



**HAL**  
open science

# Développement d'un calculateur pour déterminer l'intérêt technicoéconomique de la méthanisation dans les différents systèmes de productions animales : Méthasim

P. Levasseur, P. Aubert, Sébastien Berger, A. Charpiot, A Damiano ., V.  
Meier, P. Quideau

## ► To cite this version:

P. Levasseur, P. Aubert, Sébastien Berger, A. Charpiot, A Damiano ., et al.. Développement d'un calculateur pour déterminer l'intérêt technicoéconomique de la méthanisation dans les différents systèmes de productions animales : Méthasim. *Innovations Agronomiques*, 2011, 17, pp.241-253. hal-02647447

**HAL Id: hal-02647447**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02647447>**

Submitted on 29 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

## **Développement d'un calculateur pour déterminer l'intérêt technico-économique de la méthanisation dans les différents systèmes de productions animales : Méthasim**

**Levasseur P.** <sup>(1)</sup>, **Aubert P.** <sup>(2)</sup>, **Berger S.** <sup>(3)</sup>, **Charpiot A.** <sup>(4)</sup>, **Damiano A.** <sup>(5)</sup>, **Meier V.** <sup>(6)</sup>, **Quideau P.** <sup>(7)</sup>

- (1) IFIP-Institut du Porc – BP 35104 – 35651 Le Rheu Cedex
- (2) ITAVI Ouest – Zoopole Beauce-main – BP 37 – 22440 Ploufragan
- (3) SOLAGRO - 75 Voie du TOEC - 31076 Toulouse cedex 3
- (4) IDELE – Institut de l'élevage - 56 avenue Roger Salengro – BP 39 - 62 051 Saint Laurent Blangy Cedex
- (5) AILE - 73, rue de Saint-Brieuc - CS 56520 - 35065 Rennes Cedex
- (6) TRAME - 6 rue de la Rochefoucault – 75 009 Paris
- (7) CRAB - Chambres d'agriculture de Bretagne – CS 14 226 – 35 042 Rennes Cedex

Contact : pascal.levasseur@ifip.asso.fr

### **Résumé**

Dans le contexte d'un intérêt croissant de l'agriculture pour les énergies renouvelables et notamment pour la méthanisation, les études de projet soulignent souvent la difficulté d'atteindre l'équilibre économique, en raison des tarifs français d'achat de l'électricité issue du biogaz agricole qui demeuraient jusqu'à présent peu élevés. Le projet, mené par AILE, CRAB, IDELE, ITAVI, SOLAGRO, TRAME et piloté par l'IFIP-institut du porc, a consisté à développer un outil de calcul de la rentabilité d'un projet de méthanisation agricole, commun aux principales productions animales (bovines, avicoles, porcines, ovines, caprines, cunicoles, équines). Il permet de calculer l'intérêt technique et économique de la méthanisation selon notamment le choix des intrants, le procédé de méthanisation, le coût d'achat de l'électricité... Une attention particulière a été portée aux modes de valorisation de l'énergie thermique compte tenu de la bonification prévue dans la politique tarifaire. Pour l'élaboration de ce calculateur, les partenaires se sont d'abord appuyés sur un module de base développé conjointement par Solagro, Aile et Trame mais également sur d'autres modèles qui étaient disponibles tant en France qu'à l'étranger. Les investigations dans le cadre de ce projet ont permis de mettre en place des actions de communication et de formation notamment sur les pré-requis indispensables à la mise en place d'une unité de méthanisation en élevage.

**Mots-clés** : biogaz, logiciel, rentabilité, pré-diagnostic

**Abstract: Developing a simulator in order to estimate the technical and economic interest of anaerobic digestion common in livestock productions: *Méthasim***

In the context of an increasing interest in agriculture for renewable energy and in particular for anaerobic digestion, a careful analysis often underlines the difficulty in reaching an economic balance, due to a large extent to the French electricity tariff regarding agricultural biogas, which remained until now relatively low. This project gathered AILE, CRAB, IDELE, ITAVI, SOLAGRO and TRAME and was managed by IFIP- pork institute. The aim was to develop a simulator common to the main livestock productions (cattle, poultry, porcine, goat, sheep, rabbit, horse). It makes it possible to estimate the technical and economic interests of anaerobic digestion, according to the characteristics and prospects

for farms changes, choice of inputs, process of anaerobic digestion and cost of purchasing electricity. Particular attention was paid to the different modes of valorization of thermal energy which derived from this process. It will be made possible through the implementation of investigations into the consumption of energy in breeding. In order to make this calculator, the technical teams used, in particular, a basic module under development jointly by SOLAGRO, AILE and TRAME, but also on other models which were available both in France and abroad. The project implemented, optimized or developed these basic modules. The calculator obtained, will be validated by observations carried out on units currently under operation or which will be in operation very soon. The investigations within the framework of this project will make it possible to set up activities of communication and training, in particular, on the basic conditions necessary for installation of a unit of anaerobic digestion in farms, and will make it possible to easily see the potential of interesting projects.

**Keywords:** biogas, software, profitability, diagnosis

## Introduction

Suite à la prise de conscience du changement climatique et de l'épuisement des ressources en énergies fossiles, l'agriculture connaît un intérêt croissant pour les énergies renouvelables et notamment pour la méthanisation. Celle-ci présente de multiples avantages agricoles et sociétaux mais, jusqu'à présent, elle s'est peu développée (moins de 50 installations de méthanisation agricole en France contre plus de 5900 en Allemagne) compte tenu essentiellement d'un prix d'achat de l'électricité issue du biogaz encore trop peu attractif pour atteindre l'équilibre économique mais aussi d'une réglementation inadaptée et d'un manque d'organisation de la filière.

Dans ce contexte, différents organismes compétents dans le domaine de la méthanisation et/ou des productions animales (IFIP, AILE, TRAME, IDELE, SOLAGRO, ITAVI, CRAB) ont décidé de réaliser un logiciel de calcul de la rentabilité des projets de méthanisation agricole. Ce type d'outil se justifie par le montant des investissements mis en jeu et par la complexité des déterminants technico-économiques. Le bilan des outils disponibles en 2008 a montré qu'ils s'avéraient tous d'usage frustré ou privé. L'objet principal de ce projet Casdar a donc consisté à élaborer et optimiser un simulateur commun aux principales productions animales (bovines, avicoles, porcines, ovines, caprines, équines, cunicoles) permettant de calculer l'intérêt technique et économique d'un projet de méthanisation agricole.

Dans son contenu, ce calculateur devait pouvoir prendre en compte l'ensemble des facteurs de variation de la rentabilité d'un projet de méthanisation : choix des intrants, technologie de méthanisation et de valorisation du biogaz, coût d'investissement et de fonctionnement... et fournir plusieurs indicateurs économiques et financiers (temps de retour brut, taux de rentabilité interne, valeur actualisée nette...) tout en restant simple et souple d'utilisation. Il était également convenu de porter une attention particulière aux débouchés de chaleur : chauffage de bâtiments agricoles et/ou de maisons d'habitation ou inversement production de froid, séchage de céréales ou de fourrages, séchage de digestat... compte tenu de la prime à l'efficacité énergétique. Enfin, en termes d'études et de communications prévues dans le cadre de ce projet, l'élaboration de cet outil devait permettre de mieux identifier les pré-requis indispensables à un meilleur ciblage des études de faisabilité, et cela, afin de faire émerger plus rapidement les projets de méthanisation. Afin de faciliter l'accès au plus grand nombre, il a été également convenu de le mettre gratuitement à disposition et de proposer des formations à son utilisation. Cet article va essentiellement se focaliser sur la présentation et le potentiel de cet outil ainsi que sur l'ensemble du travail mené en amont.

## 2- Méthodologie de travail

Le projet Casdar était initialement découpé en quatre phases devant se dérouler les unes après les autres :

- constitution du cahier des charges,
- élaboration du calculateur,
- test du calculateur,
- communication et formation autour de l'outil et sur les pré-requis de la méthanisation agricole.

Compte tenu du développement très modéré de la méthanisation agricole, l'acquisition de références techniques et économiques s'est finalement poursuivie sur toute la durée du projet.

Lors de la première année, il s'agissait de constituer le cahier des charges du calculateur. Au cours de cette étape, les équipes impliquées ont fait le point sur les critères techniques et économiques permettant de répondre aux objectifs de ce projet, notamment en s'appuyant sur la bibliographie et les calculateurs déjà existants. En prélude à la constitution du cahier des charges, Solagro a organisé un voyage d'étude en Allemagne sur les unités de méthanisation afin d'harmoniser les niveaux de connaissance des partenaires techniques.

A partir des préconisations du cahier des charges, il était convenu d'élaborer le calculateur. La conception a débuté fin 2008 par le maquettage de l'outil et s'est poursuivie durant toute l'année 2009 pour la programmation informatique. Comme il s'agit d'un modèle statique, il était suggéré, dans le dossier de l'appel à projet, d'utiliser le Visual Basic pour Application (VBA) sous Excel®, l'arbitrage devant cependant se faire au cours de la première année du projet. En outre, il était prévu d'élaborer un guide d'utilisation de ce calculateur et un guide méthodologique.

Lors de la troisième phase, le calculateur devait être testé sur des jeux de données provenant d'unités françaises de méthanisation en fonctionnement. Compte tenu du peu d'installations à ce stade d'avancement du projet, du manque de représentativité et de recul pour le fonctionnement de ces unités, le recueil de données s'est concentré sur les coûts d'investissement des premières installations françaises. Compte tenu des transferts de technologie entre l'Allemagne et la France, nous avons repris la plupart des références techniques allemandes pouvant être considérées comme stables. Pour d'autres critères plus soumis à variation (potentiel méthanogène des produits organiques) ou spécifiques du contexte français (coût de fonctionnement, modalités de financement...), il a été retenu de laisser à l'utilisateur la possibilité de modifier les valeurs saisies par défaut dans le calculateur.

Après élaboration et validation de l'outil, les partenaires se sont engagés à faire de la communication et de la formation tant sur l'outil lui-même que sur les simulations prévues dans le cadre de ce projet. Ainsi, *Méthasim* et ses potentialités ont fait l'objet de nombreuses communications. Il a notamment été primé 1 étoile dans le cadre des Innov'Space 2010 (salon de l'élevage, Rennes, 2010). Toutefois, ces aspects ne seront pas abordés dans le cadre de cet article.

## 3- Résultats obtenus

Le logiciel de calcul *Méthasim* est le produit principal et final de ce programme de travail Casdar. Ce calculateur, permettant de déterminer l'intérêt technico-économique des projets de méthanisation agricole à la ferme, est disponible gratuitement via internet. Une description des principales rubriques de cet outil est effectuée au chapitre « Présentation du calculateur ». Auparavant, il sera fait une description du recueil de références techniques et économiques, acquis tout au long de ce projet Casdar et ayant permis d'aboutir à l'élaboration puis à l'optimisation de *Méthasim*.

## Acquisition de références techniques et économiques

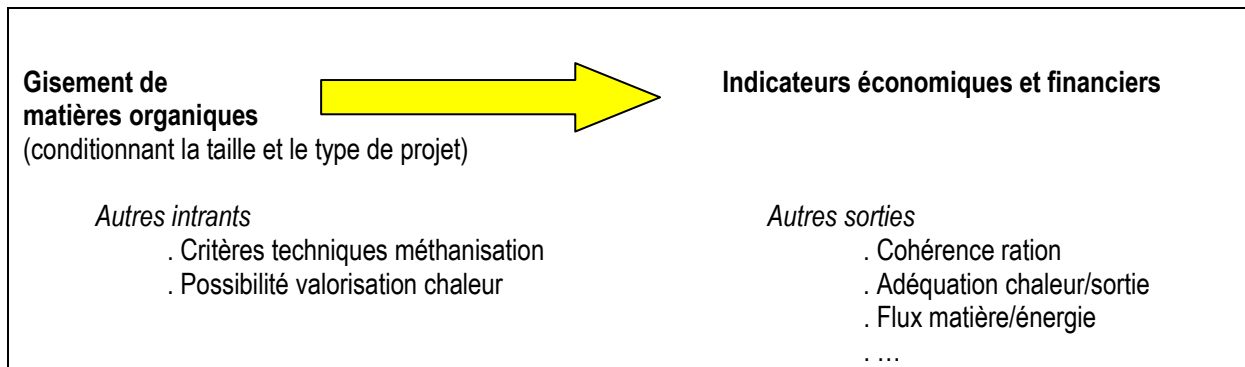
### Expertise préalable de calculateurs déjà existants

Lors du premier semestre du projet, les partenaires ont fait le point des calculateurs déjà existants dans le domaine de la méthanisation. Six calculateurs ont ainsi été identifiés et expertisés. Ils ne figurent pas tous dans les références bibliographiques compte tenu de leur origine incertaine (auteurs, date... exemple : calculateur KTBL) ou de leur état inachevé (exemple : calculateur Solagro/Aile/Trame).

- Calculateur Solagro/Aile/Trame (SAT)
- Gaz de ferme (Solagro et al, 2007)
- Calculateur de la région Alsace (Maurer, 2004)
- Calculateur AEL (Allemagne, Cremer, 2006)
- Calculateur de la CA 85 (2007)
- Calculateur KTBL (Allemagne)

Un schéma directeur est commun à l'ensemble de ces calculateurs : c'est la disponibilité en produits organiques qui permet de dimensionner les critères techniques puis économiques de l'unité de méthanisation (Figure 1).

**Figure 1** : Schéma général du calcul de la profitabilité d'un projet de méthanisation



Cette expertise a montré en outre qu'il existait des calculateurs simplifiés et d'autres, bien plus complets. Les premiers sont globalement très simples d'utilisation, ils peuvent être utilisés sans aide extérieure en relativement peu de temps. En contrepartie, ils sont frustrés, peu adaptables à des situations particulières et dans le temps. La plupart d'entre eux sont libres d'accès. Les versions plus complètes permettent d'élaborer des scénarios plus précis mais ils sont d'un emploi plus complexe. Compte tenu du travail réalisé, ils sont généralement d'utilisation privée, notamment par des bureaux d'études/constructeurs. Le calculateur SAT est dans ce cas de figure, son accès a été permis uniquement dans le cadre de ce projet. Le calculateur GDF, libre d'accès, en constitue une version très simplifiée. La plupart des bureaux d'étude œuvrant dans le domaine de la méthanisation dispose de leur propre outil de calcul, plus ou moins élaboré. Ces derniers demeurent tous d'un usage privé.

A l'issue de cette expertise, il n'a pas semblé nécessaire de poursuivre les investigations notamment concernant les calculateurs en versions simplifiées. Pratiquement, de nombreuses équations étaient disponibles excepté pour la modélisation des besoins thermiques. De nombreux arbitrages se sont néanmoins avérés nécessaires entre des formules de calcul très disparates voire contradictoires entre calculateurs (énergie thermique nécessaire au digesteur, détermination simplifiée du coût d'investissement,...). Parallèlement à cette expertise, nous avons mené un travail bibliographique permettant de confirmer le choix des modèles de calcul à retenir et d'enrichir nos références techniques et économiques (Gida, 1980 ; Coudure et Castaing, 1997 ; Fruteau et Membrez, 2004 ; Aile et Ademe, 2004 ; Biogas, 2003, 2004, 2005 ; Pouech et al, 2005 ; Solagro, 2005 ; Gac et al, 2006 ; Théobald et Schubetzer, 2006)

Les calculateurs expertisés ont tous été programmés sous Excel ce qui entraîne, pour des calculateurs « complets » comme celui de « SAT », une ergonomie discutable : tableaux de chiffres trop petits et dépassant largement l'écran de l'ordinateur, manque de vue d'ensemble nuisant au caractère didactique de l'outil.

En cours de projet, d'autres calculateurs ont été découverts et étudiés (RET screen, Mattheus,...) portant à une dizaine le nombre d'outils finalement identifiés, même si certains sont d'origine incertaine. Cela dit, aucun d'entre eux ne permettait de répondre, même avec des adaptations importantes, aux besoins des partenaires et des différents acteurs de la méthanisation en France.

Etant donné les atouts et limites de ces calculateurs et afin d'apporter une véritable plus-value à cet existant, il était convenu que Méthasim réponde à l'ensemble des caractéristiques ci-dessous :

- convivialité,
- souplesse d'utilisation,
- champ d'action élargi par rapport aux calculateurs simplifiés,
- niveau de précision élevé,
- adaptabilité à des références techniques et économiques nouvelles,
- modélisation des besoins thermiques dans différentes situations (agricoles ou non).

### **Bilan des activités consommatrices d'énergie thermique permettant de valoriser la chaleur issue de la méthanisation agricole**

La politique tarifaire mise en place en France incite clairement à l'utilisation de la chaleur produite. En effet, un bonus est accordé selon le pourcentage d'énergie primaire valorisé. La détermination des besoins thermiques valorisables par la chaleur issue du cogénérateur doit être précisée autant que possible car elle impacte notablement les recettes financières donc le niveau de rentabilité du projet. Même si les perspectives de valorisation de la chaleur sont, dans les faits assez peu nombreuses, elles n'en demeurent pas moins diversifiées, tant sur le site même de l'exploitation (digesteur, bâtiments d'élevage, eau chaude sanitaire, hygiénisation d'intrants,...), qu'en dehors de l'exploitation (serres, maisons d'habitation ou bureaux,...). Les calculateurs expertisés ne permettaient pas de dimensionner ces besoins thermiques de façon satisfaisante.

Dans le cadre de ce projet, il était convenu que les instituts techniques sélectionnent les débouchés de chaleur les plus probables et proposent les modèles de calcul simplifiés correspondant. Ainsi, il a été étudié les modalités de calcul technique et les investissements de dix voies de valorisation de l'énergie thermique :

- chauffage du digesteur ;
- chauffage de bâtiments porcins ;
- chauffage de bâtiments avicoles ;
- chauffage de la maison d'habitation et de l'eau chaude sanitaire ;
- séchage de céréales ;
- séchage du bois ;
- chauffage des serres maraîchères et horticoles ;
- hygiénisation de substrats ;
- déshydratation de lisier, digestat et de refus de séparation de phases ;
- tri-génération (production de froid).

A l'exception de la tri-génération dont le marché ne nous a pas semblé adapté aux besoins du milieu agricole visé, l'ensemble des besoins thermiques cités ci-dessus ont été intégrés dans le calculateur Méthasim.

## **Acquisition de références de coûts d'investissement sur les premières unités de méthanisation françaises**

La fiabilité des coûts d'investissement et, dans une moindre mesure, de fonctionnement, constitue généralement le point faible des diagnostics de rentabilité des projets de méthanisation. Afin de recueillir les données économiques sur les premières installations françaises en fonctionnement ou en projet, nous avons constitué une grille de collecte des données. Cependant, il s'est avéré nécessaire de faire la distinction entre différentes sources de prix :

- les études : les coûts fournis manquent de fiabilité ; ce type de données, pourtant le plus fourni, n'a pas été utilisé ;
- Les (pré)consultations de constructeurs : ces données qui sont un peu plus fiables, ont été recueillies. Selon Solagro, il faut cependant être vigilant quant à la réalité de ces coûts, les constructeurs ayant tendance (en absence d'engagement commercial) à annoncer des prix supérieurs à ceux figurant dans les devis ;
- Le devis : c'est la source la plus employée à notre niveau car une masse d'informations importante est d'ores et déjà disponible pour des unités de méthanisation représentatives. Elles peuvent être considérées comme fiables ;
- Des factures : la source la plus précise car correspondant aux sommes réellement payées par les porteurs de projet. La difficulté était que peu était disponible en 2008/2009 sur des unités de méthanisation représentatives.

Afin de respecter l'anonymat des prix fournis par les constructeurs, ces données n'ont circulé qu'en comité restreint, une diffusion élargie des coûts ne pouvant s'effectuer qu'à partir de chiffres agrégés. Ces derniers ont donné lieu à de nouvelles équations de prix intégrées dans *Méthasim*.

- Investissement digesteur principal (k€) =  $T_{\text{intrants solides}} \times 0,02 + 19 \times T_{\text{intrants totaux}}/365 + T_{\text{digestat}} \times 0,005 + 110$
- $T_{\text{intrants solides}}$  : tonnage annuel d'intrants ayant plus de 20 % de MS (en t/an)
- $T_{\text{intrants totaux}}$  : tonnage annuel d'intrants totaux (en t/an)
- $T_{\text{digestat}}$  : 0 si pas de séparation de phases, sinon tonnage de digestat obtenu annuellement (en t/an)
  
- Investissement co-générateur (k€) =  $56,692 + 1,0148 \times \text{production de CH}_4 \text{ (m}^3\text{/an)}$

Ces équations sont utilisables pour des unités de méthanisation de 100 à 500/700 kW électriques installés.

## **Autres recueils de références techniques et économiques :**

Dans le cadre de ce dossier Casdar, bien d'autres références techniques et économiques ont fait l'objet de recherche. La liste ci-dessous, non exhaustive, montre les points les plus importants.

La méthanisation agricole en phase liquide infiniment mélangé constitue le modèle très largement dominant avec plus de 95 % des réalisations en Allemagne contre seulement quelques % pour **la méthanisation sèche**. Les références techniques et économiques concernant cette dernière sont donc bien moins connues. Les partenaires de ce projet souhaitaient intégrer les particularités de cette technique dans *Méthasim*, compte tenu de son potentiel de développement en France. A ce titre, l'ITAVI et l'association TRAME ont réalisé un travail spécifique sur ce type de méthanisation afin de faire le point des références techniques et économiques à retenir pour Méthasim (Simonneau, 2008 ; Meier et Viard, 2009). A ce jour, les connaissances autour de la méthanisation sèche demeurent encore frustrées, même pour des éléments clés comme le potentiel méthanogène des produits organiques, les coûts des installations, les besoins thermiques des digesteurs,... La détermination de la rentabilité d'un projet de méthanisation sèche, sous Méthasim, demeure largement perfectible.

Dans le cadre de ce projet, une **base de données sur le pouvoir méthanogène de produits et déchets organiques** de plus de 200 déchets organiques issus des IAA et des collectivités et plus de 200 types de déjections animales a été élaboré et intégré dans Méthasim. Pour la plupart d'entre eux, Méthasim propose en outre une composition chimique (MS, MO, NTK, NH<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O). Chacune de ces références (potentiel méthanogène et composition chimique) peut cependant être modifiée par l'utilisateur s'il dispose de valeurs plus précises.

**Le rendement électrique des co-générateurs** conditionne notablement les recettes financières et par là même, la rentabilité d'un projet de méthanisation. Ce critère varie selon la puissance installée et le type de moteur (dual-fioul ou à gaz). Sur la base de la bibliographie et après consultation de distributeurs de ces moteurs, nous avons élaboré une équation permettant de déterminer ce rendement électrique en fonction de ces deux critères.

Moteur dual-fuel →  $y = 0,0462 \ln(x) + 0,189$  avec  $R^2 = 0,986$

Moteur à gaz →  $y = 0,0474 \ln(x) + 0,119$  avec  $R^2 = 0,973$

Avec  $x$  = puissance électrique installée du cogénérateur en kW

Les rendements ont été plafonnés à 41 et 38 % pour respectivement les moteurs dual-fioul et à gaz.

De plus en plus de projets nécessitent la mise en place d'un séparateur mécanique de phases afin de pouvoir exporter les éléments fertilisants excédentaires sur le plan d'épandage. Ainsi, quelques références de **taux de capture des principaux éléments fertilisants par vis compacteuse et décanteuse-centrifuge** ont été recueillies. Elles devront cependant être complétées et ne sont disponibles sous Méthasim, comme toutes les autres références, qu'à titre informatif.

### *Constitution du cahier des charges, de la maquette et programmation de l'outil Méthasim*

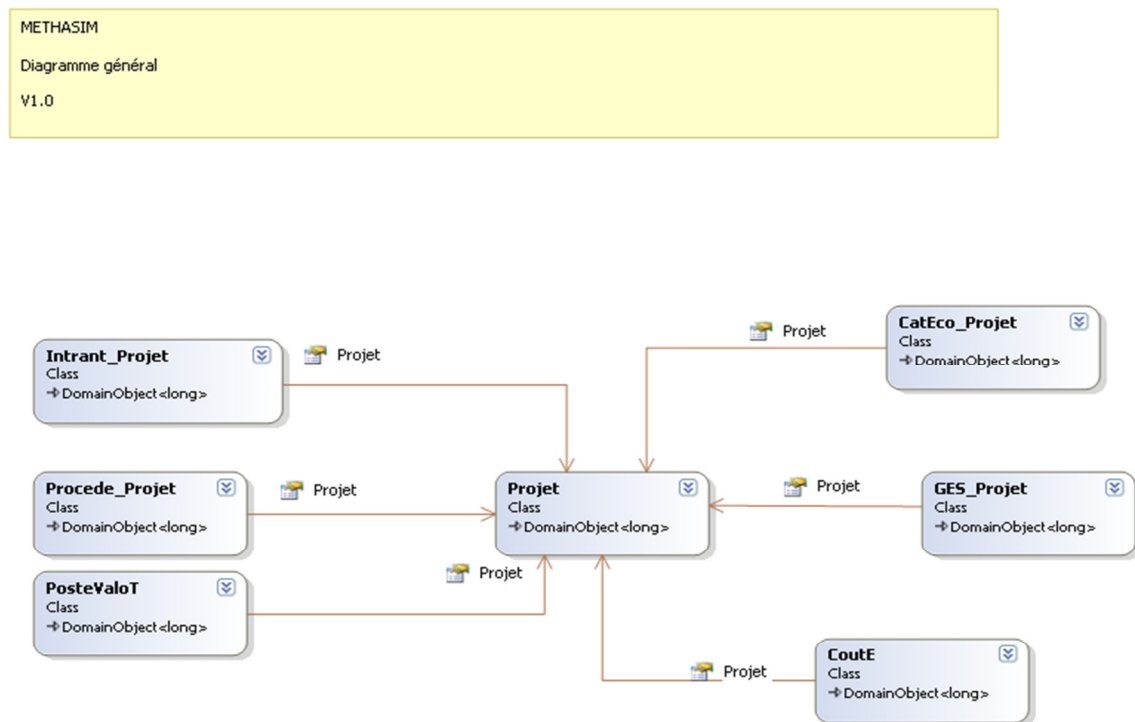
La constitution du cahier des charges du calculateur Méthasim était, pour l'année 2007, l'objectif principal du projet Casdar. Il a continué à s'enrichir les deux années suivantes avec l'augmentation du nombre d'installations en France et le recueil supplémentaire de données. Il a ainsi été établi que le calculateur puisse s'utiliser, dans une version simplifiée, par l'accès à 7 menus principaux (voir Figure 5) compte tenu, notamment, du pré-remplissage de bon nombre de paramètres. Toutefois, il a également été prévu d'augmenter (1) la souplesse du calculateur en conservant la possibilité de modifier le contenu de ces cellules pré-remplies, (2) le niveau de précision du modèle, en créant des sous-menus permettant de détailler certains calculs.

Le service informatique de l'IFIP a alors réalisé un maquetage reflétant fidèlement ce cahier des charges et un diagramme de classes UML. Ce dernier permet de concevoir l'architecture de la base de données (Figure 2). Chaque classe figurant dans ce diagramme fait lui-même l'objet d'une arborescence spécifique (schéma non présenté).

La programmation proprement dite de l'outil a débuté après approbation de la maquette lors d'une réunion plénière. Il a ainsi été convenu de réaliser le logiciel de calcul sous WEB avec une programmation en C# et non sous Excel comme prévu initialement. L'avantage tient à (i) une plus forte puissance de calcul, (ii) une bien meilleure convivialité d'utilisation et (iii) une réactualisation aisée des bases de données en ligne.



**Figure 2 :** Diagramme général des classes de Méthasim



### *Présentation du calculateur Méthasim*

Méthasim a été mis en ligne via les sites des partenaires à partir de mars 2010. Le choix a été fait d'un accès internet gratuit. Il n'est pas prévu d'aide en ligne. Par contre un lien, sur chacune des rubriques, permet d'accéder à une notice d'emploi. D'autre part, plusieurs partenaires proposent des formations d'une journée à l'utilisation de cet outil.

Pour chaque création de compte, il est demandé de remplir un formulaire d'inscription permettant de recueillir quelques renseignements d'ordre général. Il s'agit principalement des coordonnées de l'utilisateur et de leur profil professionnel. Pour les concepteurs de l'outil, cela nous permet de connaître, entre autres, le profil et la fréquence d'utilisation des utilisateurs.

Dans les pages qui vont suivre, nous allons montrer les principales rubriques de Méthasim permettant de déterminer l'intérêt technico-économique d'un projet de méthanisation. La page d'accueil est présentée à la Figure 3

Dans Méthasim, l'utilisateur accède à une série de rubriques (désignées par les intitulés en blanc sur fond vert, sur la gauche de l'écran, Figure 4) qu'il devra renseigner les unes après les autres (intrants, procédé, valorisation thermique,...). En premier lieu, il peut choisir de créer un nouveau projet ou d'en modifier un déjà existant.

L'utilisateur choisit le type de déchets ou produits organiques à utiliser dans le ou les digesteurs. Le choix peut se faire parmi plus de 400 matières organiques réparties entre 200 types de déjections animales et plus de 200 produits issus des industries agro-alimentaires, des collectivités, de cultures énergétiques (Figure 5).



Figure 3 : Page d'accueil de Méthasim

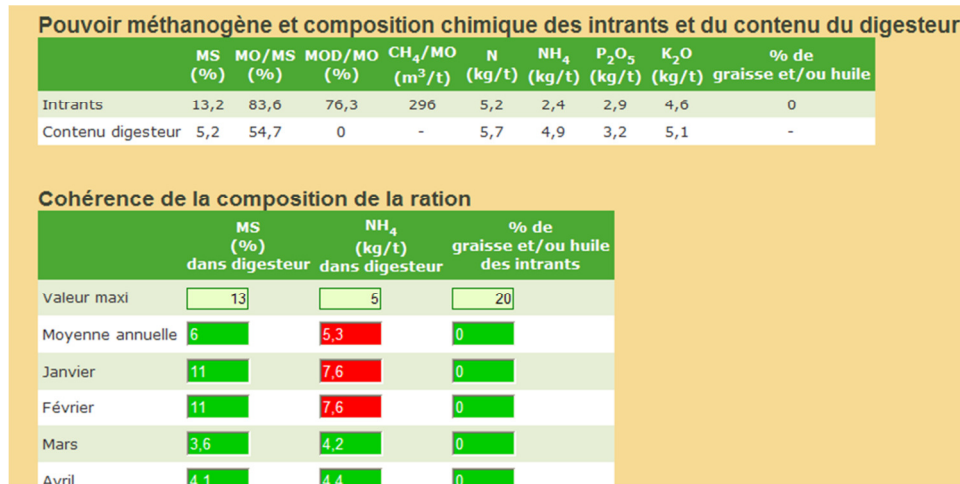
| Liste des projets |  |        |                              |                     |       |          |
|-------------------|--|--------|------------------------------|---------------------|-------|----------|
|                   | Nom du projet                                | Ville  | Site                         | Date                | Modif | Synthèse |
|                   | Biodecol2 - 10 000 EH                        | A1     | 10 000 EH                    | 03/02/2011 09:40:06 | /     | ▶        |
|                   | Biodecol2 - 50 000 EH                        | A2     | 50 000 EH                    | 03/02/2011 09:40:15 | /     | ▶        |
|                   | Biodecol2 - Témoin                           | A0     | Témoin                       | 03/02/2011 09:40:33 | /     | ▶        |
|                   | Chine 750 truies NE V1                       | Handan | Chine 750 truies NE V1       | 17/03/2011 10:59:35 | /     | ▶        |
|                   | Copie de Exemple 1                           | Rennes | Test projet de méthanisation | 09/06/2010 12:01:19 | /     | ▶        |
|                   | Copie de Exemple 1 sans culture intercalaire | Rennes | Test projet de méthanisation | 01/07/2010 15:40:22 | /     | ▶        |
|                   | Copie de gazea                               | Rennes | gazea                        | 08/06/2010 18:10:11 | /     | ▶        |
|                   | Copie de GES 1                               | rennes | GES 1                        | 26/08/2010 19:27:17 | /     | ▶        |
|                   | Exemple 1                                    | Rennes | Test projet de méthanisation | 03/06/2010 09:37:43 | /     | ▶        |
|                   | exemple 1 (tri/van)                          | Rennes | exemple 1                    | 07/06/2010          | /     | ▶        |

Figure 4 : Rubrique « Projets », pour la modification d'un projet existant ou la création d'un nouveau

| Intrants   | Produits bruts destinés au digesteur (t/an) |
|--|---|
| Recirculation du digestat  | 0 /   |
| Eau de dilution  | 0 /   |
| Eaux blanches  | 0 /   |
| Porc   Lisier mixte   Lisier   | 5000 / X                                    |
| Porc   METHASIM   Fumier paille porc   Fumier                            | 1000 / X                                    |
| Blé grain  | 500 / X                                     |
| Bovin   vache laitière (6000<prod <8000 kg/an/VL)   100% lisier   lisier | 2000 / X                                    |

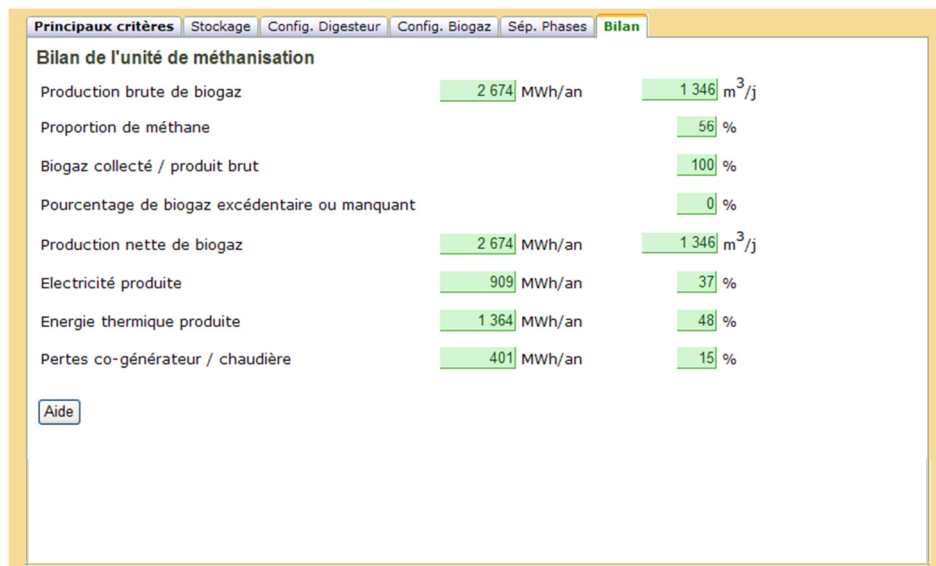
Figure 5 : Choix des intrants

Outre les répartitions mensuelles de biogaz produit (écran non présenté), Méthasim analyse la cohérence de la ration pour divers composants (matière sèche, taux d'ammoniac et proportion de matière organique provenant des graisses ou d'huiles). Les seuils proposés par défaut sont modifiables par l'utilisateur. La teneur moyenne en éléments est également indiquée pour les intrants et le digestat (Figure 6).



**Figure 6 :** Composition moyenne des intrants, du digestat et cohérence de la ration

Après avoir défini divers paramètres techniques concernant le type de méthanisation (liquide/solide), le mode de valorisation (chaudière, cogénérateur), précisé les différents rendements (électrique, thermique),... (Écrans non présentés mais dont les onglets d'accès correspondants sont visibles en haut de l'écran figure 7), l'utilisateur accède au bilan de la production de biogaz et d'énergie (Figure 7). Dans cette rubrique « Procédé », sont également abordés les aspects de capacités d'épandage et séparation de phases du digestat.



**Figure 7 :** Bilan de la production de biogaz et d'énergie par le méthaniseur

La rubrique « Valorisation thermique » (Figure 8) fait suite à la rubrique « Procédé », elle a pour but de faire apparaître l'ensemble des débouchés de chaleur du projet de méthanisation, le coût des énergies et la répartition mensuelle de la production et des dépenses énergétiques. A ce titre, Méthasim propose de nombreux modèles de détermination de besoins thermiques. L'intérêt de ces modèles est de fournir des ordres de grandeur cohérents sur des besoins parfois complexes à déterminer (exemple de la déshydratation du digestat) et de pouvoir approcher au mieux la prime à l'efficacité énergétique. L'utilisateur peut toutefois entrer directement un résultat, établi par exemple sur la base de factures pour des dispositifs déjà existants. L'intérêt de cette rubrique est de montrer le solde énergétique mois/mois. Méthasim dispose en effet des températures moyennes horaires d'une trentaine de villes françaises.

## Valorisation de l'énergie thermique

| Poste                                | Besoin thermique (MWh/an) | Épargne à comptabiliser             | Énergie épargnée (€/an) | Vente chaleur (€/an) | Investiss (€) |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Chauffage digesteur(s)               | 280                       | <input type="checkbox"/>            |                         |                      |               |
| Hygiénisation co-substrats/digestats | 63                        | <input checked="" type="checkbox"/> | 5210                    |                      | 0             |
| Chauffage habitation                 | 16                        | <input checked="" type="checkbox"/> | 1342                    |                      | 0             |
| Production d'eau chaude              | 7                         | <input checked="" type="checkbox"/> | 563                     |                      | 0             |
| Chauffage porcheries                 | 0                         | <input checked="" type="checkbox"/> | 0                       |                      | 0             |
| Chauffage bâtiment volaille          | 0                         | <input checked="" type="checkbox"/> | 0                       |                      | 0             |
| Chauffage de serres                  | 4800                      | <input checked="" type="checkbox"/> | 397927                  |                      | 0             |
| Séchage et déshydratation            | 1000                      | <input checked="" type="checkbox"/> | 60000                   |                      | 0             |
| Séchage Bois d'Oeuvre                | 0                         | <input checked="" type="checkbox"/> | 0                       |                      | 0             |
| Énergie thermique exportée/vendue    | 965                       | <input checked="" type="checkbox"/> |                         | 80000                | 10000         |
| <b>Total</b>                         | <b>7130</b>               |                                     | <b>465042</b>           | <b>80000</b>         | <b>10000</b>  |

Figure 8 : Valorisation de l'énergie thermique issue de la chaudière ou du co-générateur

Après l'aspect technique, l'utilisateur doit remplir la rubrique « Economie », un onglet est respectivement dédié aux investissements, aux modalités de financement, aux dépenses d'exploitation et aux recettes (voir les onglets dans la figure 9). Au final, Méthasim propose plusieurs indicateurs économiques et financiers : excédent brut d'exploitation, solde de trésorerie, temps de retour sur investissement, taux de rentabilité interne et valeur actualisée nette. Ces critères permettent de juger de la solidité financière du projet de méthanisation. A tout moment, l'utilisateur peut revenir sur tous les paramètres sélectionnés précédemment et les modifier si besoin, par exemple à l'issu de la réalisation d'un devis, d'une analyse du potentiel méthanogène...

| Indicateurs économiques et financiers               |                |
|---|----------------|
| Investissements                                     |                |
| - hors subventions                                  | 2193 k€        |
| - selon puissance installée                         | 8246 €/kW élec |
| - avec subventions                                  | 2193 k€        |
| Recettes  | 489 k€/an      |
| Dépenses d'exploitation                             | 188 k€/an      |
| Annuités  | 238 k€/an      |
| Dépenses brutes d'exploitation (y compris annuités) | 426 k€/an      |
| Excédent brut d'exploitation                        | 302 k€/an      |
| Solde de trésorerie                                 | 64 k€/an       |
| Temps de retour sur investissement brut             |                |
|   | 8,7 ans        |
| Temps de retour sur investissement avec annuités    |                |
|   | 10,4 ans       |
| Taux de rentabilité interne                         |                |
|   | 9,2 %          |
| Valeur actualisée nette                             |                |
|   | 735 k€         |

Figure 9 : Bilan économique et financier du projet de méthanisation

Méthasim propose ensuite dans la rubrique « Synthèse » un rappel des résultats concernant les flux matières et d'énergie, une synthèse technique et économique du projet (imprimable sur un format A4) et un tableau permettant de faire une comparaison des résultats de projets entre eux (par groupes de 4 simulation au maximum) (figures non présentées).

## Conclusion :

Le projet Casdar sur le « Développement d'un calculateur pour déterminer l'intérêt technico-économique de la méthanisation dans les différents systèmes de productions animales » a permis d'aboutir à l'élaboration de Méthasim. Un an et demi après sa mise en ligne gratuitement sur internet, il enregistrait plus de 1500 créations de compte, témoins de l'engouement pour la méthanisation agricole et de la communication qui a été faite sur cet outil. Le public concerné est essentiellement constitué des techniciens de chambres d'agriculture et des groupements de producteurs, des conseillers en bâtiment et en environnement, des bureaux d'étude, les étudiants et les enseignants. Le public des agriculteurs est également visé et présent.

Ce calculateur peut être considéré comme complet, précis et ergonomique. Il semble bien répondre à une demande des différents organismes œuvrant pour le développement de la méthanisation en France. L'aspect pratique repose notamment sur le fait qu'il propose par défaut de nombreuses références techniques et économiques, dont chacune peut être modifiée par l'utilisateur s'il dispose de chiffres plus précis après la réalisation, par exemple, de devis ou d'analyses. L'accès en ligne, par WEB, permet à l'administrateur (pour l'instant l'IFIP) d'intervenir sur l'outil à des fins de maintenance ou d'évolution. La rapidité et la puissance de calcul exigée par certains algorithmes complexes, comme par exemple la détermination des bilans thermiques heure par heure, n'étaient pas envisageables sous Excel. D'autre part, Méthasim a mis à la disposition du public une base de données comportant le potentiel méthanogène de plus de 400 produits organiques. A notre connaissance et à ce jour, il n'existait pas d'initiative équivalente.

La contrepartie d'un tel outil et malgré les efforts portés sur son ergonomie, tient à la relative complexité d'utilisation de certains modules. Des formations d'une journée sont proposées et à ce jour, plus de 50 techniciens et conseillers ont été formés à son utilisation. Cela permet non seulement de bien utiliser l'outil mais aussi de savoir interpréter et optimiser les résultats obtenus et, *in fine*, d'adresser les bons conseils aux porteurs de projet. Malgré ces aspects essentiels, les formations ne se sont pas imposées.

L'évolution rapide du contexte économique de la méthanisation agricole et l'absence de financement de sa maintenance constitue le talon d'Achille de Méthasim comme bon nombre d'outils d'aide à la décision de ce type. Ainsi, un an après sa mise en ligne, les modalités de tarification de l'achat de l'électricité issue du biogaz ont été modifiées. Bientôt sortiront des tarifs pour l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel, la méthanisation sèche commence à être de mieux en mieux connue, les coûts d'investissement initialement bien plus élevés qu'en Allemagne (compte tenu d'un génie civil plus coûteux et d'une filière immature, Solagro et al, 2010), devraient progressivement baisser,... voici donc quelques exemples notables de modifications qu'il serait souhaitable voire nécessaire de prendre en compte pour pérenniser l'outil. L'IFIP-Institut du porc réfléchit ainsi à une seconde version de Méthasim et à des financements pérennes pour de telles modifications. Avec la sortie des nouveaux tarifs d'achat de l'électricité le 19 mai dernier, bien plus avantageux que la précédente tarification, il est plus que jamais nécessaire d'accompagner les différents acteurs de la méthanisation agricole en leur proposant un outil d'aide à la décision adapté aux besoins du terrain.

## Références bibliographiques

AILE – ADEME – Région Bretagne, 2004. Méthanisation des déchets organiques à la ferme : opportunités et développements. Colloque régional du 16 mars 2004.

Coudure R., Castaing J., 1997. Bilan de fonctionnement d'une unité de méthanisation de lisier de porc. Journées Recherche porcine 29, 335-342.

- Fruteau H., Membrez Y., 2004. Référentiel technico-économique des unités de méthanisation de produits organiques agricoles et non agricoles à petite échelle en Europe. Document réalisé par EREP pour l'ADEME.
- Gac A., Béline F., Bioteau T., 2006. DIGES : Application pour le calcul du bilan des émissions de gaz à effet de serre des installations de digestion anaérobie. Cemagref-Ademe. fev. 2006
- GIDA, 1980. Le biométhane à la ferme. Ed ITP, 103 p.
- JORF, 2006. Arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz.
- Levasseur P., 2004. Traitement des effluents porcins : guide pratique des procédés. Edition ITP. 36 p.
- Marcon M., 2007. Valorisation de l'énergie thermique issue de la méthanisation agricole. Rapport de stage IFIP-Institut du porc, 91 p.
- Meier V., Viard N., 2009. Méthanisation en voie sèche : fonctionnement biologique, technique, et état des lieux des technologies disponibles. Etude TRAME pour le compte de l'ADEME et le Casdar, 108 p.
- Pouech P., Coudure R., Marcato C.E., 2005. Intérêt de la co-digestion pour la valorisation des lisiers et le traitement de déchets fermentescibles à l'échelle d'un territoire, Journées Recherche Porcine 37, 39-44
- Simonneau R., 2008. Etude de la méthanisation en voie sèche : applicabilité en aviculture. Rapport de stage ITAVI, 138 p.
- SOLAGRO, 2005. La méthanisation à la ferme. Fiches 10 p disponibles sur [www.solagro.org](http://www.solagro.org)
- SOLAGRO, EREP, PSPC, SOGREAH, PERI G., 2010. Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale. Etude pour le compte de l'ADEME. Synthèse, 14 p.
- STALDVENT 5.0 Copyright© 2004 Danish Energy Technology / DIAS-Research Centre Bygholm.
- Théobald O., Schubetzer C., 2006. La méthanisation en agriculture: technologies utilisées, intérêts économiques et environnementaux. Journées AFPP – Prairies, élevage, consommation d'énergie et GES.

Calculateurs de la rentabilité d'un projet de méthanisation:

- Chambre d'agriculture de Vendée, 2007. Prédiagnostic de projets de méthanisation de matières fermentescibles. v1-2.
- Cremer P. AEL « Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung » Version 3.1 (aktualisiert im November 2006).
- <http://www.retscreen.net/fr/home.php>
- [http://www.biogascalculator.wfgsha.de/\\_login/ctrq.php](http://www.biogascalculator.wfgsha.de/_login/ctrq.php)
- Maurer M., 2004. Calculateur technico-économique de la méthanisation agricole, version 1.8.
- SOLAGRO, AILE, TRAME, 2007 – Gaz de ferme V 2007\_1.