les cubis ont été remplis de billes de polystyrène. La durée d'aspersion a été de 7 h, la température de l'air a varié de 4 à 10°C en cours de manipulation, l'énergie reçue pendant ce temps a été de 3.7 kWh / m<sup>2</sup> avec un ensoleillement maximum à 14 h 15 de 714 W/m<sup>2</sup> (globale horizontal). La température de l'eau du bassin témoin n'a pas varié, la température du bassin avec cubis a augmenté de 1.33°C ; ce qui correspond à une récupération de 2.47 kWh / m<sup>2</sup> pour 7h d'expérience.

Le rendement de l'opération est de 67%.

L'intérêt des billes de polystyrène réside essentiellement dans la limitation des déperditions nocturnes.

Pour la troisième série d'essais, le bassin avec les cubis a été recouvert avec des plaques de polycarbonate. Ces essais ont été réalisés en mai 1996. La durée d'aspersion a été de 10h, la température de l'air a varié de 2 à 11°C en cours de manipulation, l'énergie reçue pendant ce temps a été de 6.65 kWh / m<sup>2</sup> avec un ensoleillement à 13 h de 780 W / m<sup>2</sup> (global horizontal).

La température de l'eau du bassin témoin a augmenté de 0.4°C, la température du bassin avec cubis a augmenté de 3.2°C. La récupération de chaleur du bassin témoin est de 0.74 kWh / m<sup>2</sup>.

La récupération de chaleur du bassin avec cubis est de 5.94 kWh / m<sup>2</sup> d'où un différentiel entre bassins de 5.2 kWh / m<sup>2</sup> ce qui correspond à :

un rendement de l'opération égal à 89%.

Les résultats cumulés sur trois jours avec un ensoleillement variable montrent que le bassin témoin voit sa température augmenter de 0.9°C et le bassin avec cubis de 5.9°C.

Les avantages de la couverture transparente sont doubles :

- en premier lieu, elle provoque l'effet de serre,
- en second lieu, elle supprime l'évaporation de l'eau pendant l'aspersion (ce qui élimine les pertes de chaleur par changement d'état).

Si le rendement de captation s'avère très correct, l'élévation de température est, par contre, contrariée par les déperditions entre le bassin et le sol.

La mise en pratique d'un rehausseur thermique en

vue d'un traitement anaérobie des effluents devrait comporter deux bassins ; l'un capteur et stokeur thermique et l'autre contenant les effluents à traiter à l'abri de l'air. Les deux bassins seront disposés comme indiqué sur la figure 2. Ce dispositif présente, en outre, l'avantage d'éviter l'entartrage des canalisations et des gicleurs.

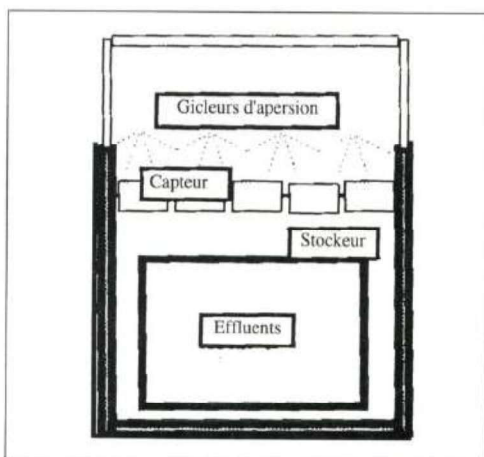


Figure 2 : Schéma de principe du rehausseur thermique.

#### 4 CONCLUSION

Le rehausseur thermique étudié est basé sur l'utilisation de cubitainers noirs commercialisés pour

des usagers maritimes. Cette utilisation en tant que capteurs solaires sur des bassins semble très prometteuse. Lorsque la face ensoleillée est suffisamment chaude, l'aspersion d'eau permet de transférer cette chaleur vers l'intérieur du bassin. Si ces cubitainers sont remplis de billes de polystyrène, l'isolation thermique entre bassin de stockage et air est assurée. Cette installation, si elle est recouverte par un dispositif transparent de type plaques de polycarbonates, voit son rendement croître jusqu'à une valeur de l'ordre de 90% non seulement par effet de serre mais aussi par suppression de l'évaporation de l'eau. Les échanges de chaleur entre bassin capteur stockeur et bassin de traitement pourraient être réalisés à l'aide d'un échangeur à serpentin d'un coût très limité.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Systèmes solaires : "Juillet Août 1996 n° 114"
- [2] F. Petillot : "La lagunage anaérobie appliqué aux effluents agro-alimentaires". Agence de bassin Loire - Bretagne.
- [3] R. Rosmade : "Exploitation des apports solaires pour la régulation thermique de lagunes anaérobies". Projet de Fin d'Etudes d'Ingénieur; INSA Rennes 1994.
- [4] S. Le Pochat : "Etude d'un rehausseur thermique destiné à accroître le rendement du lagunage anaérobie et d'autres procédés biologiques d'épuration". Diplôme d'Etude Approfondie. INSA RENNES 1995.

**Séminaire international  
sur les liants modifiés,  
bitumes spéciaux  
et additifs**

**17-19 Juin 1988  
Rome (Italie)**

#### Renseignements :

##### Comité national italien de l'AIPCR

Comitato Nazionale Italiano  
Ministero Lavori Pubblici  
Piazzale di Porta Pia, 1  
00198 ROMA (Italie)

Fax : +39-6-44 26 73 78

e-mail : aipcrni tin.it

##### Animateur du sous-groupe du C8 de l'AIPCR

Jean-François Corté  
Laboratoire central  
des Ponts et Chaussées  
BP 19  
44340 BOUGUNAIS (France)

Fax : + 33-2-40 84 59 97

e-mail : corte Icp.fr