

L'installation de méthanisation de Mas El Cros.

Evaluation de 16 années de fonctionnement.

Xavier Flotats	Laboratorio de Ingeniería Ambiental Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo Universidad de Lleida Rovira Roure 177, 25198 Lleida
-----------------------	--

RESUME

L'installation de méthanisation de l'élevage porcin du "Mas El Cros" (La Garrotxa, Catalogne, Espagne) a été conçue en 1981, en même temps que l'exploitation. Ceci a permis d'intégrer l'installation, sa conduite et sa maintenance dans la conception générale de l'exploitation.

L'installation a été mise en route fin 1983. Le système de chauffage des bâtiments a été mis en route en 1984. En 1994, il a été arrêté pour être remplacé, à cause de problèmes de corrosion. Entre 1984 et décembre 1999, la consommation de biogaz a été de 597893 m³. La consommation énergétique nécessaire au maintien du processus de digestion a été en moyenne de 39.5% de la production totale. Le reste a couvert une moyenne de 44.7% des besoins de chaleur des bâtiments d'élevage. Les économies d'énergie primaire ont été au total de 205 tep.

Les principales raisons pour lesquelles cette installation de méthanisation fonctionne encore 16 ans après sa construction sont les suivantes : La construction de l'installation parallèlement à celle des bâtiments (minimisation des coûts d'investissements), la simplicité de conception, l'intégration de l'ensemble des éléments dans la conduite générale de l'exploitation, la maintenance et le suivi par des techniciens locaux, et la vision d'ensemble de la gestion des lisiers sur l'exploitation, comme source d'énergie et amendement organique.

1.- ANTECEDENTS

En été 1981, la société Mas El Cros S.A. commanda au bureau d'ingénierie "Tecnologies d'Aprofitament Solar" – TApS – la conception, les plans d'exécution, la maîtrise d'œuvre et la mise en route d'une installation de méthanisation pour une installation de sélection et de production de porcs. Celle-ci, à l'état de projet, se situait à Santa Pau, La Garrotxa, Girona.

L'objectif de l'installation était de couvrir les besoins énergétiques des bâtiments de maternité. Le fait de travailler sur une ferme en projet présentait des inconvénients : absence de données concrètes sur les quantités et qualités de lisier et sur les consommations de chaleur. Cela présentait également des avantages : choix des

implantations des bâtiments afin d'éviter les transports de lisier, intégration esthétique (intéressant dans cette "zone de protection naturelle"), intégration des divers éléments dans le but de faciliter la gestion et les tâches usuelles sur l'exploitation.

La conception et le dimensionnement ont été faits à partir de ces éléments là, en tenant compte également d'autres paramètres : augmentation éventuelle de la capacité, augmentation de la consommation en énergie, configuration de la maintenance...

2.- DESCRIPTION DE L'EXPLOITATION

Dans une première phase ont été construits les bâtiments de production, correspondant aux différentes étapes physiologiques : attente saillie, gestation (I), maternité (II) et transition (III). Le nombre d'animaux par bâtiment a évolué dans le temps, passant pour les truies de 220 à 450, et pour les animaux 'de transition', de 500 à 1500 (entre 1984 et 1999).

L'évacuation des déjections est mécanique et régulée automatiquement. Toutes les 12 heures, le lisier situé sous les caillebotis est raclé vers les préfosse de fermentation.

Les bâtiments consommateurs d'énergie sont ceux de maternité (II) et de transition (III) – planchers radiants maintenus à 30°C. – La salle de contrôle a été construite entre les deux bâtiments : elle contient deux chaudières – gaz et fuel – qui alimentent les deux circuits de chauffage. Les besoins énergétiques est déterminée par la température extérieure, et dépend beaucoup de la moyenne des températures minimales, le renouvellement de l'air et la quantité et le poids des animaux présents.

Lors de la seconde phase de construction, en augmentation par rapport au projet initial, les bâtiments d'engraissement ont été construits. Ces bâtiments ont été construits sur le même principe que les précédents, mais sans chauffage. L'exploitation est ainsi devenue une exploitation "en cycle fermé".

La production et la composition de la nourriture, adaptées à l'état physiologique, de même que son transport sont contrôlés par micro-ordinateur.

La gestion de l'exploitation nécessite 2/4 emplois (fonction du nombre d'animaux). Les systèmes mécaniques de base de l'exploitation (alimentation, énergie) doivent par conséquent disposer d'un niveau d'autocontrôle suffisant pour maintenir des conditions optimales de développement du bétail.

3.- PARAMETRES DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

L'installation de méthanisation a été conçue dans l'optique d'une intégration complète dans l'exploitation d'élevage. Pour qu'il en soit ainsi, il fallait apporter des solutions aux problèmes des installations au sein de l'exploitation :

1. Le transport des lisiers et du gaz doit requérir le moins d'effort possible. Par conséquent, les digesteurs doivent être situés à proximité des bâtiments d'élevage, et de la salle contrôle/chaudières, tout en respectant les normes sur les distance minimales entre les installations de production et de stockage de gaz combustibles et les bâtiments habités.
2. Afin de simplifier la maintenance, et pour réduire au minimum les éléments mécaniques, le transport des lisiers se fait par gravité, dans des canalisations de 0.5 m de diamètre avec une pente de 6%.
3. Les animaux sont répartis dans trois types de bâtiments, qui correspondent à des caractéristiques différentes en ce qui concerne l'alimentation, les traitements sanitaires, qualité des lisiers et pratiques de nettoyage et de désinfection.

Les antibiotiques inhibent la fermentation anaérobie, les désinfectants peuvent être toxiques. C'est pourquoi les lisiers ne doivent pas être traités lorsqu'ils contiennent des phénols, des antibiotiques, de même que lorsque le débit d'eau de lavage est trop important. Un jeu de vannes, à l'entrée des préfosse de digestion, permet de dériver les flux vers la fosse de stockage de l'exploitation.

Les lisiers des trois bâtiments sont mélangés avant d'être injectés dans le digesteur, afin de diminuer l'incidence de facteurs déséquilibrant éventuelles pouvant influencer le processus, et de pouvoir faire varier les temps de séjour dans chaque digesteur (trop-plein de hauteur variable). Cela permettait également de pouvoir arrêter un digesteur en été afin de le nettoyer, pendant que les deux autres couvraient les besoins énergétiques (faible à cette période de l'année).

4. L'exploitation est située dans une zone où l'on a enregistré des températures minimales de -10°C en hiver. La conception de l'installation devra prendre en compte ces éléments afin d'assurer une grande stabilité technique au système.

La solution a été de construire trois digesteur intégrés – fosse à trois compartiments indépendants et interchangeables, enterrés dans un lit de roche volcanique limité par de l'argile et isolé par du polyuréthane projeté (8cm).

5. La maintenance et les éventuelles réparations devaient pouvoir être effectuées par des entreprises du secteur (plombier, électricien), qui intervenaient sur d'autres éléments de l'exploitation. La construction a donc été confiée à ces mêmes entreprises, qui devaient pouvoir par la suite résoudre les problèmes éventuels par elles-mêmes.
6. Bien que l'objectif ne fût que de couvrir les besoins énergétiques du bâtiment II à partir des lisiers des trois bâtiments, le volume de digestion ne devait pas être limité afin :
 - a) De pouvoir travailler à des temps de séjour pouvant aller jusqu'à 40 jours en cas de besoin (niveau d'épuration, élimination des odeurs, et contrôle qualité de l'environnement).
 - b) De pouvoir absorber les lisiers provenant d'autres bâtiments à l'avenir, et de couvrir d'autres besoins énergétiques.

A Partir de la fin 1984, le gaz produit alimenta également le bâtiment III, et fin 1985 on commença à introduire des lisiers des bâtiments d'engraissement, afin d'augmenter la production de gaz.

Les différents critères ont conduit à la conception d'un système continu de fermentation anaérobie mésophile de flux piston, déplacement horizontal et agitation pneumatique transversale (recirculation de gaz).

4. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION DE METHANISATION.

La Fig. 1 présente un schéma de l'installation, dont on voit une vue d'ensemble en Fig. 2. Les caractéristiques de construction sont détaillées ci-après.

1. Matière première : Lisiers de porcs, provenant de bâtiments de gestation, maternité et transition jusqu'en 1985, complété avec des lisiers d'engraissement jusqu'en 1993, et du mélange du "Cycle fermé" jusqu'à aujourd'hui. Flux actuel : 10-12 m³/j.
2. Séparation des désinfectants et eaux de lavage : Grâce à des vannes au niveau des préfosses de digestion.
3. Préfosses de fermentation :
 - 3.a. Matériau: Béton armé
 - 3.b. Capacité maximale: 12 m³
 - 3.c. Localisation : Adjacentes aux digesteurs, en série.
4. Digesteurs:
 - 4.a. Matériau : Béton armé
 - 4.b. Etanchéité : Revêtement intérieur (résine).
 - 4.c. Géométrie : parallélépipédique
 - 4.d. Dimensions intérieures: 8x3x2 m³
 - 4.e. Volume utile de digestion: 42 m³
 - 4.f. Isolation thermique : 8 cm de polyuréthane projeté en enrobé dans de la roche volcanique.
 - 4.g. Introduction des lisiers : Par gravité depuis les préfosses, à travers deux ouvertures de 0.25 m² à la base de la structure.
 - 4.h. Chauffage : Echangeur de chaleur eau/lisiers – 24m² par digesteur, en élastomère EPDM alimenté en eau à 65°C. Contrôle thermostatique.
 - 4.i. Agitation : Recirculation intermittente et temporisée de gaz à 0,4 kg/cm², grâce à une soufflante (moteur antidéflagrant 7 kW).
 - 4.j. Trous d'homme: 2 par digesteur, situés en partie haute.

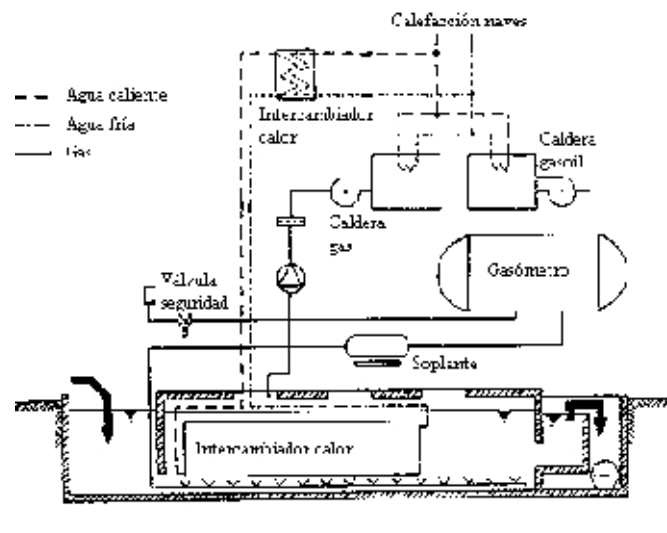


Fig. 1.- Schéma de l'installation



Fig. 2.- Vue aérienne de l'installation

5. Circuit gaz :
 - 5.a. Stockage : Gazomètre souple de 35 m³. Pression maximale de travail : 45 cmCE.
 - 5.b. Contrôle de la pression maximale de travail : 3 soupapes de sécurité – contrôle indépendant de chaque digesteur -, avec des hauteurs de colonne d'eau variables. Pression de travail : 30 cmCE. Protection thermostatique contre le gel.
 - 5.c. Alimentation de la chaudière : Soufflante 0.2 kW, protection antidéflagrante.
 - 5.d. Elimination de H₂S : Oxyde de fer (réduction immédiate de 60%)
 - 5.e. Qualité du gaz : variable entre 62,5% et 70% de CH₄.
6. Circuit de chauffage
 - 6.a. Chaudière :
 - Température d'eau de service : 65°C
 - Consommation de gaz nominale : 10 m³/h
 - Pression de gaz à l'entrée du brûleur : 100 mm CE.
 - 6.b. Chauffage des digesteurs : Echangeur de chaleur à plaques eau/eau entre le circuit de chauffage des bâtiments –PN 3 bars- et le circuit de chauffage des digesteurs –PN 1 bar.
 - 6.c. Température de fermentation: 35°C. Contrôle à travers des thermostats localisés à l'intérieur des digesteurs. Depuis 1994, la température en hiver est

fixée à 28°C, pour minimiser le rapport autoconsommation / production thermique.

5.- EVALUATION DE 16 ANS DE FONCTIONNEMENT

Les digesteurs ont été mis en route le 28 novembre 1983. Ils ont commencé à produire un gaz de mauvaise qualité la dernière semaine de décembre, et fonctionnaient à plein régime fin janvier 1984. Le 10 mars 1984, une fois les réglages du brûleur réalisés, l'alimentation thermique du bâtiment a démarré. En 1984, le volume utile de digestion a été variable, le temps de rétention a varié de 15 à 40 jours, les digesteurs ont traité en moyenne 2.9 m³/jour de lisiers provenant des bâtiments de maternité et transition (Flotats, 1987). La consommation de gaz fut de 8212 m³; les économies d'énergie de 28.7%.

Fin 1985, le temps de rétention a été fixé à 15 jours, avec le traitement des lisiers de porcs d'engraissement. La production de gaz a alors nettement augmenté (Flotats, 1989). A partir de 1995, l'alimentation a consisté en un mélange homogène des lisiers de l'exploitation, avec un meilleur taux de matière organique.

En 1994, le système a été totalement arrêté afin d'analyser l'état de l'installation, l'analyse historique détaillée et la comparaison avec le système énergétique de l'exploitation sans apport de biogaz. L'installation a été remise en route en 1995, après remplacement des éléments les plus abîmés par la corrosion et l'usure.

Depuis l'été 1984, une méthodologie de suivi quotidien de l'installation est en place (données complètes quotidiennes). Ci-après sont présentés de façon synthétique ces données pour la période comprise entre janvier 1985 et décembre 1999 (180 mois).

5.1. Production de gaz

La consommation de biogaz a été de 589.681 m³. Cette consommation correspond à la production, sauf pour certains étés au cours desquels le gaz excédentaire était évacué par les soupapes de sécurité. Ce gaz n'est pas compté, afin d'éviter une obstruction de la ligne de sécurité.

La production (ou consommation) présente des variations, journalières comme mensuelles (voir Fig. 3). Les variations mensuelles dépendent de la température de digestion, qui elle-même dépend de la température ambiante. Les jours de basse température (jusqu'à -5°C), on observe de faibles productions de gaz, l'autoconsommation énergétique peut être supérieure à la production.

La tendance à l'augmentation de la production, décelable sur la Fig. 3, est due à l'augmentation de la proportion de lisier d'engraissement.

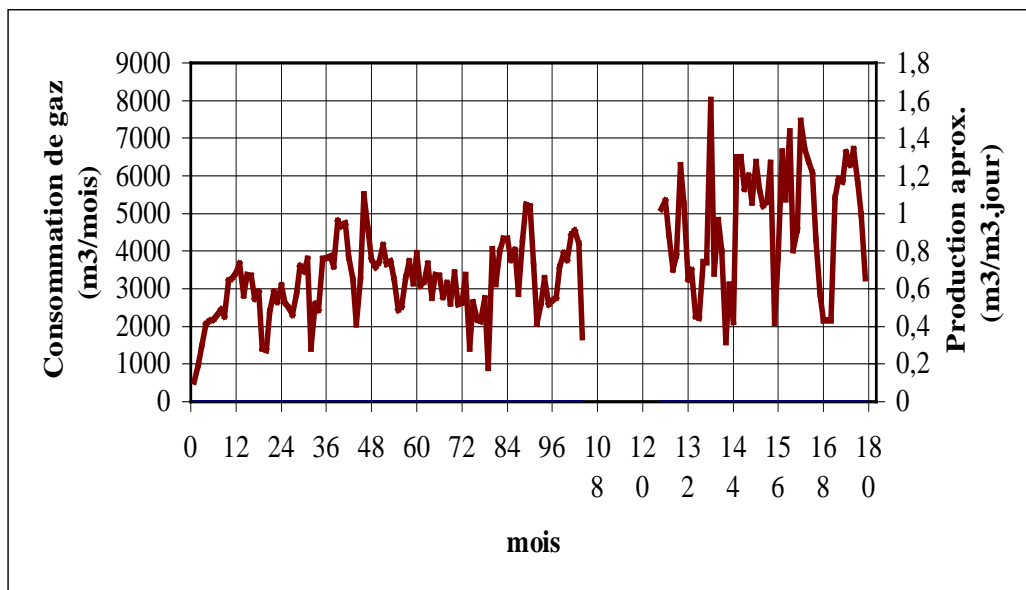


Fig. 3.- Estimation de production et consommation de biogaz (1985-1999). La production correspond à la consommation, excepté pour certains mois d'été.

5.2.- Autoconsommation énergétique.

L'apport énergétique nécessaire au fonctionnement de l'installation ont été de 1074 MWh, dont 35 MWh d'électricité. En terme d'énergie finale, le pourcentage a évolué entre 26.2% (1994) et 67.2% (1985), avec une moyenne de 39.5%.

La consommation d'énergie thermique présente des pointes en hiver (voir Fig. 4). C'est pourquoi la température des digesteurs est maintenue à 28°C en hiver, depuis 1995. Depuis, la moyenne de l'autoconsommation est de 30.1%.

5.3. Apport énergétique et économies

La consommation d'énergie thermique des bâtiments d'élevage, exprimée en unités d'énergie finale, a été de 3978 MWh entre 1985 et 1999. L'apport net provenant du biogaz (après décompte de l'autoconsommation des pertes au niveau de la chaudière) a été de 1635.5 MWh. Ceci représente une moyenne de 41.5% de la consommation, allant de 30.5% (1993) à 63.1% (1989). Si l'on ne comptabilise l'année 1994 (arrêt technique), l'apport net représente 44.7%.

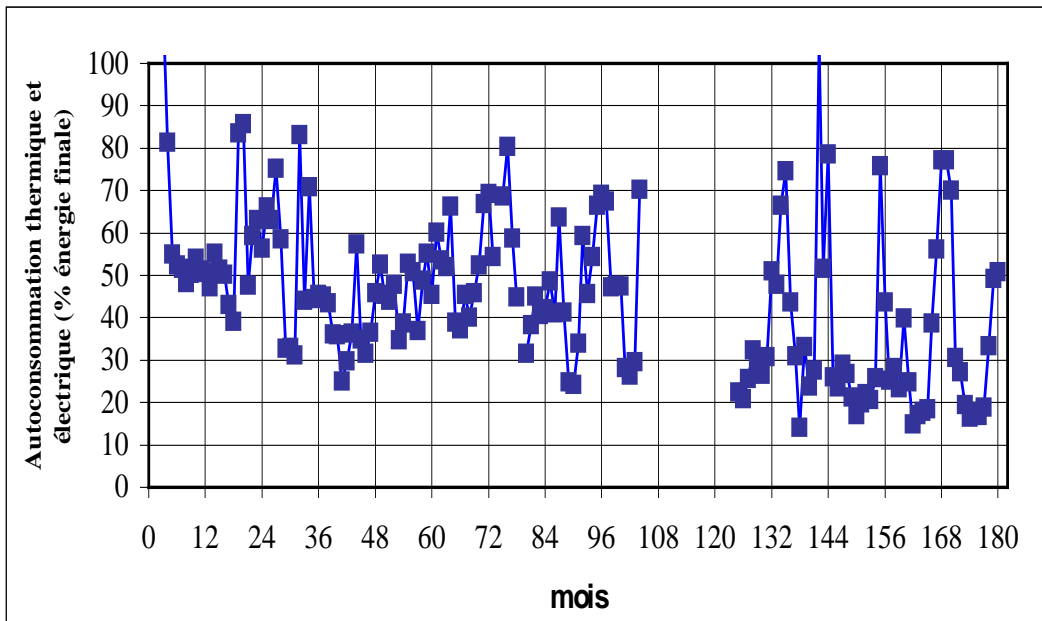


Fig. 4.- Evolution du taux de consommation d'énergie thermique et électrique de l'installation de méthanisation par rapport à l'énergie finale produite (1985-1999)

La figure cinq représente les consommations mensuelles pour la période considérée. Les pointes de consommation correspondent aux mois "froids", et des pointes d'occupation du bâtiment de transition. La forte augmentation en 1998 et 1999 correspond à une augmentation de capacité de ce bâtiment, à laquelle s'ajoute un autre bâtiment en décembre 1998. On passe de 1000 à 1500 animaux en deux ans.

L'économie d'énergie est évaluée à 205 tep.

5.4. Maintenance

La maintenance est assurée par les entreprises locales (plombiers et électriciens) qui ont participé à la mise en place de l'installation et qui interviennent sur d'autres éléments de l'exploitation. Ils sont suffisamment familiarisés avec le système pour ne pas avoir besoin d'ingénieurs spécialisés en cas de problème. L'intégration des systèmes de contrôle au système général de chauffage de l'exploitation permet un suivi simple, auquel le personnel de l'exploitation consacre quelques minutes par jour en moyenne.

Depuis sa mise en route, l'installation n'a pas connu de problème grave de fonctionnement. Fin 1993, le système a été arrêté suite à une fuite au niveau du gazomètre, rapidement réparé. Cet arrêt a été mis à profit pour remplacer certains éléments corrodés, qui représentaient un danger pur l'installation : 40% des vannes des circuits gaz et chauffage, 30% des tubes de cuivre et la chaudière à biogaz.

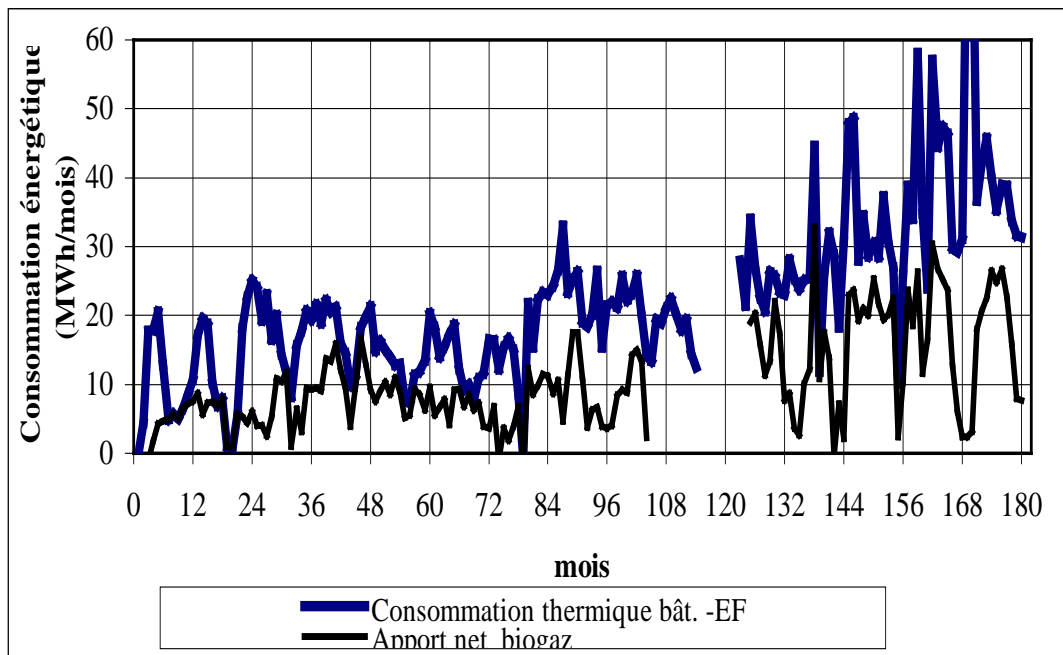


Fig. 5. Evolution de la consommation énergétique des bâtiments et apport net de biogaz, en unités d'énergie finale – EF (1985-1999)

Au mois d'août, les digesteurs sont arrêtés l'un après l'autre pour un nettoyage. La remise en route est faite à partir de lisiers digérés provenant des digesteurs en fonctionnement, ce qui permet un démarrage en quinze jours environ.

5.5. Autres considérations.

En 1989, une analyse économique comparative de différentes installations de méthanisation a été réalisée en Catalogne. L'installation de Mas El Cros présente un Taux de Rentabilité Interne de 4% (ESPREC, 1989). Aucune analyse économique détaillée n'a été menée depuis, mais la somme des coûts d'investissement et de fonctionnement sur la période sont inférieurs à l'équivalent économique des économies d'énergie accumulées.

Dans une analyse économique classique, on ne prend pas en compte certains facteurs appréciables de manière qualitative : diminution des odeurs, minéralisation des lisiers, hygiénisation partielle, et de manière générale, diminution de l'impact de l'exploitation sur l'environnement.

6.- GESTION INTEGRALE DES LISIERS

En 1992 et 1993, un plan d'épandage des lisiers de l'exploitation a été réalisé (Flotats et al., 1995). Il définit les doses et les périodes d'application, afin de minimiser l'impact sur les sols et les eaux, et de maximiser l'utilisation des lisiers comme fertilisant.

La surface agricole de l'exploitation est composée majoritairement de prairie dédiée à l'alimentation d'un troupeau de bovins. Jusqu'à aujourd'hui, l'épandage de lisier n'a

pas posé de problème sanitaire. L'épandage se fait par injection. Le fourrage est composé de *Bromus catharticus*, qui présente une croissance rapide avec une bonne fixation de l'azote. Les lisiers excédentaires sont épandus sur les exploitations voisines qui le souhaitent.

Grâce à cette gestion intégrale, mise en pratique durant plusieurs années, l'exploitation fait désormais l'objet de visites d'étudiants dans le cadre de cours avancés (diverses universités européennes). Cette exploitation représente un travail important du point de démonstratif et pédagogique sur la gestion environnementale et la valorisation énergétique de déchets.

7.- EVALUATION GLOBALE

Sur l'exploitation de Mas El Cros, les lisiers sont considérés comme un sous-produit ayant une valeur économique, comme source d'énergie (chauffage des bâtiments) et source d'éléments fertilisants (fourrage destinés à un troupeau de bovins). Le succès de cette installation, qui fonctionne depuis plus de 16 ans, est principalement dû à cette vision globale des cycles de production.

Le bon fonctionnement de l'installation 16 ans après sa mise en route est due à la conjonction de plusieurs facteurs :

- simplicité de la conception,
- construction de l'installation en parallèle à la construction de l'exploitation (minimisation des coûts),
- intégration de l'installation dans le concept général de l'exploitation, et non comme un ajout,
- maintenance effectuée par des entreprises locales,
- vision globale et intégrée de la gestion des lisiers.

8.- REFERENCES

ESPREC (1989). Estudio espacial y prospectivo de la energía en Catalunya. A.Gurgui, E. Figuerola, A. Casanova. Ed. Comisión de las Comunidades Europeas y Departamento de Industria y Energía de la Generalitat de Catalunya, Vol. 2, pp 226-248.

Flotats, X. (1987). Descripción de la planta de biogas de 150 m³ de Mas el Cros, Sta. Pau (Gerona). Era Solar, 25/26, pp 31- 36.

Flotats, C. (1989). El cros biogas plant: evaluation of five years in operation. In Biomass for Energy and Industry. G. Grassi, G. Gosse, G. De Santos (Ed). Elsevier Applied Sciences, pp 2392-2397

Flotats, C., Porta, J., Antúnez, M. Boixadera, J. (1995). Metodología para el manejo integral de purines de cerdo. En Actas del IV Congreso de Ingeniería Ambiental, Bilbao. Pp 72-81.