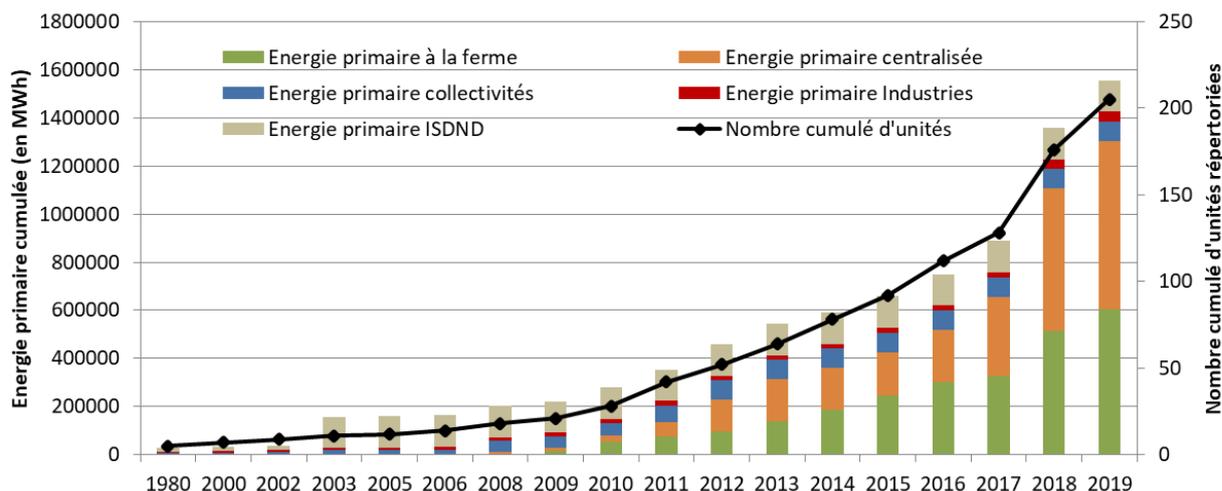


Bilan 2007 - 2018

Le présent document expose l'état des lieux de la filière méthanisation à début 2018. Après un exposé des chiffres clés de la filière, il présente :

- Les unités (en fonctionnement et en projets) bretonnes et ligériennes (toutes typologies)
- Un zoom sur les données prévisionnelles d'approvisionnement en substrats et de valorisation thermique des unités en fonctionnement et en projet
- Les unités à la ferme : bilan de fonctionnement de 33 sites bretons et ligériens

Chiffres clés de la filière en Bretagne et Pays de la Loire ⁽¹⁾ Unités en fonctionnement et en projets



Évolution annuelle du nombre et de l'énergie primaire cumulée des unités répertoriées (fonctionnement et projet) en Bretagne et Pays de la Loire tous secteurs confondus – Janvier 2018

En Bretagne et Pays de la Loire, les unités en fonctionnement et celles en projets, tous secteurs confondus, sont susceptibles de produire **2 065 GWh**.

La puissance électrique installée cumulée des unités répertoriées en Bretagne et Pays de la Loire, tous secteurs confondus, est de **81 MWé** pour une production électrique prévisionnelle de **567 GWh**. Les projets d'injection biométhane se développent également : à ce jour ils représentent plus de **8 060 Nm³ CH₄/h**, soit l'équivalent d'environ 40 MWé.

⁽¹⁾ Ce rapport fait un bilan des unités qui demandent des subventions au Plan Biogaz Bretagne-Pays de la Loire et de la base de données SINOE pour les autres (ISDND, industries). Les données sont, en grande majorité, celles issues des dossiers d'ingénierie réalisés par les porteurs de projets au stade « Demande de subventions ». Il ne s'agit pas d'un état des lieux des unités en fonctionnement.

Secteur	Nombre d'unités répertoriées	Tonnage de substrats entrants (en tonnes)	Energie primaire produite (MWh)	Energie électrique produite (MWh)	Energie thermique produite (MWh)	Débit injection m3 CH4/h moyen
A la ferme	149	1 075 083	525 097	163 212	178 188	658
Centralisée	17	706 625	336 342	82 063	87 610	1 745
Collectif agricole	17	119 657	66 796	15 451	17 106	476
FFOM	1	16 000	11 212	4 189	4 680	-
IAA	3	932 015	10 144	-	10 330	-
Industrie autre	2	54 830	33 492	7 018	7 018	175
ISDND	3	230 342	55 035	20 882	26 078	-
STEP	6	109 293	22 126	4 452	15 334	-
Tous secteurs	198	3 243 845	1 060 244	297 267	346 343	3 054

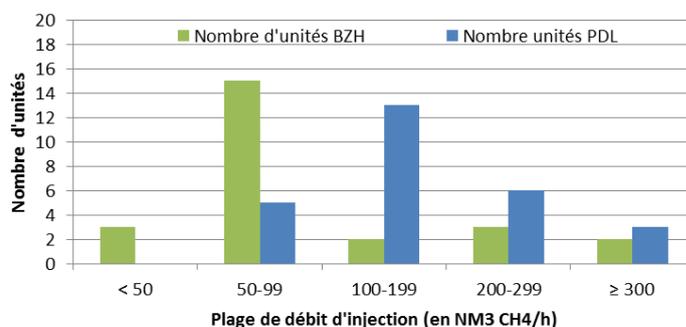
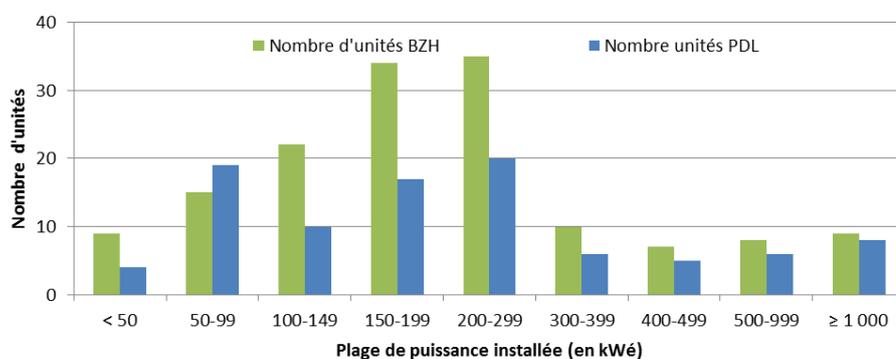
Tableau synthétique de la méthanisation en Bretagne – Unités (fonctionnement et projets) à janvier 2018

Secteur	Nombre d'unités répertoriées	Tonnage de substrats entrants (en tonnes)	Energie primaire produite (MWh)	Energie électrique produite (MWh)	Energie thermique produite (MWh)	Débit injection m3 CH4/h moyen
A la ferme	77	539 464	231 529	89 244	94 867	-
Centralisée	23	712 743	347 928	67 097	82 567	2 606
Collectif agricole	19	617 063	203 778	44 221	45 270	2 220
IAA	5	12 440	9 996	3 069	7 075	-
Industrie autre	1	-	1 500	-	1 440	-
ISDND	3	873 857	162 344	61 614	51 626	-
STEP	7	112 553	47 529	4 164	14 323	180
Tous secteurs	135	2 868 120	1 004 602	269 409	297 167	5 006

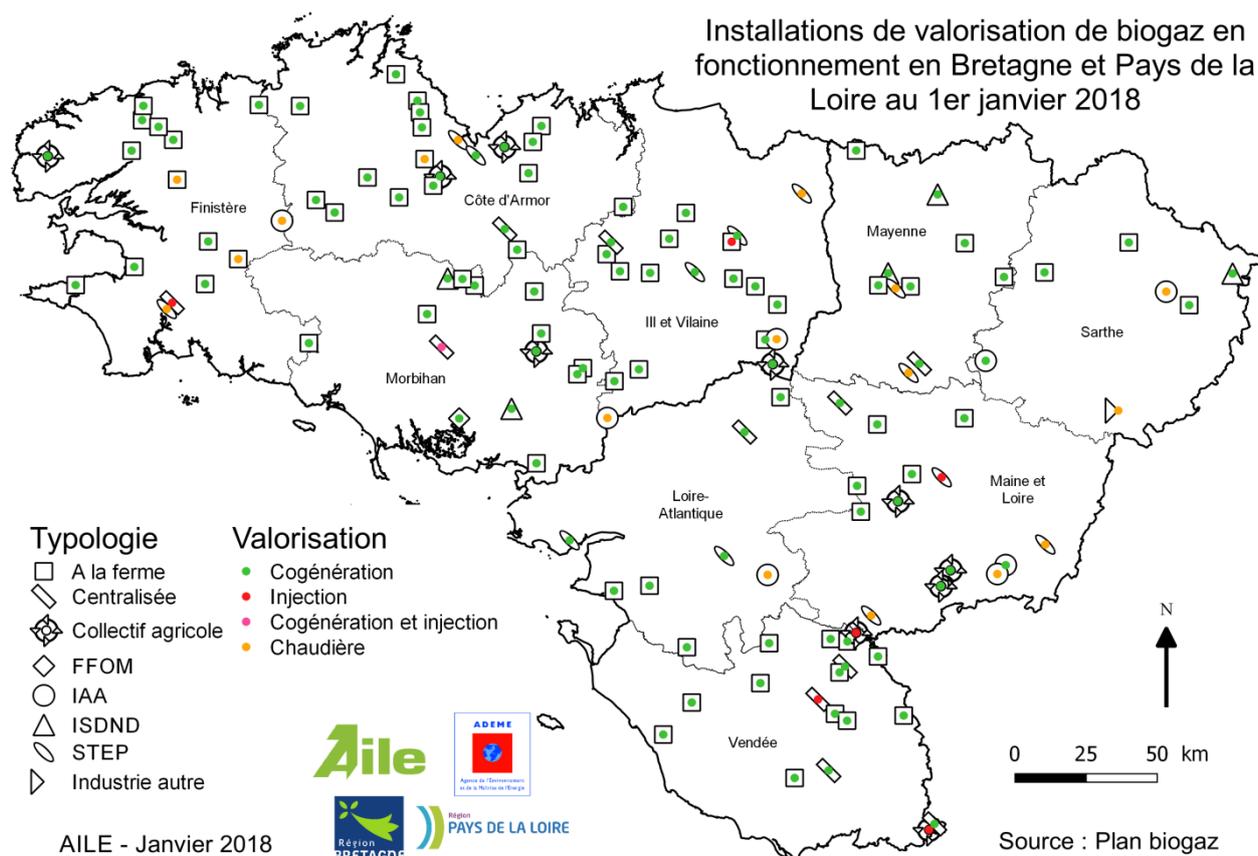
Tableau synthétique de la méthanisation en Pays de la Loire – Unités (fonctionnement et projets) à janvier 2018

Unités à la ferme et centralisées (collectifs agricoles et territoriaux)

Répartition des puissances électriques et des débits d'injection biométhane



On retrouve 2 fois plus de projets à la ferme en Bretagne, principalement entre 100 et 300 kW_e, alors que les puissances installées à la ferme sont généralement inférieures à 100 kW_e en Pays de la Loire. Les unités territoriales sont plus développées en Pays de la Loire, ce qui explique le plus grand nombre de projets d'injection de biométhane sur le réseau > 100 Nm³ CH₄/h.



Données	Bretagne	Pays de la Loire
Nombre d'installations	71	57
Energie primaire du biogaz (tep)	37 735	45 417
Puissance électrique installée (kWe)	20 547	24 452
Puissance thermique installée (kWth)	25 850	28 628
Tonnage Effluents élevages	405 528	378 617
Tonnage matières végétales agricoles	81 041	36 297
Tonnage matières végétales non-agri.	44 335	41 451
Tonnages autres matières	149 353	182 281
Sous-total substrats	680 257	638 646

Energie et Substrats - Unités agricoles	Bretagne			
	A la ferme	Centralisée	Collectif agricole	Total
Nombre d'installations	50	4	5	59
Tonnage Effluents élevages	299 372	55 044	51 112	405 528
Tonnage matières végétales agricoles	68 404	2 380	10 257	81 041
Tonnage matières végétales non- agri.	38 220	4 265	1 850	44 335
Tonnages autres matières	39 172	92 601	1 580	133 353
Sous total substrats	445 168	154 290	64 799	664 257
Energie primaire du biogaz (tep)	18 170	8 203	2 938	29 311
Puissance électrique installée (kWe)	11 039	4 267	1 480	16 786
	Pays de la Loire			
	A la ferme	Centralisée	Collectif agricole	Total
Nombre d'installations	29	7	5	41
Tonnage Effluents élevages	177 201	75 192	126 224	378 617
Tonnage matières végétales agricoles	24 846	8 000	3 451	36 297
Tonnage matières végétales non- agri.	17 229	12 470	2 990	32 689
Tonnages autres matières	3 176	170 029	9 076	182 281
Sous total substrats	222 452	265 691	141 741	629 884
Energie primaire du biogaz (tep)	9 651	13 706	3 130	26 487
Puissance électrique installée (kWe)	5 269	7 831	2 320	15 420

Zoom sur l'approvisionnement et la valorisation thermique des unités en fonctionnement et projets [données prévisionnelles]

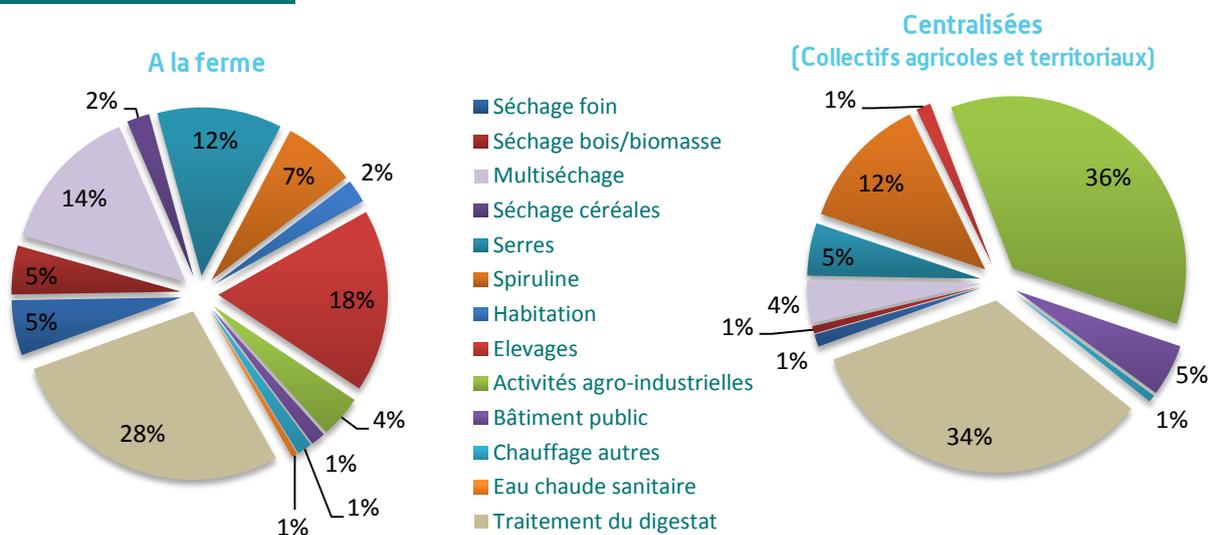
Approvisionnement en substrats



Les unités à la ferme participent à la valorisation des substrats agricoles qui représentent plus de 80% des tonnages entrants. Avec 73% d'effluents d'élevage en moyenne, les unités à la ferme peuvent prétendre au maximum de la prime « effluents d'élevage » du tarif d'achat.

Les unités centralisées valorisent plus de déchets industriels, mais la part d'effluents d'élevage reste très importante (moyenne nationale à 5%).

Valorisation énergétique



Les unités à la ferme valorisent leur énergie thermique principalement par autoconsommation (chauffage élevage ou traitement digestat) ou/et par création d'activité (séchage par exemple). Les unités centralisées valorisent principalement leur énergie thermique par des tiers et le traitement du digestat.

Taux d'efficacité énergétique prévisionnel

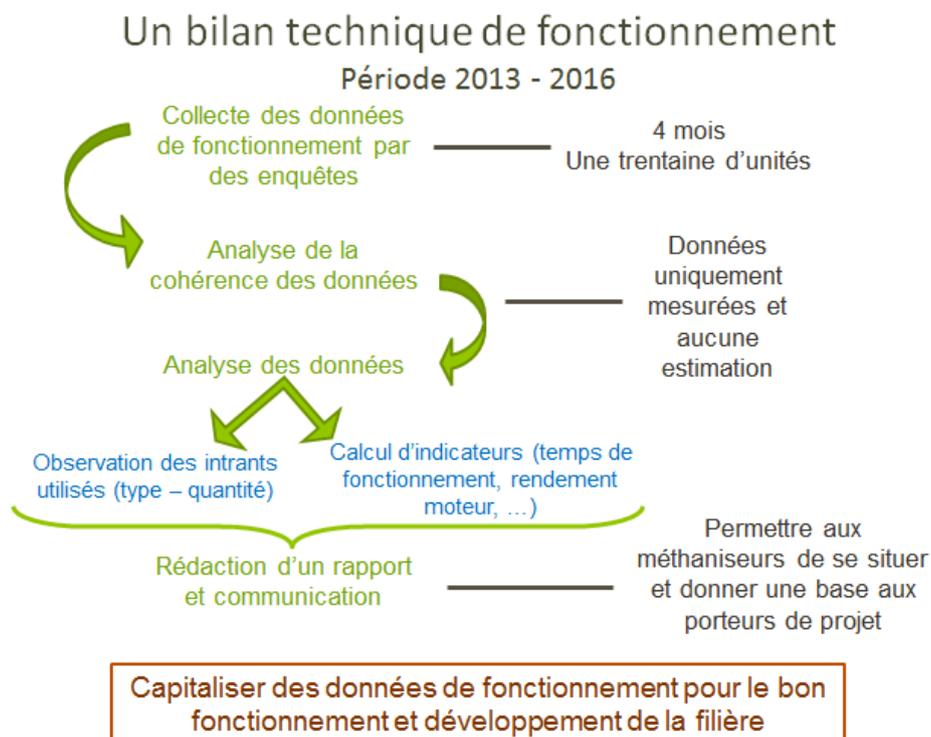
Le taux d'efficacité énergétique prévisionnel est en moyenne de 58% pour les projets à la ferme et de 68% pour les projets centralisés.

$$\text{Avec } V = \frac{\text{Elec vendue} + \text{Chaleur valorisée hors process}}{\text{Energie primaire} \times 0,97}$$

Analyse du fonctionnement de 33 unités à la ferme (Janvier 2017)

AILE a réalisé un bilan technique sur le fonctionnement des unités de méthanisation en Bretagne et Pays de la Loire. *Si vous avez participé à ce bilan, il vous est possible de nous demander le numéro qui vous a été affecté. Si vous souhaitez participer à ce bilan, il vous est possible de nous envoyer vos données de fonctionnement. N'hésitez pas à nous contacter pour toutes questions.*

En résumé



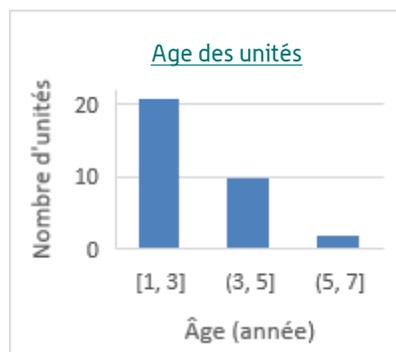
Présentation

Le bilan

Il permet d'avoir une synthèse du fonctionnement des installations sur la période 2013 – 2016. Il donne une image de la filière. Cependant, il ne donne pas le modèle d'unité type ni un avis sur le bon fonctionnement ou non des unités. Les méthaniseurs peuvent comparer leurs résultats aux résultats obtenus et ainsi se situer pour trouver des pistes d'amélioration.

L'échantillon

L'échantillon se compose de 33 unités à la ferme et collectifs agricoles (ce qui est le double du bilan réalisé en 2014) sur 50 unités sollicitées.



Puissance des moteurs de cogénération

Puissance	< 220kWe	> 220kWe
1ère année	11	6
Routine	9	10

L'échantillon contient des unités relativement récentes (60% de 3 ans et moins) et de puissance inférieure à 160 kWe pour 45%.

24 unités se situent en Bretagne et 9 en Pays de la Loire. 20 unités adhèrent à l'AAMF (Association des agriculteurs méthaniseurs de France).

Les données

Les données ont principalement été collectées par des enquêtes sur une période de près de 4 mois (septembre à décembre 2016). Les données demandées étaient les suivantes :

- La ration détaillée
- La quantité de biogaz produit
- Le pourcentage de méthane
- La quantité d'électricité produite (mensuelle)
- La quantité d'électricité vendue
- La consommation d'électricité
- La quantité d'énergie thermique produite
- La quantité d'énergie thermique utilisée pour le process
- La quantité d'énergie thermique valorisée pour chaque poste d'utilisation
- La valorisation énergétique (V) déclarée (selon la définition de l'arrêté du 19 mai 2011)

Ce bilan distingue les données issues de la première année de fonctionnement ou plus majoritairement des unités en première année de fonctionnement (mise en route en 2014 ou début 2015) de celles issues de « routine » soit deux ans et plus de fonctionnement. Cette distinction ne permet pas une observation de l'évolution des unités entre leur première année de fonctionnement et leur phase en routine car ce ne sont majoritairement pas les mêmes unités présentes dans les deux groupes.

L'ensemble des données nécessaires pour calculer les différents indicateurs (décrits ci-après) n'ont pas été collectées pour l'ensemble de l'échantillon. Il a été fait le choix d'optimiser l'utilisation des données obtenues en les utilisant au maximum même si ce ne sont pas les mêmes unités pour chaque indicateur.

Les indicateurs

Le tableau suivant présente les indicateurs et les éléments employés pour les calculer.

Indicateurs	Éléments utilisés
Énergie primaire	Biogaz produit mesuré via un compteur et pourcentage de méthane analysé
Rendement moteur	Electricité produite mesurée et énergie primaire calculée ci-dessus
Temps de fonctionnement à puissance maximale installée	Electricité produite mesurée et la puissance maximale du moteur installé
Consommation des auxiliaires ramenée à la production d'électricité	Electricité produite et vendue/mise sur le réseau
Consommation d'électricité de l'unité de méthanisation ramenée à la production d'électricité	Consommation électrique de l'unité (pour le process)
Pourcentage de chaleur utilisée pour le process	Énergie thermique utilisée uniquement pour le process de méthanisation
Taux d'efficacité énergétique	$= \frac{\text{Elec vendue} + \text{Chaleur valorisée hors process}}{\text{Energie primaire} \times 0,97}$

Tableau des indicateurs

Les valeurs prises pour calculer ces indicateurs sont des valeurs mesurées et non estimées. Ceci permet d'être le plus près de la réalité mais limite la quantité d'information disponible car tous les sites ne sont pas équipés de l'ensemble des appareils qui permettent d'obtenir les informations utilisées ci-dessus.

De plus, il a été fait le choix de ne pas faire de moyenne par unité qui fonctionne en routine mais de travailler avec des indicateurs annuels. Ainsi une même unité peut avoir plusieurs valeurs pour un même indicateur (ce qui correspond à plusieurs années). Chaque unité possède un numéro et il s'agit du même numéro lorsqu'il y a plusieurs années pour un indicateur.

Cependant pour les intrants il a été décidé de faire la moyenne des intrants utilisés sur plusieurs années de fonctionnement. Ceci pour faciliter l'analyse mais aussi pour gommer les variations qui ne sont pas dues directement au fonctionnement de l'unité de méthanisation en partant du principe qu'une unité de méthanisation se construit sur un plan d'approvisionnement le plus constant possible sauf cas d'augmentation de puissance.

Pour les unités qui ont augmenté de puissance entre 2013 et 2016, seules les données après augmentation ont été utilisées.

Résultats

Les intrants

En moyenne 345 000 tonnes d'intrants par an alimentent ces 33 unités. La figure 1 présente la répartition des intrants.

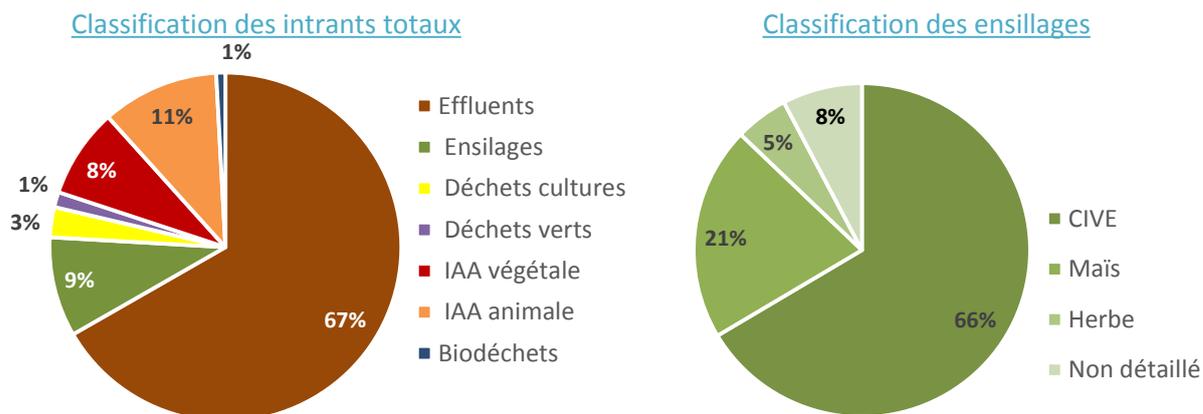


Fig 1 : répartition des intrants au global

20% des ensilages correspondent à de l'ensilage de maïs. Ceci équivaut à une surface cultivée de moins de 200 hectares (avec un rendement de 12 TMS/ha ou 40 TMB/ha et un taux de MS de 30%).

D'après la figure 2, les intrants utilisés par les unités en première année sont à près de 90% d'origine agricole et à 70% pour les unités en routine.

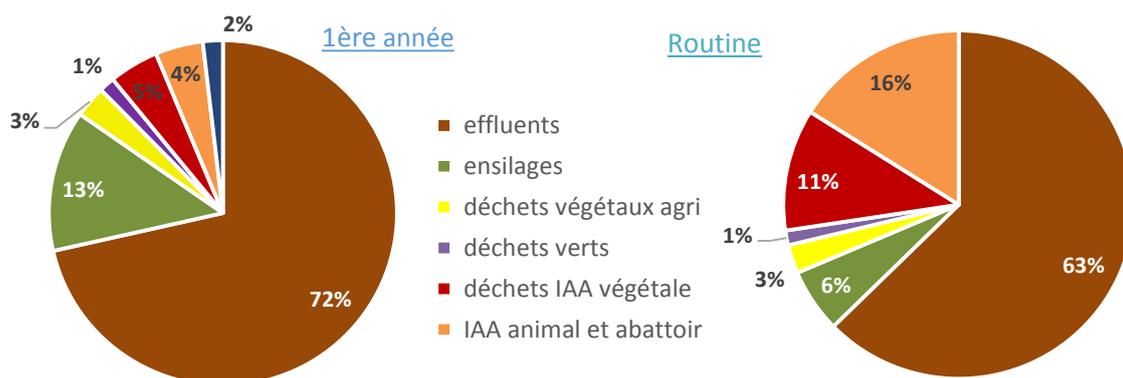


Fig 2 : répartition des intrants en première année de fonctionnement et routine

La figure 3 ci-dessous présente la répartition des intrants en fonction de l'année de mise en route.

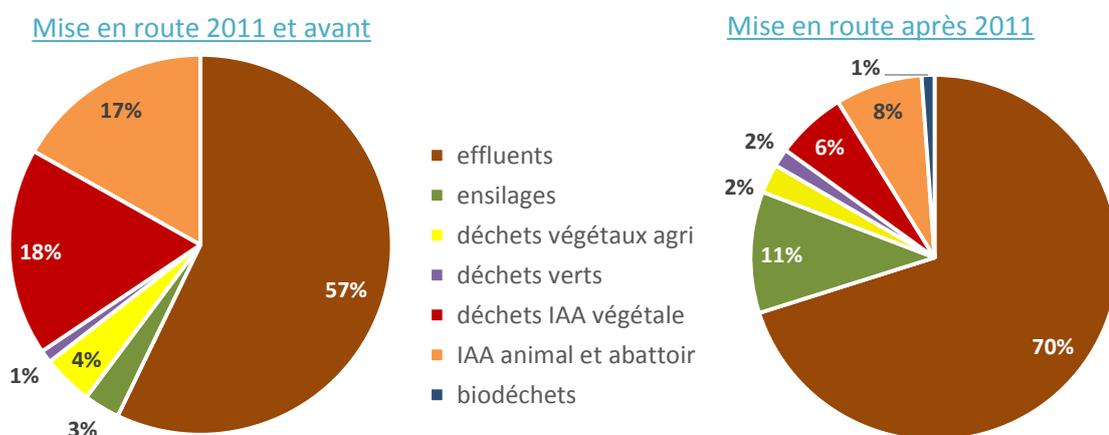


Fig 3 : répartition des intrants en fonction de l'année de mise en route

Les unités mises en fonctionnement en 2011 ou avant ont un plan d'approvisionnement comportant moins de substrats agricoles que celles mises en fonctionnement après 2011. Les premières unités à la ferme ont été conçues dans un modèle de codigestion avec des déchets IAA. De plus, le tarif BG11 mis en place en 2011 a instauré la « prime effluent », prime croissante à partir de 20% d'effluents dans la ration jusqu'à 60% où elle est maximale.

Une différence est aussi observable entre les régimes ICPE des installations (figure 4).

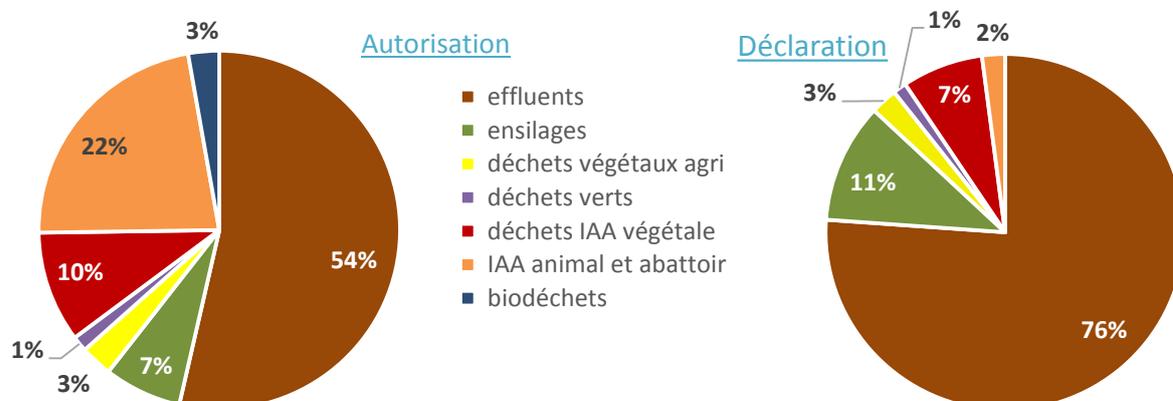


Fig 4 : répartition des intrants en fonction du régime ICPE

L'approvisionnement journalier (figure 5) est en moyenne de 25 tonnes par jour pour les unités en première année et de 28 tonnes pour les unités en routine. Cette différence vient de la puissance des installations, 210 kWe de moyenne pour les unités en première année et 224 kWe pour les unités en routine. Logiquement les installations plus puissantes incorporent plus de substrats.

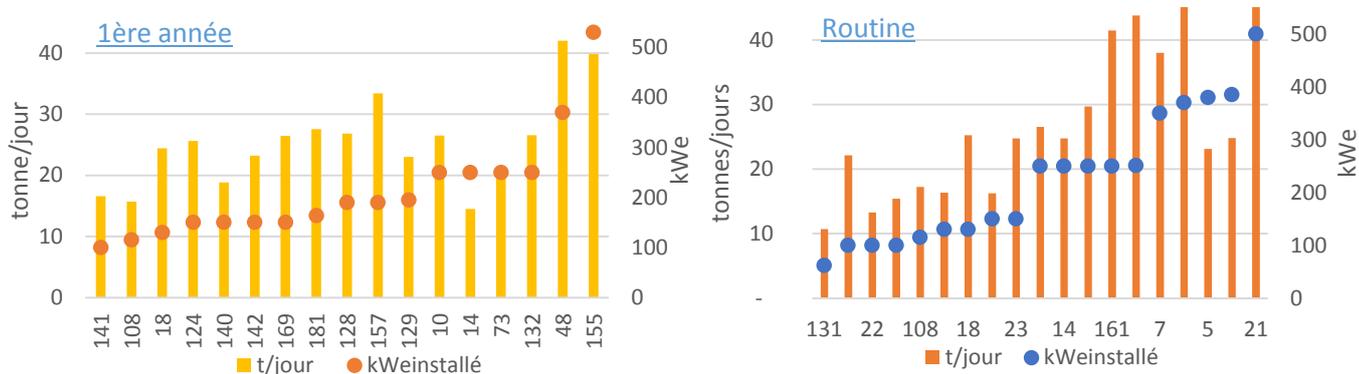


Fig 5 : approvisionnement journalier des unités

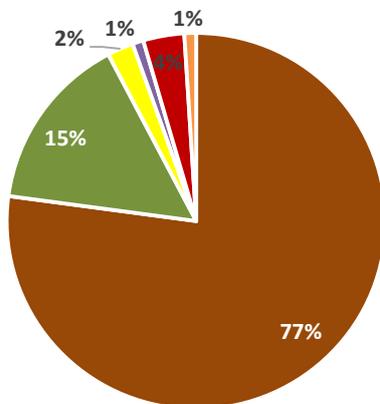
Ramené au kWe installé (figure 6), les unités en première année incorporent en moyenne 50 tonnes de substrat par kWe installé et les unités en routine 49 tonnes. Il apparaît que les unités en première année avec une puissance plus élevée semblent incorporer moins de matière ramenée au kWe que les unités avec une plus faible puissance. Même observation pour les unités en routine. Ceci pourrait venir du type d'intrants utilisés.



Fig 6 : Tonnage d'intrants au kWe installé

Les graphiques de la figure 7 confirment l'hypothèse précédente. La ration moyenne annuelle des unités en première année de puissance inférieure à 220 kWe contient plus de 90% de substrats agricoles contre moins de 80% pour les unités supérieures à 220 kWe. Les substrats agricoles peuvent être moins méthanogènes que les substrats d'industries agroalimentaires ce qui peut expliquer le plus faible tonnage au kWe installé pour les unités de puissance supérieure à 220 kWe.

Ration moyenne pour unité < 220 kWe



Ration moyenne pour unité > 220 kWe

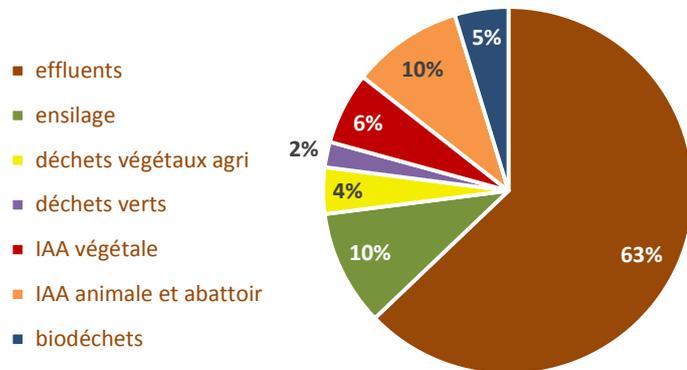
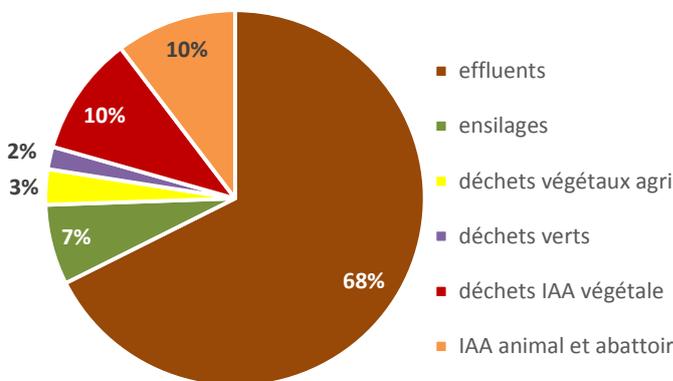


Fig 7 : Ration annuelle moyenne en fonction de la puissance pour les unités en 1^{ère} année

Même constat pour les unités en routine (figure 8), presque 80% de substrats d'origine agricole pour les moins de 220 kWe contre moins de 70% pour les plus de 220 kWe.

Ration moyenne pour unité < 220 kWe



Ration moyenne pour unité > 220 kWe

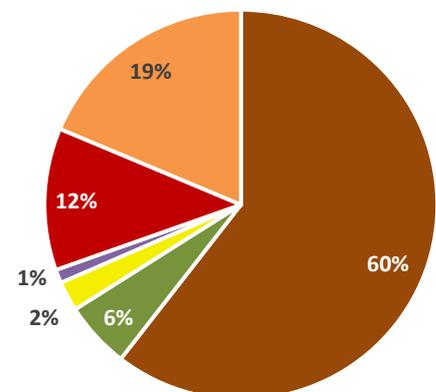


Fig 8 : Ration annuelle moyenne en fonction de la puissance pour les unités en routine

La comparaison des intrants prévisionnels et des intrants réellement utilisés (figure 9) montre une plus faible quantité d'intrants réellement utilisés pour les unités en première année. Pour les unités en routine, la quantité réellement utilisée est supérieure au prévisionnel ; ce qui peut s'expliquer par l'évolution des unités et notamment par une augmentation de puissance.

Une différence entre le prévisionnel et le réalisé en terme de pourcentage apparaît aussi (figure 10). Moins marquée pour les unités en première année, les unités en routine semblent utiliser moins d'effluents qu'au prévisionnel et plus de déchets végétaux d'origine agricole.

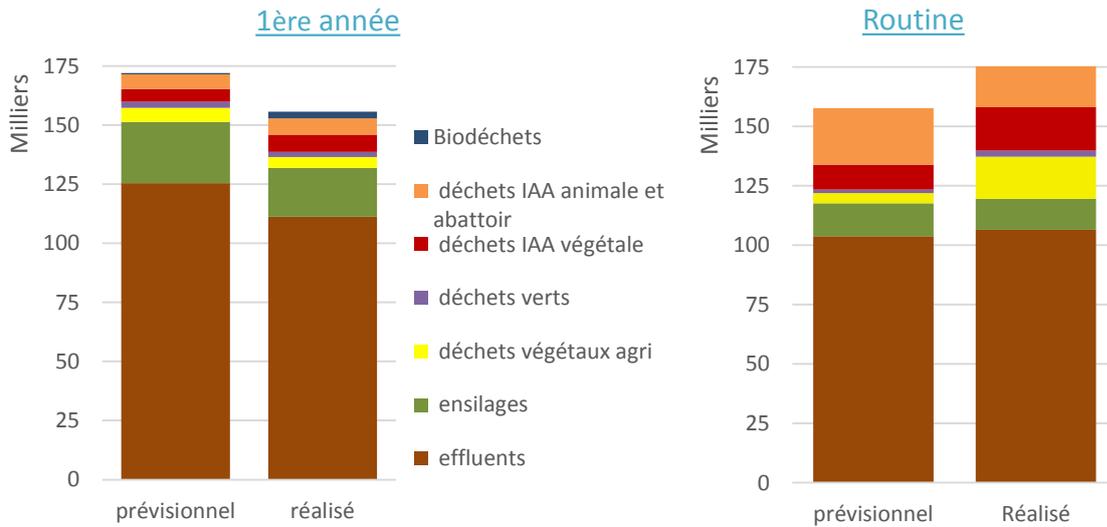


Fig 9 : Intrants prévisionnels et intrants réellement utilisés en tonnes

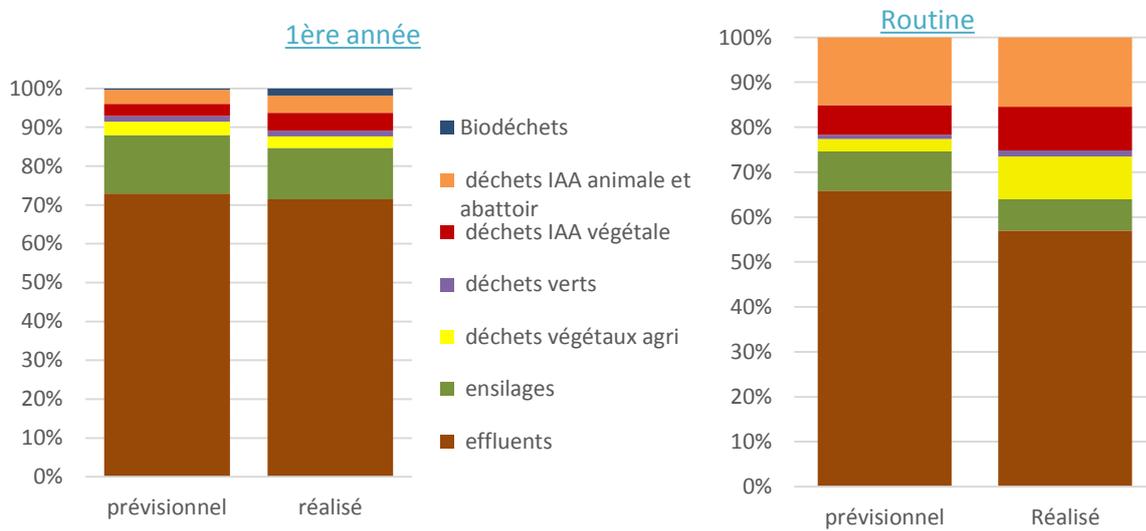


Fig 10 : Intrants prévisionnels et intrants réellement utilisés en pourcentage

Le temps de fonctionnement à puissance maximale (figure 11) est de 7500h en moyenne aussi bien pour les unités en première année qui intègrent la montée en puissance que pour les unités en routine. On peut penser que les unités récemment mises en service atteignent plus facilement le régime de croisière que les premières [apprentissage de la filière].

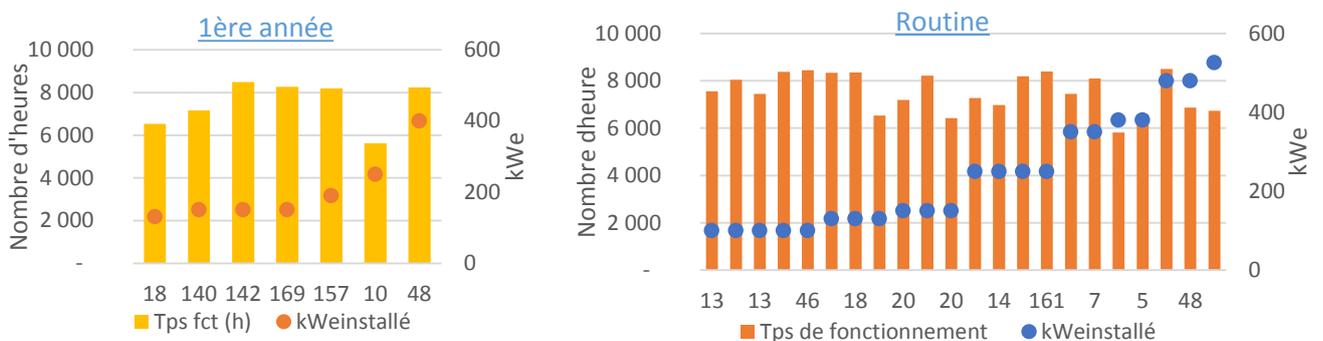


Fig 11 : Temps de fonctionnement des moteurs de cogénération à puissance maximale

Lors de la conception des projets, une valeur de 8000 heures de fonctionnement est souvent prévue. Pour les unités en routine qui n'atteignent pas 8000 heures, leur production d'électricité réalisée montre que la puissance maximale du moteur installé est dimensionné 14% plus puissant en moyenne que ce qui serait nécessaire pour avoir un fonctionnement à puissance maximale de 8000 heures. Autrement dit, en diminuant de 14% la puissance maximale des moteurs installés, ces unités parviendraient à un temps de fonctionnement de 8000 heures.

Le **rendement moteur** (figure 12) est en moyenne de 37% pour les unités en première année (4 unités) et de 39% pour les unités en routine (7 unités).

Le rendement moteur est un indicateur complexe à calculer et présente une précision modérée. Pour le calculer il faut utiliser l'énergie primaire qui est obtenue entre autres par le pourcentage de méthane dans le gaz. Or, cette valeur est une moyenne qui peut varier de façon significative. Une valeur haute ou basse influencera donc le rendement moteur. Pour une même unité le rendement moteur varie d'une année sur l'autre.

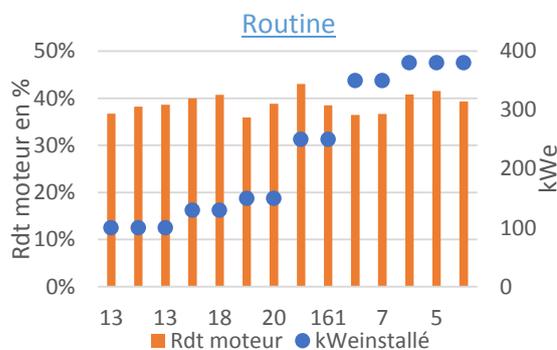


Fig 12 : rendement moteur

La **consommation des auxiliaires** (figure 13) représente 4% de la production d'électricité en moyenne pour les unités en première année et 5% pour les unités en routine. Ce pourcentage est dépendant de la production d'électricité mais aussi des éléments auxiliaires pris en compte sur l'unité.

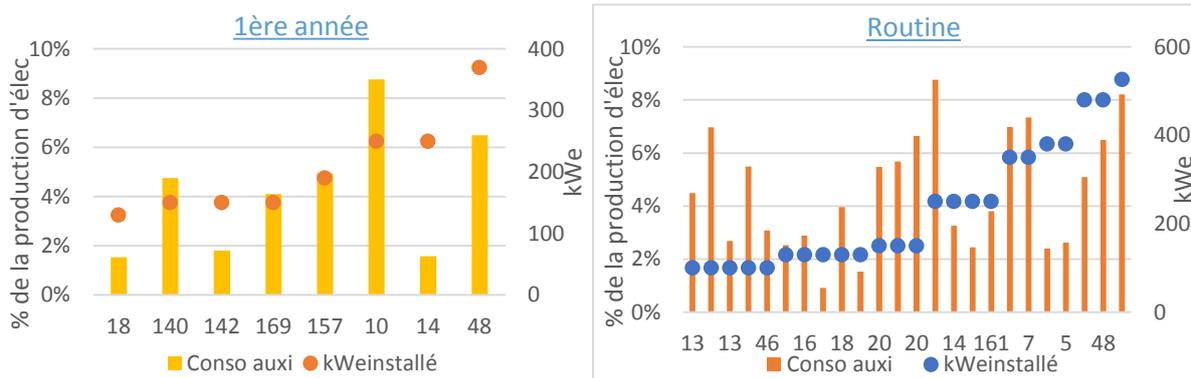


Fig 13 : Consommation des auxiliaires

La consommation des auxiliaires ramenée au kWe installé vaut 310 kWh en moyenne pour les unités en première année et 340 kWh pour les unités en routine. Une différence apparaît en fonction de la puissance des unités en première année, moins marquée pour les unités en routine.

Consommation des auxiliaires moyenne
en kWh/kWe

Puissance	< 220kWe	> 220kWe
1ère année	273	375
Routine	315	367

La consommation des auxiliaires impacte de façon importante les recettes de l'unité de méthanisation et il semble important de bien la connaître pendant le fonctionnement de l'unité. Une unité exploitant un moteur de cogénération de 200 kWe et le faisant fonctionner 8000 heures peut gagner 10 000€/an* en réduisant de 3 points (passage de 7 à 4% de la production d'électricité par exemple) la consommation des auxiliaires.

*Tarif 2016 avec « prime effluents »

La **consommation électrique** (figure 14) des unités est de 6% de la production d'électricité en moyenne pour les unités en première année et de 11% pour celles en routine. Ce ratio est aussi influencé par la production d'électricité.

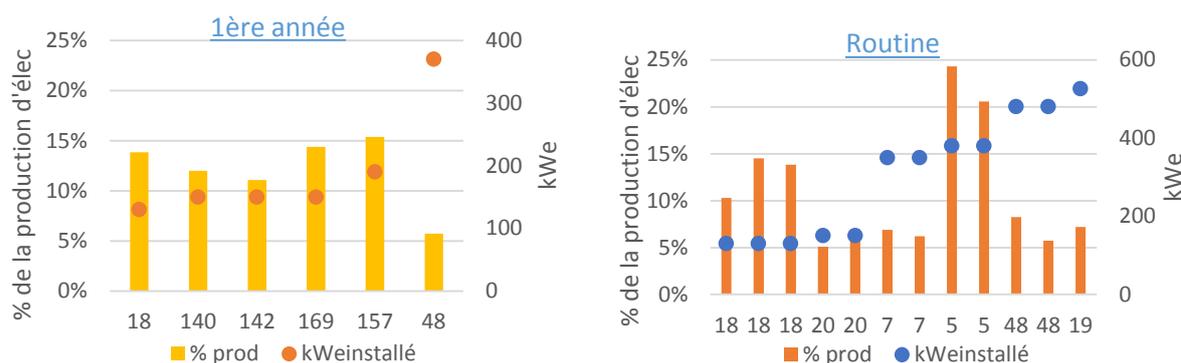


Fig 14 : Consommation électrique des unités exprimée en pourcentage de la production électrique

Ramenée à la puissance installée, la consommation électrique équivaut à 900 kWh/kWe pour les unités en première année et 760 kWh/kWe pour les routines. Il n'y a pas de grande différence entre puissances pour les unités en routine et cela reste à confirmer pour les unités en première année.

Consommation électrique moyenne des unités en kWh/kWe

Puissance	< 220kWe	> 220kWe
1ère année	960	660*
Routine	760	770

*Résultat obtenu sur 2 unités

La **valorisation de l'énergie thermique** est compliquée à étudier avec des valeurs mesurées. En effet, toutes les unités ne sont pas équipées de compteur d'énergie thermique. Ainsi il n'est pas possible de faire ressortir des résultats proches de la réalité.

Le **taux d'efficacité énergétique** recalculé (prenant en compte l'énergie thermique utilisée en substitution d'énergie électrique) est en moyenne de 54% pour les unités en première année et de 64% pour les unités en routine. Ces valeurs ont été obtenues sur un faible échantillon (3 unités en première année et 5 en routine). Il n'y a pas de différence notable entre le prévisionnel et le réalisé.

Conclusion

Ce bilan montre qu'il est possible de calculer un certain nombre d'indicateurs pour appréhender le fonctionnement des unités avec un ensemble de données basiques. Toutefois, ces données *a priori* basiques ne sont pas forcément disponibles sur des unités par une absence d'équipements ou de saisie de l'information. Lors des enquêtes il est ressorti que les méthaniseurs suivent des paramètres utiles à ce bilan mais ne font pas de saisie de ces données.

La capitalisation des données de fonctionnement représente un enjeu majeur pour le bon fonctionnement et développement de la filière. De nouveaux bilans sur le fonctionnement des unités permettraient de suivre les unités et notamment leur évolution. Il serait possible d'optimiser l'accompagnement des projets en les faisant bénéficier de cette capitalisation de données techniques de fonctionnement.

La force de ce type de bilan vient du nombre de données collectées et de la participation du plus grand nombre. Cette collecte de données représente un élément fort de la réalisation de ce bilan de par le temps qu'elle demande. Elle peut donc être frein dans sa réalisation. Malgré une crainte présente de fournir ses données de fonctionnement (uniquement techniques) il faut poursuivre et accentuer ce travail d'échange.

Ce plan est soutenu par



Aile est votre interlocuteur

Armelle Damiano – armelle.damiano@aile.asso.fr
 Jeanne Lencauchez – jeanne.lencauchez@aile.asso.fr
 73, rue de Saint Brieuc – CS 56520 – 35065 Rennes Cedex – 02.99.54.63.23
 Simone Hruschka – simone.hruschka@aile.asso.fr
 Adeline Haumont – adeline.haumont@aile.asso.fr
 Maison de l'agriculture – La Géraudière – 44939 Nantes Cedex 9 – 02 40 16 36 22