

ADEME

 Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie


PARTIE 3

CONTRÔLES DE LA QUALITÉ DU COMBUSTIBLE

- PROTOCOLES
D'ÉCHANTILLONNAGE
- MÉTHODE DE MESURE

CALCUL DU PCI

► PCI : pouvoir calorifique inférieur

C'est la quantité de chaleur, par unité de masse, théoriquement dégagée dans une combustion parfaite (sans la chaleur de la condensation de la vapeur contenue dans les fumées).

► PCS : pouvoir calorifique supérieur

C'est la quantité de chaleur, par unité de masse, dégagée en tenant compte à la fois de la chaleur libérée pendant la combustion et de la chaleur libérée lors la condensation de la vapeur d'eau en fumée.

L'analyse du PCI se réalise par mesure du PCS dans une bombe calorimétrique. Les échantillons doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à la capacité de l'appareil (généralement 1 à 2 g, parfois 5 g). Cette mesure nécessite des instruments spécifiques et est réalisée par des laboratoires spécialisés.

(voir schéma ci-après)



Les déterminations du PCI par essai en bombe calorimétrique sont facturées à titre « indicatif entre 150 € et 200 € HT (broyage du combustible compris).





PARTIE 3
CONTRÔLES DE LA QUALITÉ
DU COMBUSTIBLE

- PROTOCOLES D'ÉCHANTILLONNAGE
- MÉTHODE DE MESURE



PROCÉDURE D'ANALYSE DU PCI EN LABORATOIRE

MATÉRIELS



Nacelle



Balance



Calorimètre avec thermostat



Bombe calorimétrique



Enceinte calorimétrique

MODE OPÉRATEUR

1

Prendre une nacelle propre, dépourvue d'humidité et à température ambiante. Tarer la balance avec la nacelle et placer environ 1 g de broyat.

2

Placer la nacelle dans son support et raccorder le fil d'allumage aux électrodes dans la bombe calorimétrique. Remplir la bombe d'oxygène.

3

Placer la bombe calorimétrique dans l'enceinte calorimétrique remplie d'eau. Puis placer l'ensemble dans le calorimètre.

4

PCS - Lancer le programme de combustion. Le résultat est exprimé en MJ/kg.
 $PCS_{sec} = PCS * 100 / 100 - H_{sec}$

5

H_{sec} est la teneur en humidité du broyat.

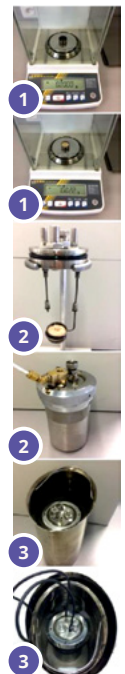
6

$PCI_{sec} = PCS_{sec} - 0.2122 * w(H)_{sec}$
w(H)_{sec} est la teneur en hydrogène du broyat sur masse sèche.

7

$PCI_{brut} = PCI_{sec} * 100 - H_{100} - 0.02443 * H$
H est la teneur en humidité à réception de l'échantillon avant préparation (séchage et broyage) (Annexe 7 ou 8).

PCS	PCS _{sec}	H _{sec}	PCI _{sec}	w(H) _{sec}	H	PCI _{brut}
J/g	J/g	%m	J/g	%m	%m	J/g



Référence : Protocole RAGT Energie MON-ANA-20 & Norme NF EN 14918

D'une manière pratique, il est nécessaire de connaître le PCI sur sec (Q₀) de l'échantillon. Il est ensuite possible, par le calcul présenté ci-dessous, de déterminer le PCI réel de l'échantillon (Q), c'est-à-dire à l'humidité de réception de l'échantillon (H).

$$Q = Q_0 \times \frac{100 - H}{100} - 0.02443 \times H \quad \text{Pour un PCI en MJ/kg}$$

De manière usuelle, le pouvoir calorifique est indiqué en kWh/kg (1 kWh/kg = 3,6 MJ/kg).

0,02443 MJ/kg = enthalpie de vaporisation (à pression constante) de l'eau à 25°C, pour une fraction massique d'humidité de 1% (m/m) - Constante calculée à partir

de l'enthalpie standard de l'eau à 25°C et à pression constante de 44 010 J/mol, de la masse molaire de l'eau (18,01528 g/mol), et ramenée en pourcentage d'humidité.

Si l'on souhaite connaître le pouvoir calorifique par unité de volume, la formule ci-dessous peut s'appliquer. La détermination est réalisée à partir de la formule :

$$Q' = Q \times \frac{BDar}{1000}$$

Avec
Q = PCI à réception exprimé en MJ/kg
BDar : Masse volumique apparente à l'humidité de réception exprimée en kg/m³ (voir fiche n°19).

EN SAVOIR PLUS

► <https://norminfo.afnor.org> - Mots clés « Biocombustibles solides » : regroupe toutes les normes d'analyses et permet de les acheter en ligne.

Réf. : 010367-20

