

NOTE D'AIDE A L'APPLICATION DE LA FORMULE DE CALCUL DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE (Pe) FIGURANT DANS L'ARRETE DU 20/09/2002 RELATIF AUX INSTALLATIONS D'INCINERATION ET DE CO-INCINERATION DE DECHETS NON DANGEREUX

Préambule

Cette note a pour objet de clarifier le calcul de la formule Pe (performance énergétique) définie à l'annexe VI de l'arrêté du 20/9/2002 (telle que modifiée par l'arrêté du 7/12/2016). Cette formule est la retranscription dans la réglementation française de la formule, dite R1, de la directive européenne 2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets (astérisque de l'annexe II) ; elle permet de définir si une UVE est considérée comme un site de valorisation (R1) - valeur supérieure ou égale à 0,65 pour les installations autorisées après le 31 décembre 2008, à 0,65 pour les installations ayant fait l'objet d'une extension augmentant leur capacité de traitement ou d'une modification notable par renouvellement des fours après le 31 décembre 2008 ou à 0,60 pour les autres installations - ou d'élimination (D10).

Rappel : cette formule est similaire mais non totalement identique à la formule R (rendement énergétique), définie par l'arrêté du 28 décembre 2017, annexe II, qui permet de bénéficier d'une réduction de la TGAP déchets sur les déchets incinérés (si valeur supérieure ou égale à 0,65).

Les 2 principales différences sont :

- Le PCI : calculé (cf suite de cette note) dans le cas de la formule Pe, fixé à 2371 kWh/t dans le cas de la formule R
- Le FCC : calculé annuellement par site (cf suite de cette note) dans le cas de la formule Pe, fixé à 1,089 pour tous les sites dans le cas de la formule R.

Limite de l'unité de valorisation énergétique

L'unité de valorisation énergétique (UVE) pour le calcul de la Pe (performance énergétique) inclut les postes suivants :

- Four(s), chambre(s) de combustion
- Chaudière(s)
- Traitement des fumées

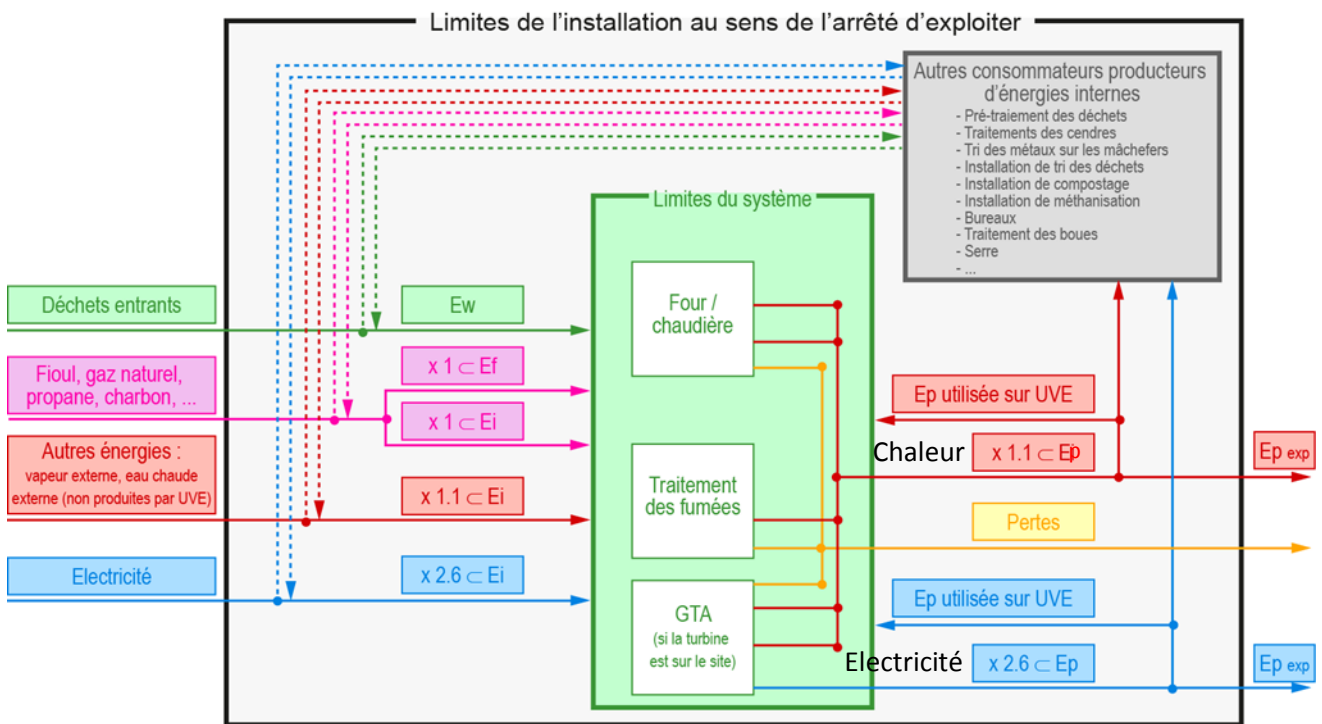
- Les équipements de récupération et de valorisation de l'énergie (échangeurs alimentant un réseau de chaleur ou de froid, GTA, ...)

Les installations de pré-traitement des déchets (tri, broyage, criblage, ...), de post-traitement (plateforme mâchefers, ...) et les éventuelles chaudières d'appoint (gaz naturel, fioul, ...) servant de secours / appoint pour un réseau de chaleur ne sont pas à prendre en compte sauf si classé sous la même rubrique (2771).

De même les GTA, réseaux de chaleur ou vapeur hors des limites de l'autorisation d'exploiter de l'UVE sont hors du scope.

Pour ce calcul il faut donc différencier le site (qui peut comporter d'autres installations comme un centre de tri, une plateforme de traitement des mâchefers, ...) et l'UVE qui seule est à considérer.

Diagramme simplifié indiquant les limites du système pour le calcul de la Pe et les limites du site



Formule

La performance énergétique d'une UVE est calculée avec la formule suivante :

$$Pe = ((Ep - (Ef + Ei)) / (0,97 \times (Ew + Ef))) \times FCC$$

Tous les termes de la formule (Ep, Ef, Ei et EW) doivent être dans la même unité (MWh ou GJ) et mesurés ou calculés sur la même base de temps (l'année par exemple pour le reporting à l'inspection des installations classées).

Facteurs d'équivalence

Les facteurs d'équivalence de l'énergie dans la formule (2,6 pour l'électricité et 1,1 pour la chaleur) sont à prendre en compte pour l'énergie produite, importée et autoconsommée.

Il n'y a pas de facteur d'équivalence (= 1) pour les combustibles hors déchets (gaz naturel, FOD, propane, ...) utilisés par l'UVE.

Energie produite (Ep)

A interpréter comme produite et utilisée (énergie générée et effectivement utilisée), pas uniquement exportée.

Ep comprend :

- L'énergie (chaleur et électricité) exportée hors de l'UVE (vers une tierce partie ou vers une autre installation du site)
- L'énergie utilisée dans l'UVE (pour le réchauffage des fumées, ...). Les autoconsommations d'énergie thermique pouvant être prises en compte dans Ep sont indiquées dans l'annexe II de l'arrêté du 28 décembre 2017 pris pour l'application des articles 266 sexies et 266 nonies du code des douanes.
Pour être considérées comme valorisées, les énergies consommées doivent être mesurées au moyen de compteur ayant a minima été étalonné chez le fabricant et faisant l'objet d'un programme de maintenance et d'un contrôle annuel.

Pour éviter le double comptage, l'énergie vapeur servant à produire de l'électricité (en entrée GTA) ne doit pas être comptée également comme énergie chaleur (déjà comptée en énergie électrique). En exception, si le GTA est hors de l'UVE (exploité par un autre opérateur) l'énergie allant vers le GTA est à compter en énergie chaleur et non en énergie électrique (l'électricité produite par le GTA ne sera alors pas prise en compte).

Energie apportée par les combustibles et servant à produire de la vapeur (Ef)

Ef inclut uniquement l'énergie des combustibles non déchets (gaz naturel, FOD, propane, ...) utilisés pour les démarrages / arrêts des fours d'incinération, leur maintien en température (> 850 °C) via les brûleurs fours.

Ne sont à compter dans Ef que la partie permettant de produire de la vapeur (ou de la chaleur) dans la (les) chaudière(s) de l'UVE. Si cette part n'est pas suivie par le site précisément, on peut la prendre égale à 50 % de l'énergie des combustibles utilisés par les brûleurs four(s).

Energie importée (Ei)

Ei inclut :

- L'électricité importée par l'UVE (si pas de GTA ou lors des arrêts GTA)
- L'énergie importée par l'UVE sous forme chaleur ou vapeur (cas rare). Les retours de condensats de réseaux de chaleur ou de froid ne sont pas à prendre en compte dans Ei mais à déduire (en énergie) de Ep.
- L'énergie des combustibles non déchets (gaz naturel, FOD, propane, ...) utilisés pour les démarrages / arrêts des fours d'incinération, **pour la partie ne permettant pas de produire de la vapeur (ou de la chaleur) dans la (les) chaudière(s) de l'UVE**. Si cette part n'est pas suivie par le site précisément, on peut la prendre égale aux 50 % restants de l'énergie des combustibles utilisés par les brûleurs four(s).
- L'énergie des combustibles utilisés pour réchauffer les fumées (brûleur avant SCR par exemple)

Le numérateur de la formule Pe ((Ep - (Ef + Ei)) peut donc se résumer aux termes suivant en tenant compte des facteurs d'équivalence :

$$(2,6 Ee.p + 1,1 Eth.p) - (2,6 Ee.a + 1,1 Eth.a + Ec.a)$$

Avec :

Ee.p : électricité produite par l'UVE

Eth.p : chaleur valorisée en interne ou en externe de l'UVE

Ee.a : électricité importée par l'UVE (si pas de GTA ou lors des arrêts GTA)

Eth.a : énergie thermique externe (sous forme de chaleur ou de vapeur) importée par l'UVE (cas rare)

Ec.a : énergie des combustibles non déchets (gaz naturel, FOD, propane, ...) utilisés pour les démarrages / arrêts des fours d'incinération, leur maintien en température et pour réchauffer les fumées (brûleur avant SCR par exemple)

Energie contenue dans les déchets traités (Ew)

Ew est l'énergie contenue dans les déchets traités calculée sur la base de leur pouvoir calorifique inférieur (PCI) :

$$Ew = Q \text{ déchets} \times \text{PCI}$$

Où Q déchets = tonnage incinéré = tonnage de déchets entrant dans l'UVE (dans les trémies des fours d'incinération) et non sur le site. Dans le cas d'un pré-traitement (tri, broyage, criblage, ...) en effet une partie du tonnage déchets entrant sur le site peut ne pas alimenter les fours ; de même en cas de réévacuation lors des arrêts techniques ou incidents (arrêts des fours).

Tous les types de déchets traités doivent être inclus y compris les combustibles dérivés de déchets (CSR, combustibles solides de récupération) s'ils ne sont pas sortis du statut de déchets.

Le PCI est calculé suivant la méthode décrite au point suivant.

Calcul du PCI

Le calcul du PCI est effectué selon la méthode des pertes séparées telle que décrite dans le fascicule 82 et dans le guide allemand FDBR, Acceptance testing of waste incineration plants with grate firing systems (application aux UVE de la norme NF EN 12952-15, Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires Partie 15 : Essais de réception).

L'annexe donne le tableau de calcul à utiliser.

Ce calcul du PCI sera utilisé en particulier pour la déclaration annuelle aux Dréal tel que demandé à l'article 31 b) de l'arrêté du 20 septembre 2002 modifié (« Les installations d'incinération et de co-incinération doivent réaliser chaque année une évaluation du pouvoir calorifique inférieur des déchets incinérés et en transmettre les résultats à l'inspection des installations classées. »)

FCC

FCC représente le facteur de correction climatique tel que défini ci-dessous.

1) Le FCC pour les installations en exploitation et autorisées, conformément à la législation de l'Union en vigueur, avant le 1er septembre 2015 est :

$$FCC = 1 \text{ si } DJC \geq 3\,350$$

$$FCC = 1,25 \text{ si } DJC \leq 2\,150$$

$$FCC = - (0,25/1\,200) \times DJC + 1,698 \text{ si } 2\,150 < DJC < 3\,350$$

2) Le FCC pour les installations autorisées après le 31 août 2015 et pour les installations visées au point 1) après le 31 décembre 2029 est :

$$FCC = 1 \text{ si } DJC \geq 3\,350$$

$$FCC = 1,12 \text{ si } DJC \leq 2\,150$$

$$FCC = - (0,12/1\,200) \times DJC + 1,335 \text{ si } 2\,150 < DJC < 3\,350$$

3) La valeur résultante du FCC est arrondie à la troisième décimale.

La valeur de DJC (degrés-jours de chauffage) à prendre en considération est la moyenne des valeurs annuelles de DJC de la station météo la plus proche où est implantée l'installation d'incinération, calculée sur une période de vingt années consécutives avant l'année pour laquelle le FCC est calculé. Pour le calcul de la valeur de DJC, il y a lieu d'appliquer la méthode suivante, établie par Eurostat :

DJC est égal à $(18 \text{ °C} - T_m) \times j$ si T_m est inférieure ou égale à 15 °C (seuil de chauffage) et est égal à zéro si T_m est supérieure à 15 °C ,

T_m étant la température extérieure moyenne $(T_{min} + T_{max})/2$ sur une période de j jours. Les calculs sont effectués sur une base journalière ($j = 1$) et additionnés pour obtenir une année.

Les données T_{min} et T_{max} utilisées doivent être issues de la station météo la plus proche où est implantée l'installation.

A noter que Météo France propose un produit (payant) qui donne pour la station météo la plus proche du site le calcul des DJC annuels et du FCC de l'année considérée selon les formules indiquées ci-dessus.

Cette formule de la performance énergétique qui considère le FCC est à prendre en compte pour le calcul de la performance énergétique de l'installation à partir de l'année 2016.

Seuil pour la classification en unité de valorisation

Le seuil de 0,65 pour la P_e , permettant de définir qu'une UVE est une installation de valorisation (R1), s'applique aux installations autorisées après le 31 décembre 2008 ou ayant fait l'objet d'une extension augmentant leur capacité de traitement ou d'une modification notable par renouvellement des fours après le 31 décembre 2008. Il ne s'applique pas aux installations existantes qui font l'objet d'une modification d'une partie du process (grille(s), chambre(s) de combustion, chaudière(s), traitement des fumées, GTA, ...) sans modification de la capacité d'incinération (via l'ajout d'une ligne de traitement par exemple), pour lesquelles le seuil de 0,6 s'applique même si cette modification conduit à l'établissement d'un nouvel arrêté d'autorisation d'exploiter ou d'un arrêté complémentaire. Dans le cas de l'ajout d'une ligne de traitement seule la nouvelle ligne est considérée comme autorisée après le 31 décembre 2008 et se verra appliquer le seuil de 0,65.

Import de déchets

Pour rappel, une UVE classée valorisation peut importer pour traitement des déchets provenant d'autres pays européens (à condition, bien sûr, que son arrêté préfectoral l'autorise et dans le respect du règlement (CE) n°1013/2006).

Annexe (Fichier de calcul du PCI et du rendement four-chaudière)

Par souci de cohérence, la méthode appliquée sera celle des pertes séparées telle que décrite dans le fascicule 82 et dans le guide allemand FDBR, Acceptance testing of waste incineration plants with grate firing systems (application aux UVE de la norme NF EN 12952-15, Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires Partie 15 : Essais de réception).

Le tableau page suivante permet d'effectuer le calcul du PCI et du rendement four-chaudière :

- Les données du cadre données mesurées doivent être mesurées sur la même période de temps
- Pour les sites avec plusieurs lignes d'incinération, le calcul peut être fait par ligne (le PCI du site sera alors la moyenne pondérée par le tonnage incinéré par ligne du PCI calculé sur chaque ligne) ou directement pour l'ensemble des lignes. Dans ce dernier cas, entrer la
 - somme des lignes pour les données Tonnages déchets incinéré, Débit d'air de combustion, Débit vapeur surchauffée, Débit vapeur saturée utilisée, Débit eau surchauffée, Débit eau alimentaire, Débit fumées sortie chaudière, Débit de fumées recyclées, Energie combustible d'appoint, Débit d'eau injectée dans le four
 - moyenne des lignes pour les données Heures dans la période, Température air de combustion, Pression vapeur surchauffée, Température vapeur surchauffée, Température vapeur saturée, Température eau surchauffée, Température eau alimentaire, Température fumées sortie chaudière, Température fumées recyclées
- Les données sont mesurées avec les instruments du site (qui seront vérifiés et maintenus régulièrement)
- Le débit fumées sortie chaudière ne pouvant être mesuré (longueurs droites de gaines insuffisantes à cet endroit pour avoir une mesure fiable) il sera estimé à partir du débit mesuré en cheminé corrigé par les entrées d'air (correction via mesure d'O₂) et l'injection éventuelle d'eau dans le traitement des fumées.
- Le % de mâchefers secs par rapport au tonnage déchets incinéré est à ajuster en fonction des valeurs relevées sur site ; les autres coefficients ne sont normalement pas à modifier sauf valeur justifiée.
- **Important** : il est à noter que vu l'imprécision sur les nombreuses mesures entrantes dans le calcul, en particulier l'estimation du débit fumées sortie chaudière, **l'incertitude sur ce calcul est d'au moins + ou - 5 %.**

L'ensemble des données doivent être mesurées sur la même période de temps				
	unité	notation	valeur	formule de calcul
DONNEES MESUREES				
Heures dans la période	h	h période	0	
Tonnage déchets incinéré	tonnes	Q déchets	0	
Débit d'air de combustion	Nm ³	Q air	0	
Température air de combustion	°C	T air	0	
Débit vapeur surchauffée	tonnes	Q vap surch	0	
Pression vapeur surchauffée	bars abs	P vap surch	0,0	
Température vapeur surchauffée	°C	T vap surch	0	
Débit vapeur saturée utilisé (SCR,...)	tonnes	Q vap sat	0	
Température vapeur saturée	°C	T vap sat	0	
Débit eau surchauffée	tonnes	Q eau surch	0	
Température eau surchauffée	°C	Teau surch	0	
Débit eau alimentaire	tonnes	Q eau alim	0	
Température eau alimentaire	°C	Teau alim	0	
Débit fumées sortie chaudière	Nm ³	Q fumées rec	0	
Température fumées sortie chaudière	°C	T fumées rec	0	
Débit de fumées recyclées	Nm ³	Q fumées rec	0	
Température fumées recyclées	°C	T fumées rec	0	
Energie combustible d'appoint avant produit de la vapeur	MJ	E comb	0	
Débit d'eau injectée dans le four (SNCR,...)	kg	Q eau inj	0	
COEFFICIENTS (FIXES OU SPECIFIQUES AUX SITES)				
% de mâche fers secs par rapport au tonnage déchets incinéré	%	% mâch	25,0	
Température moyenne des mâche fers en sortie four	°C	T mâch	400	
Cp mâche fers	kJ/kg°C	Cp mâch	0,84	
% d'imbrûlés dans les mâche fers	%	% imb	2,0	
PCI des imbrûlés	kJ/kg	PCI imb	33000	
Cp des fumées	kJ/Nm ³ °C	Cp fumées	1,39	
Cp eau alimentaire	kJ/kg°C	Cp eau	4,186	
Enthalpie de vaporisation de l'eau	kJ/kg	H vap eau	2257	
Cp air de combustion	kJ/kg°C	Cp air	1,013	
Densité de l'air	kg/Nm ³	D air	1,293	
Taux de purges chaudière	%	% purges	1,0	
CALCULS				
Enthalpie vapeur surchauffée	kJ/kg	H vap surch		Fonction de P vap surch et de T vap surch
Enthalpie vapeur saturée	kJ/kg	H vap sat		Fonction de T vap sat
Enthalpie eau surchauffée	kJ/kg	Heau surch		Fonction de Teau surch
Energie vapeur surchauffée	MJ	Evap surch	0	H vap surch x Q vap surch
Energie vapeur saturée	MJ	Evap sat	0	H vap sat x Q vap sat
Energie eau surchauffée	MJ	Eeau surch	0	Heau surch x Q eau surch
Energie eau alimentaire	MJ	Eeau alim	0	Cp eau x Teau alim x Q eau alim
Energie air de combustion	MJ	Eair	0	Cp air x T air x Q air x D air / 1000
Energie des fumées sortie chaudière	MJ	E fumées	0	Cp fumées x T fumées x Q fumées / 1000
Energie des fumées recyclées	MJ	E fumées rec	0	Cp fumées x T fumées rec x Q fumées rec / 1000
Energie de vaporisation de l'eau injectée dans le four	MJ	Eeau inj	0	H vap eau x Q eau inj / 1000
Energie des purges	MJ	Epurges	0	Cp eau x T vap sat x Q eau alim x % purges
Pertes chaleur sensible et imbrûlés mâche fers	MJ	P mâch	0	% mâch x Q déchets x (Cp mâch x T mâch + % imb x PCI imb)
Pertes convection - rayonnement four-chaudière	MJ	P fç	#DIV/0!	0,022 x ((Evap surch + Evap sat + Eeau surch + Epurges - Eeau alim) / (3600 x h période)) ^{0,7} x 3600 x h période
CALCUL DU PCI	GJ/t	PCI	#DIV/0!	(Evap surch + Evap sat + Eeau surch + E fumées + Eeau inj + Epurges + P mâch + P fç - Eeau alim - Eair - E fumées rec - Ecomb) / Q déchets / 1000
	kcal/kg		#DIV/0!	
CALCUL DE Ew	MWh	Ew	#DIV/0!	PCI en GJ/t x Q déchets / 3,6
CALCUL DU RENDEMENT FOURS/CHAUDIÈRES	%	Rend	#DIV/0!	(Evap surch + Evap sat + Eeau surch + Epurges - Eeau alim) / (Q déchets x PCI + Eair + E fumées rec - Eeau inj + Ecomb)