Traitement des déchets
-
Analyse comparative de l’efficacité énergétique de trois incinérateurs des Yvelines
-
Année 2015

Ce document compare et analyse les informations disponibles dans les rapports annuels de trois syndicats intercommunaux de traitement des déchets des Yvelines ainsi que dans les rapports techniques des délégataires.
Réalité rarement mise en lumière dans les rapports annuels des syndicats, la plus grande partie de l’énergie dégagée par la combustion des déchets est rejetée sans valorisation dans l’atmosphère.
Une quantité de chaleur d’une valeur de 5 à 7 millions d’euros est perdue chaque année par chacun des incinérateurs étudiés, dont la plus grande partie pourrait être valorisée, en améliorant la production d’électricité (SITRU et SIDOMPE) et en créant un réseau de chaleur (SIDRU) ou en l’étendant (SITRU et SIDOMPE).

Incinérateurs comparés pour l’année 2015 :

- Azalys, du SIDRU, situé à Carrières-sous-Poissy (78)
- Cristal, du SITRU, situé à Carrières-sur-Seine (78)
- CVD Thivernal-Grignon, du Sidompe, situé à Thivernal-Grignon (78)

Pourquoi cette note ?

Cette note part de l'observation que la plus grande partie de l'énergie dégagée par la combustion des déchets ordinaires, domestiques ou commerciaux, n'est pas valorisée. Elle est rejetée sous forme de chaleur dans l'atmosphère. Pourtant les rapports annuels des syndicats intercommunaux vantent année après année la « valorisation énergétique » de leur incinérateur. Il convient de mettre à disposition du public, des élu-e-s, des médias, une analyse indépendante et comparative de l'efficacité de ces incinérateurs, ainsi que de l'évaluation de la valeur de l'énergie rejetée sans valorisation.

Pourquoi mettre l'accent sur la valorisation énergétique ?

Un incinérateur peut être considéré sous trois angles :

- La matière en amont : Les déchets qui y arrivent, la réduction de leur quantité et notamment l'efficacité du tri sélectif
- L'énergie : La combustion et la valorisation de la chaleur dégagée
- La matière en aval : Le traitement des gaz de combustion, des poussières et des résidus solides

Chacun de ces trois domaines mérite une analyse approfondie et demande un savoir-faire spécifique. En amont par exemple on va chercher à retenir le maximum de déchets valorisables (métaux, verres, plastiques, papier) et minimiser la quantité de déchets organiques chargés d'humidité (déchets verts de cuisines, aliments). Même si beaucoup de progrès restent à faire sur le tri, le public est régulièrement sensibilisé par les collectivités.
En aval le traitement des fumées est un enjeu de santé publique important pour les riverains, tandis que certains résidus solides sont valorisés, pour des remblais routiers par exemple.

Notre analyse se concentre sur la valorisation énergétique essentiellement parce qu'il nous semble que la communication institutionnelle positive est en fort décalage avec la situation telle qu'on peut l'analyser sur la base des rapports techniques. Les insuffisances ne sont naturellement mises à l'index par aucun des acteurs : ni les entreprises délégataires ni les élus en charge des syndicats intercommunaux ne sont motivés dans ce sens. Seuls certains rapports de la Chambre Régionale des Comptes énoncent des lacunes, mais ils sont généralement peu relayés par les médias.

Ce document se veut à la fois accessible au grand public et relativement synthétique. Pour toute question sur les calculs ou les données utilisées, ou pour toute suggestion, veuillez contacter l'auteur à l'adresse mail indiquée en haut de page.

A propos de l'auteur : Conseiller municipal de Saint-Germain-en-Laye (78) de 2008 à 2014, je me suis d'abord intéressé au syndicat intercommunal qui traite les déchets (le SIDRU) à cause de ses emprunts toxiques. Cependant, avec un œil d'ingénieur, on est surpris du décalage entre les performances énergétiques médiocres et les rapports annuels pleinement satisfaits de la « valorisation énergétique ».
Une version de travail de cette note a été communiquée avant diffusion aux syndicats, pour corrections et commentaires. Cette version finale n'engage que son auteur.

Concepts généraux

La combustion des déchets dégage une quantité d'énergie très variable selon la nature des déchets. Maximale pour les graisses et les plastiques, elle est nulle pour les matériaux inertes (terre) voire négative pour les déchets très humides, comme la nourriture ou les déchets de cuisines.
L'énergie dégagée s'exprime en quantité d'énergie (watt.heure) par kilogramme de déchet. En moyenne la combustion d'1 kg de déchets dégage 2700 watt.heure, soit l'énergie utilisée par un appareil de 2700 watts, par exemple une bouilloire, pendant une heure. Une ampoule de 6W consomme 6 watt.heure en 1 heure. Un kg de déchets dégage autant d'énergie que 2700/6 = 450 ampoules de 6 W pendant une heure ! Or chacun des incinérateurs étudiés brule entre 13 et 20 tonnes de déchets par heure, 24h/24 et 7j/7 : il s'agit d'une énergie considérable.
Cependant cette énergie ne peut être intégralement valorisée :

- Une partie seulement peut être convertie en électricité, forme d'énergie la plus noble car aux usages divers et aisément transportable sur de grandes distances
- Le reste peut être utilisé sous forme de chaleur, dans un rayon d'une quinzaine de km
- Enfin une partie, appelée « autoconsommation », est perdue car aucun système n'est efficace à 100% et le traitement des effluents absorbe une partie de l'énergie

Donc on ne peut éclairer 450 ampoules avec un kg de déchets. Voyons quelle performance peut être atteinte à un cout raisonnable avec les technologies actuelles.

L'incinérateur idéal

L'incinérateur modèle que nous décrivons ici utilise des technologies existantes, sans innovation. Du point de vue de la valorisation énergétique, un incinérateur est en effet très similaire à une petite centrale électrique. Au lieu de bruler du fioul, du gaz ou du charbon, on alimente ici le four avec des déchets. Cependant, le traitement des substances contenues dans les gaz de combustion compliquent la valorisation énergétique.

Production d'électricité

Avant de penser à valoriser la chaleur en tant que telle, on essaye d'abord de convertir le maximum de chaleur en électricité. La demande existe en toutes saisons.
Pour cela, peu importe le carburant, ce qui compte c'est la température de combustion, qui détermine le rendement atteignable pour une conversion en électricité. En effet le physicien Sadi Carnot a établi en 1824 que le rendement de la conversion de chaleur en une autre énergie (mécanique puis électrique) dépend de la différence entre la température de la source de chaleur et celle d'une source froide (de l'air ou de l'eau à température ambiante). Une chaudière typique a une température de 850 à 950°C. Le rendement maximum théorique est de 76% :

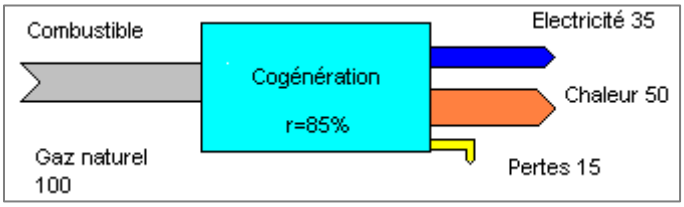
	°C	°K	
Source froide : T_f	10	283	K
Source chaude : T_c	900	1 173	K
Rendement max.		**76%**	= 1 – 283 / 1 173

Cependant la température de la vapeur chauffée par la chaudière est inférieure à celle du four. Celle du SIDRU, 360°C, donne un rendement théorique maximal de 55%.

En pratique, les centrales nucléaires ont un rendement de 33% environ, les centrales thermiques entre 35% et 40%, certes pour des installations plus puissantes que les incinérateurs. Les centrales à gaz sophistiquées atteignent 60% avec des cycles combinés[1].

[1] On pourrait envisager une centrale qui fonctionnerait avec deux carburants : les déchets pour fournir de la vapeur et du gaz de méthanisation pour alimenter la turbine.

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) décrit une petite centrale de cogénération comme convertissant 35% de l'énergie en électricité et 50% en chaleur.



La documentation Européenne BREF est ambigüe. D'une part elle utilise (section 3.5.3) des « *facteurs de conversion supposant une moyenne de 38% pour l'efficacité de la conversion électrique* », facteur repris dans la directive européenne 2008/98/CE :

> La prise en compte de la forme de l'énergie, demande de comparer les différentes unités de mesure. c'est-à-dire MWh, MWh_e(électricité), MWh_{th}(énergie thermique). Le tableau suivant donne des facteurs de conversion (pour les sources générées à l'extérieur) supposant une moyenne de 38% pour l'efficacité de la conversion électrique (c.-à-d. 1MWh = 0.38 MWh_e), et 91% de la génération de chaleur externe (c.-à-d. 1MWh = 0.91$MPds_h$):

De :	**Multiplié par :**			
À :	**GJ**	**MWh**	**MWh_e**	**MWh_{th}**
GJ	1	0.2778	0.1056	0.2528
MWh	3.6	1	0.3800	0.9100
MWh_e	9.4737	2.6316	1	-

Cependant elle mentionne d'autre part des niveaux de 27% à 30% une page plus loin (section 3.5.4) « *les efficacités électriques approximatives suivantes peuvent être atteintes : […] si les paramètres de vapeur sont davantage augmentés jusqu'à 80 bar et 500° C, une efficacité électrique de 30% peut être réalisée (c.-à-d. une efficacité électrique de 27% dans le cas d'un FBR)*. »

Considérant les fortes disparités entre ces références, **nous arrondirons le rendement électrique à 30%**, quitte à le revoir dans quelques années à l'issue de la révision en cours de BREF.

Valorisation de la chaleur

En sortie de l'alternateur qui produit de l'électricité, on récupère de la vapeur d'eau qui peut être utilisée de plusieurs manières :

- Une activité industrielle consommatrice de chaleur
- Une installation publique fortement chauffée (piscine)
- L'eau chaude sanitaire de logement ou de bâtiments d'activité
- Le chauffage des bâtiments de tous types (activité et logement, publics ou privés)

Ces consommations sont plus contraignantes car elles demandent un réseau de chaleur et certaines consommations sont cycliques, notamment le chauffage des bâtiments.

Le maximum d'utilisation de la chaleur pour un usage commercial est de 50%, considérant que 20% environ de l'énergie est perdue, ce niveau arrondi étant lui aussi un ordre de grandeur.

Ainsi, un incinérateur de taille moyenne de 120 000 tonnes de déchets par an produira les quantités d'énergie suivantes, pour les montants indiqués :

Tonnage de déchets incinérés	120 000	tonnes				
PCI des déchets incinérés	2,700	MWh/t				
Production électricité du site	107 000	MWh		Prix €/MWh	Valeur en €	
Électricité vendue = Masse x PCI x 30%	97 000	MWh		**40**	3 880 000	€
Chaleur autoconsommée + vendue	227 000	MWh		Prix €/MWh	Valeur en €	
Chaleur commercialisée = Masse x PCI x 50%	162 000	MWh		**20**	3 240 000	€

On peut donc vendre pour 7 M€/an d'énergie avec ce type d'incinérateur, ce qui couvre la plus grosse partie du budget de fonctionnement de l'usine[2].

Remarques :

- Prix au MWh : le prix de vente du MWh d'électricité est compris entre 33 et 40 € pour les incinérateurs étudiés, tandis que la chaleur est vendue entre 20 et 27 €/MWh. A titre de comparaison, le MWh de chauffage au fioul revient à 75 € (hors investissement et entretien).
- Les performances définies ci-dessus ne sont atteignables par une installation ancienne que moyennant des investissements qui peuvent être importants, voire non rentables. Comme c'est très souvent le cas dans les questions de performance énergétique (isolation thermique des bâtiments par exemple), les installations existantes sont pénalisées par des choix passés sur lesquels il est difficile et couteux de revenir.
- La fraction perdue, de 20%, est une estimation que nous espérons pouvoir affiner à l'occasion de la mise à jour des références techniques européens (BREF), en cours.

Ratios d'efficacité

Il existe plusieurs définitions pour cette mesure de performance, qui toutes consistent à calculer le ratio suivant : Énergie récupérée / Énergie de combustion des déchets.

En gros, on peut distinguer trois variantes de calcul dont les deux premières sont :

1) R_1 : La définition de la directive européenne de 2008 (2008/98/CE) qui compte au numérateur l'énergie électrique produite plus l'énergie thermique commercialisée et au dénominateur 97% de l'énergie réelle contenue dans les déchets.
2) R_2 : La seconde, nettement plus laxiste, considère au numérateur toute l'énergie produite, qu'elle soit vendue, utilisée dans l'usine ou rejetée dans l'atmosphère ; quant au dénominateur, un coefficient forfaitaire minore l'énergie apportée par les déchets[3].

En dehors de ces différences, il y a consensus autour de deux modalités de calcul :

- On retranche du numérateur les achats d'énergie (gaz, fioul, électricité)[4]
- On favorise la production d'électricité en multipliant par 2,6 l'énergie électrique et par 1,1 l'énergie thermique. Le coefficient de 2,6 est égal à 1/38% tandis que 1,1 est égal à 1/91%. Ces deux paramètres incitent les décideurs à produire autant d'électricité que possible.

Avec ces pondérations, le ratio est défini selon cette formule :

$$Ratio\ de\ performance = \frac{2{,}6 \text{ x } énergie\ électrique + 1{,}1 \text{ x } énergie\ thermique}{énergie\ de\ combustion}$$

De ce fait, la performance n'est pas limitée à 1,00 : un incinérateur qui aurait les mêmes performances que l'incinérateur modèle (30% d'électricité, 50% de chaleur, 20% de pertes) aurait un ratio de performance égal à 1,45 selon la première définition et 1,91 selon la deuxième.

[2] Globalement les postes importants sont : salaires, sous-traitance : 3 M€, enlèvement des résidus : 2 M€, consommables et gros entretien / réparations : 2 M€, impôts : 1,2 M€, assurance : 0,4 M€.

[3] Définition de l'arrêté du 3 aout 2010 (NOR DEVP1019586A) et de la circulaire des douanes de mars 2012

[4] avec des différences sur la pondération x2,6, x1,1 ou sans facteur multiplicatif

En conséquence on peut définir une troisième définition afin de se ramener à un ratio de 100% pour notre incinérateur modèle :

3) R_3 : On ne compte au numérateur que l'énergie commercialisée et on utilise les facteurs multiplicatifs de 2,6 et 1,1 également au dénominateur, qui devient :

Dénominateur = (2,6 x 30% + 1,1 x 50%) x Énergie des déchets = 133% x Énergie des déchets

Le premier des deux termes entre parenthèses, *2,6 x 30%*, correspond à l'énergie électrique commercialisable et le second, *1,1 x 50%*, à la chaleur commercialisable. L'énergie des déchets est évaluée grâce au pouvoir calorifique réel des déchets, supérieur au coefficient forfaitaire du ratio 2.

Cette troisième définition est la plus logique : elle considère l'incinérateur comme un système[5] et utilise de manière cohérente le 'bonus' accordé à l'énergie électrique au numérateur et au dénominateur du ratio. En quelque sorte elle applique les deux premiers principes de la thermodynamique, de par l'homogénéité entre le numérateur et le dénominateur (premier principe) et la prime donnée à la conversion en électricité (second principe).

Elle est aussi la plus exigeante et n'a pas de caractère officiel.

Notons enfin que nous choisissons d'ignorer pour l'instant le facteur de correction climatique (FCC) introduit en 2015 en droit européen et en décembre 2016 en droit français.

Evènements notables de l'année 2015

Un **incendie** s'est produit sur le site du **Sidompe**. Il s'est déclenché vers 18h30 le dimanche 1er février 2015 sur la chaudière n°2. L'incendie a été identifié visuellement au cours d'une ronde et l'équipe de garde (3 personnes) a prévenu les pompiers et la DRIEE. « *Le feu s'est propagé aux tuyauteries d'alimentation hydrauliques puis aux nappes de câbles. Le feu s'est ensuite propagé « en étoile » par l'ensemble des nappes de câbles électriques* » jusque dans le bâtiment administratif. Les mesures de rejets ont été stoppées du fait de la coupure de courant : « *Les câbles d'alimentation de secours de l'usine ont rapidement brûlé ce qui a engendré une coupure générale de l'usine, entrainant la perte de toute l'énergie de secours, la perte du SNCC* [système numérique de contrôle commande] *de l'intégralité du process de l'usine et même du téléphone* ». Les trois lignes ont été stoppées et « *la ligne 3 qui représente la plus grande capacité d'incinération de l'usine, a pu redémarrer seulement 15 jours après le sinistre. Les lignes 1 et 2 ont repris respectivement fin mai et fin juin*. ». Ce sinistre n'a fait aucune victime mais son identification au cours d'une ronde (absence d'alarme) est inquiétante. Quant aux dégâts matériels : « *La zone de feu est relativement limitée et nous n'avons perdu aucun équipement lourd. Les conséquences en terme de câblage électrique sont très importantes car la zone touchée e*[s]*t le nœud de passage de tous les câbles* ».

Au **Sitru** on a recensé un accident de travail avec arrêt. Un salarié a eu des coupures aux doigts, sur lesquelles nos questions sont restées sans réponse (séquelles, maintien dans le même poste ?).

L'année 2015 a été une année sans changement notable à Azalys (Sidru).

Comparaison et analyse des incinérateurs

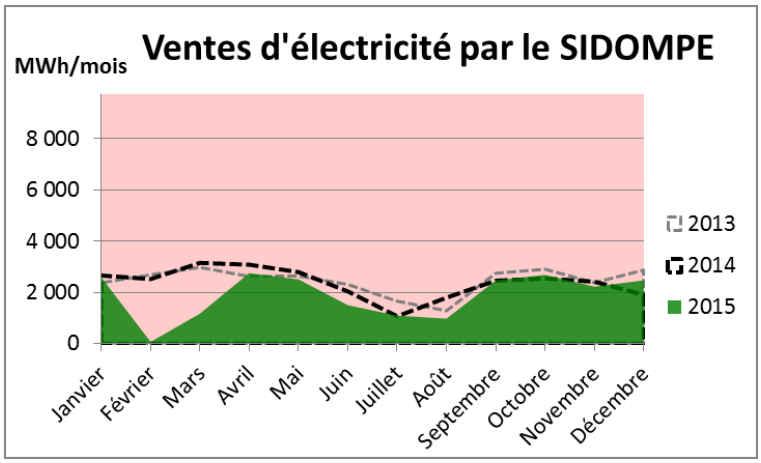
La production brute d'énergie est proportionnelle au tonnage et au pouvoir calorifique inférieur (PCI) des déchets. En 2015, la disparité entre les PCI des trois syndicats est forte : 2,35 MWh/t au Sidru, 2,62 au Sidompe et 2,80 au Sitru. Le PCI des déchets du Sidru a baissé de 10% en deux ans.

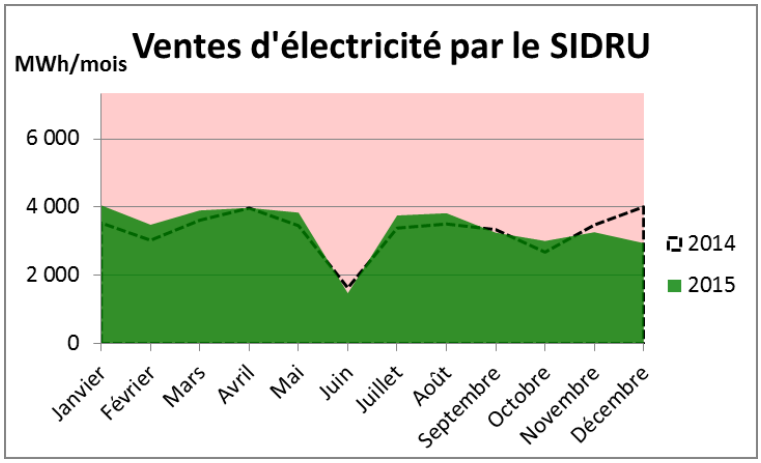
[5] au sens de la thermodynamique, un système est défini par un périmètre aux frontières duquel on analyse les échanges de matière, de chaleur et de travail.

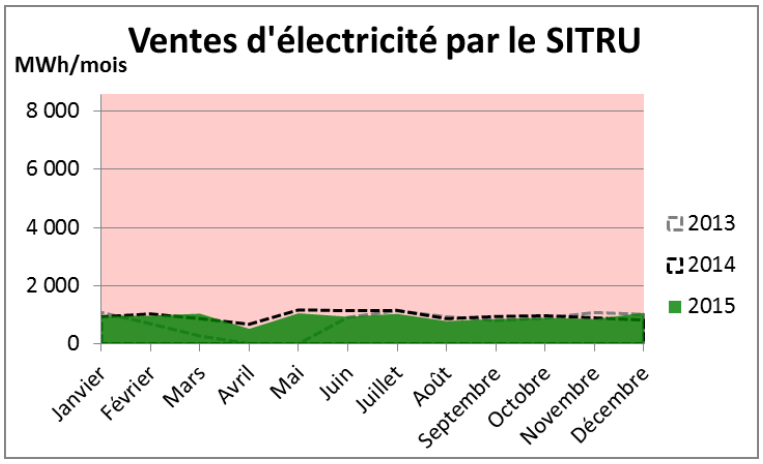
Production et vente d'électricité

Les ventes d'électricité figurent mois par mois dans les rapports techniques des délégataires. En dehors de la période d'arrêt technique, la production et la vente ont vocation à être stables.

On observe les variations suivantes de commercialisation d'électricité pour les trois syndicats, avec en vert l'électricité vendue et en rose la capacité inutilisée[6] :







Le SIDRU commercialise la moitié de l'énergie électrique de l'incinérateur idéal, en dehors des arrêts prolongés et des périodes d'incidents (3 en 15 ans). Le SITRU a des performances trois fois inférieures : il commercialise à peine 11% de sa capacité. Le SIDOMPE présente (hors sinistre) une performance intermédiaire, avec environ 25%.

Cette différence est liée à la performance des générateurs de vapeur et à la puissance des alternateurs installés dans les incinérateurs :

- Au SIDOMPE : Le Sidompe ne produit de l'électricité que sur une des trois lignes (n°3), avec une puissance de **7 MW**, soit une production maximale de 5100 MWh par mois.
- Au SIDRU : puissance nominale de **9,3 MW**, c'est-à-dire une production maximale de 6800 MWh par mois, à peine en-dessous des ventes de l'incinérateur idéal
- Au SITRU : puissance nominale de **2,9 MW**. La moitié de la production est autoconsommée.

Le turboalternateur du SITRU est sous-dimensionné tandis que le SIDOMPE ne produit pas d'électricité sur ses chaines 1 et 2, qui datent de 1975.

Pour ces deux syndicats il serait utile augmenter la puissance de production d'électricité.

Le Sitru a étudié en 2015 des améliorations qui pourraient lui permettre de multiplier par 3 ou 4 ses ventes d'électricité, donc de se hisser à peu près au niveau du SIDRU. Cependant ce projet « *a été mis en pause* » au profit de l'extension du réseau de chaleur.

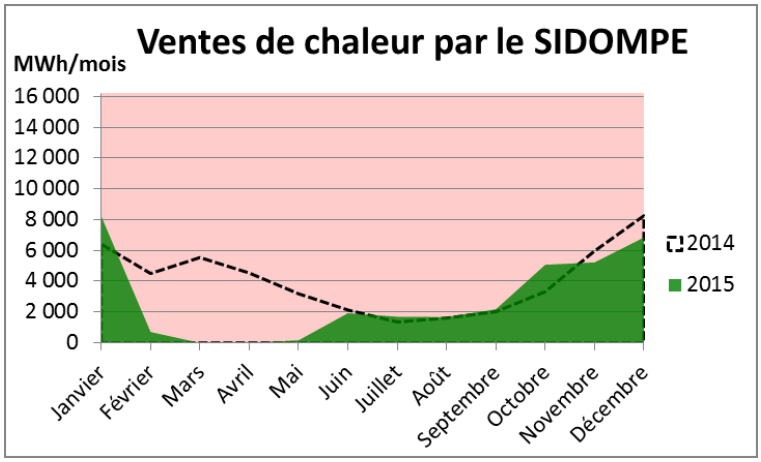
Le Sidompe nous indique en février 2017 avoir un « *projet d'optimisation énergétique* [qui] *consiste à conserver la ligne n°3, à remplacer les lignes n°1 et n°2 par une ligne neuve n°4 et à remplacer le GTA (groupe turbo alternateur de 7 MW par un plus puissant de **17 MW** (reliés aux*

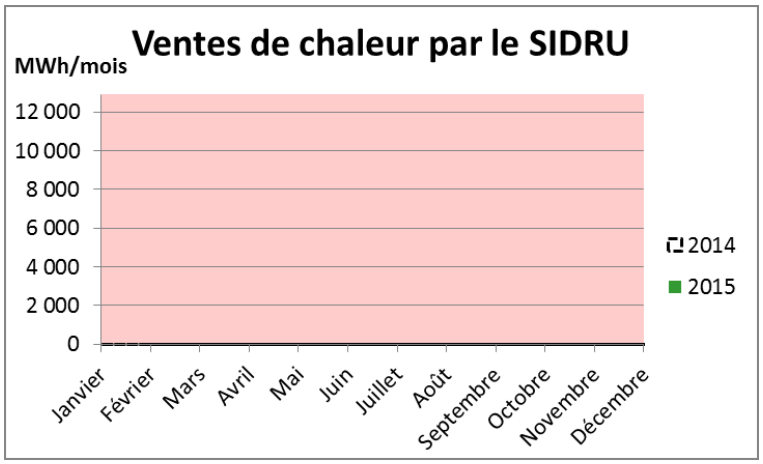
[6] L'axe vertical est calibré en fonction du tonnage et du PCI des déchets pour représenter la vente d'électricité maximale, définie comme celle de l'incinérateur modèle.

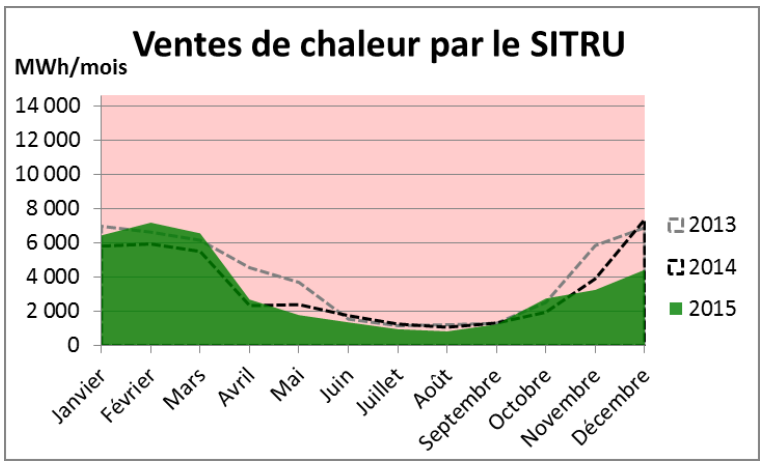
*2 lignes) qui […] produira de l'électricité dont une partie sera autoconsommée et le solde sera vendue à EDF dans le cadre d'un contrat d'obligation d'achat : 80 000 MWH/an**
**Pour un tonnage annuel incinéré de 200 000 T. ».*

Vente de chaleur

Une fois une partie de l'énergie convertie en électricité, le reste peut être valorisé sous forme de vapeur à faible pression. Les graphiques ci-dessous montrent la vente de chaleur au cours de l'année pour les trois syndicats, avec une échelle verticale dimensionnée sur les 50% de l'énergie totale qui sont alloués à la vente de chaleur :







Cette fois, le SIDRU sous performe très nettement puisqu'il ne commercialise pas de chaleur du tout, contrairement aux deux autres syndicats.

Le SITRU a étendu au cours des années son réseau de distribution. Cependant, celui-ci ne permet encore de consommer que la moitié de la production possible en plein hiver et moins encore le reste de l'année.

Le SIDOMPE dispose depuis 1987 d'un réseau de chauffage urbain alimenté par deux lignes (n°1 et 2) sur 3. Le sinistre de février 2016 explique l'absence de vente pendant les mois de février à mai.

Perspectives futures :

- La création d'un réseau de chaleur avait été évoquée par le président du SIDRU en septembre 2014, mais nous n'avons pas de nouvelle de ce projet.
- Une étude est en cours au SITRU pour étendre le réseau existant, avec au maximum un doublement des débouchés, ce qui constituerait une très bonne performance pour les mois d'hiver.

Ratio de performance

Les trois syndicats montrent des ratios très différents selon la définition française (R_2) : 0,53 pour le SIDOMPE, 0,70 pour le SIDRU et 0,33 pour le SITRU. En conséquence l'incinérateur du SIDRU est qualifié de site de « *valorisation des déchets* » tandis que celui du SITRU n'est qu'un

site « *d'élimination des déchets* ». L'incinérateur du SIDOMPE est présenté comme un site de « *valorisation* » bien qu'il soit, cette année, en-dessous du seuil de 0,60.
Le Sidru affiche les meilleures performances selon les trois ratios, tandis que le Sidompe et le Sitru sont proches selon le ratio européen (R_1) et le ratio R_3 exprimé en % :

	SIDOMPE	SIDRU	SITRU
R selon l'exploitant	0,53	0,70	0,33 ou 0,43
R_1, selon la **directive européenne 2008/98/CE**	0,33	0,50	0,28
R_2, en **droit français** (arrêté du 3 aout 2010)	0,58	0,70	0,43
R_3, selon le principe initial en pourcentage	16%	23%	15%

Pour plus de détails, se reporter à l'annexe 1.
Le ratio n°3 reflète la performance médiocre de ces trois incinérateurs : seulement entre 15% et 23% de la performance thermique idéale.
Notons les fortes différences d'autoconsommation des trois syndicats :

	SIDOMPE	SIDRU	SITRU
Électricité autoconsommée	14 583 MWh	18 885 MWh	9 797 MWh
Chaleur autoconsommée	15 000 MWh	53 852 MWh	24 716 MWh
Chaleur dissipée	53 000 MWh		

Pourquoi le SIDRU autoconsomme-t-il presque deux fois plus d'énergie électrique que le SITRU pour le même tonnage de déchets ? Il semble que la technique de filtrage des gaz de combustion explique, au moins partiellement, cette différence.

Pour mieux comparer les trois incinérateurs, on peut diviser ces quantités d'énergie par le nombre de tonnes incinérées, ce qui donne :

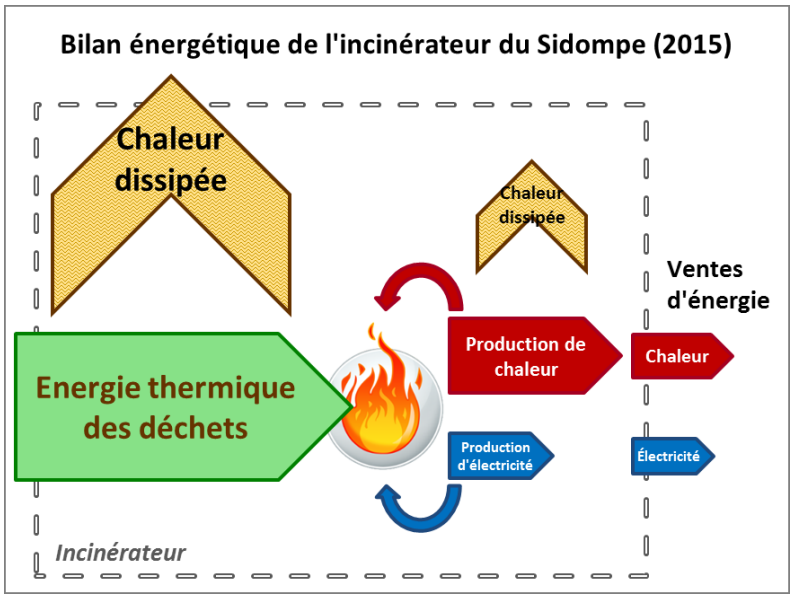
	SIDOMPE	SIDRU	SITRU
Électricité autoconsommée	100 kWh/t	151 kWh/t	80 kWh/t
Chaleur autoconsommée	101 kWh/t	432 kWh/t	201 kWh/t
Chaleur dissipée	356 kWh/t		

L'autoconsommation d'électricité par tonne de déchets est donc supérieure au Sidompe de 25% par rapport à celle du Sitru. Cette différence peut être expliquée par l'alimentation du centre de tri du Sidompe, inclue dans l'autoconsommation de l'usine d'incinération.
Quant à la chaleur, il faut distinguer deux quantités, car contrairement à l'électricité, il n'est pas possible de vendre systématiquement toute la production non autoconsommée. Il faut donc distinguer la chaleur utilisée dans l'usine et la chaleur dissipée sans usage. Les disparités sont très fortes et nous regrettons que le Sidru et le Sitru ne fassent pas la différence entre autoconsommation et dissipation de chaleur.
On peut s'interroger sur un lien entre cette forte « autoconsommation » et le fait que le ratio du droit français R_2 inclut l'ensemble de la production de chaleur au numérateur du ratio (commercialisée, autoconsommée *et dissipée*). Si le SIDRU avait la même autoconsommation de chaleur que le SITRU ou le SIDOMPE, son ratio serait inférieur à 0,60 et il serait qualifié de filière d'élimination…

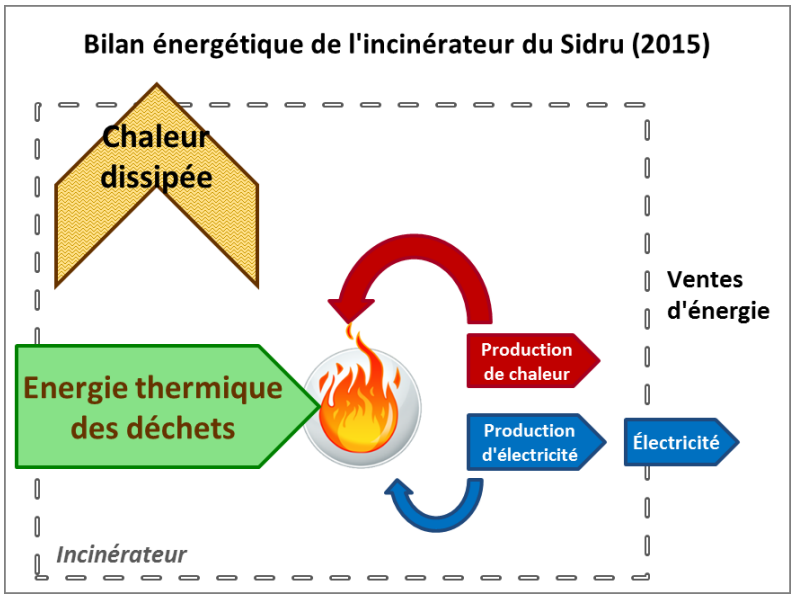
Synthèse des flux d'énergie

On peut synthétiser visuellement les flux d'énergie énumérés précédemment en représentant les flux d'énergie par des graphiques dont la surface est proportionnelle à l'énergie.
A gauche, en vert, de l'énergie rentre dans l'incinérateur sous forme de déchets ; une partie de l'énergie de combustion est dissipée dans l'atmosphère tandis que le restant produit de la

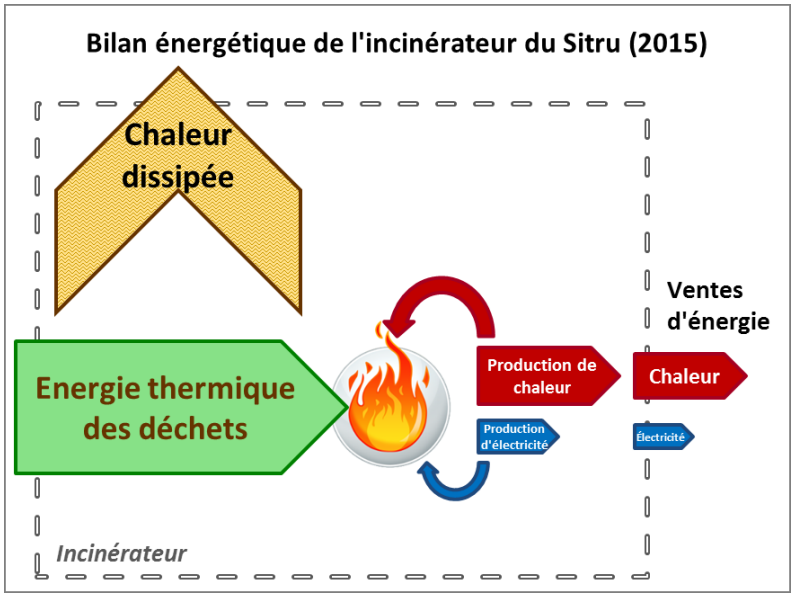
chaleur ou de l'électricité, dont à nouveau une partie est perdue ou consommée sur place, le reste étant commercialisé (flèches de droites sortant du périmètre de l'incinérateur) :



Le Sidompe est le seul des trois syndicats à distinguer la chaleur utilisée pour son autoconsommation de la chaleur dissipée sans usage.
Cette synthèse suggère une cogénération peu efficace, mais en fait deux chaudières ne valorisent que de la chaleur tandis que la troisième ne valorise que de l'électricité.



Le Sidru a la production d'électricité la plus efficace mais ne valorise pas du tout la chaleur. L'autoconsommation de chaleur reflète en fait une part d'énergie dissipée, non communiquée.
Son autoconsommation d'électricité est supérieure à celle du Sidompe, alors que le tonnage incinéré au Sidru est très inférieur.



Le Sitru produit très peu d'électricité, mais en autoconsomme presque deux fois moins que le Sidru, pour des tonnages proches.
L'autoconsommation de chaleur reflète en fait une part d'énergie dissipée, non communiquée.

Transparence et sincérité des rapports

SIDOMPE

Le rapport du délégataire présente de manière claire les principales quantités d'énergie, p. 5 :

Déchets incinérés 148 672 tonnes PCI 2252 kcal/kg Energie 399 GWh	Chaudières 1 et 2 62 187 T 167 GWh	Chaleur produite 102 GWh	chaleur dissipée 53 GWh Chaleur valorisée RESOP 34 GWh chaleur valorisée interne 15 GWh
	Chaudière 3 86 485 T 232 GWh	Electricité produite 37 GWh	Elec. vendue 22 GWh Elec. consommée 15 GWh

Mais il ne présente aucun détail sur le calcul de la performance énergétique, exprimée en % :

12. PERFORMANCE ENERGETIQUE

La performance énergétique est de 53 % en forte diminution par rapport à 2014.

Une présentation adéquate donnerait le détail des agrégats au numérateur et au dénominateur et exprimerait le résultat comme 0,53 et non 53%.

Par ailleurs le rapport ne comporte pas de paragraphe dédié au sinistre du 1er février 2015. Le sinistre est mentionné à plusieurs reprises comme explication d'une dégradation des performances mais sans explication.

Le rapport du président met plus l'accent sur la répartition géographique des apports et sur les aspects financiers (le prix à la tonne est bas). Les pages qui concernent la performance énergétique indiquent les trois destinations de la chaleur, sans analyse mais assez clairement :

PRODUCTION DE CHALEUR *en GWh*		CONSOMMATION *en GWh*		
		DISSIPEE*	VENDUE AU RESOP	UTILISATION INTERNE
2008	128	68	53	6
2009	137	79	51	7
2010	119	57	57	5
2011	118	58	47	13
2012	134	70	54	10
2013	102	41,5	53	7,5
2014	118	53	49	16
2015	102	53	34	15

* Surproduction non achetée par le RESOP, ni utilisée en interne.

SIDRU

Le rapport du délégataire ne mentionne pas la partie de vapeur non valorisée. A sa seule lecture, on ne voit pas apparaitre le bénéfice que représenterait la commercialisation de la chaleur en plus de la production d'électricité (contrairement aux rapports du délégataire du Sidompe comme du Sitru). La présentation du ratio de performance ne précise pas que le ratio supérieur à 0,6 est fortement fonction de la définition de ce ratio. Là aussi la présentation est moins sincère que dans le rapport du Sitru.

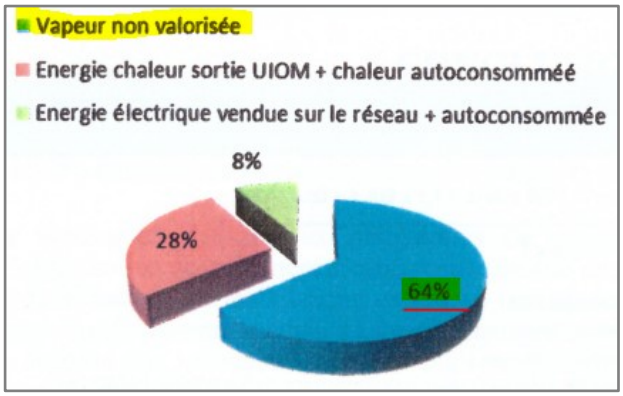
Par contre les émissions de CO_2 figurent dans le rapport.

Le rapport du président du syndicat, actualisé sur la forme mais pauvre en contenu, ne donne aucune indication de performance énergétique.
En ce qui concerne la transparence, le syndicat dispose maintenant d'un site internet et a fourni le rapport annuel du délégataire par courriel.

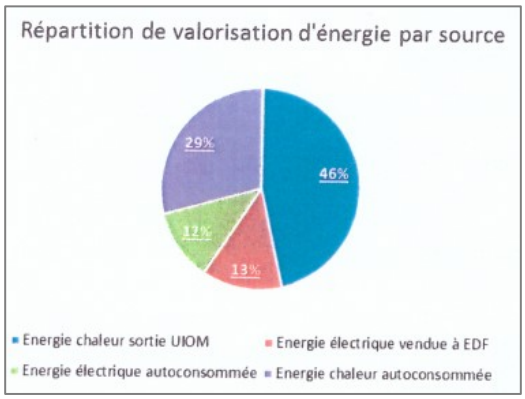
SITRU

Le rapport du délégataire annonçait précédemment la couleur avec un camembert qui montrait que la plupart de l'énergie n'est pas valorisée. Nous obtenons une fraction non valorisée supérieure à 64%, mais ce camembert restait un bon résumé de la performance actuelle. Ce camembert a été modifié par la suppression de la part non valorisée :

Rapport 2014, p. 6



Rapport 2015, p. 6



Dans le rapport 2015 le camembert décrit la répartition de l'énergie valorisée et non de l'énergie totale !
Par contre le rapport décrit avec fidélité le ratio de performance, avec un résultat de 0,427 selon la définition du droit français (ratio R_2). De plus ce résultat est accompagné de celui de la directive européenne R_1 :

APPLICATION DE LA FORMULE DE LA Pe SUR LA PERIODE CONSIDEREE :		2015 (Année échue)
Pe	42,7 %	(avec prise en compte de l'Energie thermique autoconsommée)
	33,1 %	(sans prise en compte de l'Energie thermique autoconsommée)

A l'inverse, le rapport du président du syndicat ne traduit pas les limites actuelles, mais il reprend ces deux ratios et reconnais clairement que le ratio d'efficacité est nettement inférieur au seuil de 0,60 qui permettrait de qualifier le site de « valorisation énergétique », p. 23 : « *La performance énergétique de Cristal étant largement inférieure à 60%, le site est considéré depuis le 1er novembre 2010 comme une filière d'élimination.* ». Le site internet a été revu et est maintenant cohérent avec le constat ci-dessus : il ne mentionne plus l'expression de « centre de valorisation énergétique ».
Concernant la transparence, le rapport du délégataire ne mentionne pas le tonnage de CO_2 émis par l'incinérateur. Le syndicat ne communique pas sur demande le rapport du délégataire, il faut se déplacer pour le consulter et faire quelques photocopies. L'idéal serait de faire comme le Syctom de ce point de vue, c'est-à-dire de mettre ce document à disposition en ligne sur internet.

Synthèse

Le tableau suivant synthétise les points abordés dans cette note :

	SIDOMPE 2014[7]	**SIDOMPE**	**SIDRU**	**SITRU**
Vente d'électricité		**-**	**=**	**-**
Vente de chaleur		**=**	**- -**	**=**
Ratio de performance selon l'UE	0,39	0,33	0,50	0,28
Ratio de performance en droit français	0,62	0,58	0,70	0,43
Ratio de performance entre 0 et 100%	20%	16%	23%	15%
Projets d'amélioration		=[8]	-[9]	-[10]
Sincérité du ratio de rendement		-[11]	-[12]	+[13]
Sincérité du rapport du délégataire		=[14]	=[15]	+[16]
Sincérité du rapport du président		=[17]	-[18]	=[19]
Transparence de l'information		+[20]	+[21]	=[22]

[7] Les performances du Sidompe en 2014 sont ajoutées afin de visualiser l'impact du sinistre de 2015.
[8] Passage de l'alternateur de 7 MW à 17 MW, mais aucune mention dans le rapport annuel.
[9] L'intention affichée en septembre 2014 d'envisager la création d'un réseau de distribution de chaleur ne s'est pas encore concrétisée
[10] Une étude a été réalisée en 2015 pour augmenter la production d'électricité et étendre le réseau de chaleur, mais les décisions annoncées pour fin 2015 ne se sont pas concrétisées
[11] Pas de détail des composantes du ratio dans le rapport du délégataire, absence dans le rapport du président, pas de calcul sans prise en compte de la chaleur non valorisée et fort écart avec la mesure selon la règle européenne
[12] Détail du calcul dans le rapport mais pas de mention de la performance sans prise en compte de la chaleur non valorisée (aucune valorisation commerciale au Sidru) et donc fort écart avec la mesure selon la règle européenne
[13] Détail du calcul dans le rapport, mention de la performance sans la chaleur non valorisée
[14] Mention du sinistre sans description, puis communication (par le syndicat) du rapport à ce sujet ; mention de l'énergie non valorisée
[15] Pas de présentation du ratio de performance selon la directive européenne, présentation trop favorable de la valorisation énergétique, pas de mention de la faible performance réelle de l'incinérateur mais détail du calcul de performance et mention du tonnage de rejets de CO_2
[16] Le graphique qui montrait clairement l'énergie dissipée a disparu du rapport en 2015, mais les informations numériques de pertes demeurent
[17] Transparence sur les quantités d'énergie, notamment la chaleur dissipée sans usage, mais aucune description du sinistre de février 2015, qui est pourtant un évènement exceptionnel et pas de mention de la performance énergétique
[18] Le rapport ne donne aucune indication quantitative sur la valorisation énergétique et les limites de celle-ci, notamment l'absence de valorisation de la chaleur
[19] Transparence sur les quantités d'énergie, notamment la chaleur dissipée sans usage, mais aucune mention d'un accident du travail
[20] Site internet et envoi des informations complémentaires par mail mais pas de communication du tonnage de CO_2 émis
[21] Site internet, envoi par courriel du rapport du délégataire et affichage du tonnage de CO_2 émis
[22] Site internet et mais pas d'envoi du rapport du délégataire, pas de communication du tonnage de CO_2 émis

Annexe 1.a : détail des calculs de ratios du SIDOMPE

Voici le tableau récapitulatif des calculs de ratios pour le SIDOMPE sur les dernières années :

		2014	2015	
Électricité produite	(A)	45 341	37 056	MWh
Électricité commercialisée	(B)	28 382	22 473	MWh
Electricité externe **achetée**	(C)	1 689	2 878	MWh
Chaleur produite	(D)	118 000	102 000	MWh
Chaleur commercialisée	(E)	48 845	33 705	MWh
Energie fossile ou chaleur externe **achetée**	(F)	3 488	4 282	MWh
Tonnage de déchets incinérés	(G)	167 776	148 672	tonnes
PCI des déchets incinérés	(H)	2,616	2,617	MWh/t
Ratio **selon l'exploitant**	Source : rapport annuel	0,62	0,53	
R_1, selon la **directive européenne 2008/98/CE**	R_1 = (+(2,6 x **A** + 1,1 x **E**) - (C + F)) / (97% x **H** x G)	0,39	0,33	
R_2, selon la **circulaire TGAP** du 27 mars 2012	R_2 = (+(2,6 x **A** + 1,1 x **D**) - (2,6 x C + F)) / (**2,3** x G)	0,62	0,58	
R_3, selon le principe initial en pourcentage	R_3 = (+(2,6 x **B** + 1,1 x **E**) - (2,6 x C + 1,1 x F)) / (**133%** x **H** x G)	20%	16%	
Part de l'énergie rejetée sans utilisation	% rejeté sans aucun usage = 1 - (A + D) / (H x G)	63%	64%	
Valeur en € de l'énergie rejetée	Perte = (H x G x 30% - B) x 40 € + (H x G x 50% - E) x 20 €	7,5	7,0	M€
	Emissions de CO_2 brutes	*170 000*	*150 000*	tonnes

Remarque :

- La performance de l'année 2015 a été pénalisée par un incendie qui a entrainé une interruption temporaire de l'incinération.
- Les émissions de CO_2 sont indiquées en italique car elles sont estimées. Cette information ne figure pas dans le rapport technique de l'exploitant, cependant le tonnage de CO_2 rejeté est du même ordre de grandeur que le tonnage de déchets incinérés, d'où notre estimation.

Annexe 1.b : détail des calculs de ratios du SIDRU

Voici le tableau récapitulatif des calculs de ratios pour le SIDRU sur les dernières années :

		2011	2012	2013	2014	2015	
Électricité produite	(A)	54 886	17 995	37 269	59 086	59 638	MWh
Électricité commercialisée	(B)	36 239	11 760	24 131	39 612	40 753	MWh
Electricité externe **achetée**	(C)	493	13 747	6 050	350	581	MWh
Chaleur produite	(D)	49 486	56 329	57 211	57 429	53 852	MWh
Chaleur commercialisée	(E)	0	0	0	0	0	MWh
Energie fossile ou chaleur externe **achetée**	(F)	11 870	11 172	12 370	12 115	12 516	MWh
Tonnage de déchets incinérés	(G)	113 780	117 371	117 778	124 167	124 746	tonnes
PCI des déchets incinérés	(H)	*2,500*	2,499	2,632	2,496	2,352	MWh/t
Ratio **selon le délégataire**	Source : rapport annuel du délégataire	0,70	0,23	0,49	0,72	0,70	
R_1, selon la **directive européenne 2008/98/CE**	R_1 = (+(2,6 x **A** + 1,1 x **E**) - (C + F)) / (97% x **H** x G)	0,47	0,08	0,26	0,47	0,50	
R_2, selon la **circulaire TGAP** du 27 mars 2012	R_2 = (+(2,6 x **A** + 1,1 x **D**) - (2,6 x C + F)) / (**2,3** x G)	0,70	0,23	0,49	0,71	0,70	
R_3, selon le principe initial en pourcentage	R_3 = (+(2,6 x **B** + 1,1 x **E**) - (2,6 x C + 1,1 x F)) / (**133%** x **H** x G)	21%	-4%	8%	22%	23%	
Part de l'énergie rejetée sans utilisation	% rejeté sans aucun usage = 1 - (A + D) / (H x G)	63%	75%	70%	62%	61%	
Valeur en € de l'énergie rejetée	Perte = (H x G x 30% - B) x 40 € + (H x G x 50% - E) x 20 €	4,8	6,0	5,9	5,2	4,8	M€
	Emissions de CO_2 brutes	113 435	119 057	119 057	123 673	136 978	tonnes
	Ratio masse CO_2 / kWh d'électricité commercialisée	3 130	10 124	4 934	3 122	3 361	g/kWh

Remarques :

- Les performances des années 2012 et 2013 ont été pénalisées par un incident qui a entrainé l’interruption de la production d’électricité. Les autres années représentent le niveau normal de performance de cet incinérateur.
- La masse de CO_2 rejetée a augmenté de 10% en 2015 pour le même tonnage de déchets.

Annexe 1.c : détail des calculs de ratios du SITRU

Voici le tableau récapitulatif des calculs de ratios pour le SITRU sur les dernières années :

		2012	2013	2014	2015	
Électricité produite	(A)	21 473	18 241	21 196	20 700	MWh
Électricité commercialisée	(B)	11 795	8 750	11 384	10 903	MWh
Electricité externe **achetée**	(C)	185	2 236	154	370	MWh
Chaleur produite	(D)	71 076	73 006	65 373	64 084	MWh
Chaleur commercialisée	(E)	45 956	48 387	40 491	39 368	MWh
Energie fossile ou chaleur externe **achetée**	(F)	2 575	2 800	2 795	2 510	MWh
Tonnage de déchets incinérés	(G)	124 584	123 074	123 006	123 058	tonnes
PCI des déchets incinérés	(H)	2,814	2,759	2,852	2,794	MWh/t
Ratio **selon le délégataire**	Source : rapport annuel du délégataire	0,36	0,33	0,34	0,33/0,43	
R_1, selon la **directive européenne 2008/98/CE**	R_1 = (+(2,6 x **A** + 1,1 x **E**) - (C + F)) / (97% x **H** x G)	0,30	0,29	0,28	0,28	
R_2, selon la **circulaire TGAP** du 27 mars 2012	R_2 = (+(2,6 x **A** + 1,1 x **D**) - (2,6 x C + F)) / (**2,3** x G)	0,46	0,42	0,44	0,43	
R_3, selon le principe initial en pourcentage	R_3 = (+(2,6 x **B** + 1,1 x **E**) - (2,6 x C + 1,1 x F)) / (**133%** x **H** x G)	17%	15%	15%	15%	
Part de l'énergie rejetée sans valorisation	% rejeté sans aucun usage = 1 - (A + D) / (H x G)	74%	73%	75%	75%	
Valeur en € de l'énergie rejetée	Perte = (H x G x 30% - B) x 40 € + (H x G x 50% - E) x 20 €	6,3	6,2	6,5	6,5	M€
	Emissions de CO_2 brutes	*120 000*	*120 000*	*120 000*	*120 000*	tonnes

Remarque :

- Les émissions de CO_2 sont indiquées en italique car elles sont estimées. Cette information ne figure pas dans le rapport technique de l'exploitant, cependant le tonnage de CO_2 rejeté est du même ordre de grandeur que le tonnage de déchets incinérés, d'où notre estimation.