



# **Etude de la faisabilité d'une installation de méthanisation à la ferme en Savoie : application à la haute vallée de la Maurienne**

René Moletta (1), Lionel Tricot (2), Claire Miard (3), Thierry Duard (4)

(1) Moletta Méthanisation, (2) ELANOR consulting, (3) Chambre d'Agriculture Savoie Mont-Blanc, (4) EDF Une rivière un territoire

## **1. Introduction**

Cette étude a pour objectif d'évaluer la possibilité technique et économique d'installer un méthaniseur à la ferme dans la haute vallée de la Maurienne. La méthanisation en zone de montagne présente des caractéristiques particulières par rapport aux schémas classiques que l'on trouve généralement en zone de plaine. Le climat, l'altitude, les fluctuations de population, les difficultés d'accès, des activités principalement d'élevages liées principalement à la production laitière et leurs transformations. Les zones de montagne ont une production de lisiers, fumiers, uniquement en période hivernale, puisqu'en période chaude, les animaux montent en alpage. De plus il est assez fréquent que les agriculteurs de la Haute-Maurienne soient des doubles actifs en hiver car intervenants en stations de ski. Ceci implique qu'ils ne disposent pas de temps supplémentaire pour s'investir dans le fonctionnement du digesteur.

Cette étude a pu être menée grâce à l'initiative et au concours de l'agence EDF « une rivière un territoire » de Savoie.

Douze agriculteurs de haute Maurienne sont intéressés par l'évaluation de la faisabilité d'une unité de méthanisation en Haute Maurienne via la mise en commun de leurs déchets agricoles. Ce projet regroupe le territoire de Val Cenis composés des villages de Lanslevillard, Lanslebourg, Termignon, Sollières-Sardières et Bramams. Cette commune est issue de la fusion, au 1er Janvier 2017, de ces cinq territoires. Elle a dû être menée sans identification d'un maître d'ouvrage.

## **2. Le site retenu**

Le site retenu se situe entre Termignon et Lanslebourg au lieu-dit « La Carmagnole ». Il est à 1 358 m d'altitude et composée de 2 parcelles principale qui font 1,5 ha environ.

Les variations annuelles des températures dans la région sont reportées sur la figure 1. La pluviométrie moyenne dans l'année est de 743 mm d'eau avec un minimum de 541 le maximum de 980 mm.

Les distances du site aux 5 villages sont de :

- 3 km Lanslebourg,
- 5 km de Lanslevillard
- 3 km de Termignon
- 5 km s de Sollières-Sardières
- 11 km de Bramams

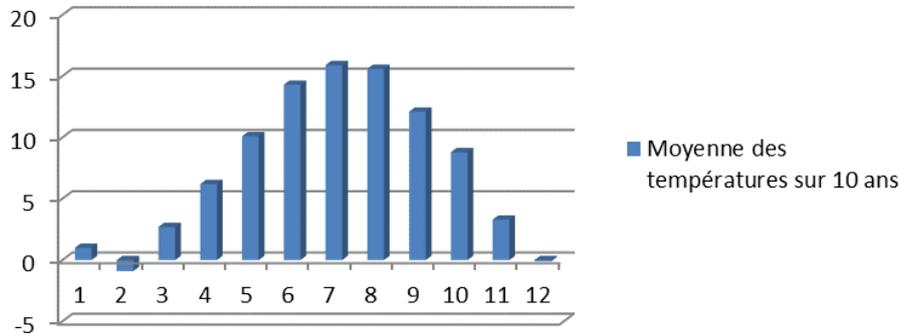


Figure 1: Moyenne des températures mensuelles sur 10 ans (2000-2010)  
(En Maurienne à Aussois 1456m)

### 3. Le gisement

#### 3.1. Caractéristiques du gisement

Le gisement retenu pour les 12 agriculteurs sollicités pour cette étude est représenté sur le tableau 1. La répartition massique du gisement et les productions de méthane correspondantes sont reportées sur la figure 2.

|                        | t/an        |
|------------------------|-------------|
| <b>fumier de bovin</b> | <b>2895</b> |
| <b>fumier d'ovin</b>   | <b>850</b>  |
| <b>lactoserum</b>      | <b>573</b>  |
| <b>lisier de bovin</b> | <b>2830</b> |
| <b>purin</b>           | <b>1020</b> |
| <b>total</b>           | <b>8168</b> |

Tableau 1 : Composition massique du gisement

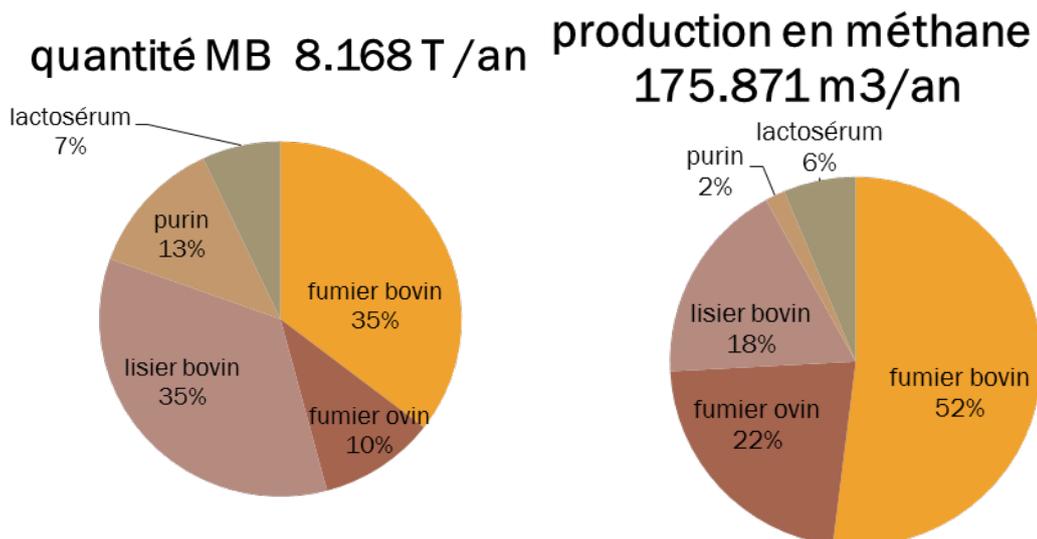


Figure 2 : Répartition du gisement en masse et de la production de méthane correspondante.

Les fumiers bovin et ovin apportent les trois quarts de la production de méthane. Les intrants liquides représentent 55 % de la masse totale à traiter. La nature du gisement nous oriente donc vers une technologie de digestion en « voie humide ».

### 3.2. Saisonnalité du gisement

L'agriculture de montagne caractérisée par des exploitations de vaches laitières pour faire principalement fromage, de l'élevage de génisses et des élevages d'ovins et caprins. Ces cheptels sont gardés à l'étable pendant la saison hivernale et montent en alpage pendant la saison chaude. Il s'ensuit que le gisement des déchets agricoles (fumiers, lisiers) sont produits principalement pendant l'hiver. Afin de faire fonctionner le digesteur toute l'année il est nécessaire de stocker des intrants pour l'été. Ceci entraînera une perte potentielle de méthane lié à la durée et aux conditions de stockage.

Pour des raisons économiques en termes d'investissement et de fonctionnement, la production d'énergie doit être la plus stable possible dans l'année. Afin de l'obtenir, nous avons considéré qu'il fallait stocker 59 % de la production hivernale pour la période d'été (tableau 2).

Pour les simulations de la production de biogaz, nous avons considéré que la perte en potentiel méthane se faisait progressivement sur 6 mois d'été et donc nous avons choisi des valeurs moyennes de pertes. Elles sont reportées sur le tableau 2.

|                 | Volume conservé pour l'été | Pertes du potentiel méthane suite au stockage |
|-----------------|----------------------------|---|
| Fumier de bovin | 59%                        | 20%   |
| Fumier d'ovins  | 59 %                       | 35 %  |
| Lisier          | 59%                        | 40%   |

Tableau 2 : Valeurs utilisées pour intégrer la perte de potentiel méthane lors du stockage en été

Des tests BMP sur du fumier de bovin ont été effectués sur la fumière de Termignon, fin octobre, lors de leurs épandages. C'est une fumière en boxes, non couverte. La perte en potentiel méthane était de 40 % pour au moins 6 mois de stockage. Donc pour la simulation de la méthanisation nous avons choisi des valeurs de pertes moyennes sur les six mois de la période chaude.

### 3.3. Alimentation quotidienne du digesteur.

Les quantités introduites quotidiennes sont reportées sur le tableau 3.

| Quantité à ajouter chaque jour (t/J)             |       |      |
|--|-------|------|
|  | Hiver | été  |
| Fumier de bovin                                  | 6,6   | 9,5  |
| Fumier d'ovins                                   | 1,9   | 2,8  |
| Lisier   | 6,4   | 9,3  |
| Lactosérum                                       | 1,6   | 1,6  |
| Purin  | 2,8   | 2,8  |
| total  | 19,4  | 26,0 |
| été : recirculation digestat liquide : 1,67 m3/J |       |      |

Tableau 3 : quantités journalières d'intrants à apporter

#### 4. Scénario retenu

##### 4.1. Schéma de principe de la filière

Compte tenu de la composition des intrants, le scénario retenu est la mise en œuvre d'une méthanisation humide avec une valorisation du biogaz par la production d'électricité et d'eau chaude, via un cogénérateur. Le schéma retenu est représenté sur la figure 3.

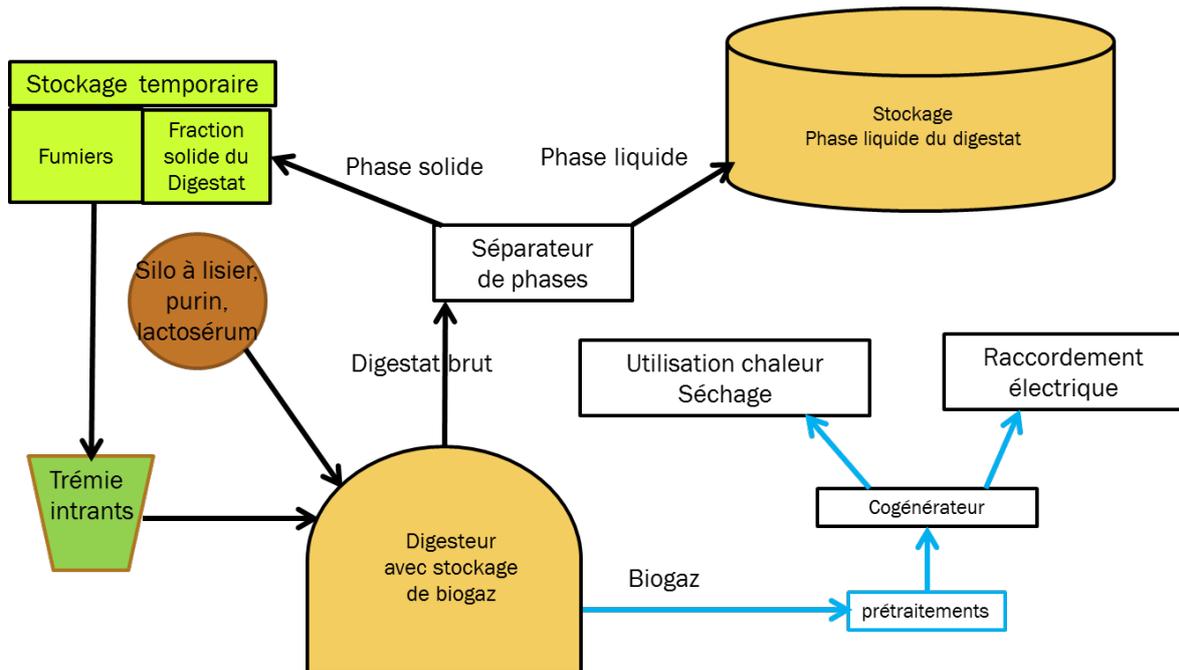


Figure 3 : Schéma de principe retenu pour la mise en œuvre de la méthanisation par voie liquide

##### 4.2. Paramètre de fonctionnement du digesteur

Il fonctionnera en mésophilie (38 à 40 °C). Les caractéristiques de fonctionnement du digesteur pour l'été et l'hiver sont reportées ci-dessous (tableau 4).

| Paramètre                     | unité                      | hiver | été   |
|-------------------------------|----------------------------|-------|-------|
| Volume utile                  | m <sup>3</sup>             | 1204  | 1204  |
| Charge organique              | (kg MV /m <sup>3</sup> /j) | 3     | 2,5   |
| Temps de séjour               | J                          | 62    | 44    |
| Taux MS entrée                | %                          | 14,8% | 13,6% |
| Taux MS sortie                | %                          | 10,1% | 10,4% |
| Quantité de CH <sub>4</sub> * | m <sup>3</sup> ( 6 mois)   | 89018 | 86853 |
| % CH <sub>4</sub> du biogaz   | %                          | 55%   | 55%   |

Tableau 4 : Caractéristiques de fonctionnement du digesteur pour l'été et l'hiver

La charge organique ne sera pas la même en été et en hiver afin de l'adapter aux volumes d'intrants de chaque période. Une charge de 3 kg en été, conduirait à des temps de séjours trop courts pour une bonne utilisation de la matière.

#### 4.3. La production de biogaz

Les valeurs de production de méthane sont reportées ci-dessous (Tableau 5).

Les fumiers de bovin et d'ovin qui représentent 45 % de la masse entrante, apportent 75 % de la production de méthane.

| substrats  | t/an           | CH4 m3/an     | % CH4 / total |
|--|----------------|---------------|---------------|
| <b>Fumier de bovin frais (hiver)</b>                 | <b>1 187</b>   | <b>42385</b>  | <b>24%</b>    |
| <b>fumier de bovin stocké (été)</b>                  | <b>1 708</b>   | <b>49023</b>  | <b>28%</b>    |
| <b>fumier d'ovin frais (hiver)</b>                   | <b>349</b>     | <b>23386</b>  | <b>13%</b>    |
| <b>fumier d'ovin stocké (été)</b>                    | <b>502</b>     | <b>15629</b>  | <b>9%</b>     |
| <b>lactosérum</b>                                    | <b>573</b>     | <b>11070</b>  | <b>6%</b>     |
| <b>lisier hiver</b>                                  | <b>1 160</b>   | <b>16189</b>  | <b>9%</b>     |
| <b>lisier été</b>                                    | <b>1 670</b>   | <b>15142</b>  | <b>9%</b>     |
| <b>eau hiver recirculation</b>                       | <b>-</b>       | <b>0</b>      | <b>0%</b>     |
| <b>été recirculation Digestat liquide</b>            | <b>*</b>       | <b>0</b>      | <b>0%</b>     |
| <b>Purin</b>   | <b>1 020</b>   | <b>3047</b>   | <b>2%</b>     |
| <b>total</b>   | <b>8168,00</b> | <b>175871</b> |               |
| <b>* recirculation DIGESTAT LIQUIDE de 300 m3/an</b> |                |               |               |

Tableau 5 : production de méthane par les différents substrats

Il sera produit 89 018 m<sup>3</sup> de méthane en hiver et 86 853 m<sup>3</sup> en été. Ce ratio peut varier si l'on décide de modifier la quantité de stockage pour l'été. Le passage en période d'été demandera des variations progressives des valeurs de différents paramètres de conduite, notamment la charge organique qui dépendra de la quantité d'intrants apportées chaque jour et de sa durée de stockage.

La production de biogaz est de 319 765 m<sup>3</sup> par an à 55 % de méthane. Elle se répartie en 161 851 m<sup>3</sup> en période hivernale et en 157 914 m<sup>3</sup> en période estive. Le stockage de gaz au-dessus du digesteur est au total de 220 m<sup>3</sup> ce qui permet 6 h de stockage.

Une torchère d'une capacité de 40 m<sup>3</sup> de biogaz par heure assure la destruction du biogaz en cas d'arrêt du cogénérateur.

Pour le traitement du biogaz, une première élimination de l'H<sub>2</sub>S se fait par introduction d'air dans le ciel gazeux du digesteur. Le biogaz subit d'abord une déshydratation puis passage dans un filtre à charbon actif avant d'être introduit dans le co-générateur.

#### 4.4. Le cogénérateur

Les caractéristiques du cogénérateur sont indiquées sur le tableau 6.

Le méthane du biogaz représente 1 748 MWh par an. Une partie des énergies brutes produites vont être utilisées sur le site pour donner « les énergies disponibles ». De l'énergie électrique va être utilisée pour la consommation des auxiliaires et une partie de l'énergie thermique sera utilisée pour chauffer le digesteur. L'énergie électrique va être raccordée au réseau ENEDIS et l'énergie thermique pourra être valorisée pour le séchage.

| Puissance (kW) | Rendement électrique (%) | Rendement thermique (%) | Pertes (%) |
|----------------|--------------------------|-------------------------|------------|
| 83             | 38                       | 42                      | 20         |

Tableau 6 : caractéristiques du cogénérateur

Il produit 664,3 MWh électrique et 736,7 MWh thermique par an.

#### 4.5. Le digestat

##### 4.5.1. Séparateur de phases

Le digestat brut représente 7 805 m<sup>3</sup>, soit 4,44% de moins en masse que la somme des intrants. Il subit une séparation phase liquide/solide via une presse à vis. La fraction solide rejoint une aire de stockage et la fraction liquide est stockée dans une cuve couverte ou dans une bâche de stockage.

Les volumes de la production annuelles des différentes fractions de digestat sont représentés sur le tableau 7.

| Sortie digestat         | hiver (t)   | été(t)        |
|-------------------------|-------------|---------------|
| <b>Matières brute</b>   | <b>3309</b> | <b>4497,4</b> |
| <b>Fraction liquide</b> | <b>2548</b> | <b>3463</b>   |
| <b>Fraction Solide</b>  | <b>761</b>  | <b>1034,4</b> |

Tableau 7 : Répartition des différentes fractions de digestat après séparation

##### 4.5.2. Composition des différentes fractions des digestats

Cette technique de séparation conduit à une phase solide de 25 % et une phase liquide de 6,4% en MS (tableau 8)

| Moyenne sur l'année                  | Digestat brut | Phase liquide | Phase solide |
|--------------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>digestat (t)</b>                  | <b>7 807</b>  | <b>6 011</b>  | <b>1 796</b> |
| <b>Taux de MS (%/MB)</b>             | <b>10,7%</b>  | <b>6,4%</b>   | <b>25%</b>   |
| <b>Taux de MV/MS(%)</b>              | <b>70,3%</b>  | <b>80,0%</b>  | <b>62%</b>   |
| <b>Quantité de N total (kg/t MS)</b> | <b>42,5</b>   | <b>76,8</b>   | <b>13,0</b>  |
| <b>Quantité de N-NH3 (kg/t MS)</b>   | <b>21,7</b>   | <b>47,1</b>   | <b>3,0</b>   |
| <b>Quantité de P2O5 (kg/t MS)</b>    | <b>18,8</b>   | <b>25,5</b>   | <b>13,1</b>  |
| <b>Quantité de K2O (kg/t MS)</b>     | <b>39,2</b>   | <b>85,0</b>   | <b>7,6</b>   |

Tableau 8 : Caractéristiques des digestats



Ces résultats sont de manière générale, assez voisins de ceux que l'on peut obtenir sur les lisiers et fumiers de bovins.

Si dans les intrants, 46% de matières solides et 54% de matières liquides sont identifiés, la répartition, au niveau des fractions de digestat sera différente, et respectivement 23 % en solide et 77 % en liquide.

#### 4.5.3. Stockage du digestat

La fraction solide est stockée temporairement sur site et dans les fumières des différents villages. La fraction liquide est stockée totalement sur site pendant les six mois qui constitueront la période hivernale. Le volume de stockage nécessaire pour le digestat liquide produit pendant l'hiver est de 2 633 m<sup>3</sup>.

La fraction liquide du digestat pourrait être envoyée dans une bêche. Moyennant quelques précautions, comme une agitation dans la poche, il serait possible de l'installer en haute montagne.

#### 4.5.4. L'épandage

En montagne l'utilisation du pendillard pour le l'épandage du digestat liquide est très limitée. C'est plutôt la tonne à lisier ou le canon à aspersion qui sont utilisés comme matériel d'épandage classique. Si ce dernier présente des pertes importantes en ammoniac, la tonne à lisier peut les minimiser moyennant quelques adaptations techniques et avoir une dérogation. Les épandeurs à fumiers sont bien adaptés aussi et peuvent être utilisé pour la fraction solide.

Les quantités à épandre et les surfaces nécessaires sont reportées sur le tableau 9.

|               | Dose d'épandage en t/ha | Quantité à épandre en t | Surface nécessaire en ha |
|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Phase solide  | 18                      | 1795                    | 100                      |
| Phase liquide | 13                      | 6010                    | 462                      |
| Total         |                         | 7805                    | 562                      |

Tableau 9 : Caractéristiques de l'épandage

Les surfaces disponibles sont d'environ 390 ha en bas et 170 ha à l'alpage soit total 560 ha.

## 5. Les bilans

### 5.1. Bilan matière

Le bilan matière annuel est reporté sur la figure 4.

Si la perte matière brute (qui va en biogaz) n'est que de 4,4 %, elle est par contre de 38% sur la matière volatile.

### 5.2. Bilan énergétique

Le co-générateur produit de l'électricité qui est ré injectée sur réseau ENEDIS et la chaleur est utilisée pour chauffer le digesteur et l'énergie thermique résiduelle pourrait être utilisée pour sécher du bois, ou du fourrage en été.

Le bilan énergétique est reporté sur la figure 5.

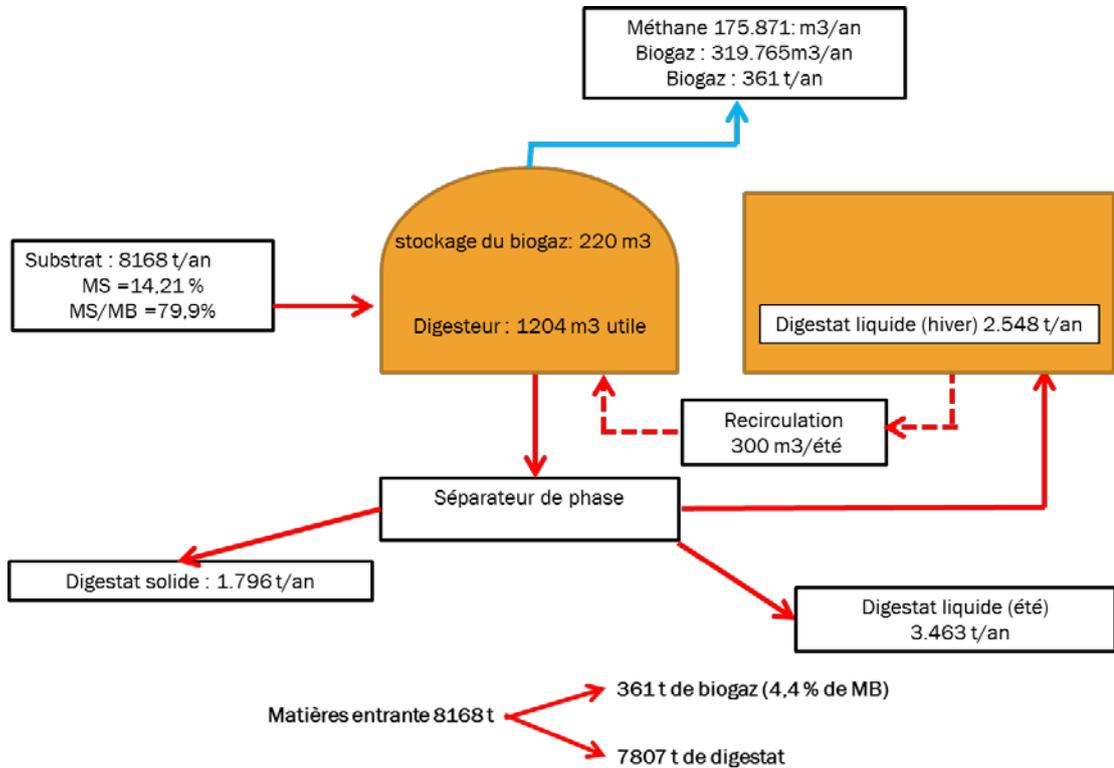


Figure 4 : Bilan annuel matière

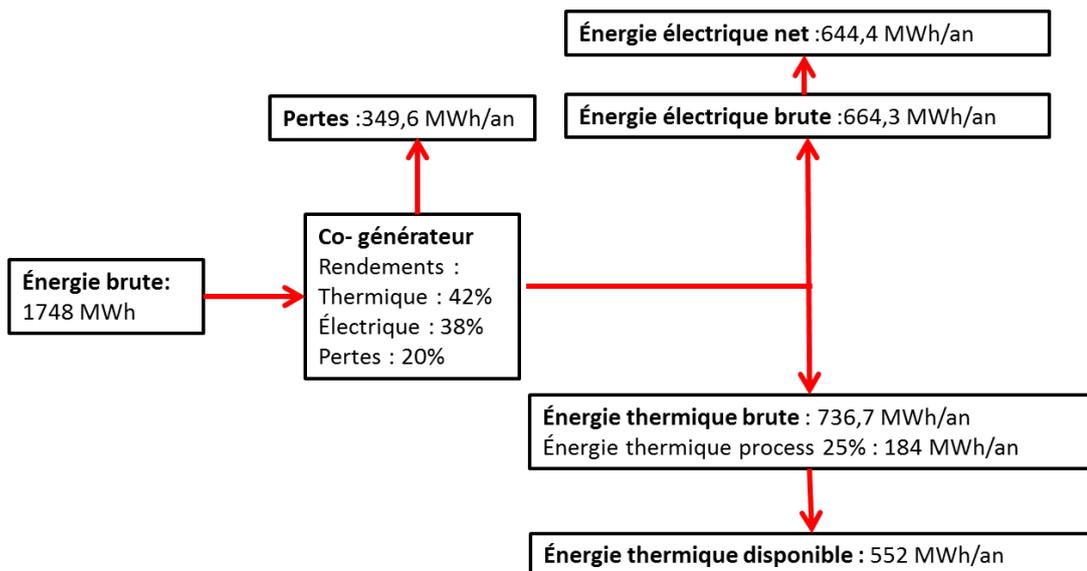


Figure 5 : bilan énergétique annuel

## 6. Implantation

Une implantation possible est reproduite sur la figure 6. En première approche, les ouvrages peuvent être implantés sur moins de 5 000 m<sup>2</sup>.

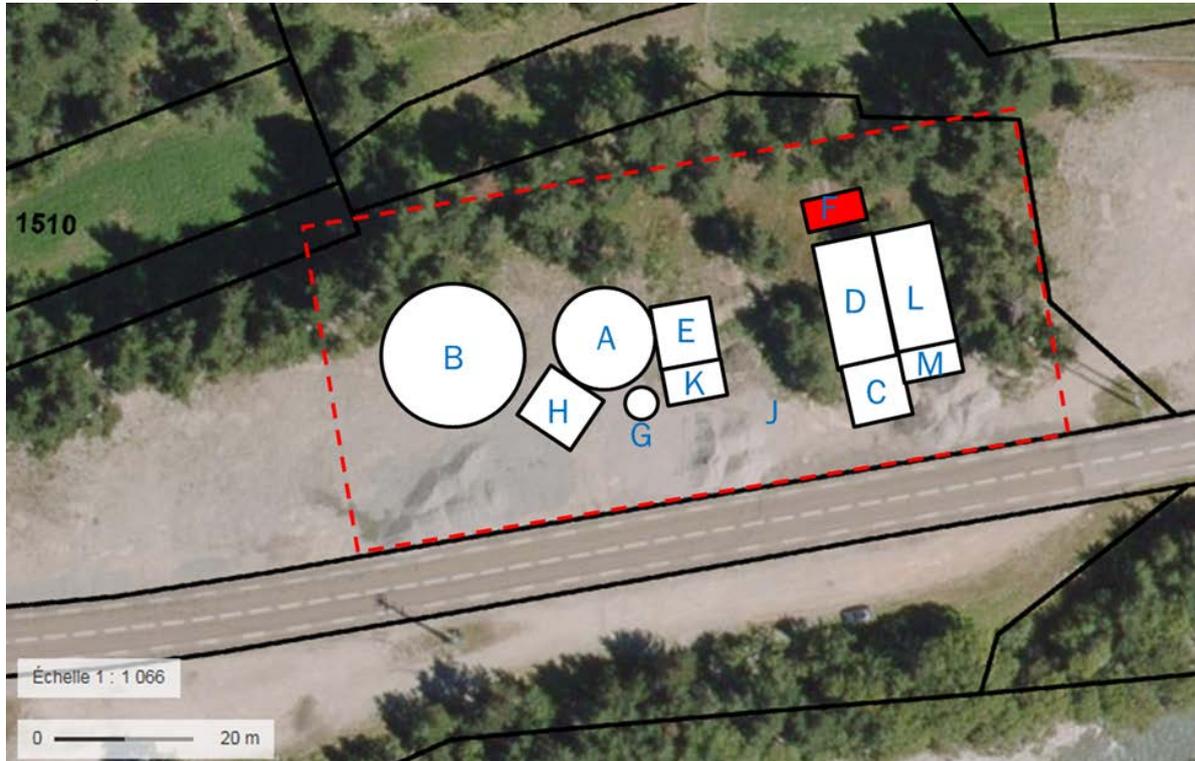


Figure 6 : Implantation de l'unité de méthanisation

- A : Digesteur, 1260 m<sup>3</sup>
- B : stockage digestat liquide, 2 600 m<sup>3</sup>
- C : aire de stockage fumier, 100 m<sup>2</sup>
- D : aire de stockage Digestat solide, 200 m<sup>2</sup>
- E : aire de chargement, 100 m<sup>2</sup>
- F : Co-générateur
- G : Stockage du lisier, purin et lactosérum, 130 m<sup>3</sup>.
- H : Zone du séparateur de phases du digestat, 100 m<sup>2</sup>
- J : Zone de retournement
- K : Zone technique
- L : Séchage du bois, 200 m<sup>2</sup>
- M : Salles techniques (petit labo, poste de commande, bureau...)

## 7. Les transports

Les transports des intrants et des fractions solide et liquide du digestat ont été considéré : Les agriculteurs apportent leurs fumiers à la fumière la plus proche. Les lisiers sont stockés comme habituellement dans les fermes.

Tous les transports sont ensuite pris en charge par l'unité de méthanisation. Ce sont :

- Les fumiers des fumières et les lisiers vers le site de méthanisation (toute l'année).

- La fraction solide du digestat non stockable est ramenée dans les fumières. Une variante peut être d'augmenter la capacité de stockage sur site car il n'y a que 1 796 t.
- L'apport de la fraction solide sur les sites d'épandage.
- L'apport de la fraction liquide du digestat sur les sites d'épandage et l'épandage.

## 8. Exploitation

L'exploitation du digesteur nécessite 45 h/mois ce qui représente 0,32 ETP. Les durées de stockage des différents éléments sont reportées sur le tableau 10.

| Durée de stockage possible sur site |        |          |
|-------------------------------------|--------|----------|
|                                     | Hiver  | Été      |
| Dans fosse (J)                      | 12     | 9        |
| Aire des fumiers (J)                | 29     | 20       |
| Aire digestat solide (J)            | 119    | 88       |
| Digestat liquides                   | 6 mois | Épandage |
| Biogaz (h)                          | 6      | 6        |

Tableau 10 : Durées de stockage sur le site

## 9. Economie de projet

Les investissements représentent 860 k€ répartis en 8 postes

Répartition de l'investissement

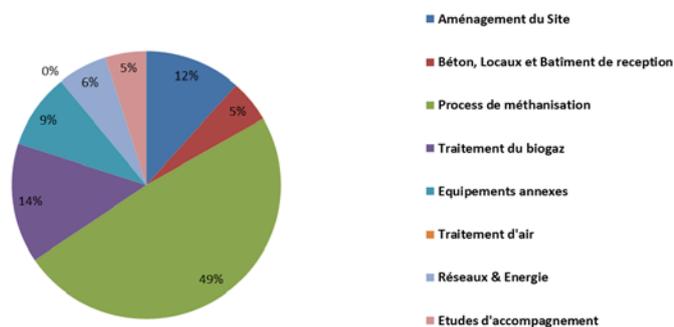


Figure 7 répartition des investissements

Les produits seront de 161 k€/ an pour 93 % via le tarif d'achat d'électricité BG16 sur 20 ans, le résiduel étant de la prestation de séchage.

Au niveau des charges, elles représentent 65 % des produits. La répartition est la suivante :

|                      | Budget    | Répartition |
|----------------------|-----------|-------------|
| Consommables         | 9 657 €   | 9%          |
| Entretien / conduite | 26 148 €  | 25%         |
| Provision            | 7 473 €   | 7%          |
| Transport            | 55 833 €  | 53%         |
| Administratif        | 5 349 €   | 5%          |
|                      | 104 460 € |             |

Tableau 11 répartition des charges

Le montage juridique n'étant pas connu, l'hypothèse d'une société de projet spécifique a été prise. Les besoins en termes de fonds propres seront de 100 k€, et les subventions attendues oscilleront entre 200 et 300 k€ selon le type et le nombre de soutien.

Sans aides, le projet ne pourra pas voir le jour, même avec l'allongement de l'horizon économique à 20 ans.

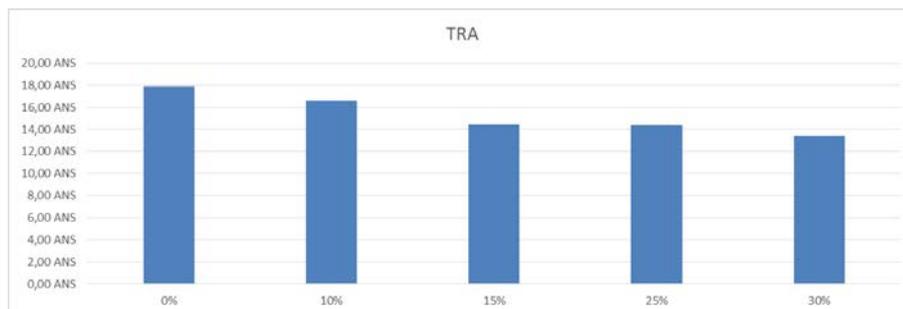
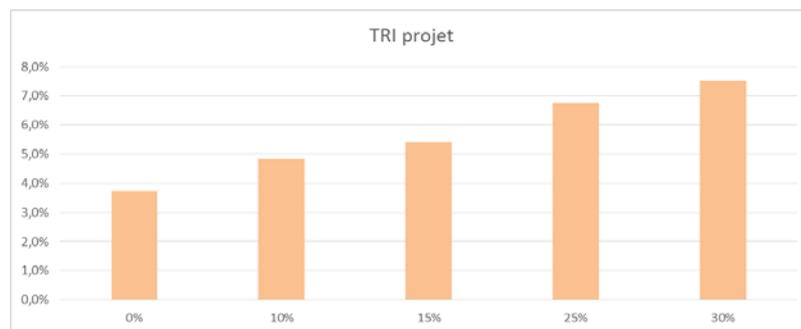


Figure 8 : Evolution du TRI et du TRA en fonction du taux d'aide

Le projet en base semble intéressant mais reste fragile. Il y a plusieurs façons d'optimiser le projet ; en optimisant les charges, par exemple en externalisant une partie du transport, en mutualisant du temps de conduite ; en mettant en concurrence les fournisseurs de matériel, en obtenant des soutiens financiers d'acteurs publics... Les analyses de sensibilité démontrent que sur cette typologie de projet, la moindre évolution de paramètres influence le projet. L'important en termes d'analyse de risque restera de maîtriser au maximum les aléas, autant en phase de construction que d'exploitation.



## 10. Conclusions de l'études

Ce projet de territoire est parfaitement en phase avec les attentes du monde agricole et de la collectivité locale. Située sur un territoire à énergie positive (TEPOS), il peut être le vecteur majeur pour le développement des énergies renouvelables tout en traitant les effluents locaux. En prenant en compte l'organisation actuelle des agriculteurs et en se projetant sur une mutualisation des services avec la collectivité, ce projet créerait toute simplement une synergie locale pour une longue période.

Etant en déclaration au niveau réglementaire et endogène au niveau des matières (maîtrise de 100 % des matières entrantes), ce projet peut se construire assez rapidement et devenir ainsi le premier projet en haute montagne.

Néanmoins, des efforts sont à faire concernant la maîtrise des charges notamment en ce qui concerne les transports qui rendent fragile la rentabilité. Le portage de projet doit être clarifié rapidement afin d'assurer la continuité de la dynamique actuelle.

Ce projet sera alors parfaitement en phase avec les politiques régionales en matière de soutien de la filière de méthanisation, un projet :

- sur un territoire TEPOS
- agricole ET collectif
- implanté en haute montagne
- qui permet une synergie entre le monde agricole et la collectivité
- à haute efficacité énergétique
- permettant la production d'amendements locaux

De solides arguments qui permettront d'envisager l'implantation d'une unité de méthanisation agricole à Valcenis.