



SOLUTIONS DÉCHETS & DÉVELOPPEMENT DURABLE

AUDITS DE FONCTIONNEMENT TECHNICO- ECONOMIQUE D'UNITES DE METHANISATION EN FONCTIONNEMENT

GUIDE DE CAPITALISATION DES RESULTATS

Référence affaire	Audits de fonctionnement d'unités de méthanisation en Nouvelle Aquitaine
Livrable	Guide synthétique
Rédacteur	<i>Audrey EL HABTI</i>

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	3
II. DESCRIPTION DES SITES AUDITES	3
III. DES EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES SUR TOUS LES SITES	4
III.1. DEPUIS LA MISE EN SERVICE	4
III.2. AMELIORATIONS A VENIR OU SOUHAITABLES	5
IV. L'APPROVISIONNEMENT DES UNITES DE METHANISATION AUDITEES	6
IV.1. EVOLUTION DE L'APPROVISIONNEMENT	6
IV.2. SECURISATION DES GISEMENTS	6
V. APPROCHE ECONOMIQUE	6
V.1. INVESTISSEMENT	6
V.2. PRODUITS	7
V.3. CHARGES	8
V.4. MARGE DEGAGEE PAR CHAQUE INTRANT	10
V.5. BILAN ECONOMIQUE	10
VI. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	11

I. Introduction

Ce guide s'appuie sur les 4 audits de fonctionnement réalisés sur des unités de méthanisation en fonctionnement en Nouvelle-Aquitaine en vue d'en capitaliser les résultats en termes de retour d'expérience. Pour chaque site audité, l'analyse du fonctionnement de l'unité de méthanisation a porté sur l'approvisionnement, la technologie, les performances énergétiques, l'utilisation du digestat, la main d'œuvre, ainsi que les résultats économiques. Ce bilan a permis d'identifier les points forts et les risques associés à chacune de ces thématiques, et à aboutir à une évaluation des besoins d'évolutions pour optimiser le fonctionnement de ces installations. Ces audits visaient à aboutir à des propositions concrètes, hiérarchisées et chiffrées pour l'amélioration ou l'optimisation du fonctionnement des installations.

L'historique de l'installation a été prise en compte. Des données de fonctionnement antérieures au démarrage de l'audit ont été obtenues auprès des exploitants lorsqu'elles existaient. Les données de production collectées pendant la durée de l'audit ont été intégrées, de même que les informations relatives aux différents événements intervenus dans la vie de ces sites courant 2018.

Les unités de méthanisation ayant fait l'objet de ces audits sont très différentes les unes des autres et particulières au regard de la diversité des types d'installation de méthanisation existantes. La synthèse des audits réalisés sur ces 4 sites permet tout de même de dégager des enseignements capitalisables pour d'autres installations, dont la synthèse est présentée ci-après.

II. Description des sites audités

Les installations de méthanisation retenues dans le cadre de ces audits présentaient des configurations variées en termes de puissance, d'année de mise en service ou encore de plan d'approvisionnement :

Tableau 1 – Présentation des sites audités

	Site A	Site B	Site C	Site D
Département	Creuse	Deux-Sèvres	Corrèze	Landes
Type d'unité	Agricole	Agricole	Agricole	Industriel
Mise en service	2011	2013	2016	2013-2015
Puissance installée	70	50	123	370
Gisements	50% EE 50% déchets exogènes (tournesol, gâteaux, lait)	60% EE 40% déchets végétaux (issues de céréales, pailles de maïs, tontes) et lactosérum	70% EE et fromagerie 30% déchets exogènes (IAA fruits et légumes, tontes, issues de céréales)	80% déchets de carottes 20% rafles de maïs



Ces sites ont été choisis par l'ADEME et la Région Nouvelle Aquitaine :

- En vue d'en optimiser le fonctionnement dans un contexte où ces installations avaient rencontré ou étaient en difficulté pour 3 sites
- Afin de vérifier le bon fonctionnement et la reproductibilité d'une technologie innovante en méthanisation à la ferme pour 1 site.

Ainsi, plusieurs problématiques ont été identifiées, dont certaines communes à plusieurs des sites audités :

Tableau 2 - Principales problématiques rencontrées sur les 4 sites audités

	Nombre de sites concernés
Disparition constructeur	3
Rusticité de certains équipements	3
Evolution de l'approvisionnement	2
Erreur de conception de certains équipements (trémie, pompes, vannes, agitateurs)	3
Mauvaise mise en œuvre du procédé	1
Malfaçons lors de la construction (ouvrages, réseaux)	1
Absence de régulation moteur	1

III. Des évolutions technologiques sur tous les sites

III.1. Depuis la mise en service

Les principales évolutions d'équipements depuis la mise en service des 4 installations de méthanisation auditées portent sur le système d'incorporation et le brassage.

III.1.1. L'incorporation



Les trémies d'incorporation se sont avérées mal adaptées aux intrants traités pour 3 des 4 sites audités :

- Sur un site, la trémie initiale a été remplacée par un autre modèle avec l'ajout d'un prémix pour faciliter l'incorporation des fumiers
- Sur un autre site, la trémie conçue et fournie par le constructeur va être changée en 2019 pour un modèle permettant de mieux décompacter les fumiers et éviter les fuites. De plus, des modifications ont été effectuées sur la pompe d'incorporation afin d'améliorer le transfert du mélange vers les digesteurs.
- Enfin, les 2 trémies équipées d'un broyeur à marteaux fournies initialement ont été remplacées par 2 extrudeurs pour permettre le broyage des rafles de maïs sur un site.

III.1.2. Le brassage

Les agitateurs ont été changés sur 3 sites, en raison :

- D'une puissance insuffisante et d'un mauvais positionnement (1 site)
- D'un surdimensionnement (1 site)
- Ou encore de casses (ficelles...) (2 sites)

III.2. Améliorations à venir ou souhaitables

Pour 2 sites, des modifications sur les cuves sont indispensables pour retrouver un fonctionnement correct de ces installations. À la suite d'une dégradation du liner (cuve d'hydrolyse) ou du fissurage du béton, il s'agit en effet de restaurer le revêtement intérieur des cuves détériorées, voire de créer de nouvelles cuves. Il s'agit dans les 2 cas d'installations pour lesquelles des erreurs de conception ou de mise en œuvre ont été faites dans un contexte de disparition du constructeur peu après la mise en service des installations.

Des interventions sont liées au fonctionnement du moteur pour 2 sites. Dans un cas, l'absence d'automate permettant de réguler le moteur en fonction du débit de biogaz et de sa qualité pénalise le rendement électrique du moteur (27% aujourd'hui) : il s'agirait d'ajouter cet automatisme. Sur le deuxième site concerné, la déshumidification du biogaz est insuffisante et il s'agirait d'ajouter un groupe froid permettant de mieux assécher le biogaz pour la pour ne pas endommager le moteur.

Enfin, sur 2 sites, la question se pose de transformer le stockage digestat en post-digester (ou 2^{ème} digester). Ces stockages sont agités et couverts d'une géomembrane, avec récupération de biogaz sur un des 2 sites.

Dans les 2 cas, cette évolution serait en lien avec une augmentation des quantités traitées et à coupler à une augmentation de puissance pour dégager davantage de chiffre d'affaire électrique.

IV. L'approvisionnement des unités de méthanisation auditées

IV.1. Evolution de l'approvisionnement

Ces différents audits ont mis en évidence une évolution systématique de l'approvisionnement par rapport à celui prévu au stade de l'étude de faisabilité.

La caractérisation de la ration au stade projet ne correspond plus à la réalité de l'approvisionnement :

- Aucun prélèvement pour réaliser des analyses BMP n'avait été réalisé ou ces prélèvements n'étaient pas représentatifs des gisements à valoriser,
- Les matières traitées ont évolué après la mise en fonctionnement.

IV.2. Sécurisation des gisements

Sur les 3 sites agricoles, le recours à des substrats extérieurs représente une part significative du potentiel énergétique de la ration, à hauteur de 35 à 50%.

Tous les exploitants témoignent de difficultés à sécuriser ces gisements extérieurs sur le long terme. Certains font l'objet de contrats d'approvisionnement, mais ces documents engagent très rarement les fournisseurs sur des quantités, ou sur une pérennité d'approvisionnement au-delà d'une année. Le coût d'approvisionnement n'est quant à lui jamais mentionné dans ces contrats.

On constate également des coûts très variables en fonction des contextes locaux et de la qualité des intrants : c'est le cas par exemple des issues de céréales qui sont payés de 30 €/t sur un site, et 45 €/t sur un autre site. Sur un 3^{ième} site, des déchets de tournesol sont amenés gratuitement.

Pour les 3 sites agricoles, la capacité à produire des cultures intermédiaires à vocation énergétique sur l'exploitation agricole pour compenser une baisse ou une disparition des substrats extérieurs a été analysée. Cette substitution n'est pas possible pour 2 sites, les exploitations ne disposant pas des surfaces agricoles et des systèmes de culture le permettant. Pour le 3^{ième} site, des CIVE pourraient être produites en quantité suffisante en cas de disparition des intrants extérieurs, mais pour maintenir la rentabilité de l'installation il faudrait limiter la part de CIVE à 25% de la production d'énergie (au lieu des 50% apportés par les co-substrats extérieurs).

V. Approche économique

V.1. Investissement

Les ratios d'investissement sont très différents d'un site à l'autre et sont liés aux particularités de chaque installation :

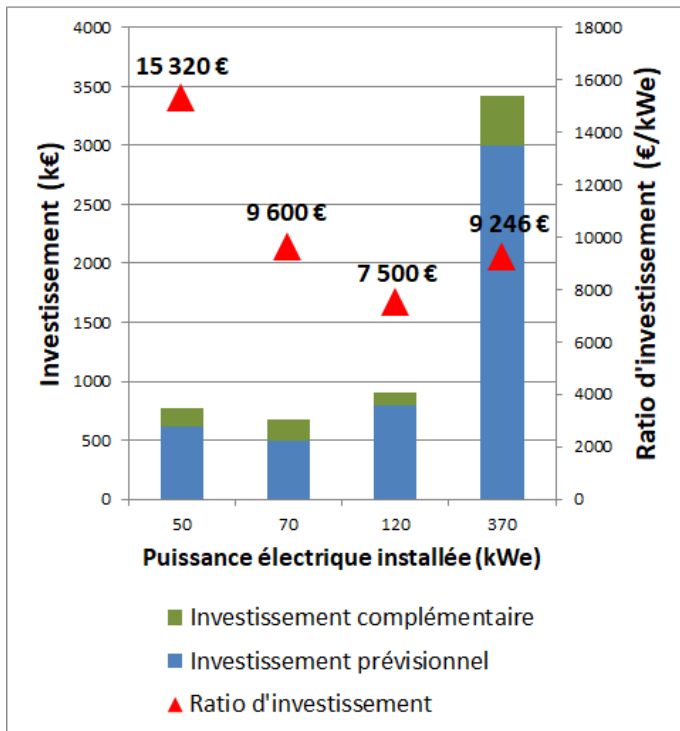


Figure 1 - Présentation des investissements réalisés

d'installation, lié aux choix technologiques pour cette installation (digesteur lit fixe, trémies avec broyeurs à marteaux), et renforcé par des investissements complémentaires pour l'incorporation ainsi que pour le stockage du digestat. A noter que ces investissements ne comprennent pas d'équipements pour la valorisation de la chaleur.

Des surcoûts ont été constatés sur tous les sites par rapport au prévisionnel (13 à 35%).

Ces installations ont bénéficié de subventions à des taux autour de 30% de l'investissement global (sauf pour le site de 2011 dont le taux de subvention atteint 39%).

V.2. Produits

Pour ces 4 installations, la vente d'électricité représente le poste de recettes de loin le plus important, de 75% des produits pour 1 site à 95% ou plus pour les 3 autres sites.

Ces recettes électriques sont supérieures au prévisionnel pour 3 sites :

- La production est supérieure au prévisionnel pour 2 sites
- La révision du tarif d'achat a permis d'augmenter les recettes générées par la vente d'électricité pour les 3 sites mis en fonctionnement avant 2016

Les recettes liées à la valorisation de chaleur sont très variables d'un site à l'autre : la chaleur permet de couvrir des besoins de chauffage significatifs sur 2 sites. L'un de ces 2 sites dispose également d'un séchoir en fonctionnement, et pour l'autre il est en cours de réalisation. Les autres sites ne génèrent pas ou très peu de revenus grâce à la chaleur produite, soit en raison de malfaçons sur le réseau de chaleur, soit en raison de l'absence d'équipements de valorisation de la chaleur.

Des économies d'engrais sont constatées sur les 3 sites agricoles. Le digestat utilisé sur les exploitations des porteurs de projet permet d'économiser plus de 3000 €/an pour les sites ayant plusieurs années de

fonctionnement, et un peu moins sur l'installation plus récente pour laquelle l'exploitant dispose de moins d'une année de recul pour constater l'impact de l'utilisation de digestat.

Enfin, un seul site bénéficie d'une prestation déchet pour du lactoserum.

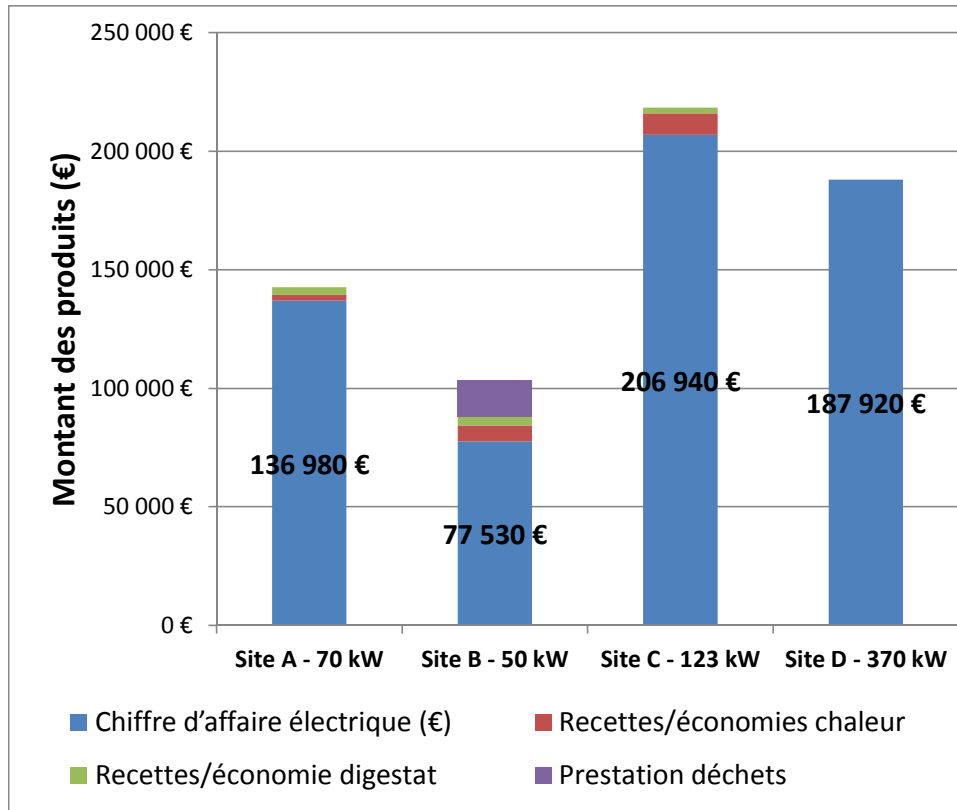


Figure 2 - Produits générés pour chaque site

V.3. Charges

Les deux postes de charge les plus impactant sont la maintenance et la main d'œuvre, suivis par la consommation électrique et la gestion des substrats :

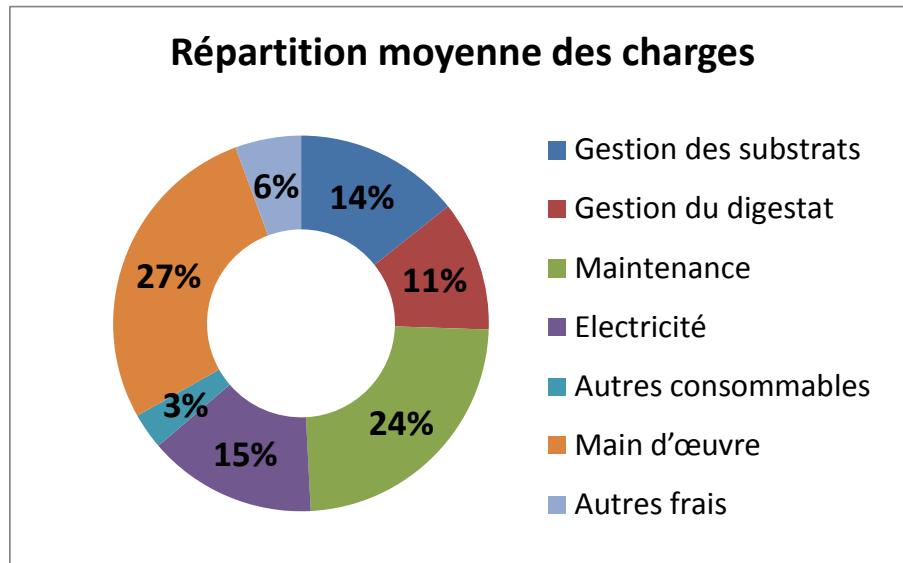


Figure 3 - Répartition moyenne des charges constatées

On constate toutefois des écarts de répartition importants selon les sites :

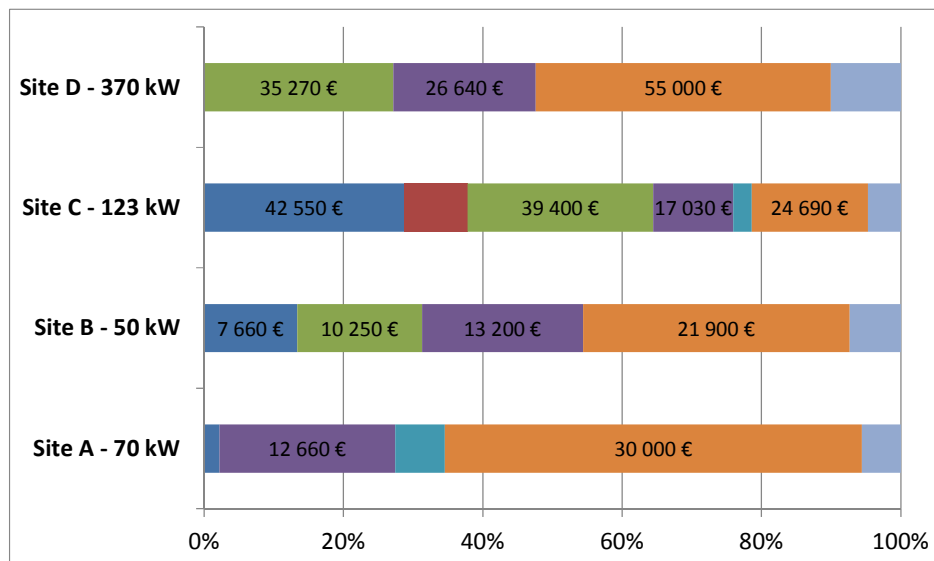


Figure 4 - Charges constatées sur chaque site

Le poste « maintenance » est très disparate selon les sites (10 000 à 40 000 €/an), en fonction des types de contrats (cogénération, process) et des niveaux de prestation. Les frais réels ont été pris en compte en l'absence de contrats.

Le poste « main d'œuvre » a été revu à la hausse dans le cadre des audits pour le temps passé ainsi que pour le coût horaire pris en compte (30€/h).

Le poste « consommation électrique » présente une variabilité importante et représente 2,2 à 3,4 €/t MB traitée. A noter que le coût de l'électricité est également différent d'un site à l'autre (8 à 18 c€/kWh selon abonnement). Ce poste est généralement supérieur à ce qui avait été chiffré dans le bilan prévisionnel.

Les charges liées à la gestion des substrats sont très dépendantes du plan d'approvisionnement et des modalités de collecte des substrats.

Enfin, la gestion du digestat n'impacte les charges que pour un site pour lequel les quantités à épandre ont significativement augmenté par rapport aux effluents produits sur l'exploitation (substrats extérieurs dans le plan d'approvisionnement), et dans la mesure où la société exploitant l'unité de méthanisation prend à sa charge l'épandage du digestat chez les apporteurs extérieurs de lisier. Pour les 2 autres sites agricoles, l'épandage du digestat n'est pas considéré comme plus impactant que l'épandage des effluents seuls avant méthanisation.

V.4. Marge dégagée par chaque intrant

Une analyse de la marge dégagée par chaque intrant a été réalisée pour 2 sites afin que les exploitants puissent évaluer l'intérêt de co-substrats extérieurs pour leur installation.

Dans les 2 cas, les déchets végétaux (issues de céréales achetées 45 €/t ou déchets de tournesol fournis gratuitement) sont les intrants permettant de dégager la marge la plus importante rapportée à la tonne de matière brute traitée (43 €/t MB et 52 €/t MB). Les autres intrants extérieurs identifiés comme les plus intéressants économiquement ont été les pelouses et pailles de maïs pour un site, du lait et des déchets de gâteaux (graisses) pour l'autre site.

V.5. Bilan économique

L'excédent brut d'exploitation dégagé annuellement est compris entre 46 000 et 92 000 €/an selon les sites. La rentabilité est atteinte pour 2 installations. Elle est limitée pour 1 site et inexistante pour le 4^{ème} site. Ces conditions de rentabilité reposent sur des approvisionnements extérieurs qu'il s'agira de maintenir pour les 3 sites agricoles.

Par ailleurs, pour 3 des 4 sites, de nouveaux investissements sont à prévoir :

- Ils sont indispensables pour 2 sites, et représentent 10 à 30% de l'investissement initial pour des travaux sur les ouvrages (cuves) et divers équipements
- Ils sont souhaitables pour améliorer le fonctionnement sur 1 site (rendement moteur), et représenterait 4% de l'investissement initial

Des scénarios optimisés ont été proposés quand c'était possible afin d'évaluer l'intérêt économique de ces investissements complémentaires. La stratégie à adopter en cas de nouveaux investissements a posé question aux exploitants concernés, plusieurs niveaux d'investissements étant envisageables selon le couplage ou non avec une augmentation de puissance de ces installations et l'évolution des volumes de digestion et/ou de stockage digestat.

Le bilan économique de ces installations pourrait être optimisé dans certains cas grâce à la réduction de certains postes de charge tels que la consommation électrique et la main d'œuvre. En revanche, la provision de charges de maintenance est à ne pas négliger et nécessite d'être revue à la hausse pour 3 des sites audités.

VI. Conclusions et perspectives

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de ces audits pour s'assurer de la réussite de nouveaux projets :

- Au stade projet, il est essentiel de bien définir son approvisionnement et de caractériser les gisements principaux et/ou moins bien référencés dans les bases de données de caractérisation de substrats
- Lors des choix technologiques, une attention particulière doit être portée sur les équipements d'incorporation afin qu'ils soient adaptés aux intrants traités
- L'évaluation économique du projet doit s'appuyer sur une estimation réaliste du temps et du coût de main d'œuvre, et ne pas négliger le temps nécessaire à la gestion des approvisionnements ainsi qu'au suivi administratif
- Il est également nécessaire de provisionner suffisamment de frais de maintenance ou de disposer d'un contrat sécurisant. Les besoins en maintenance peuvent être évalués en s'appuyant sur des devis sollicités auprès du constructeur et du motoriste
- Enfin, il s'agira de prendre ses précautions pour se préserver en cas de disparition du constructeur : cadrer l'accès aux données de l'automate moteur lors de l'établissement du contrat avec le motoriste ou le constructeur par exemple, ou encore prévoir une contre-garantie bancaire.

Ces audits ont mis en lumière la nécessité pour les porteurs de projet d'être suffisamment formés et/ou de se faire accompagner pour bien s'approprier leur projet dans ses dimensions techniques, économiques mais aussi juridiques et contractuelles. On constate de ce point de vue une évolution importante entre les sites les plus anciens mis en fonctionnement entre 2011 et 2013 et le site le plus récent mis en fonctionnement en 2016.

Les porteurs de projet n'ont pas bénéficié du même environnement avec peu d'installations en fonctionnement et de retour d'expérience en France au début des années 2010. La réalisation d'une étude de faisabilité indépendante du constructeur ou la mise en concurrence de plusieurs constructeurs n'a pas été réalisée. Ces démarches auraient certainement permis d'éviter certains écueils en termes d'analyse du plan d'approvisionnement, de choix d'équipements ou encore de négociations contractuelles. Une meilleure compréhension du fonctionnement biologique des digesteurs aurait également facilité l'appropriation de l'installation par ces exploitants.

L'intérêt de matériels de mesure et d'un outil de suivi performant pour optimiser l'exploitation est également à souligner. En effet, sur les sites audités, la qualité des données relevées par les exploitants est variable, ce qui limite les possibilités d'interprétation des performances.

Afin d'assurer un suivi correct lors de l'exploitation, nous recommandons à minima de disposer d'un système de pesée des matières entrantes, ainsi qu'un outil de mesure de la quantité et de la qualité du biogaz produit (débitmètre et analyseur biogaz), en plus des relevés de l'électricité produite (brute et nette), et d'un suivi des paramètres de digestion (T°C et pH). Des analyses des matières entrantes et du digestat (à minima MS/MO, à faire 2 à 3 fois par an et chaque fois qu'un intrant évolue), ainsi que des analyses FOS/TAC sont également nécessaires pour suivre le fonctionnement du digesteur.

Enfin, les exploitants audités s'appuient au mieux sur un outil excel pour la collecte et le traitement des données. Le recours à un logiciel de suivi informatisé permettant de faciliter la collecte et l'interprétation des données est à promouvoir, d'autant plus que ce type d'outil peut faciliter le suivi administratif et permettre ainsi de gagner du temps d'exploitation.