

Note technique

Consommation électrique d'un poêle à granulés à émission directe

Version / Date	Version 1.0 du 06/02/2012
Auteur	David Chénier
©2012, Amoès SAS. Toute utilisation, reproduction intégrale ou partielle, ou transmission par voie informatique du présent document, ne doit se faire sans le consentement écrit et préalable d'Amoès.	

1 | Objectifs et synthèse

L'objectif de cette étude est de se faire une idée de **l'enjeu que représente la consommation électrique d'un poêle à granulés à émission directe.**

Ce système de chauffage, de plus en plus répandu dans les maisons à basse consommation d'énergie, permet d'allier l'intérêt environnemental du bois, le confort d'un système relativement automatique, et la simplicité de l'installation technique.

Il est néanmoins doté d'un certain nombre d'organes (vis sans fin, ventilateurs, bougie d'allumage, régulation). **La consommation électrique de ces organes est-elle importante au regard du bois consommé ?**

L'étude se base sur des mesures sur un poêle marque MCZ, modèle Kaika Oyster sur une maison individuelle moyennement isolée, lors de cycles typiques sur le poêle sur une période totale d'environ 30 heures, avec enregistrement des consommations électriques au pas de temps de 10 secondes, et mesure du volume de bois consommé. Un scénario de fonctionnement sur une année de chauffage complète pour une maison à basse consommation d'énergie permet de compléter le raisonnement.

L'étude montre que sur le poêle étudié, **la consommation électrique des auxiliaires de chauffage pour un poêle à granulés à émission directe ne représente pas plus de 2% de la consommation de bois** (en énergie finale) en supposant une conception de la maison adaptée (notamment sur l'inertie). **Ce ratio est inférieur à celui de la plupart des autres systèmes de chauffage.**

Le ventilateur ambiant est le premier consommateur d'électricité (près de 40%). Sous réserve de mesures, les poêles à émission de chaleur par convection naturelle peuvent constituer une réponse pour réduire ce poste.

Concernant l'**inertie** : sur une maison à basse consommation, au vu des gammes de puissance aujourd'hui disponibles, le seul mode de régulation réaliste semble être de chauffer « une bonne fois », autrement dit de mettre le poêle 2 ou 3 fois par jour en marche pour remonter la température d'environ 2°C d'un coup, ce qui s'appelle le mode « EcoStop » sur le poêle étudié. Un fonctionnement en continu avec modulation de puissance peut être envisagé uniquement pour les périodes de grand froid.

Dans cette approche, **il est essentiel que les maisons équipées d'un poêle bénéficient d'une inertie très forte**, pour deux raisons :

- Au vu des puissances en jeu, des surchauffes hivernales peuvent très facilement apparaître (donc une surconsommation de bois).

- Une inertie faible peut entraîner une surconsommation d'électricité : **le poêle étudié consomme 37 Wh d'électricité par cycle** (démarrage – 5 minutes + extinction – 45 minutes) **et seulement 47 Wh/h en phase de combustion**. Allumer le poêle pour ¼ d'heure à chaque fois reviendrait à augmenter de façon importante les consommations électriques (pour les porter à plus de 6% des consommations de bois).

2 | Présentation du poêle et de son fonctionnement

Le poêle étudié est de marque MCZ, modèle Kaika Oyster. C'est un poêle à granulés à émission directe par air de puissance calorifique 5.4 kW avec une modulation permettant de descendre à 2.3 kW. Son rendement annoncé de 93-94% le place dans les produits typiques que l'on peut retrouver dans les maisons à basse consommation d'énergie.

Les différents organes consommant de l'énergie dans ce poêle sont :

- La **vis sans fin**, qui achemine le granulé du réservoir jusque dans le pot de combustion.
- La **bougie**, qui permet de faire démarrer le feu.
- Le **ventilateur ambiant**, qui permet une circulation d'air ambiant sur l'échangeur en contact avec le foyer de combustion pour véhiculer la chaleur dans la pièce. Remarque : sur certains poêles à granulés, l'expulsion de l'air chaud de chauffage est réalisée par convection naturelle, donc en l'absence de ventilateur.
- Le **ventilateur d'aspiration des fumées**, qui permet d'assurer la circulation de l'air comburant depuis la prise d'air neuf sur l'extérieur jusque dans le foyer, puis des fumées du foyer jusque dans la cheminée. Pendant le nettoyage du pot de combustion, l'aspirateur des fumées tourne à la puissance maximale pendant 30".
- La **régulation** (tableau de commandes, voyants...)

La régulation de puissance se fait par 5 puissances de flamme et 5 puissances de ventilateur ambiant.

Le poêle à granulés peut être régulé selon deux modes différents sur température de consigne (mettons, 19°C) :

- En mode « Eco-Stop », quand la sonde détecte 17.5°C, le poêle se met en marche. Quand la température atteint 19°C, la puissance du poêle diminue à chaque minute pendant 5 minutes, puis reste 5 minutes au niveau minimal, et si au terme de ces 10 minutes, la température n'a pas diminué, le poêle s'éteint. **Dans la pratique, au vu de l'inertie de la maison, la température ne diminue jamais dans l'intervalle des 10 minutes.**
- En mode « Automatique », le poêle fonctionne en permanence, et adapte au mieux sa puissance aux besoins, mais si le poêle est en puissance minimale et que la température de consigne est dépassée, le poêle continue de chauffer quand même. Cette régulation doit s'assortir d'une programmation horaire ou d'une intervention manuelle pour s'ajuster au mieux aux besoins.

3 | Protocole de mesures

Déroulement de l'expérience

Le poêle a été étudié en fonctionnement, en période hivernale froide (-7°C en moyenne sur la période de mesures), sur une durée d'environ 30 heures, en exploitant successivement les modes « Eco-Stop » et « Automatique ». L'extrapolation des résultats sur l'échelle d'une année s'est faite par des ratios courants.

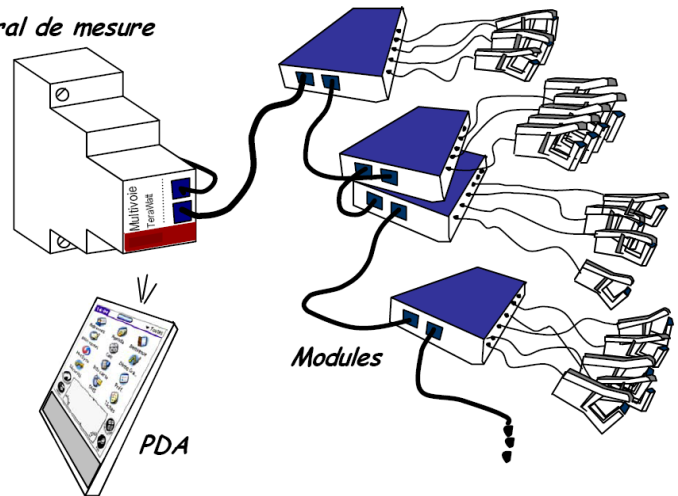
La maison dans laquelle le poêle est étudié est de surface modeste (73 m²) mais à besoins de chauffage plutôt élevés (70 kWh/(m².an) de besoins de chauffage) au regard des performances de maisons BBC. Le raisonnement appliqué est de toute façon valable pour des maisons davantage isolées.

Mesure de la consommation électrique

La consommation électrique est mesurée au moyen d'une pince ampèremétrique et d'une mesure de tension, par le système « Multivoiestm » de la société Omegawatt.

Sur un pas de temps donné (ici, fixé à 10 secondes pour avoir des éléments précis sur le fonctionnement de l'équipement), la puissance moyenne absorbée est enregistrée. Sur le PDA, il est possible de lire la puissance instantanée. La mesure est précise à 2 W près. Dans la suite, l'erreur sur la mesure électrique est négligée, au vu de l'erreur sur la consommation de granulés.

Central de mesure



Mesure de la consommation de granulés

Initialement, la réserve de granulés du poêle est remplie jusqu'au niveau maximum, c'est-à-dire à l'arase inférieure du joint.

Il est important que l'expérience se déroule de sorte à vider une part importante du réservoir pour limiter l'incertitude sur le poids mesuré. Cette dernière est considérée à 10% + 200g, et est due à :

- L'incertitude sur la densité du granulé, considérée à 10% à condition que le réservoir soit au moins à moitié vidé (car sinon, en s'écoulant progressivement, le volume de granulés se « détend », c'est-à-dire que le niveau ne baisse pas vite au début, et le remplissage du complément ne permettrait pas de retrouver le tassement original).
- L'incertitude sur le niveau haut du réservoir, considérée à 200 g de granulés, c'est-à-dire deux grosses poignées.

La conversion en énergie se fait en considérant le PCI annoncé par le fabricant, soit 5 000 Wh/kg.



4 | Résultats et analyse

Scénario « Eco Stop »

Analyse globale

En scénario « Eco Stop », la consommation a été mesurée sur une durée de près de 7 h. La consommation électrique au fil du temps est représentée sur le graphe ci-dessous :

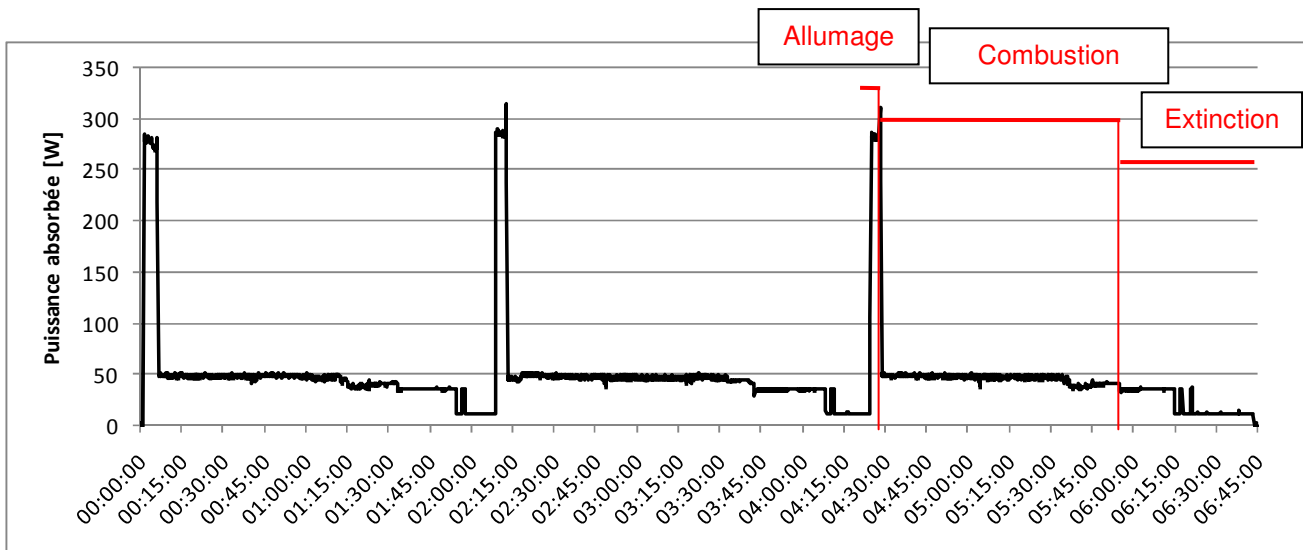


Figure 1 : Puissance absorbée par le poêle, sur 3 cycles en "Eco Stop", d'après mesures au pas de temps de 10 secondes.

Un cycle est composé de 3 phases :

- L'allumage (fonctionnement de la bougie et de la vis sans fin). Cette phase dure **5 minutes**.
- La combustion du granulé (fonctionnement des deux ventilateurs et de la vis sans fin). Cette phase est de **durée variable**.
- L'extinction (fonctionnement des deux ventilateurs puis du ventilateur d'aspiration des fumées uniquement). Cette phase dure environ **45 minutes**.

Durant la même période, la consommation mesurée de granulés a été de 4 000 +/- 600g, soit 20 +/- 3 kWh.

Sur ces 3 cycles, on observe donc une consommation électrique de 320 Wh et une consommation de granulés de 20 000 +/- 3 000 Wh. **Pour 100 Wh de bois consommé, 1.6 +/- 0.2 Wh électriques sont consommés.**

Extrapolation sur une année

On remarque que la phase d'extinction n'a pas été complète sur les 2 premiers cycles. Sur le dernier, la répartition de la consommation électrique par phase est représentée sur le graphe ci-dessous :

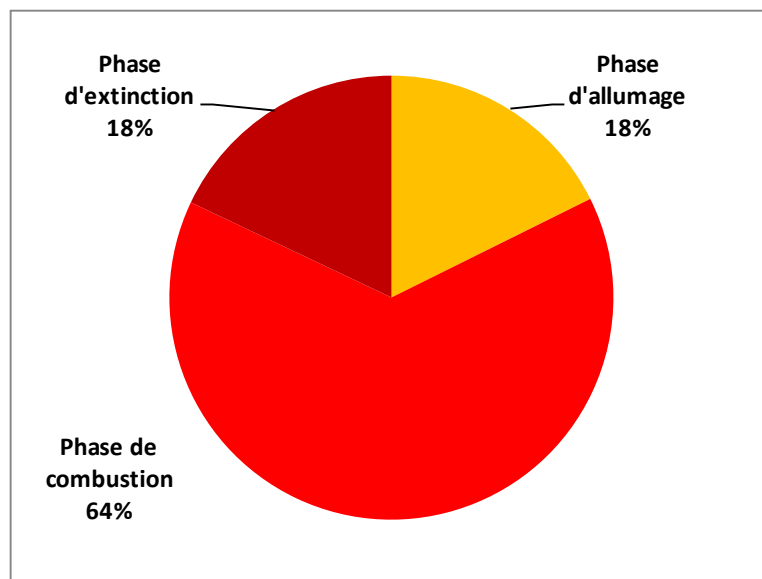


Figure 2 : répartition par phase de la consommation électrique du poêle durant un cycle en mode Eco-Stop

Naturellement, si le cycle est plus court, la phase de combustion prend moins d'importance dans cette répartition. Dans la suite, on considèrera que **la consommation électrique par cycle est de 37 Wh (allumage et extinction) + 47 Wh/h en phase de combustion.**

Considérant une maison de 100 m² à basse consommation d'énergie (20 kWh/m².an de besoins de chauffage), un rendement global du système de chauffage par poêle à granulés à émission directe de 80%, 2 500 kWh sous forme de granulés de bois vont être injectés dans le poêle.

On considère qu'en saison de chauffage (180 jours), le poêle s'allume en moyenne 3 fois par jour. Ceci correspond à 4.6 kWh par cycle, soit un temps de combustion moyen de 50 minutes par cycle.

La consommation électrique est alors de 42 kWh, à laquelle on peut ajouter la consommation de veille, ce qui porte le résultat à 44 kWh. Autrement dit :

Pour 100 Wh de bois consommé, une quantité de 1.8 +/- 0.2 Wh d'électricité a été consommée.

Dans le cas d'un logement à basse consommation d'énergie, pour 25 kWh/m².an de bois, les auxiliaires de chauffage consomment 0.4 +/- 0.05 kWh/m².an d'électricité, ce qui fait du poêle à émission directe un système automatique de chauffage particulièrement peu gourmand en électricité.

En termes d'énergie primaire : analysons comment la consommation électrique « dégrade » le coefficient de conversion en énergie primaire du chauffage bois. Comme les coefficients de conversion en énergie primaire sont l'objet de controverses, 2 scénarios ont été considérés :

	Scénario « coefficients conventionnels »	Scénario « coefficients physiques »
Coefficient énergie primaire électricité	2.58	3.2
Coefficient énergie primaire granulés de bois	0.6	0.2
Coefficient énergie primaire chauffage granulés bois	0.64	0.25 +/- 0.1

Figure 3 : Analyse des coefficients de conversion en énergie primaire

Analyse par organe

A l'aide des mesures effectuées, une répartition des consommations par organe a été estimée pour le 3^{ème} cycle. Elle indique essentiellement que le ventilateur ambiant semble le premier axe sur lequel un gain peut être réalisé, car il représente près de 40% de la consommation électrique du poêle. Les technologies de poêles avec émission de chaleur par convection naturelle sont peut-être une réponse à cette problématique.

Organe	Puissance [W]	Part de la consommation électrique en mode Eco Stop
Vis sans fin *	18 W	6%
Bougie	270 W	17%
Ventilateur ambiant	30 W max constaté **	39%
Ventilateur d'aspiration des fumées	13 W ***	36%
Régulation	0.5 W	1%

Figure 4 : Analyse des puissances et consommations par organe du poêle

* La vis sans fin absorbe 18 W en fonctionnement (valeur instantanée lue sur le PDA), l'échelle de temps de 10 secondes ne permet pas de détailler son temps de fonctionnement exact, mais par observation, il est supposé un fonctionnement 1/4 du temps. Ce ratio peut être légèrement différent selon le mode de régulation et la phase du cycle.

** La puissance peut monter plus haut, mais avec un niveau sonore qui fait qu'en pratique ce n'est pas utilisé.

*** Constatée à 13 W en fin de cycle (supposé à puissance mini), et le ventilateur permet une évacuation des fumées variant de 18 à 28 g/s selon la puissance de la flamme ; un rapport de proportionnalité a été établi.

Scénario « Automatique »

L'expérience s'est déroulée sur un peu moins d'une journée. Cette durée est plutôt courte même si l'on considère que le poêle doit être nettoyé assez régulièrement. La consommation d'électricité s'est montée à 808 Wh, et la consommation de granulés à 13.8 +/- 1.6 kg, soit 69 +/- 8 kWh.

Autrement dit, **pour 100 Wh de bois consommé, 1.2 +/- 0.15 Wh d'électricité ont été consommés**, soit encore moins que dans le scénario précédent.

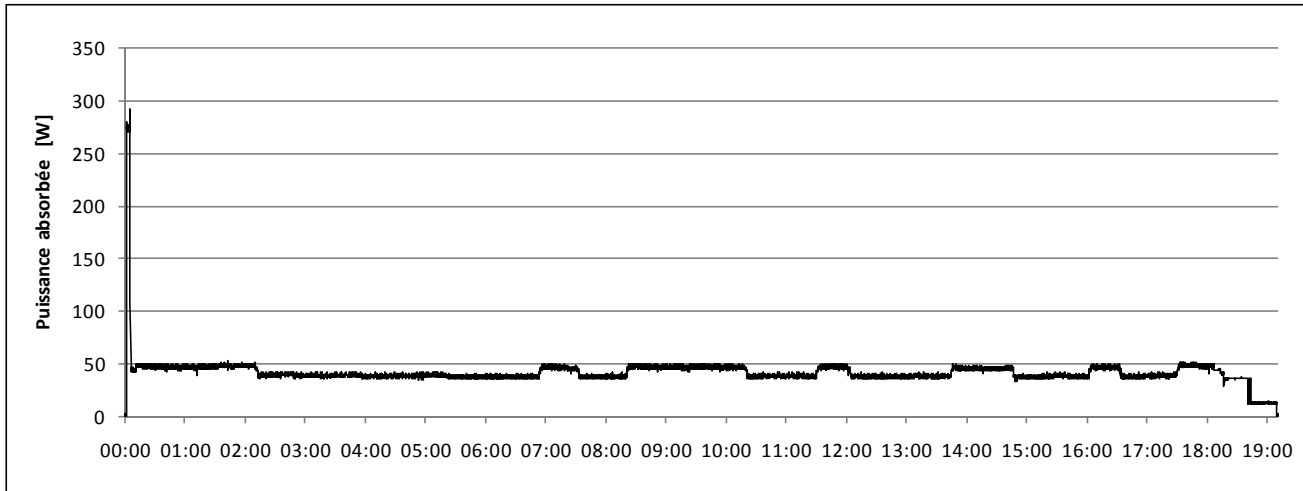


Figure 5 : Puissance absorbée par le poêle, sur un cycle d'une durée de 19 h en mode "Automatique", d'après mesures au pas de temps de 10 secondes.

La répartition par phase de la consommation électrique est indiquée sur le graphique ci-dessous :

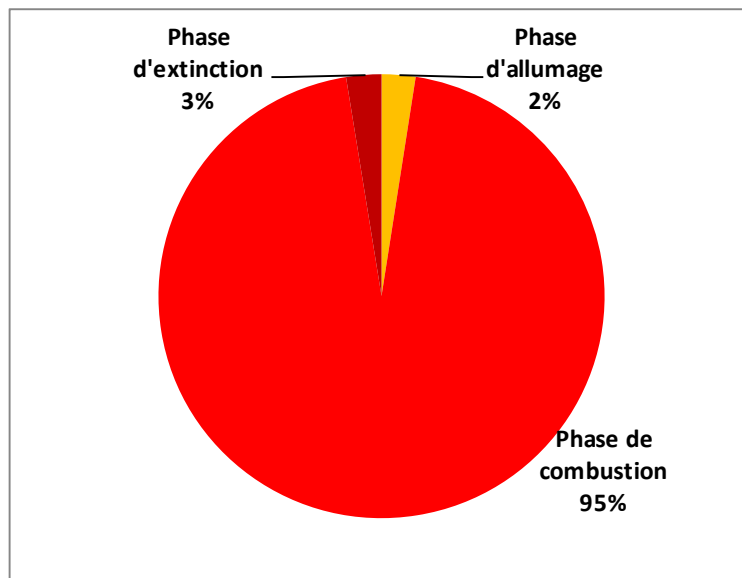


Figure 6 : répartition par phase de la consommation électrique du poêle durant un cycle en mode Automatique

Cependant, il ne faudrait pas tirer de conclusions hâtives de ce qui précède. L'expérience a été conduite avec un des poêles aujourd'hui les moins puissants du marché, sur une maison qui n'est pas, aujourd'hui, à basse consommation d'énergie. Il s'agit d'une maison ancienne en cours de rénovation, certes de surface modeste (73 m²), mais dont les besoins de chauffage sont estimés à 70 kWh/m².an. Par ailleurs, les conditions climatiques ayant été particulièrement rigoureuses (-7°C en moyenne sur la période de mesures), la puissance maximale du poêle a ainsi été susceptible d'être sollicitée hors relance, ce qui ne sera jamais le cas avec une maison BBC.

Or, quand la puissance calorifique diminue, la puissance des auxiliaires aussi, mais pas proportionnellement. Ceci a été observé. Plus exactement, un repérage a été effectué des moments où le poêle était en puissance minimale, et de ceux où il était en puissance maximale ¹. Le tableau suivant récapitule ces valeurs :

	Puissance minimale	Puissance maximale
Puissance électrique moyenne (hors démarrage et extinction)	39 W	47 W
Puissance calorifique (selon documentation constructeur)	2.3 kW	5.4 kW
Proportion électricité / total (hors démarrage et extinction)	1.7%	0.9%

Figure 7 : Variation de la part d'électricité dans le total en fonction de la puissance calorifique

On peut retenir, au final, que même à puissance minimale, l'électricité ne représente qu'une part marginale du total. En prenant en compte les phases de démarrage et d'extinction (5% du total), on arrive en effet, en puissance minimale, à la même part d'électricité qu'en mode « EcoStop ».

¹ La puissance du poêle (échelonnée sur 5 niveaux, avec un changement par minute quand la température est en-deçà ou au-delà de la consigne), varie souvent du minimum au maximum ou du maximum au minimum sans stationner sur les puissances intermédiaires, en raison de l'inertie forte de la maison étudiée et donc du retard dans l'effet de la variation de la puissance.