



(ID Modèle = 454988)

Ineris - 181291 - 875352 - v1.0

22/10/2019

Caractérisation expérimentale de la combustion d'une palette de bouteilles en verre vides

O-I MANUFACTURING FRANCE SAS



maîtriser le risque |
pour un développement durable |

PRÉAMBULE

Le présent document a été établi sur la base des informations transmises à l'Ineris. La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations fournies.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du présent document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La prestation ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser le document après cette date.

L'établissement du présent document et la prestation associée sont réalisés dans le cadre d'une obligation de moyens.

Au vu de la mission qui incombe à l'Ineris au titre de l'article R131-36 du Code de l'environnement, celui-ci n'est pas décideur. Ainsi, les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre de cette prestation ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur. Par conséquent la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du présent document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour toute utilisation du document en dehors de son objet.

En cas de contradiction entre les conditions générales de vente et les stipulations du présent préambule, les stipulations du présent préambule prévalent sur les stipulations des conditions générales de vente.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction des Risques Accidentels

Rédaction : FOUILLEN Fabien

Vérification : TRUCHOT BENJAMIN

Approbation : DUPLANTIER STEPHANE – le 22/10/2019

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Jean-Pierre BERTRAND, Thierry DURUSSEL, Christian MALVAUX, Stéphane MANIA.

Table des matières

1	Introduction.....	4
1.1	Contexte de l'étude.....	4
1.2	Organisation de la présente étude	4
2	Présentation de l'installation expérimentale	5
2.1	Dispositif expérimental	5
2.2	Description de l'échantillon testé	5
2.3	Essais réalisés.....	6
2.3.1	Description.....	6
2.3.2	Instrumentation.....	6
3	Résultats expérimentaux.....	8
3.1	Essai n°1 : Palette seule.....	8
3.2	Essai n°2 : Calibration de l'agression	10
3.2.1	Détermination de la puissance	10
3.2.2	Concentration en O ₂ et en CO/CO ₂	12
3.3	Essai n°3 : Palette en configuration de stockage	12
3.3.1	Détermination de la durée de l'incendie	12
3.3.2	Puissance émise.....	13
3.3.3	Energie dégagée	14
3.4	Synthèse des essais.....	14
4	Conclusions	15
5	Annexes.....	16
	ANNEXE 1.....	17

1 Introduction

1.1 Contexte de l'étude

Dans le cadre de ses activités, la société OI Manufacturing stocke, sur son site de Veauche, des palettes de produits finis. Il s'agit de bouteilles en verre vides. OI Manufacturing souhaite évaluer le caractère combustible de ce stockage.

L'objet de cette prestation est donc de réaliser des essais spécifiques sur les produits stockés afin d'évaluer la combustibilité du conditionnement unitaire susceptible d'être présent au sein de votre stockage. L'objectif de ces essais est d'évaluer le caractère combustible de l'ensemble.

L'Ineris a développé une méthodologie expérimentale permettant de déterminer les propriétés de combustion d'une palette dans un feu d'entrepôt. Cette méthodologie permet ensuite, le cas échéant, de calculer les effets thermiques autour du stockage en s'appuyant sur les propriétés de combustion réelles du produit ou de conclure au caractère non combustible au sens de la rubrique 1510 au titre de la note BRTICP/2011-331/AL-PB du 28/11/11 relative au classement des stockages associés à certaines activités de production alimentaire.

Les essais réalisés dans le cadre de cette étude sont basés sur ce protocole, disponible sur le site AIDA de l'Ineris et référencé DRA-13-133881-07549A pour l'évaluation de la puissance dégagée par la combustion de palettes contenant différents types de produits.

1.2 Organisation de la présente étude

Le rapport est divisé en 3 chapitres principaux :

- le chapitre 2 présente l'installation expérimentale et détaille les protocoles des essais ;
- le chapitre 3 présente les différents résultats obtenus au cours des essais ;
- le chapitre 4 présente la conclusion sur les propriétés de combustibilité des échantillons testés.

2 Présentation de l'installation expérimentale

2.1 Dispositif expérimental

Les essais ont été réalisés dans la chambre 1 000 m³ de l'Ineris, présentée sur la Figure 1. La consigne de ventilation pour de tels essais était fixée entre 15 000 et 20 000 Nm³/h. La valeur exacte du débit est mesurée en continu pendant toute la durée des essais.



Figure 1 : Chambre 1 000 m³.

2.2 Description de l'échantillon testé

L'échantillon est constitué de 12 niveaux de bouteilles en verre, séparés par des intercalaires, le tout reposant sur une palette en bois de 1,2 m par 1,0 m. Un cartonnage est positionné au sommet de la palette, et l'ensemble est maintenu par un plastique thermoformé. Les deux palettes fournies ont une masse totale identique d'environ 440 kg, décomposée de la manière suivante :

- carton : 0,6 kg,
- 1 080 flacons de verre : 397 kg,
- 12 intercalaires en plastique : 19,7 kg,
- film extérieur : 2 kg,
- palette bois : 22 kg.

En considérant un potentiel calorifique de 20 MJ/kg pour le bois et 30 MJ/kg pour les matières plastiques, cela représente un potentiel calorifique d'environ 1 100 MJ.

Une photo de l'échantillon est présentée sur la Figure 2.



Figure 2 : Photo de l'échantillon testé.

2.3 Essais réalisés

2.3.1 Description

Conformément au protocole Flumilog, document DRA-13-133881-07549A, 3 essais ont été réalisés :

- essai N°1 : essai de combustion de la palette seule avec pour seule source d'agression deux brûleurs gaz,
- essai N°2 : essai de combustion d'une charge calorifique calibrée,
- essai N°3 : essai de combustion de la palette agressive par la charge calibrée.

Le protocole complet est reproduit sur le site internet de l'Ineris :

http://www.ineris.fr/aida/sites/default/files/gesdoc/73123/Protocole_essais_V1.pdf

2.3.2 Instrumentation

La Figure 3 présente la position des différents éléments ainsi que la métrologie mise en place. Cette métrologie est la même pour tous les essais réalisés.

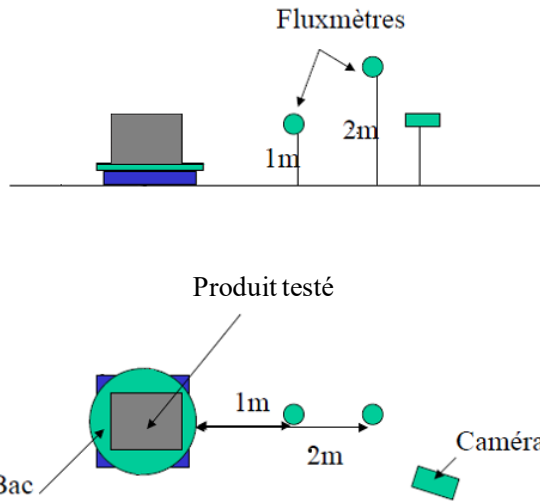


Figure 3 : Représentation schématique de la métrologie des essais.

L'instrumentation mise en œuvre est constituée :

- de deux fluxmètres permettant de mesurer le flux thermique à 1 et 2 m de hauteur, placés respectivement à une distance de 1 et 3 m de l'échantillon sur la même face (gamme de flux 0-50 kW/m²),
- d'analyseurs gaz pour les mesures de concentration des fumées dans le panache (CO, CO₂ et O₂) permettant la détermination de la puissance du feu,
- de plusieurs caméras, dont une caméra thermique, filmant les essais et permettant, le cas échéant, de déterminer la hauteur de flamme.

3 Résultats expérimentaux

3.1 Essai n°1 : Palette seule

Cet essai a consisté à étudier la combustion d'une palette isolée afin de caractériser l'agression thermique qui devra être utilisée pour déterminer la puissance dégagée par la palette prise dans un incendie généralisé.

Pour cet essai, l'allumage a été réalisé par deux brûleurs de 75 kW chacun orientés vers la base de la palette et fonctionnant pendant 5 minutes. La position des différents éléments est présentée sur la Figure 4.



Figure 4 : Position des brûleurs servant à l'allumage de l'essai 1.

L'essai N°1 a permis de déterminer l'évolution de la puissance de la palette brûlant de manière isolée et l'énergie totale dégagée par cette combustion. L'évolution de la puissance est présentée sur la Figure 5, avec la méthode de calorimétrie par consommation d'oxygène (OC).

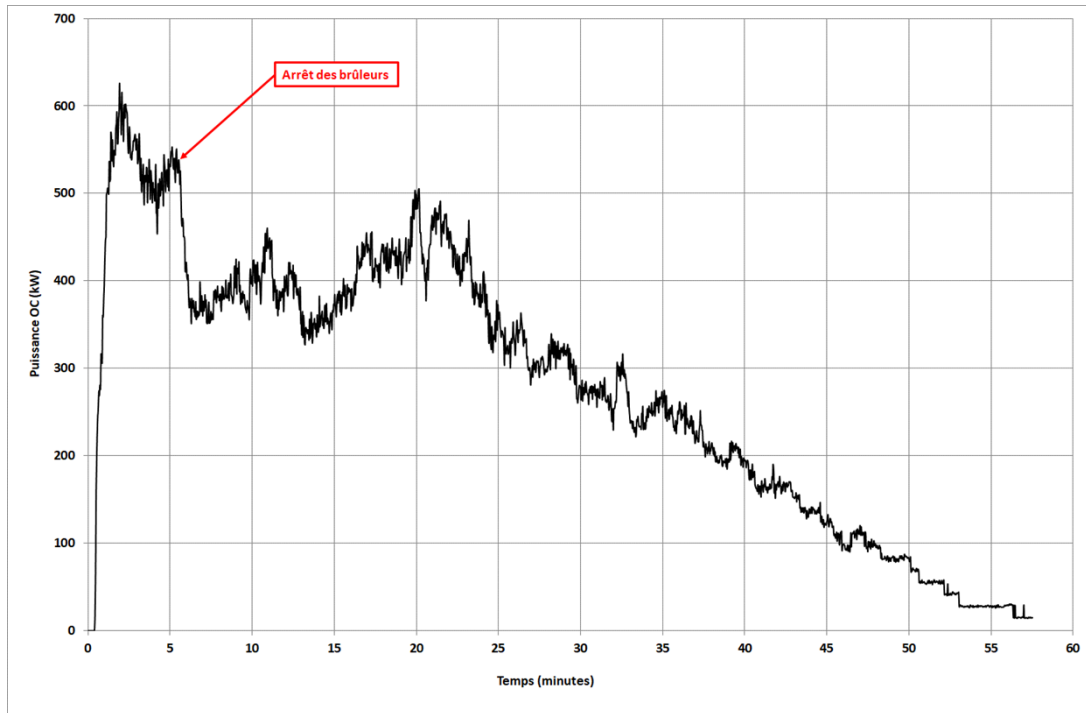


Figure 5 : Puissance développée par l'incendie - Essai 1.

La puissance maximale mesurée lors de cet essai est de 625 kW, cette valeur intègre la contribution des brûleurs. Le dégagement de puissance diminue dès l'extinction des brûleurs. La durée de persistance de la flamme à l'extinction des brûleurs est de près de 50 minutes, d'après une observation visuelle. Le Tableau 1 présente les principaux résultats obtenus lors de l'essai N°1.

Masse totale de la palette (kg)	440
Energie totale dégagée lors de l'essai (MJ)	960
Energie dégagée par les brûleurs (MJ)	82
Chaleur de combustion (MJ/kg)	2,0

Tableau 1 : Principaux résultats issus de l'essai 1.

L'énergie totale dégagée lors de l'essai est de 960 MJ, en retranchant l'énergie dégagée par les brûleurs. La chaleur de combustion ramenée à la masse de la palette est donc de 2,0 MJ/kg. Cette valeur est inférieure à 2,5 MJ/kg, premier critère de la note de doctrine générale n°BRTICP/2011-331/AL-PB du 28/11/11.

Les essais N°2 et 3 sont donc réalisés selon le protocole visant à démontrer la non-combustibilité du produit pour classement sous la rubrique 1510. La vision schématique de ce protocole est rappelée sur la figure suivante.

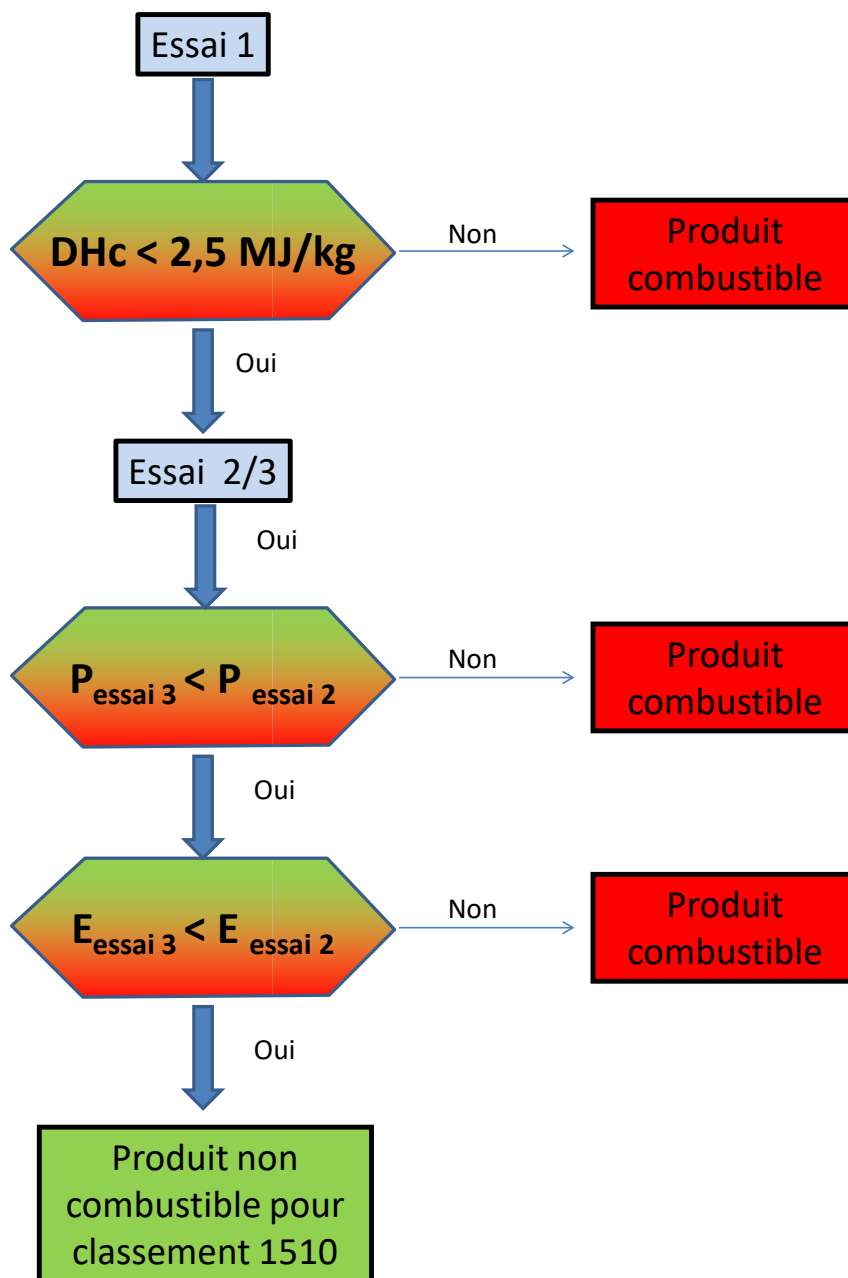


Figure 6 : Logigramme du protocole expérimental.

3.2 Essai n°2 : Calibration de l'agression

3.2.1 Détermination de la puissance

Les bouteilles en verre étant un produit pouvant prétendre d'après l'essai N°1 au caractère non combustible, l'essai N°2 consiste à générer une agression thermique représentative de l'incendie des seuls produits combustibles présents sur les palettes. Pour ce faire, l'agression est réalisée au moyen de 156 kg de palettes de bois, répartis sur 3 faces, soit 52 kg par face de la palette testée, dont la présence est ici simulée par la mise en place d'un masque. 52 kg de bois représente une énergie de 1 050 MJ environ, soit bien cohérent avec la charge calorifique de la palette. L'inflammation est réalisée à l'aide de trois petits brûleurs au propane d'une puissance unitaire de 20 kW.

La Figure 7 présente de manière schématique le montage expérimental de l'Essai N°2.

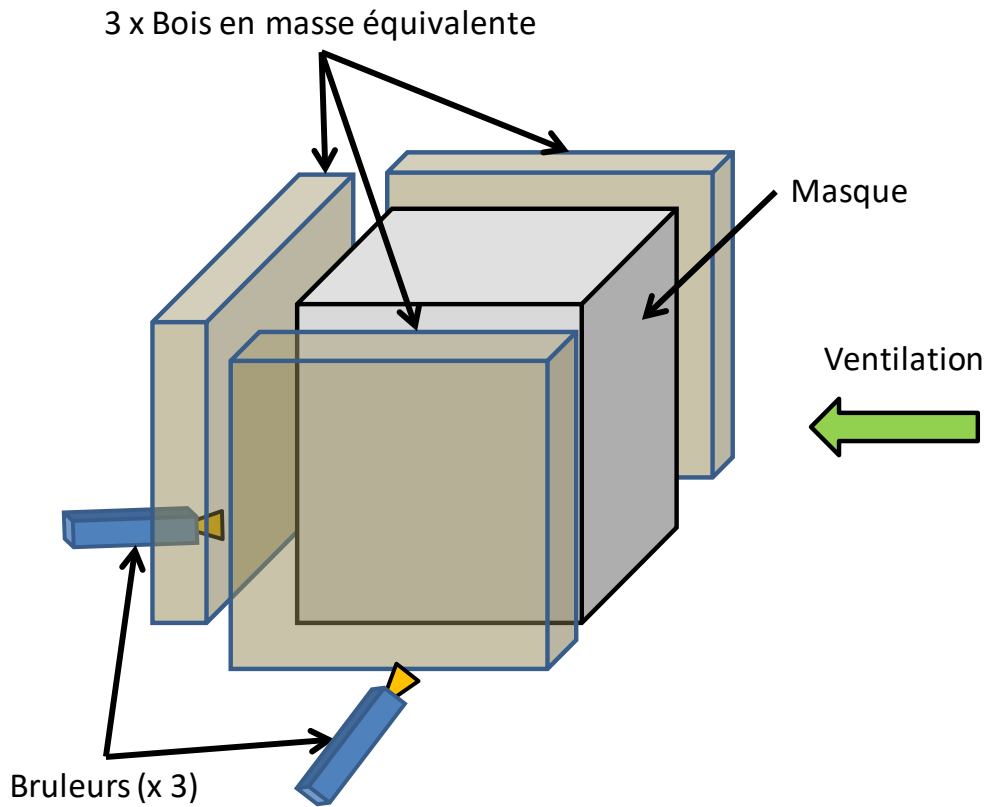


Figure 7 : Schématisation de l'essai 2.

La Figure 8 montre l'évolution de la puissance pour l'essai N°2 évaluée selon la méthode de calorimétrie par consommation d'oxygène (OC). La puissance maximale obtenue est de l'ordre de 2,5 MW.

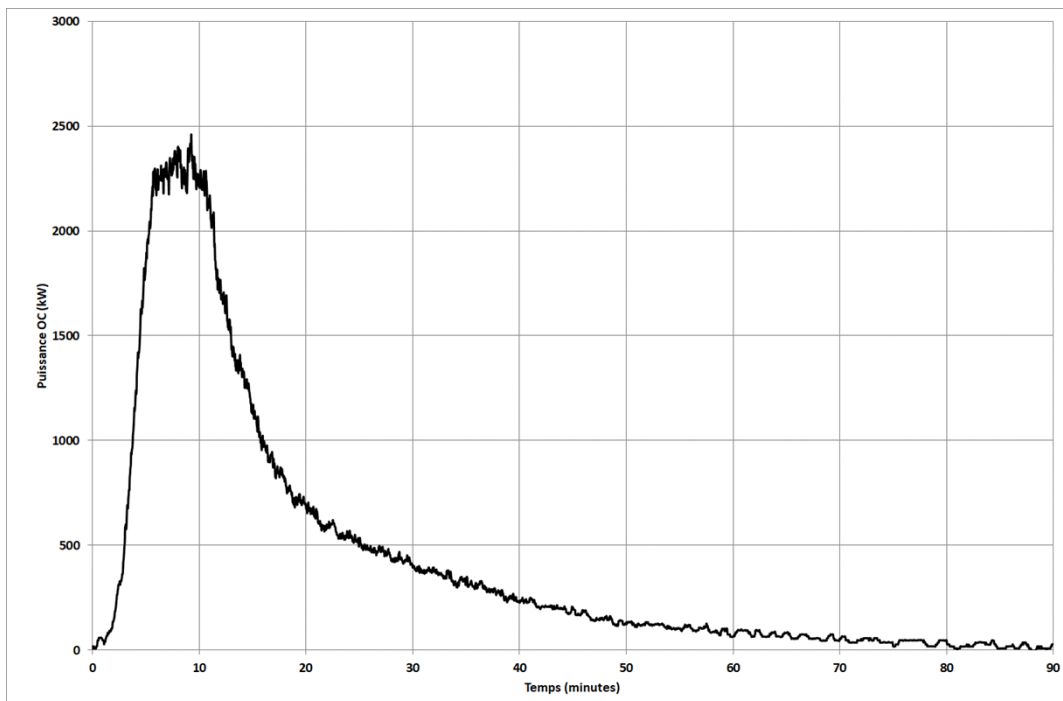


Figure 8 : Puissance de l'agression (Essai 2) retenue pour l'Essai 3.

3.2.2 Concentration en O₂ et en CO/CO₂

La Figure 9 montre les concentrations en O₂ et CO/CO₂ mesurées en deux points distincts lors de l'essai N°2. Ces résultats permettent de démontrer la cohérence de l'instrumentation et l'homogénéité des valeurs de concentration mesurée.

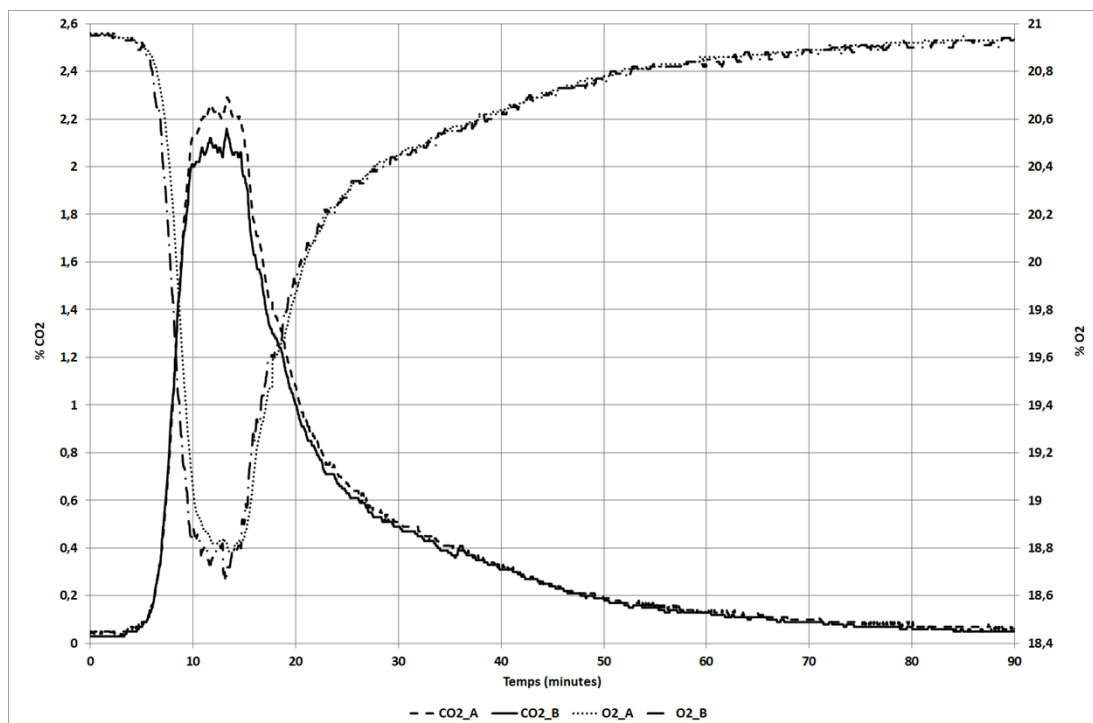


Figure 9 : Concentrations en O₂ et CO₂ pour l'Essai 2.

Ces courbes montrent un excellent accord entre les 2 points de mesure, témoignant de l'homogénéité du mélange gazeux dans les fumées.

3.3 Essai n°3 : Palette en configuration de stockage

Afin de démontrer le caractère non combustible au sens de la 1510, il convient à présent de vérifier les critères sur l'énergie et la puissance, à savoir :

- la puissance mesurée lors de la combustion de la palette complète est inférieure à la puissance mesurée lors de la combustion des combustibles présents sur la palette ;
- l'énergie libérée par la combustion de la palette complète est inférieure à l'énergie libérée par la combustion des combustibles présents sur la palette.

Afin de déterminer l'énergie libérée par la combustion de la palette, il est nécessaire d'évaluer au préalable la durée de l'incendie de la palette.

3.3.1 Détermination de la durée de l'incendie

Un flux radiatif mesuré à 1 m du foyer inférieur à 1,5 kW/m² indique la durée de combustion de la palette. En effet cela met en évidence que l'énergie rayonnée par la flamme ne produit plus d'effet susceptible de propager l'incendie¹, autrement dit, que le pouvoir émissif de la flamme est inférieur à 8 kW/m². La Figure 10 présente les flux mesurés à 1 et 2 m de la palette au cours de l'essai N°3.

¹ D'après le protocole DRA-13-133881-07549A

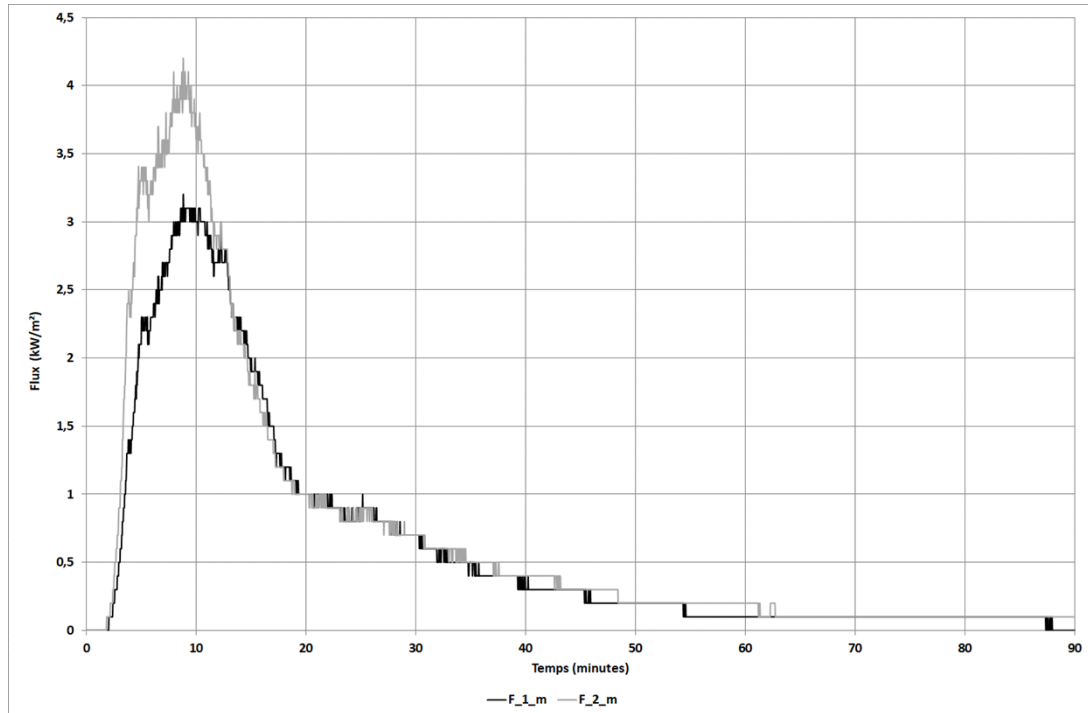


Figure 10 : Flux reçu à 1 et 2 m - Essai 3.

La durée de l'incendie de la palette au sens décrit précédemment n'excède ainsi pas 17 min.

3.3.2 Puissance émise

L'évolution de la puissance dégagée au cours de l'essai est présentée sur la Figure 11. Sur cette figure, la courbe de puissance obtenue lors de l'essai N°2 est également représentée.

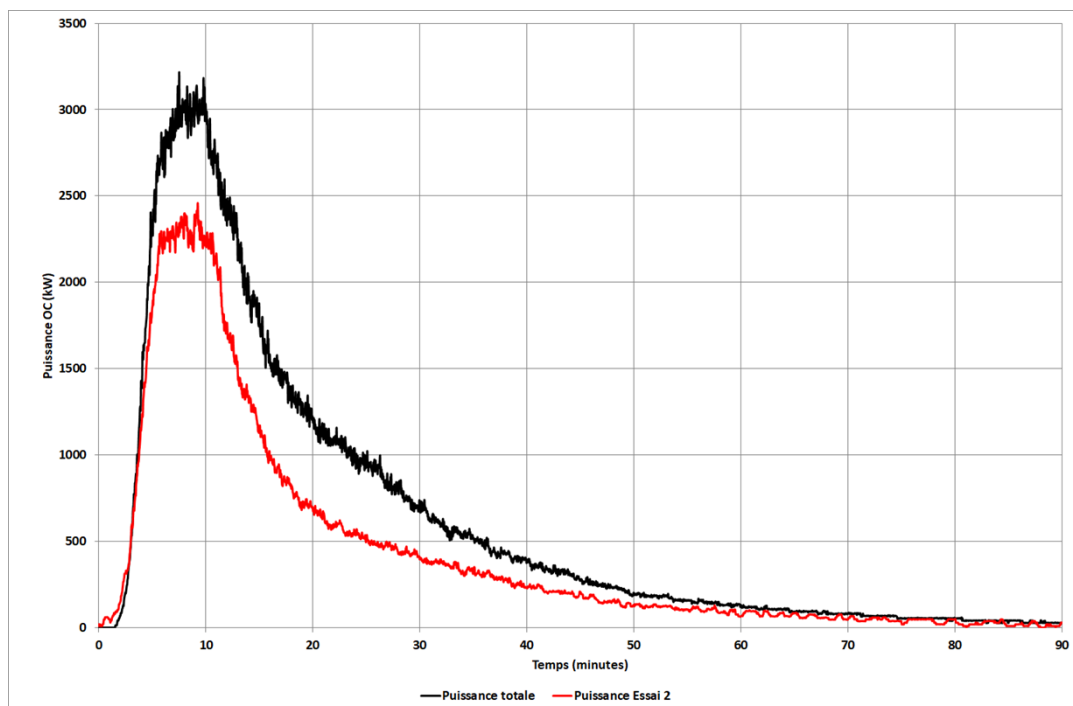


Figure 11 : Puissance totale - Essais 2 et 3.

Ce graphe montre que la puissance développée lors de l'essai 3 est supérieure à celle obtenue lors de l'essai 2. Ce type de conditionnement s'il est faiblement combustible ne peut donc pas être

considéré comme incombustible. En regard de la différence entre ces deux courbes, il peut être considéré que la palette seule développe une puissance de 730 kW.

3.3.3 Energie dégagée

La Figure 12 montre l'évolution de l'énergie dégagée lors des essais 2 et 3.

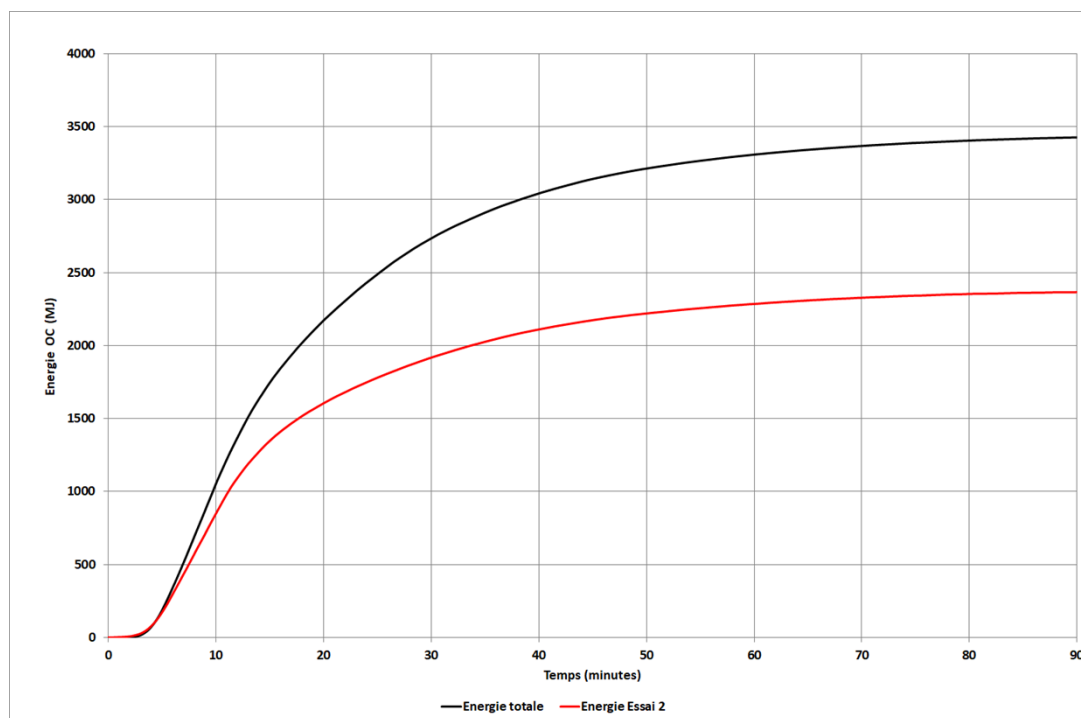


Figure 12 : Energie totale émise par l'échantillon 1 (PET) - Essais 2 et 3.

L'énergie totale émise lors de l'essai 3 est supérieure à celle émise lors de l'essai 2. L'énergie libérée par la palette est environ de 1 060 MJ. Le critère n°3 du protocole n'est donc pas vérifié pour les produits testés.

3.4 Synthèse des essais

Les essais ont mis en évidence que la palette de bouteilles en verre vides respectait le premier critère du protocole. En revanche, les critères 2 et 3 ne l'étant pas, la palette soumise à l'essai ne peut pas prétendre au caractère non combustible au titre de la rubrique 1510. La puissance dégagée par la palette est au maximum de 730 kW et la durée de l'incendie de la palette est de 17 min environ. Pour une telle puissance unitaire de palette, les flux thermiques aux alentours du stockage seraient négligeables mais non nuls.

4 Conclusions

Les essais réalisés montrent qu'une palette de bouteilles en verre vides, telle que celle soumise à l'essai est à classer comme combustible sous la rubrique 1510. L'essai a montré que, si la puissance développée lors de l'essai était faible, l'énergie totale libérée est supérieure à celle libérée lors de l'essai avec les seuls combustibles. De ce fait, ce produit ne peut pas être qualifié d'incombustible. L'énergie libérée par la palette atteint environ 1 060 MJ. Au vu des vidéos et photographies de la palette après essai, la quasi-totalité des matières combustibles a brûlé (Figure 13). Cela est confirmé par le ratio entre la charge combustible estimée et l'énergie dégagée mesurée.

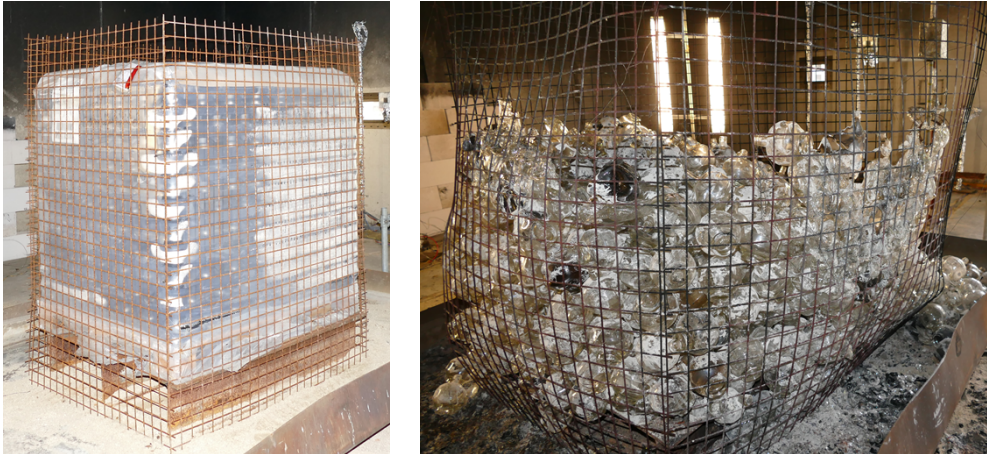


Figure 13 : Vues de la palette avant et après l'essai 3.

La puissance dégagée par la palette est toutefois faible, de ce fait, l'incendie d'un stockage de ces produits, s'il reste possible, ne générerait pas de flux thermiques importants. Il s'agirait très certainement, après la phase d'allumage, d'un feu couvant.

Le couple puissance / durée à retenir dans le cadre de modélisation avec l'outil relatif à la méthode FLUMilog serait :

- puissance palette : 730 kW,
- durée de combustion : 17 mn.

Ce produit ne pouvant pas être considéré comme non classable en tant que combustible sous la rubrique 1510, l'entrepôt concerné devra respecter toutes les préconisations des arrêtés ministériels 1510 correspondant au régime de classement.

5 Annexes

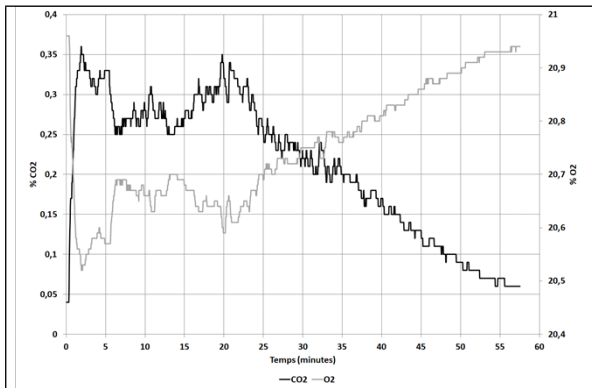
Liste des annexes :

- Annexe 1 : COURBES D'EVOLUTION DES GRANDEURS PHYSIQUES AU COURS DES ESSAIS

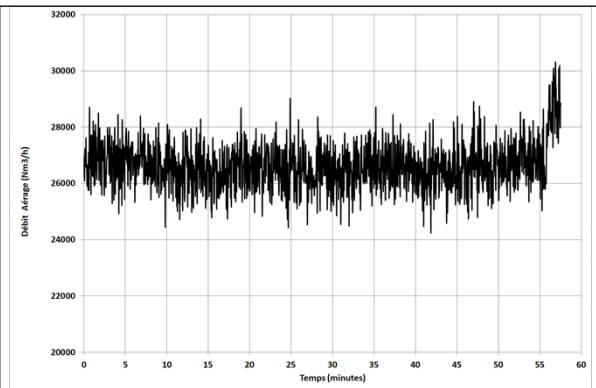
ANNEXE 1

COURBES D'EVOLUTION DES GRANDEURS PHYSIQUES AU COURS DES ESSAIS

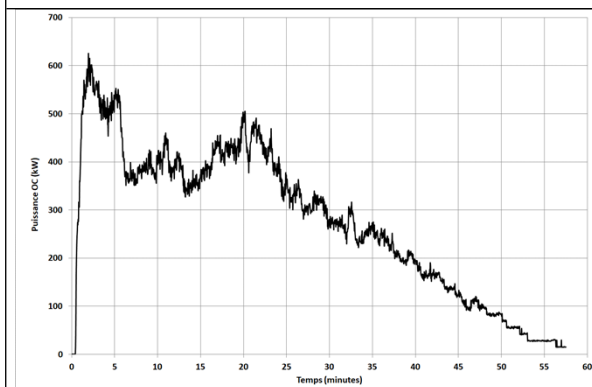
Courbes obtenues lors de l'essai 1



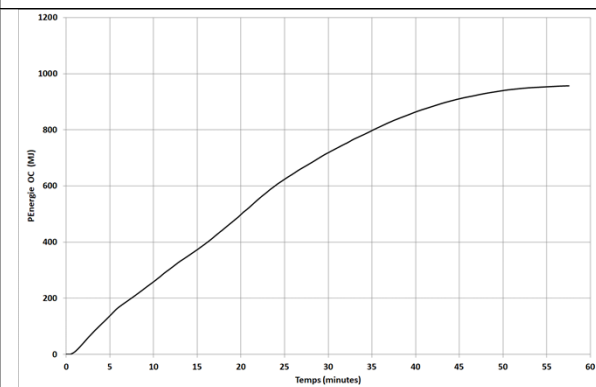
Evolution des concentrations en O₂ et CO₂



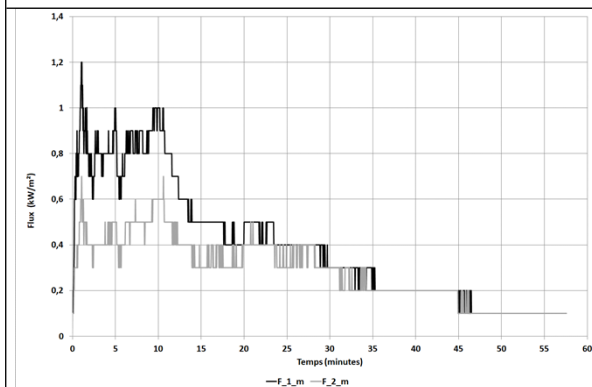
Evolution du débit volumique



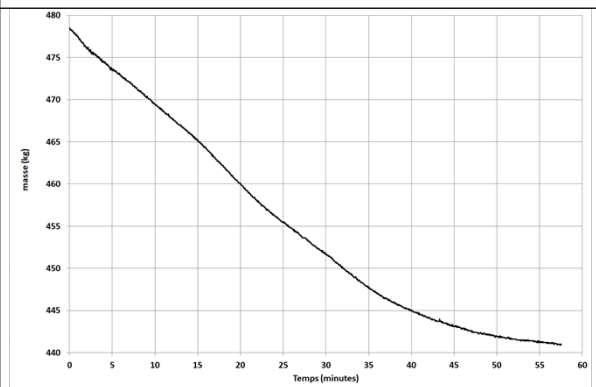
Evolution de la puissance



Evolution de l'énergie

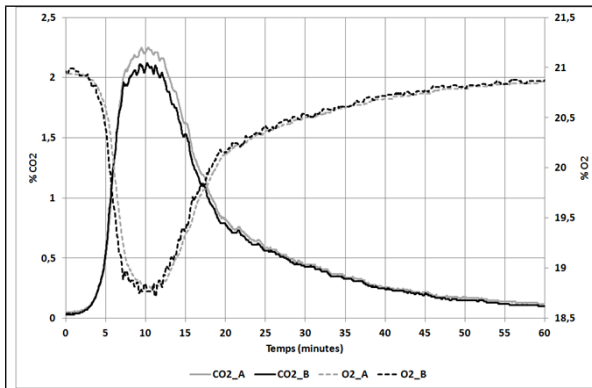


Evolution des flux thermiques à 1 et 2 m du foyer

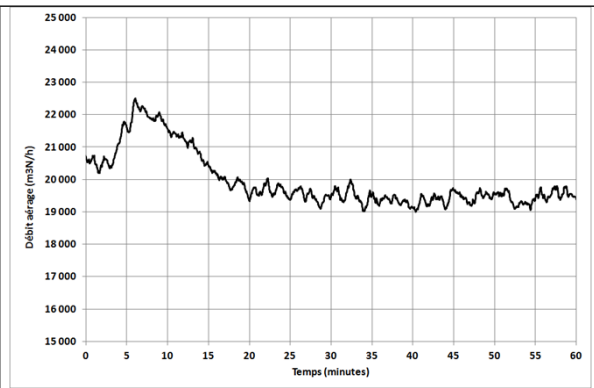


Evolution de la masse

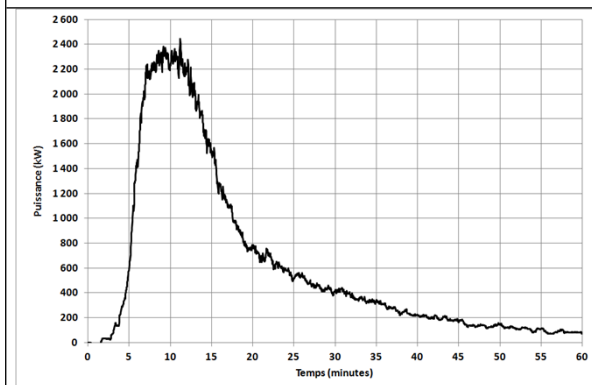
Courbes obtenues lors de l'essai 2



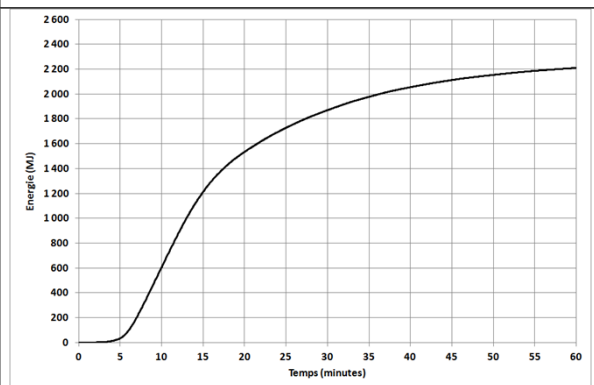
Evolution des concentrations en O₂ et CO₂



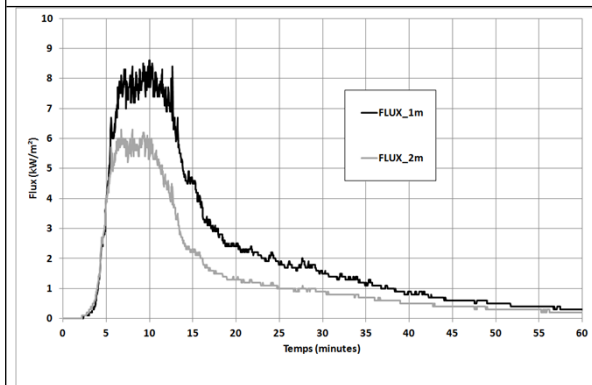
Evolution du débit volumique



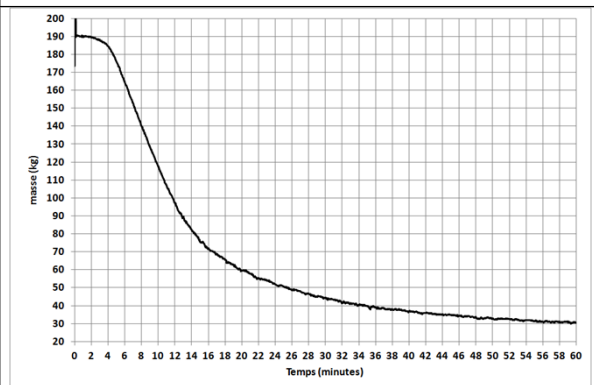
Evolution de la puissance



Evolution de l'énergie

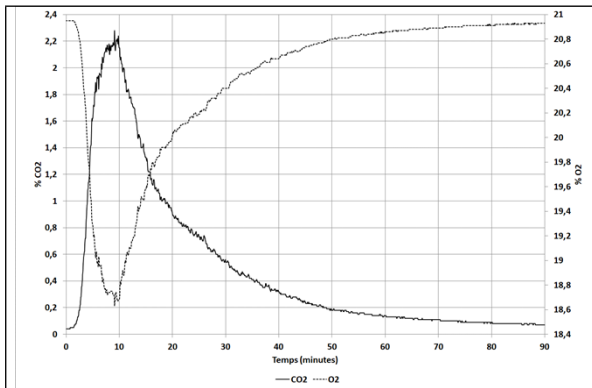


Evolution des flux thermiques à 1 et 2 m du foyer

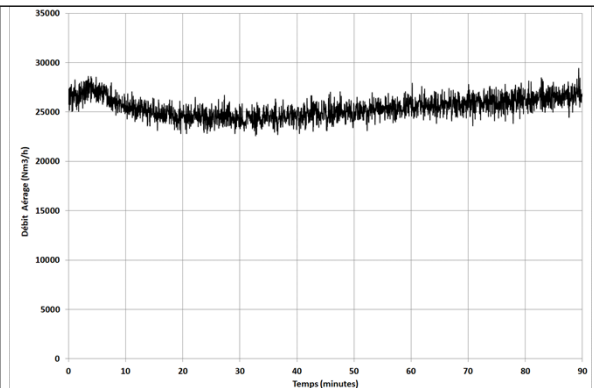


Evolution de la masse

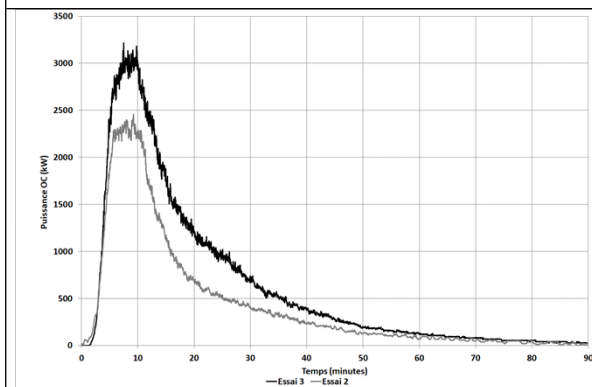
Courbes obtenues lors de l'essai 3



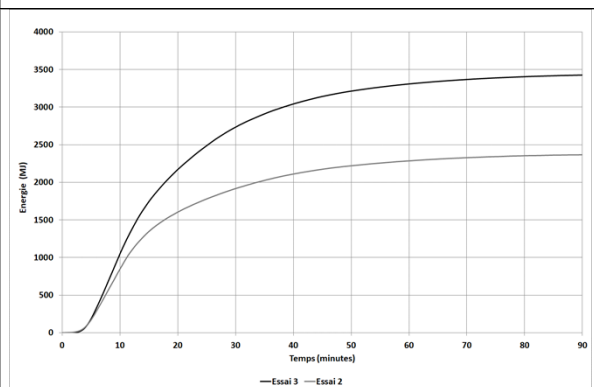
Evolution des concentrations en O₂ et CO₂



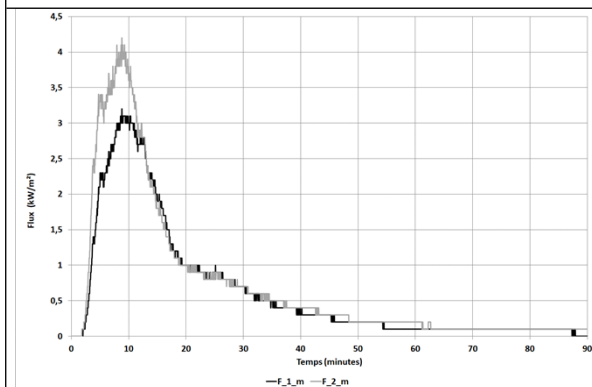
Evolution du débit volumique



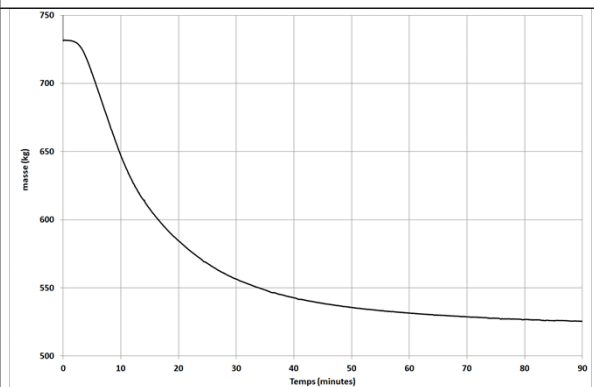
Evolution de la puissance



Evolution de l'énergie



Evolution des flux thermiques à 1 et 2 m du foyer



Evolution de la masse

