



SOLUTIONS DÉCHETS & DÉVELOPPEMENT DURABLE

AUDIT DE FONCTIONNEMENT TECHNICO- ECONOMIQUE EARL DE LA SALLE

RAPPORT FINAL

Référence affaire	Audit de fonctionnement d'unités de méthanisation en Nouvelle Aquitaine
Site audité	EARL de la Salle
Date de la visite d'audit	05/12/2017
Date de la visite de restitution	31/08/2018
Rédacteur	<i>Audrey EL HABTI</i>

SOMMAIRE

I. DESCRIPTION DU PROJET	2
I.1. PRESENTATION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE	2
I.2. HISTORIQUE DE L'INSTALLATION DE METHANISATION	2
II. ETAT DES LIEUX DU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	2
II.1. TECHNOLOGIE DE METHANISATION	3
II.2. APPROVISIONNEMENT	6
II.3. PRODUCTION DE BIOGAZ ET D'ENERGIE	12
II.4. VALORISATION DU DIGESTAT	15
III. APPROCHE ECONOMIQUE	16
III.1. INVESTISSEMENT	16
III.2. PRODUITS	17
III.1. CHARGES	18
III.2. BILAN ECONOMIQUE	20
IV. ASPECTS CONTRACTUELS	24
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	24
VI. ANNEXE : LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS	26

I. Description du projet

I.1. Présentation de l'exploitation agricole

Le GAEC de la Salle (EARL jusqu'en 2012), situé à Le Chauchet en Creuse, compte 3 associés : Mme Béatrice Barré, M. JF Giraud, et leur beau-fils M. Hugo Rouquet. L'exploitation dispose d'un atelier lait avec 70 vaches et de 168 ha de surface agricole, dont 100 ha prairies, 35 ha maïs fourrage, 23 ha céréales pour l'alimentation animale, et 10 ha vergers (pommes).

I.2. Historique de l'installation de méthanisation

En 2003, face à la nécessité de mettre aux normes les bâtiments d'élevage, une première réflexion a été menée sur l'insertion d'une unité de méthanisation dans l'exploitation. Les motivations principales étaient d'améliorer l'image de l'exploitation qui réalise de la vente directe de pommes, le respect de l'environnement, ainsi que la rentabilité financière du projet et le souhait de diversifier les activités pour le futur repreneur, Hugo. Les exploitants font appel à ARIA Energie qui réalise l'étude faisabilité du projet en 2006. Le dossier ICPE est déposé en 2009, permettant un démarrage des travaux en décembre 2009. La demande de raccordement électrique est effectuée en 2010 et la mise en service en janvier 2011. La pleine puissance n'est atteinte qu'en juin 2012, principalement retardée par un manque de matières, ainsi que par des erreurs d'exploitation au cours des premiers mois dans un contexte où le constructeur n'était plus présent pour accompagner l'exploitant. Le PV de réception de l'installation est signé en novembre 2012. L'unité bénéficie d'un suivi commandité par l'ADEME d'avril 2012 à septembre 2013, réalisé par Methaneva. La bache du gazomètre, rayée lors de la construction, a été changée aux frais du constructeur.

II. Etat des lieux du fonctionnement de l'installation

Audit de fonctionnement technico-économique EARL de la SALLE

II.1. Technologie de méthanisation

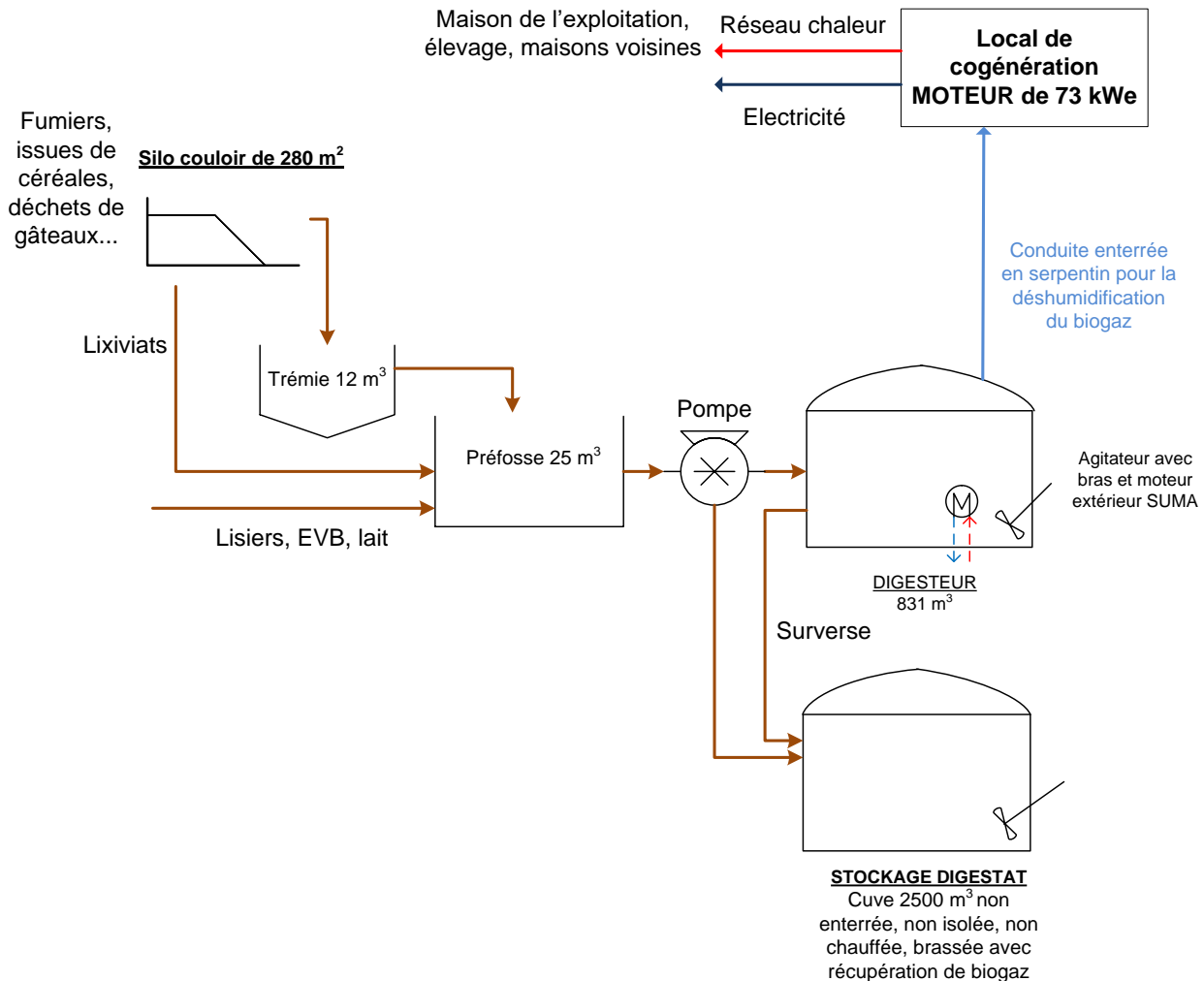


Figure 1 - Schéma de l'installation de méthanisation EARL de la Salle

II.1.1. Description de la situation initiale et de ses évolutions

- **UF 1 : Réception et incorporation**

Un silo couloir de 280 m² avec caniveau de récupération des écoulements permet le stockage des matières solides. Un caniveau amène les matières liquides de l'exploitation vers la préfosse. L'absence de système de stockage tampon des matières liquides ne permet pas de gérer au mieux leur incorporation.

Les matières solides sont chargées au télescopique dans la trémie d'incorporation PUMPE 12 m³ qui fonctionne correctement. Une préfosse de mélange 25 m³ non couverte avec agitateur permet d'effectuer le mélange solide/liquide avant l'incorporation dans le digesteur.

Une pompe unique assure le transfert des matières entre la préfosse, le digesteur et le post-digesteur. Une panne avait nécessité le changement de pièces il y a 2,5 ans, et cette pompe fonctionne depuis correctement. Dans le cadre du premier suivi ADEME, il avait été recommandé de disposer de pièces de rechange voire d'une deuxième pompe pour éviter d'interrompre le transfert des flux en cas de panne : il s'agit en effet d'un organe central au fonctionnement de l'unité.

- **UF2 : Digestion**

Le digesteur est isolé, chauffé et agité et présente un volume utile 831 m³. Dès le chantier 3 tuyaux de chauffage sur les 9 ont été percés et sont restés en l'état car coulés dans le béton. Enfin, le béton de qualité XA2 n'est pas protégé par un liner et/ou une résine. Une fissure a été constatée sur la cuve de stockage

Audit de fonctionnement technico-économique EARL de la SALLE

digestat fin juin 2018, qui a été construit sur le même modèle : des travaux de renforcement du béton avec une résine ou le coulage d'une nouvelle couche de béton XA3 à l'intérieur seront certainement nécessaires pour que le digesteur ne se fissure pas.

L'agitateur moteur externe SUMA GIANTMIX avait été changé pour un modèle identique il y a 3 ans. Suite à la casse d'une pâle sur le nouvel agitateur, l'ancienne hélice a été remise en place et fonctionne depuis. La puissance d'agitation est cependant insuffisante, entraînant un temps d'agitation important (50% du temps : cycles de 15 min de fonctionnement et 15 min d'arrêt) et le positionnement trop bas oblige l'exploitant à le déplacer 2 fois par jour. Une croûte s'est formée dans le digesteur mais n'empêche pas l'agitation. Il est probable qu'il y ait de la sédimentation dans le fond du digesteur.

Enfin, la bâche du digesteur s'est partiellement envolée début mai 2018 et a dû être remise par l'exploitant. Le compresseur utilisé pour le gonflement des chambres à air et pour l'injection d'air dans le digesteur est un modèle des années 1950 suite à la casse de plusieurs compresseurs auparavant.

- **UF3 : Valorisation du biogaz**

Le biogaz est désulfuré par injection d'air : le compresseur est ancien mais fonctionne correctement. Il est déshumidifié par une conduite enterrée en serpentin, mais le biogaz en entrée du local de cogénération contient de l'eau : ce système n'est pas satisfaisant.

Le moteur est un modèle MAN à 110 kWe qui fonctionne à 73 kWe.

Le système d'allumage pourrait être amélioré, permettant d'obtenir un meilleur rendement moteur. Il existe en effet des nouveaux modèles de système d'allumage plus performants.

L'humidité trop importante du biogaz entraîne l'encrassement des culasses : 2 culasses ont dû être changées et les soupapes d'admission désencrassées en novembre 2017. De nouvelles interventions ont eu lieu pour régler les culbuteurs et contrôler la compression en mars et en juin 2018.

Par ailleurs, des faux contacts au niveau de la génératrice et d'un aérotherme ont entraîné des arrêts du moteur. L'intervention d'un électricien a permis d'améliorer le cablage de la génératrice et les exploitants ont ensuite réussi à identifier l'origine des faux contacts.

L'énergie thermique est valorisée dans un réseau de chaleur 500 m environ : la maison de l'exploitation (auparavant au fioul), le bâtiment d'élevage (ECS/mise hors gel) ainsi que 2 maisons de voisins sont raccordées. Des déperditions de chaleur importantes dans le réseau qui emmène la chaleur vers les maisons voisines sont visibles notamment en hiver (pas de neige au niveau du sol là où la canalisation passe).

Il était prévu la mise en place d'un séchoir pour le fourrage qui n'a pas encore été réalisé (toujours en projet).

- **UF4 : Valorisation du digestat**

La fosse de stockage du digestat de 2500 m³ est brassée et couverte avec récupération de biogaz. 1 agitateur sur les 2 ne fonctionne plus (EISELE GTWSV 204). Elle n'est ni isolée, ni chauffée. Elle est alimentée par surverse depuis le digesteur, avec un tuyau entre le bas du digesteur et le haut du post-digesteur : le digestat ne s'évacue pas vers le post-digesteur lorsque le post-digesteur est trop rempli. Le transfert du digestat se fait donc par la pompe centrale et ce système de surverse n'est plus utilisé.

Une fissure a été constatée fin juin en haut de la cuve de stockage, entraînant une fuite de biogaz : le béton utilisé pour la construction de la cuve n'est pas de qualité suffisante (XA2) et n'a pas été protégé par un liner ou une résine.

Enfin, la soupape de sécurité pour le biogaz ne se déclenche pas, obligeant l'exploitant à surveiller le gonflement de la bâche.

II.1.2. Modalités d'exploitation et temps de travail

La trémie est chargée quotidiennement, et les matières liquides arrivent dans la préfosse au fur et à mesure. L'exploitant décide « à l'œil » des quantités de digestat (provenant du digesteur ou du post-digesteur) qu'il réincorpore dans la préfosse, ainsi que des quantités qu'il incorpore dans le digesteur depuis la préfosse. Il utilise également la pompe pour transférer le digestat du digesteur vers le post-digesteur.

Le temps de travail est estimé à environ **44 h/mois soit 1h30** par jour d'après les relevés effectués par l'exploitant de février à mai 2018. Il se répartit de la manière suivante :

- Approvisionnement/réception substrats extérieurs : 35 min/jour soit 17,5 h/mois pour la réception des substrats extérieurs (gâteaux, lait), comprenant le temps de transport pour aller chercher les gâteaux et graisses provenant de la fabrique de gâteaux à Gouzon. A noter que le temps passé pour le déchargement lors de la livraison d'un camion de lait est évalué à 30 minutes par livraison.
- Contrôle général de l'installation : 15 min/jour soit 7,5 h/mois
- Entretien du matériel : 20 min/jour soit 10 h/mois
- Suivi administratif : 6 min/jour soit 3h/mois
- L'épandage du digestat n'a pas été pris en compte par l'exploitant : compter 75 h/an de temps supplémentaire par rapport à la situation avant méthanisation (4 semaines au lieu de 2), soit 6,2 h/mois

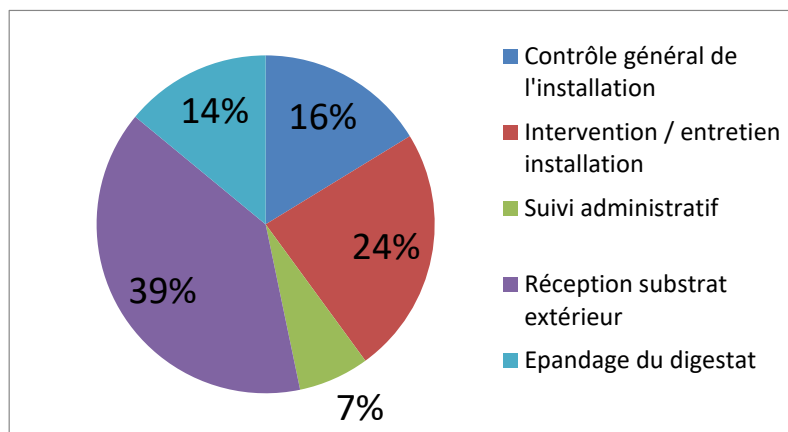


Figure 2 - Répartition du temps passé sur l'installation

N.B : lors du suivi ADEME, le temps passé avait été estimé à 1,5 h/jour, ce qui est conforme au suivi des temps effectué de février à mai 2018 (contrôle général de l'installation 30 min/j ; chargement 45 min/jour et vidanges/entretien moteur 2h/mois).

II.1.3. Analyse des risques liés à la technologie

Le fonctionnement de l'installation est pénalisé par une rusticité importante.

Des malfaçons lors de la construction entraînent des défauts de fonctionnement, des consommations énergétiques ou des contraintes d'exploitation supplémentaires : tuyaux de chauffage percés dans le digesteur, défaut du système de surverse, inefficacité du système de refroidissement du biogaz, réseau chaleur présentant des déperditions importantes, problèmes électriques divers au niveau de la cogénération.

- **Stockage des matières entrantes et incorporation**

- Absence d'une préfosse de stockage des matières liquides

L'ensemble des matières liquides arrivent dans la préfosse d'incorporation au fur et à mesure de leur production (lisiers, EVB, lait), ce qui ne permet pas de piloter ces flux dans le mélange entrant. Les exploitants envisagent d'ajouter un tank à lait pour stocker les matières liquides en amont de la préfosse.

- Recirculation gérée manuellement

La pompe d'incorporation fonctionne correctement et fait office de pompe centrale au process. Elle permet de réincorporer du digestat provenant du digesteur ou du post-digesteur dans la préfosse : cependant, ce système oblige à gérer manuellement la recirculation, l'exploitant choisissant alternativement de faire recirculer le flux du digesteur ou du post-digesteur, sans savoir lequel est le plus approprié.

- **Digestion**

- Qualité du béton insuffisante

Le digesteur et le stockage digestat ont été faits en béton de qualité XA2, sans protection supplémentaire (liner, résine). Une fissure est apparue fin juin sur la fosse de stockage, et les exploitants constatent que le béton s'effrite au niveau du bord intérieur de la cuve. Les ouvrages béton n'ont pas fait l'objet d'une garantie décennale.

- Défaut d'agitation dans le digesteur

L'agitateur du digesteur est mal positionné et doit être déplacé manuellement 2 fois par jour. Il fonctionne 50% du temps, entraînant une consommation électrique importante. Il n'est pas assez puissant (18,5 kW) étant donné la viscosité du mélange en digestion qui atteint parfois des taux de MS élevés. Ainsi, l'agitation ne permet pas de faire disparaître la croûte qui s'est formée sur le dessus du mélange dans le digesteur. Il serait nécessaire de le changer ou d'en mettre un deuxième.

- Défaut du système de surverse

Le transfert du mélange en digestion du digesteur vers le post-digesteur par surverse n'est pas satisfaisant : il nécessite de toujours maintenir le post-digesteur à un niveau de remplissage limité. Le transfert se fait donc par l'intermédiaire de la pompe centrale, nécessitant l'intervention de l'exploitant.

La formation d'une croûte dans le digesteur ne paraît cependant pas poser de réel problème puisqu'elle ne se présente pas sous forme de plaque sur l'ensemble de la surface mais conduit à la présence de morceaux solides qui n'empêchent pas l'agitation et les transferts de flux.

- **Valorisation du biogaz**

- Défaut de déshumidification du biogaz

Le système de déshumidification du gaz par canalisation enterrée en serpentin ne paraît pas performant, l'exploitant constate qu'il y a de l'eau au niveau du filtre en sortie de la conduite. Normalement équipé d'un point bas avec un système de vidange, il est impossible de savoir si ce système a été installé correctement. Il faudrait donc ajouter un système de déshumidification du biogaz avant le moteur (groupe froid envisagé). Le risque lié à l'utilisation d'un biogaz humide pour alimenter le moteur est d'encrasser les culasses qui ne se ferment plus.

- Dysfonctionnements électriques

L'installation électrique rencontre régulièrement des dysfonctionnements : faux contact au niveau de la génératrice, de l'aérotherme...

II.2. Approvisionnement

II.2.1. Moyens de mesure

Les données ont été relevées manuellement par l'exploitant à partir de février 2018. L'installation n'étant pas équipée de système pour peser les matières incorporées, une pesée d'un godet de télescopique pour les différentes matières solides incorporées a été réalisée par l'exploitant.

Les quantités incorporées depuis la préfosse vers le digesteur avec la pompe ont également été relevées à partir de février 2018.

II.2.2. Plan d'approvisionnement initial et actuel

La ration est principalement constituée de fumier bovin, lisiers et EVB provenant de l'élevage, déchets de tourteaux (tournesol amené gratuitement), et de déchets provenant d'une fabrique de gâteaux (pâtes et graisses). Du fumier et lisier de taurillon, ainsi que du lisier et fumier de procs sont amenés par des exploitations voisines ponctuellement. L'installation réceptionne du lait en briques depuis courant 2017. Des déchets de pomme et d'ensilage (maïs, herbe) sont également incorporés en petite quantité. La DDCSPP autorise l'utilisation des déchets de gâteaux dans la mesure où il s'agit de déchets cuits, et le lait car il est livré conditionné.

Les exploitants sont équipés d'un caisson Thierard pour la récolte des menues paille qui est effectuée depuis 2 ans lors de la moisson du blé, de l'orge et du triticale sur 25 ha (+ achat de MP à des voisins) pour le paillage des logettes (300 kg MP/semaine) : le fumier contient donc de la menue paille.

Le suivi des données de production de février à mai 2018 permet de connaître les quantités incorporées sur cette période :

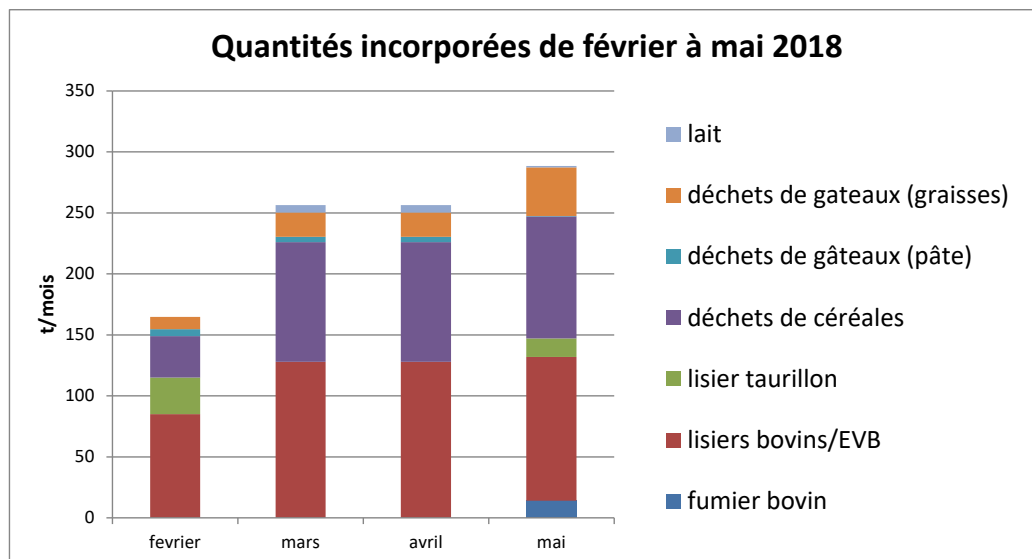


Figure 3 - Quantités incorporées mois par mois de février à mai 2018

Aucun fumier de bovin n'a été incorporé en février, mars, avril, le curage du bâtiment ayant été effectué en mai. Il n'y a pas non plus eu de fumier de taurillon et de lisier porcin provenant d'exploitations voisines sur cette période.

241 t/mois de matières sont incorporées en moyenne avec une fréquence d'une à deux fois par jour (36 fois/mois en moyenne). 620 t/mois de mélange prélevé dans le digesteur et le post-digesteur sont réincorporés dans la préfosse, conduisant à une incorporation de 861 t/mois au total dans le digesteur.

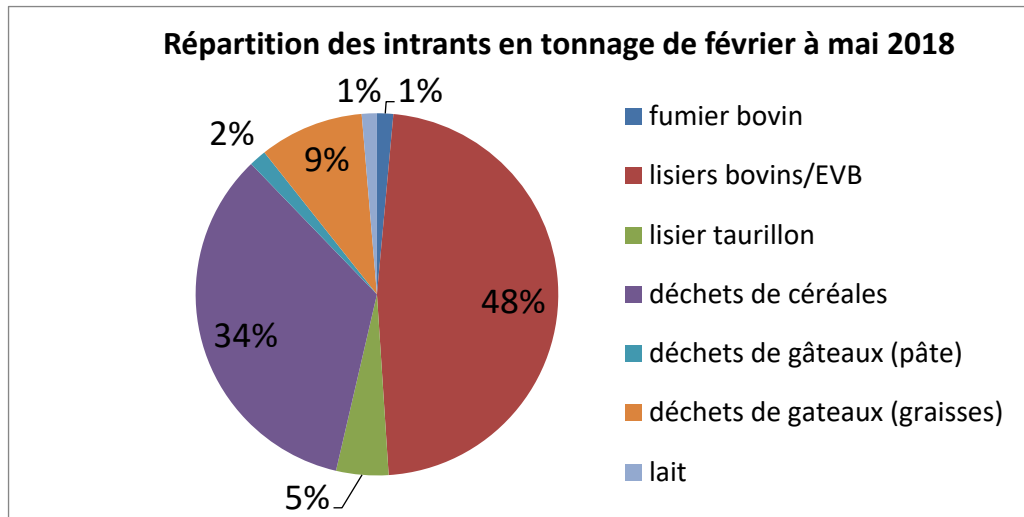


Figure 4 - Répartition des intrants incorporés de février à mai 2018

Pour effectuer le bilan de la ration incorporée, deux approches sont proposées ci-après :

- Estimation du potentiel de la ration sur la période de février à mai et comparaison aux données de production sur cette période
- Evaluation d'une ration moyenne annuelle pour vérifier son adéquation avec l'installation en terme de productible et de dimensionnement technique, et comparaison à la production de l'année 2017.

La ration moyenne annuelle a été estimée de la manière suivante :

- Fumier estimé à 3000 t/an incluant le fumier de bovins de l'exploitation, ainsi que le fumier de taurillon et le fumier de porc incorporés ponctuellement
- Prise en compte des valeurs relevées sur 4 mois pour estimer les quantités annuelles des autres intrants (tonnage*12/4, tonnages validés par l'exploitant)

Le potentiel méthanogène des intrants a été estimé sur la base des valeurs présentées ci-après dans la partie « Composition des matières entrantes ».

Tableau 1 – Comparaison de la ration réalisée de février à mai 2018 et de la ration prévisionnelle moyenne avec la ration prévue initialement

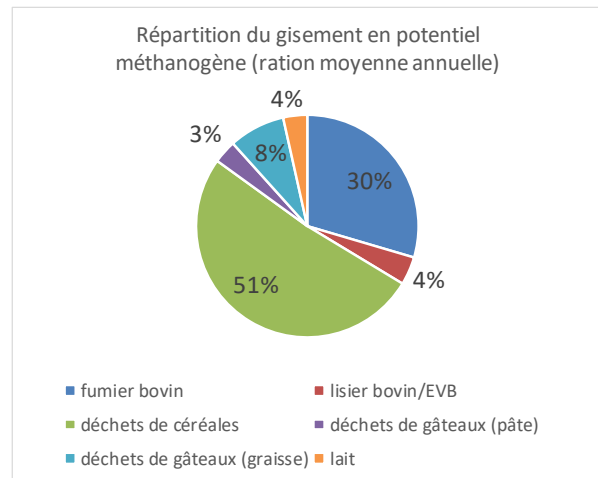
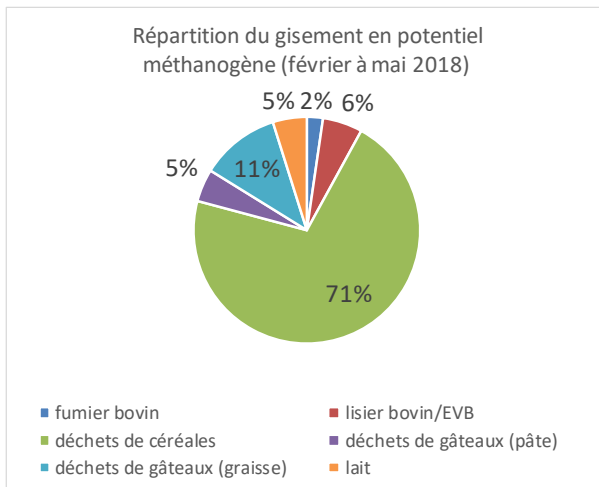
	Unité	Prévisionnel étude de faisabilité	Prévisionnel ration constatée annualisée (février à mai 2018)	Prévisionnel ration moyenne annuelle	Ecart prévi initial et constaté	Ecart prévi initial et ration moyenne annuelle
fumier bovin	t/an	4000	168	3000	-96%	-25%
lisier bovin/EVB	t/an	1450	1482	1482	2%	2%
herbe de vergers	t/an	40				
déchets de pomme	t/an	25				
déchets de céréales	t/an	50	990	990	1880%	1880%
déchets de gateaux (pâte)	t/an		44,7	44,7		
déchets de gateaux (graisse)	t/an		270	270		
lait	t/an		156	156		
matières entrante total	t/an	5565	2954,7	5786,7	-47%	4%
Potentiel méthanogène	Nm3/an	148839	357451	495766	140%	233%

Avec ces hypothèses :

Audit de fonctionnement technico-économique EARL de la SALLE

- La ration incorporée de février à mai 2018 est inférieure de 47% en quantité à la ration prévue initialement, mais supérieure de 140% en potentiel méthanogène
- La ration moyenne annuelle est proche du prévisionnel initial en tonnage mais permet de dégager un potentiel méthanogène 3,3 fois plus important que la ration prévue initialement
- Le potentiel méthanogène de la ration, que l'on prenne en compte la ration moyenne ou la ration de février à mai 2018, est supérieur à la capacité de valorisation de 73 kWe (production maximale de 73 kWe*8860 h/an = 632 MWh_{PCI} avec un rendement brut de 38% : Ep = 1664 MWh_{PCI} soit 167 000 Nm³). La ration moyenne annuelle permettrait théoriquement de produire suffisamment de méthane pour alimenter un moteur de 210 kWe.

La répartition du potentiel méthanogène de la ration est présentée ci-dessous :



Les co-substrats extérieurs contribuent de manière importante à la production d'énergie : 66% du potentiel énergétique provient de ces co-substrats dans la ration moyenne annuelle, dont 51% provenant des déchets de tournesol.

Le potentiel des effluents d'élevage seuls représente 34% du potentiel de la ration moyenne, soit 167 000 Nm³ de méthane : en théorie, ce gisement est suffisant pour alimenter le moteur de 73 kWe avec un fonctionnement à pleine charge.

II.2.3. Composition des matières entrantes

Des analyses ont été réalisées dans le cadre du suivi ADEME réalisé en 2012-2013 :

Tableau 2 - Résultats d'analyse des matières entrantes

14/06/2012	Lisiers/EVB	Fumier	Issues de céréales	Digestat
MS	8,6%	54,5%	42,8%	6,1%
MO	6,2%	14,8%	35,9%	4,3%
N total	2,1	6,4	9,6	1,7
NH4	1,5	0,5	1,8	0,6
P2O5	0,6	1,4	2,4	1,5
Nm ³ CH4/t MB	13,7	30,8	138,3	

Le taux de MS du fumier est élevé, et son taux de MO et potentiel méthanogène plutôt faibles, d'autant plus que ces fumiers contiennent des menues paille. Une analyse du taux de MS et MO permettrait de mieux caractériser ces fumiers.

La moyenne des données disponibles dans la base de données S3d indique un taux de MO de 22% et un potentiel méthanogène de 49 Nm³CH₄/t MB. C'est cette valeur qui a été retenue pour l'analyse.

Une nouvelle analyse a été réalisée par l'exploitant fin 2018 pour les déchets de céréales, qui sont des déchets de tournesol, ainsi que pour les déchets de gâteaux (pâte). Pour les déchets de gâteaux (graisses), des hypothèses ont été prises en s'appuyant sur les indications de l'exploitant :

Tableau 3 - Hypothèses de composition des déchets de tournesol et de gâteaux

	Déchets de tournesol	Déchets de gâteaux (pâte)	Déchets de gâteaux (graisses)
MS	88,4%	83,7%	50%
MO	78,2%	82%	48%
Nm³ CH₄/t MB	257	373	150

L'exploitant témoigne en effet d'un potentiel méthanogène plus faible des graisses par rapport aux pâtes, qui s'expliquerait par la présence de produits de nettoyage dans les graisses.

II.2.4. Sécurisation des gisements

Les déchets de gâteaux et le lait font l'objet d'un contrat sans redevance, mais pas les déchets de tournesol qui sont amenés gratuitement sur l'exploitation. Les contrats existants n'engagent pas les fournisseurs sur une durée ou une quantité.

Les déchets de gâteaux sont collectés par l'exploitant à ses frais : 120 €/voyage pour 10 m³ de graisses, soit environ 12 €/t MB, et 150€/voyage pour 2 t de pâtes (5 palox de 400 kg), soit 75 €/t MB.

Le lait est amené gratuitement par camion. Le coût pour les exploitants est lié à la location d'un conteneur et à l'évacuation en déchetterie des briques vides (190 € HT par benne pour 3 camions de lait livrés, un camion permettant de livrer 25 000 L de lait en briques sur 33 palettes). A noter que le lait est parfois livré en camion-citerne sans emballage (livraison de 16 000 L). Afin d'analyser l'intérêt de ce gisement un coût de 190 € HT pour 75 000 L soit 75 t de lait a été retenu, soit 2,5 €/t MB.

Une analyse de la marge dégagée par chaque intrant est proposée en partie III Approche économique.

Les exploitants constatent une augmentation des quantités livrées ce qui leur permet de disposer d'un stock de matières à incorporer progressivement et selon les besoins.

L'augmentation du recours aux coproduits extérieurs nécessiterait de sécuriser ces gisements par des contrats engageants.

Etant donné que les gisements en effluents d'élevage permettent d'atteindre le potentiel énergétique nécessaire au fonctionnement du moteur de 73 kWe à pleine charge, le risque lié à la perte de co-substrats dans la configuration actuelle reste limité. Une augmentation de puissance est cependant envisagée : dans ce cas il sera nécessaire d'identifier des possibilités de substitution par des cultures produites sur l'exploitation ou à l'extérieur.

Or, les possibilités de substitution par des cultures produites sur l'exploitation sont inexistantes dans la configuration actuelle de l'exploitation. Toutes les surfaces productives sont en effet valorisées pour l'alimentation des bovins et la production de pommes. Cependant, la reprise de l'exploitation par Hugo Rouquet, beau-fils des exploitants actuels, lors du départ en retraite de M. Giraud pourra être accompagnée d'une évolution des productions sur la ferme :

- L'arrêt des pommes libérerait 10 ha en parcelles irriguées
- L'arrêt de l'atelier bovin lait libérerait 60 ha de surfaces cultivées dédiées à l'alimentation animale et 25 ha de prairies fauchées, le reste des surfaces en prairies n'étant pas récoltables (15 ha) ou trop

éloignées et en location (60 ha). Cependant, une telle évolution conduirait à réduire les volumes d'effluents d'élevage disponibles pour la méthanisation.

Les exploitants envisagent d'identifier des surfaces complémentaires à l'extérieur de l'exploitation pour pallier une éventuelle réduction des co-substrats.

II.2.5. Analyse de la marge dégagée par chaque intrant

L'analyse de la marge dégagée par chaque intrant a été calculée sur la base de la ration moyenne prévisionnelle, ainsi que des produits et des charges décrits dans le bilan économique réalisé. Cette approche reste grossière en raison d'une incertitude sur la composition des intrants (déchets de gâteaux (graisse) en particulier).

D'après cette analyse, l'EARL de la Salle dispose de plusieurs gisements permettant de dégager une marge importante, en premier lieu les déchets de tournesol, ainsi que le lait et les graisses issues de la fabrication de gâteaux. Les fumiers, les pâtes de gâteaux et le lisier représentent un coût pour l'installation (marge négative de -2 €/t MB pour les fumiers, -6 €/t MB pour les lisiers, -8 €/t MB pour les pâtes de gâteaux) :

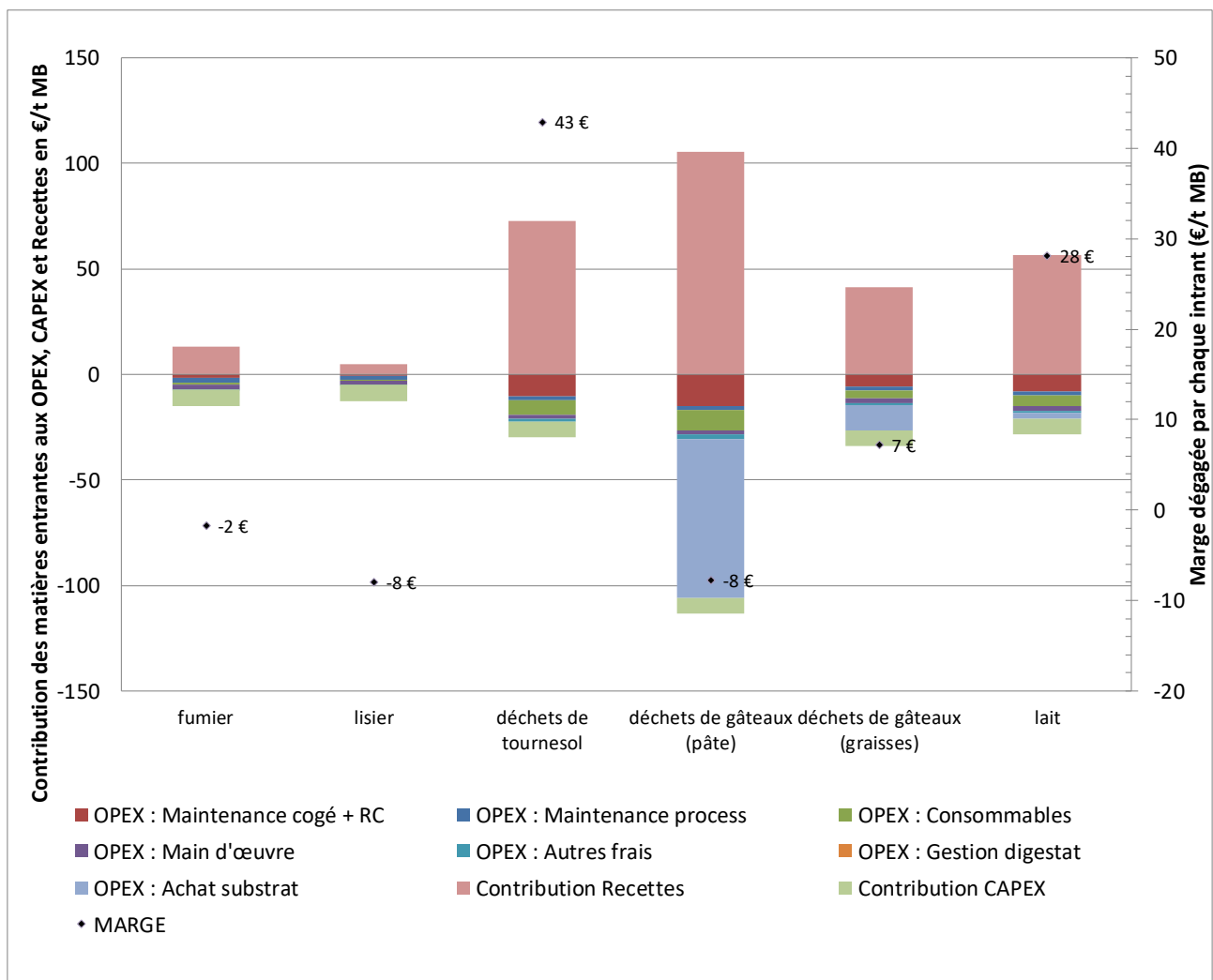


Figure 5 - Evaluation de la marge ou du coût associé à chaque intrant

II.2.6. Analyse des risques liés à la ration

Sur la période de février à mai 2018, les quantités incorporées sur inférieures de moitié au prévisionnel mais la ration est 2,4 fois plus méthanogène, à une période où les quantités de fumier sont très réduites. Le potentiel des matières introduites n'est pas totalement valorisé puisque très supérieur à la capacité de valorisation du moteur.

L'exploitant fait part d'une difficulté liée aux déchets de tournesol qui sont très secs. Ce gisement qui apporte une part significative du potentiel énergétique de la ration est fourni gratuitement en quantité importante mais n'est pas sécurisé.

Les déchets de gâteaux et le lait permettent d'augmenter le potentiel méthanogène de la ration. Les coûts liés au transport des déchets de gâteaux ne permettent pas de dégager de marge pour les pâtes mais seulement pour les graisses (cf. analyse de la marge dégagée par chaque intrant), malgré un potentiel méthanogène supérieur des pâtes par rapport aux graisses.

II.3. Production de biogaz et d'énergie

II.3.1. Moyens de mesure et données disponibles

Un débitmètre et un analyseur BINDER ont été installés dans le cadre du suivi ADEME en 2012, mais nécessitent un étalonnage. Ils ont été expédiés au fournisseur début 2018, et les données de production et de composition du biogaz n'ont pas pu être relevées dans le cadre de cet audit.

L'énergie électrique brute est relevée au niveau du moteur par le biais d'un compteur normalisé. Un compteur d'énergie thermique permet de connaître la chaleur totale produite ainsi que celle distribuée hors autoconsommation pour le process. Pour ces données de production, des relevés ont été effectués quotidiennement depuis le mois de février 2018 dans le cadre de l'audit.

La production électrique nette injectée sur le réseau électrique est la seule donnée de production disponible depuis le démarrage de l'installation.

II.3.2. Production électrique

L'électricité nette produite sur l'année 2017 est supérieure de 15% au prévisionnel initial : 513,35 MWh ont été vendus contre 444,73 MWh dans le prévisionnel. Elle est inférieure de 5% au maximum que serait susceptible de produire l'installation (538 MWh d'énergie électrique nette avec un rendement brut de 38% et un rendement net de 35%, fonctionnement à 73 kWe pendant 8000 h/an).

De février à mai 2018, 191,77 MWh ont été injectés sur le réseau, soit 29% de plus que la production prévisionnelle. Cette production est inférieure de 12% au maximum que serait susceptible de produire l'installation.

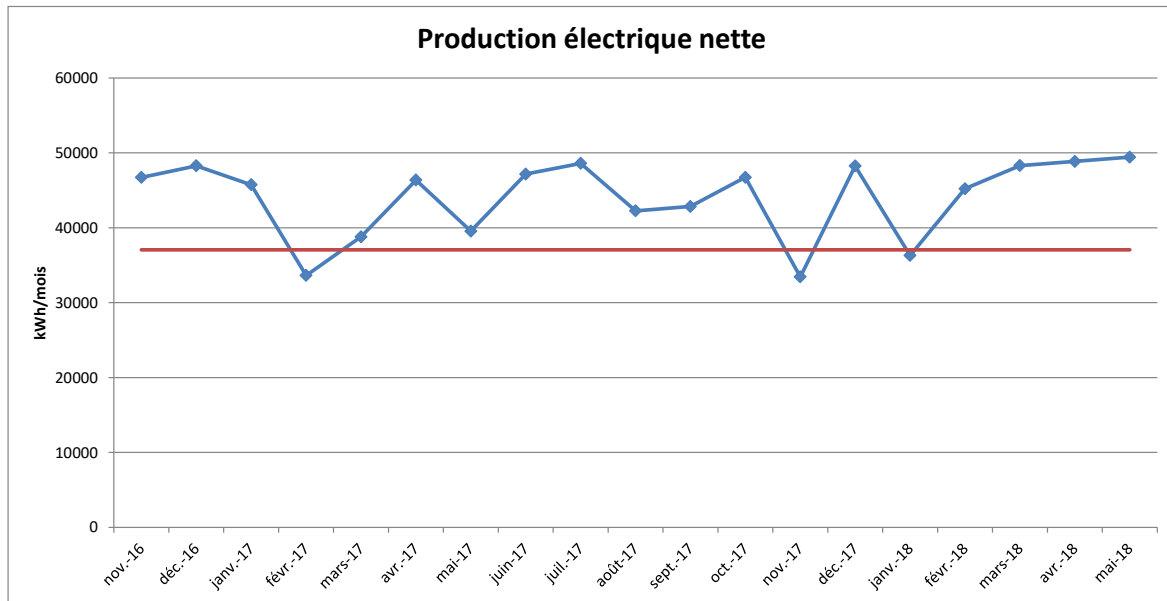


Figure 6- Production électrique nette mensuelle de novembre 2016 à mai 2018

II.3.3. Indicateurs techniques

Tableau 4 - Indicateurs techniques

	Unité	Prévisionnel initial	Résultats lors du suivi ADEME	Actuel (février à mai 2018)	Prévisionnel (ration moyenne)
TRH	j	58	149	102	52
CO	Kg MO/m ³ /j		0,98	3,58	5,64

Avec la ration incorporée de février à mai, le temps de séjour dans le digesteur (TRH) est long puisqu'il s'établit à 102 jours contre 58 jours dans le prévisionnel initial et 52 pour la ration moyenne prévisionnelle à venir. Le TRH n'a pas besoin d'excéder 70 jours étant donné les matières traitées, d'autant plus que le stockage digestat est muni d'un gazomètre. Un TRH de 52 jours paraît cependant un peu faible.

La charge organique (CO) est dans la gamme recommandée (1,5 à 4 selon la typologie d'intrants traités, peut être plus élevée selon la technologie de traitement et le type d'intrants traités) de février à mai et trop élevée pour la ration moyenne prévisionnelle.

Le maintien de la ration prévisionnelle couplée à une augmentation de puissance du moteur nécessiterait une évolution des ouvrages pour permettre d'exprimer le potentiel des matières en allongeant le temps de séjour. A ce titre, la transformation du stockage en post-digesteur et l'ajout d'une cuve de stockage digestat serait pertinent. Cependant, la charge organique dans le digesteur resterait élevée. La transformation du stockage existant en un deuxième digesteur serait alors un moyen de répartir cette charge organique.

II.3.4. Valorisation thermique

Les compteurs de valorisation thermique permettent de mesurer la chaleur totale produite, ainsi que l'énergie thermique valorisée pour la maison de l'exploitant, les maisons voisines et l'élevage (mise hors gel et ECS). L'autoconsommation de chaleur pour le process n'est pas connue.

La chaleur totale produite de février à mai s'élève à 211 MWh, ce qui paraît faible au regard de la production électrique (P_{elec} nette : 191,77 MWh) : soit le rendement thermique est faible (de l'ordre de 30 à 35%), soit

la mesure n'est pas fiable. La chaleur valorisée de février à mai est de l'ordre de 56 MWh, soit 26% de la chaleur produite, et se répartit de la manière suivante :

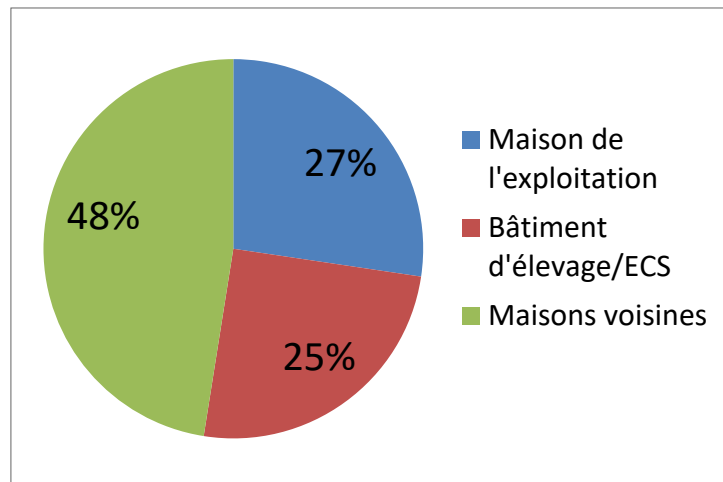


Figure 7 - Répartition de la chaleur valorisée de février à mai 2018

La majorité de la chaleur est valorisée pour le chauffage des maisons voisines, avec des pertes importantes dans le réseau de chaleur et sans valorisation économique.

Le coefficient de valorisation thermique V ($(E_{\text{thermique}} \text{ valorisée} + E_{\text{électrique}} \text{ valorisée}) / \text{Energie primaire biogaz} * 0.97$) s'élève à 40%¹.

II.3.5. Analyse des risques liés à la valorisation de l'énergie

La production électrique est supérieure au prévisionnel, avec à priori une ration plus méthanogène que nécessaire.

Cependant, le manque de précision sur le potentiel de la ration et les données de production d'énergie (biogaz, méthane) ne permet ni de savoir si l'installation permet de valoriser tout le potentiel des matières introduites (TPM), ni de connaître le rendement électrique du moteur.

L'inefficacité du système de déshumidification du biogaz entraîne des usures prématurées de certaines pièces du moteur (encrassement des culasses), et impacte probablement le rendement électrique.

L'énergie thermique produite paraît faible, il faut vérifier la fiabilité de cette mesure. L'énergie thermique n'est que partiellement valorisée : une utilisation plus importante permettrait d'améliorer le bilan énergétique et économique de l'installation.

Dans le cas où l'exploitant souhaiterait augmenter la puissance du moteur, le système de refroidissement du moteur est insuffisant (nécessité d'ajouter un échangeur voire changer le radiateur principal) et la génératrice devrait être changée. Si le choix d'une augmentation de puissance était mis en œuvre, l'exploitant envisage plutôt de changer de moteur.

¹ Avec E thermique valorisée = 56 ; E électrique valorisée = 191.77 ; E primaire biogaz = 204,6/0,32 (production électrique brute/rendement théorique du moteur)

II.4. Valorisation du digestat

II.4.1. Données de production et d'utilisation

Tableau 5 - Données de production et d'utilisation du digestat

	Prévisionnel	Réalisé
Quantité de digestat produit	3500 m ³ /an sur l'exploitation et 1500 m ³ /an sur exploitation voisine	300 à 400 tonnes à lisier/an Sur la période de suivi de février à mai 2018, 3510 m ³ de digestat ont été épandus.
Quantité de N/P/K		Analyses digestat 02/2016 MS : 6,39% 4,02/1,67/4,32
Post-traitement	aucun	aucun
Matériel d'épandage	Epandeur équipé de pendillard	Pendillards se bouchent
Surfaces épandues		
- Sur l'exploitation		
- A l'extérieur		
Types de culture fertilisées avec du digestat		Herbe, céréales et maïs, avant de semer et parfois au printemps 3 tonnes à lisier par ha soit environ 45 m ³ /ha
Modalités d'échange/mise à disposition/vente avec utilisateurs extérieurs		Echange fumier de taurillon, lisier de taurillon et fumier de porc contre digestat avec un voisin à 300 m

L'exploitant témoigne d'une augmentation des rendements en blé depuis l'utilisation de digestat (vente de grain). En parallèle, des techniques plus simplifiées qu'avant sont mises en œuvre. La consommation d'engrais est passée en moyenne :

- de 16,1 t/an d'ammonitrate entre 2007 et 2012 à 13 t/an entre 2014 et 2017 soit une économie de 3,1 t/an
- de 15,8 t d'urée à 7,7 t/an entre 2014 et 2017 soit 8,1 t/an d'économie

L'ammonitrate a été payé entre 250 et 340 €/t en 2016/2017 et l'urée entre 270 et 340 €/t. L'économie annuelle totale pour l'exploitation peut être estimée à 3360 €/an (11,2 t/an à 300 €/t)

La cuve de stockage de digestat de 2500 m³ est suffisante pour assurer 6 mois de stockage. Cependant, en cas d'augmentation des quantités traitées comme envisagé avec la ration prévisionnelle, ce volume pourrait devenir un peu restreint.

Remarque : Suivi 2012/2013 : 2190 t épandues, résultats d'analyses agronomiques et microbiologiques

II.4.2. Analyse des risques liés à la valorisation du digestat

Le digestat paraît bien valorisé. Il permet de réaliser des économies d'engrais significatives et de bénéficier d'effluents d'élevage à méthaniser en complément de ceux produits sur l'exploitation à coût nul (livré au pied du méthaniseur).

III. Approche économique

III.1. Investissement

III.1.1. Décomposition des investissements

Tableau 6 – Investissement initial et complémentaire par grand poste

INVESTISSEMENTS TOTAUX		Coût total initial- € HT	Investissement complémentaire	Investissement cumulé- € HT
		567 000,00	105 200,95	672 200,95
Catégorie A	Aménagement du site	-	-	-
Catégorie B	Gestion et traitement des Substrats	66 000,00	-	66 000,00
Catégorie C	Méthanisation	136 000,00	9 000,00	145 000,00
Catégorie D	Gestion et traitement du Digestat	84 000,00	35 000,00	119 000,00
Catégorie E	Gestion et valorisation du Biogaz	255 000,00	24 000,00	279 000,00
Catégorie F	Ingénierie	26 000,00	37 200,95	63 200,95

Les investissements complémentaires s'élèvent à environ 105 000 € (y compris MO salarié comptabilisée par l'exploitant) principalement pour le réseau de chaleur, le changement de l'agitateur dans le digesteur, mais également pour la construction d'un plancher dans le post-digesteur, la remise en état de l'isolation dans le digesteur...

L'investissement cumulé ramené à la puissance électrique s'élève à 9200 €/kWe ce qui est un peu plus élevé que celui du suivi petite méthanisation ADEME² (8584 €/kWe en moyenne pour les 5 installations voie liquide) et à celui du suivi ADEME de 13 installations de 70 à 250 kWe³ (6336 €/kWe en moyenne). Ce ratio reste cependant très correct pour cette taille d'installation.

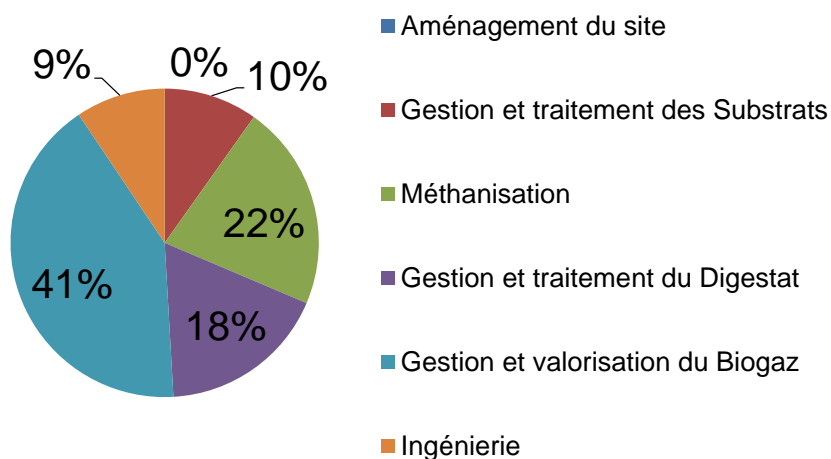


Figure 8 – Répartition des investissements par poste

La part des investissements compris dans le poste « Valorisation du biogaz » est supérieure à celle observée lors du suivi petite méthanisation ADEME (37% en moyenne), avec en particulier des surcoûts pour le réseau de chaleur. A noter qu'aucun investissement lié à l'aménagement du site n'a été comptabilisé.

² ADEME, 2016, *Suivi technique, économique, environnemental et social de sept installations de petite méthanisation à la ferme*

³ ADEME, 2014, *Suivi technique, économique, environnemental et social d'installations de méthanisation à la ferme, centralisées, industrielles et en station d'épuration*

III.1.2. Financement

Tableau 7 - Financement de l'investissement

	Montant (€) (suivi ADEME)	Part (%)	Données exploitant
Fonds propres	0		
Emprunt	Crédit agricole 341 584 €	63%	421 102 €
Subventions	Total : 260 416 ADEME : 47 500 € CR Limousin : 36 000 € CG 23 : 18 000 € FEDER : 75 416 € Ministère de l'ag. : 83 500 €	37%	251 098 €

La méthanisation a conduit à contracter 3 prêts dont le détail est présenté ci-dessous :

Tableau 8 - Détail des emprunts contractés pour l'unité de méthanisation

Prêt	Montant total (€)	Annuité (€/an)	Durée	Taux	Date de démarrage et date de fin
Méthanisation	325 000 €	25 938 €	12 ans	3,57%	Avril 2013 (1 ^{er} paiement Octobre 2013) à avril 2025
Méthanisation	146 700 € Dont 51 102 € pour la méthanisation ⁴	14 640,78 € Dont 5100 € pour la méthanisation	12 ans	2,52%	Octobre 2015 à octobre 2026
Tonne à lisier	45 000 €	7 277,33 €	7 ans	3%	Mars 2011 (1 ^{er} paiement septembre 2013) à septembre 2018

III.2. Produits

Tableau 9 - Hypothèses retenus pour le calcul des produits d'exploitation

	Montant prévisionnel (€/an)	Produits moyens de 2011 à 2017 (€/an)	Produits d'octobre 2016 à septembre 2017
Vente d'électricité	Tarif 13,87 c€/kWh 61 697 €/an	2011 à 2017 : 480 322 € soit 68 617 €/an en moyenne	136 983,36 €/an Tarif 22,369 c€/kWh
Chaleur (économie ou vente)	Economie 3600 €/an Vente 6000 €/an (4,5 c€/kWh)	Avant la méthanisation : maison exploitants 3000 l/an de fioul soit 2400 €	

⁴ Ce prêt portait également sur d'autres aménagements du site et de l'exploitation agricole (dont un bâtiment photovoltaïque)

			2 voisins : 1 au bois, 1 au fioul, mais réseau de chaleur peu efficient (donc pas de bénéfices associés)
Digestat (économie ou vente)	Economie d'engrais 1000 €		Achat d'engrais évité estimé à 3360 €/an
TOTAL RECETTES	72 297 €/an	74 377 €/an	142 743 €/an

La révision du tarif permet de dégager des recettes électriques supérieures au prévisionnel.

III.1. Charges

Les charges réelles ont pu être établies sur la base des données comptables fournies par l'exploitant :

Tableau 10 - Hypothèses retenues pour le calcul des charges d'exploitation

	Montant prévisionnel (€/an)	Charges moyennes de 2011 à 2017 (€/an)	Charges d'octobre 2016 à septembre 2017
Approvisionnement		3420 € (transport) soit 488 €/an	760 € (transport) 335,6€ (appro)
Electricité	3547 €	69360 € soit 9908 €/an	12664,67 € (115,332 MWh soit 11 c€/kWh)
Maintenance/entretien matériel	16 189 € (entretien/assurances)	28043 € soit 4006 €/an	218,5 € (entretien/petit matériel)
Assurances		11499 € soit 1643 €/an	2475,79 €
Huile		2912 € soit 416 €/an	2265,28 € (huile et graisse) 1089,08 € (carb et lub)
Surcout d'épandage	550 €		
Telecom		600 € soit 86 €/an	3,34€
Gestion/comptabilité			324,73 €
TOTAL CHARGES	20 286 €	122 235 € soit 17 462 €/an	32 182 €/an

L'exploitant n'a pas de contrat de maintenance ni pour le process, ni pour la cogénération actuellement. Les frais de maintenance sont facturés à l'intervention.

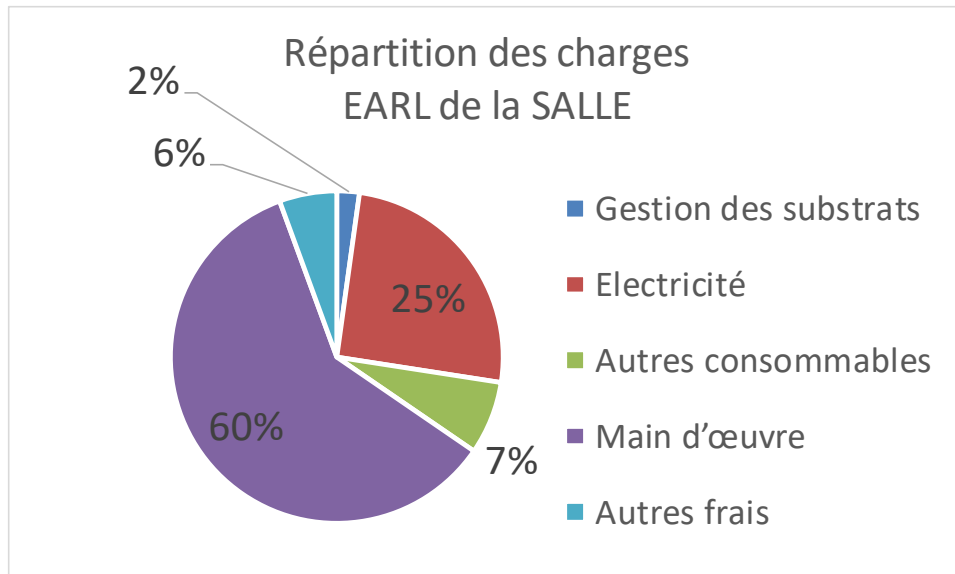


Figure 9 - Répartition des charges d'exploitation - EARL de la Salle

III.2. Bilan économique

III.2.1. Bilan économique réalisé (octobre 2016 à septembre 2017)

Tableau 11 - Bilan économique de l'unité de méthanisation EARL de la Salle

	EARL de la Salle		
	Prévisionnel	Réalisé (2017)	Ecart en %
Paramètres techniques & financiers	Annuel		
Investissement total en k€	496	672	35%
Puissance installée en kWél	70	73	4%
Investissement/puissance électrique installée	7086	9600	35%
Tarif de rachat électrique (Mwhel)	138,71	223,69	61%
MWh vendu EDF	444,8	612,379	38%
Produits annuels	72 298 €	142 743 €	97%
Chiffre d'affaires électrique en €	61 698 €	136 983 €	122%
Vente de chaleur en €	6 000 €	0 €	
Economie d'énergie en €	3 600 €	2 400 €	
Economie d'engrais	1 000 €	3 360 €	236%
Charges annuelles	20 286 €	36 562 €	80%
Gestion des substrats			
Montant en €		1 096 €	
Maintenance			
Coût maint. Cogé en €	16 189 €	3 573 €	-78%
Coût maint. Process en €			
Consommables (électricité)			
Electricité en % production électrique		19%	
Coût en €	3 547 €	12 665 €	257%
Main d'œuvre			
Coût horaire en €		30 €	
Nbre d'heure		548	
Coût MO en €	0 €	16 425 €	
Autres frais (assurance, suivi biologique, surcôt épandage)	550 €	2 804 €	
EBE annuel en €	52 012 €	106 181 €	104%

Ainsi, sur la période d'octobre 2016 à septembre 2017, l'installation atteint une rentabilité supérieure au prévisionnel, avec un excédent brut d'exploitation 2 fois plus élevé, et présente un temps de retour brut sur investissement théorique de 4 ans :

- La production électrique en 2017 a été supérieure de 38% au prévisionnel initial et le tarif d'achat de l'électricité a été revu à la hausse ce qui conduit à des recettes électriques supérieures de 122% au prévisionnel initial.
- Les frais de maintenance sont faibles en lien avec une absence de contrat pour le process comme pour la cogénération. Il serait cependant nécessaire de provisionner des frais liés à l'entretien et au renouvellement des équipements, ce qui n'apparaît pas ici.

Ces frais de maintenance process et cogénération peuvent être estimés à 32093 €, calculés sur la base des valeurs prises en compte dans le suivi ADEME petite méthanisation : 35 €/MWh pour les frais de maintenance cogénération, et 2% de l'investissement hors cogénération pour les frais de maintenance process, soit 1,7% de l'investissement total dans le cas de cette installation (la cogénération et les frais de raccordement électrique se sont élevés à 87 000 € sur 672 k€ d'investissement total).

En prenant en compte cette charge de maintenance plus réaliste, le TRB est de 7 ans et le TRI de 12%.

- La charge de consommation d'électricité est importante et pourrait être réduite par une amélioration du système d'agitation.

Ces résultats économiques sont à prendre avec précaution étant donné qu'ils sont établis sur 1 année de fonctionnement et obtenus après 7 ans de mise en service de l'installation.

III.2.2. Bilan économique scénarios optimisés

III.2.2.a. Evaluation des investissements complémentaires

Les scénarios optimisés présentés ci-après prennent en compte :

- Des investissements indispensables au bon fonctionnement de l'installation
- Deux options possibles pour la cogénération

Les investissements communs aux différentes options présentées ci-après sont les suivants :

	Enveloppe budgétaire
Groupe froid (déshumidification du biogaz)	12 000 €
Pompe et 2 vannes de sécurité	20 000 €
Travaux sur les cuves digesteur + stockage digestat (résine, liner, agitation digesteur)	150 000 €
PTF EDF augmentation puissance électrique injectée	27 000 €
TOTAL	209 000 €

2 options ont été envisagées pour la cogénération :

- **Option 1 : le maintien du moteur actuel susceptible de fonctionner à 100 kWe** moyennant le changement de la génératrice et l'ajout d'un échangeur et d'un système de refroidissement du moteur : coût estimé à 12 000 €, et prise en compte de la révision des 60 000 h à hauteur de 60 000 € soit 72 000 € au total
- **Option 2 : changement du module de cogénération et passage à 170 kWe** : coût estimé à 200 000 €

La ration pourra être optimisée en réduisant la part de co-substrats pour introduire le potentiel méthanogène correspondant aux besoins de production :

RATION OPTIMISEE PRISE EN COMPTE	Option 1 : 100 kWe	Option 2 : 170 kWe
Gisements	Fumier : 3000 t/an Lisiers : 1482 t/an Déchets de tournesol : 262 t/an TOTAL : 4744 t/an	Fumier : 3000 t/an Lisiers : 1482 t/an Déchets de tournesol : 900 t/an TOTAL : 5382 t/an

Charge organique	3,15	4,79
Temps de séjour digesteur	64	56

La transformation du stockage digestat actuel en digesteur ou post-digesteur serait souhaitable pour allonger le temps de séjour et réduire la charge organique dans le cas d'un fonctionnement à 170 kW : isolation et modification de l'agitation. Dans ce cas une nouvelle cuve de stockage pour le digestat devrait être construite (de l'ordre de 2500 m³). Un investissement complémentaire a donc été pris en compte dans le cas de l'option 2, estimé à 80 000 €.

Les investissements complémentaires pris en compte seraient donc les suivants :

	Option 1	Option 2
Investissement complémentaire	281 000 €	489 000 €

III.2.2.b. Résultats du bilan économique

	Scénario optimisé option 1	Scénario optimisé option 2
Paramètres techniques & financiers		
Investissement total en k€	953	1161
Puissance installée en kWél	100	170
Investissement/puissance électrique installée	7086	9600
Tarif de rachat électrique (Mwhel)	223,81	219,64
MWh vendu EDF	709,560	1206,252
Produits annuels	162 167 €	268 301 €
Chiffre d'affaires électrique en €	158 807 €	264 941 €
Vente de chaleur en €	0 €	0 €
Economie d'énergie en €	2 400 €	2 400 €
Economie d'engrais	3 360 €	3 360 €
Charges annuelles	83 222 €	110 702 €
Gestion des substrats		
Montant en €	0 €	0 €
Maintenance		
Coût maint. Cogé en €		
Coût maint. Process en €	24 851 €	42 239 €
Consommables (électricité)		
Electricité en % production électrique	12%	12%
Coût en €	9 366 €	15 923 €
Main d'œuvre		
Coût horaire en €	30 €	30 €
Nbre d'heure	1000	1000
Coût MO en €	30 000 €	30 000 €
Autres frais (assurance, suivi biologique, surcout épandage)	2 804 €	2 804 €
EBE annuel en €	78 945 €	157 599 €
	Optimisé option 1	Optimisé option 2
Somme des revenus sur 15 ans hors fiscalité & intérêt	1 184 172	2 363 989
Taux d'actualisation	4%	4%
Valeur actuelle (Sommes des revenus actualisés)	10 315 310	20 592 689
Valeur actuelle nette	9 622 726	19 692 105
Temps de retour brut (en année) : sans intérêts d'emprunt	9	6

Pour établir ces bilans économiques, les hypothèses suivantes ont été prises :

- Prise en compte de frais de maintenance process à hauteur de 1,7% de l'investissement process et frais de maintenance cogénération à 35 €/MWh

- Réduction des consommations électriques à 12% de l'électricité produite grâce à une amélioration de l'agitation
- Augmentation du temps de main d'œuvre à 1000 h/an soit 2,6h/jour

Ces 2 scénarios optimisés présentent une rentabilité satisfaisante, l'option 2 se dégage comme plus intéressante puisqu'elle permettrait d'atteindre un temps de retour brut global de 6 ans sans recourir à de nouvelles subventions.

IV. Aspects contractuels

Les exploitants ont été en procès avec le constructeur ARIA pour défauts de fabrication. Le procès a été perdu en appel. Par ailleurs, la dégradation du béton dans la cuve de stockage et probablement dans le digesteur à l'avenir sont de la responsabilité du constructeur, mais les exploitants n'ont pas les moyens d'engager de nouvelles démarches judiciaires.

V. Conclusion et perspectives

Le suivi des données de production de février à mai 2018 a permis d'analyser le fonctionnement de l'installation : quantités d'intrants incorporés, production électrique et valorisation thermique, temps passés, suivi des interventions techniques. Certaines données n'ont toutefois pas pu être récupérées, en particulier la mesure de la production de biogaz et sa composition, et la composition des matières entrantes. Malgré une installation très rustique, les résultats de production électrique et le bilan économique ont été satisfaisants en 2017.

Suite au constat d'une fissure au niveau de la cuve de stockage, l'exploitant effectue des démarches auprès d'entreprises susceptibles d'intervenir pour renforcer les cuves, et envisage de mettre en œuvre un ensemble de travaux visant à améliorer l'installation pour disposer d'un outil opérationnel.

Les investissements à réaliser prioritairement sont les suivants :

- Travaux sur les 2 cuves pour protéger le béton (résine + liner ou cuve inox)
- Agitation dans le digesteur (changer l'agitateur actuel et son emplacement, voire installer un 2^{ème} agitateur)
- Ajouter un groupe froid pour la déshumidification du biogaz
- Renouvellement de la pompe centrale et des 2 vannes de sécurité

Il s'agira d'identifier un intervenant capable de concevoir et réaliser l'ensemble des modifications nécessaires, le risque étant d'effectuer des réparations partielles et de rencontrer de nouveaux problèmes techniques par la suite. Cet audit permet de recenser l'ensemble des points sur lesquels des entreprises susceptibles d'intervenir pourraient être consultées. Le chiffrage des travaux proposé dans le présent rapport sera à affiner lors de ces consultations, et permettra de vérifier les résultats de l'analyse économique proposée dans le présent rapport.

Le changement du moteur avec une augmentation de la puissance installée permettrait d'augmenter les recettes d'exploitation à venir et d'amortir au mieux les investissements à réaliser, tout en disposant d'un module de cogénération plus fiable pour les années à venir.

Au vue des matières disponibles actuellement, une augmentation de puissance semble pertinente. La ration moyenne annuelle déjà disponible permettrait d'envisager une puissance de 210 kWe, et d'autres gisements en effluents d'élevage sont mobilisables en complément auprès de voisins. Cependant, l'approvisionnement

en déchets extérieurs n'est pas sécurisé par des contrats. Dans ce contexte, une augmentation de puissance à 170 kWe présente un risque modéré.

VI. ANNEXE : Liste des documents fournis

Bilan prévisionnel

- Annexe technique du dossier de subvention
- Synthèse du projet pour la commission d'attribution des aides (octobre 2008)

Investissements réalisés et bilan économique

- Document commission demande de subventions Etat/Région Limousin/ADEME
- Mail gérant (JF Giraud)
- Production électrique nette mensuelle et recettes électriques du 01/11/2011 au 01/06/2018
- Charges prises en compte dans la comptabilité de l'exploitation

Autre

- Rapport de suivi ADEME national (10/2012 à 09/2013)
- Spécifications moteur
- Analyse digestat 02/2016
- Achats d'engrais depuis 2007 (extraction de la comptabilité)
- Analyse déchets de tournesol et de pâtes de gâteaux

Relevés de fonctionnement de février à mai 2018 (tableau excel)

- Suivi de la ration et bilan digestat (quantités brut, liquide, solide)
- Suivi de la production (électricité, chaleur)
- Suivi des paramètres de fonctionnement (températures)
- Suivi des interventions, livraisons et opérations de maintenance