

RAPPORT D'ESSAIS
DRA-17-166679-01392A

06/02/2017

Caractérisation expérimentale de la combustion
de palettes contenant des sachets de légumes
cuits sous vide

INERIS

Centre National de Recherche et de
Technologie pour la Sécurité Industrielle
Incendie et Explosion

Caractérisation expérimentale de la combustion de palettes contenant des sachets de légumes cuits sous vide

Client : LUNOR

Liste des personnes ayant participé à l'étude : J.P. Bertrand, T. Durussel, C. Malvaux, S. Mania et F. Fouillen

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.




	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Fabien FOUILLEN	Benjamin TRUCHOT	Stéphane DUPLANTIER
Qualité	Ingénieur de l'Unité DIEM Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité DIEM Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle PHDS Direction des Risques Accidentels
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	5
1.1 Contexte de l'étude	5
1.2 Eléments contractuels	5
1.3 Organisation du rapport d'étude	5
2. PRESENTATION DE L'INSTALLATION EXPERIMENTALE	7
2.1 Dispositif expérimental	7
2.2 Description des échantillons testés	7
2.3 Essais réalisés	8
2.3.1 Description	8
2.3.2 Instrumentation	8
3. RESULTATS EXPERIMENTAUX	9
3.1 Essai n°1 : Palette seule	9
3.2 Essai n°2 : Calibration de l'agression	12
3.2.1 Détermination de la puissance	12
3.2.2 Concentration en O ₂ et en CO/CO ₂	13
3.3 Essai n°3 : Palette en configuration de stockage	14
3.3.1 Détermination de la durée de l'incendie	14
3.3.2 Puissance émise	15
3.3.3 Energie dégagée	15
3.4 Synthèse des essais	16
4. CONCLUSIONS	17

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

La société LUNOR s'interroge sur la combustibilité de palettes contenant des sachets de légumes cuits sous vide. Les produits stockés sont des légumes (pommes de terre) conditionnés en sachet plastiques et cuits sous vide. Ces sachets sont ensuite mis en cartons et palettisés sur palettes bois 0,80m x 1,20 m pour être stockés et transportés

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, au moyen du logiciel Fiumilog, 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 BRT/CP/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 ELEMENTS CONTRACTUELS

Cette prestation fait suite à :

- une proposition technique et financière référencée DRA-17-166679-00140A en date du 05/01/2017 ;
- une commande N° 015782 en date du 09/01/2017.

1.3 ORGANISATION DU RAPPORT D'ETUDE

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. PRESENTATION DE L'INSTALLATION EXPERIMENTALE

2.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

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 pendant toute la durée de l'essai.



Figure 1 : Chambre 1 000 m³.

2.2 DESCRIPTION DES ECHANTILLONS TESTES

L'échantillon est constitué de 77 cartons répartis sur 7 niveaux, chacun des cartons contenant 4 sachets de pommes de terre sous vide. La masse totale estimée de la palette et les masses des différents constituants sont synthétisées dans le Tableau 1.

Composant	Masse (kg)
Palette bois	17,0
Film plastique sur palette	0,17
Cartons	27,0
Sachets plastiques	6,5
Légumes	770,0
Masse totale	821

Tableau 1 : Composition massique de la palette testée.

2.3 ESSAIS REALISES

2.3.1 DESCRIPTION

Conformément au protocole Flunilog, document DRA-13-133881-07549A, 3 essais par échantillon 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 agressée 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 2 présente la position des différents éléments ainsi que la métrologie mise en place. Cette métrologie est la même pour tous les essais réalisés.

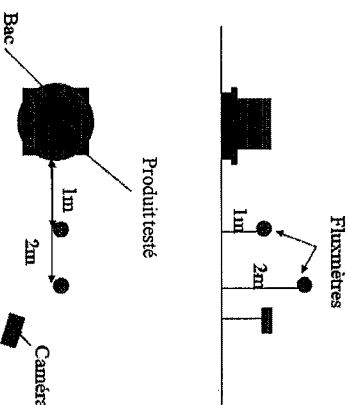


Figure 2 : Représentation schématique de la métrologie des essais.

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. RESULTATS EXPERIMENTAUX

3.1 ESSAI N°1 : PALETTE SEULE

Cet essai a consisté à étudier la combustion d'une palette isolée soit afin de caractériser l'agression thermique qui devra être utilisée pour déterminer la puissance dégagée par la palette prise dans un incendie généralisé soit afin de justifier d'une chaleur de combustion suffisant faible pour prétendre au caractère non combustible au sens de la rubrique 1510.

Pour cet essai, l'agression 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 3.

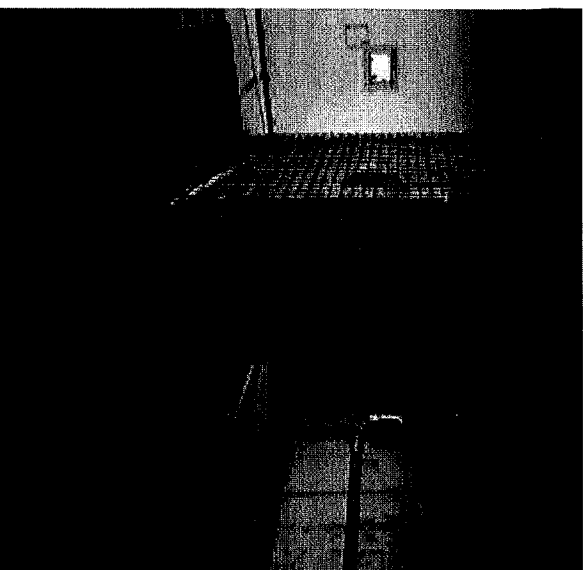


Figure 3 : Position des brûleurs servant à l'allumage de l'essai 1

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 4, avec la méthode de calorimétrie par consommation d'oxygène (OC).

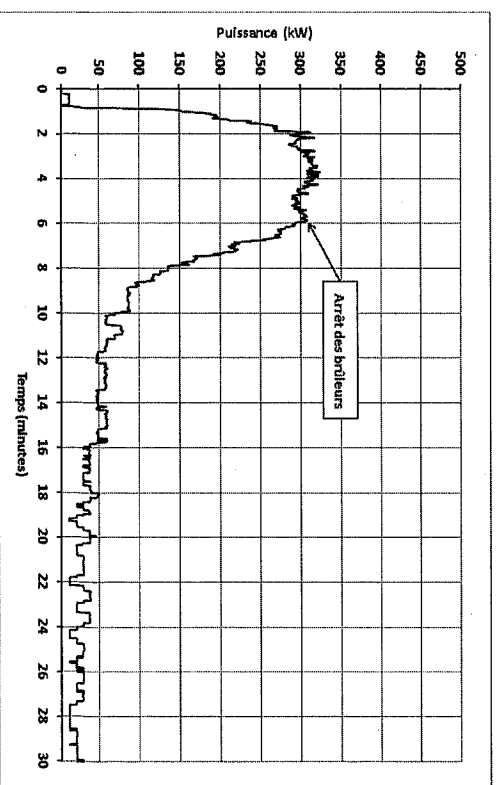


Figure 4 : Puissance développée par l'échantillon - Essai 1.

La puissance maximale mesurée lors de cet essai est de 325 kW, incluant la puissance des brûleurs. Le dégagement de puissance diminue fortement dès l'extinction des brûleurs. La durée de persistance de la flamme à l'extinction des brûleurs est de quelques minutes, d'après une observation visuelle. Le Tableau 2 présente les principaux résultats obtenus lors de l'essai N°1.

Masse totale de la palette (kg)	828
Energie totale dégagée par la combustion de la palette (MJ)	135
Chaleur de combustion (MJ/kg)	0,163

Tableau 2 : Principaux résultats issus de l'essai 1.

L'énergie totale dégagée par la combustion de la palette, c'est-à-dire en retranchant l'énergie dégagée par les brûleurs, lors de l'essai est de 135 MJ. La chaleur de combustion ramenée à la masse de la palette est donc de 0,163 MJ/kg. Cette valeur est bien 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.

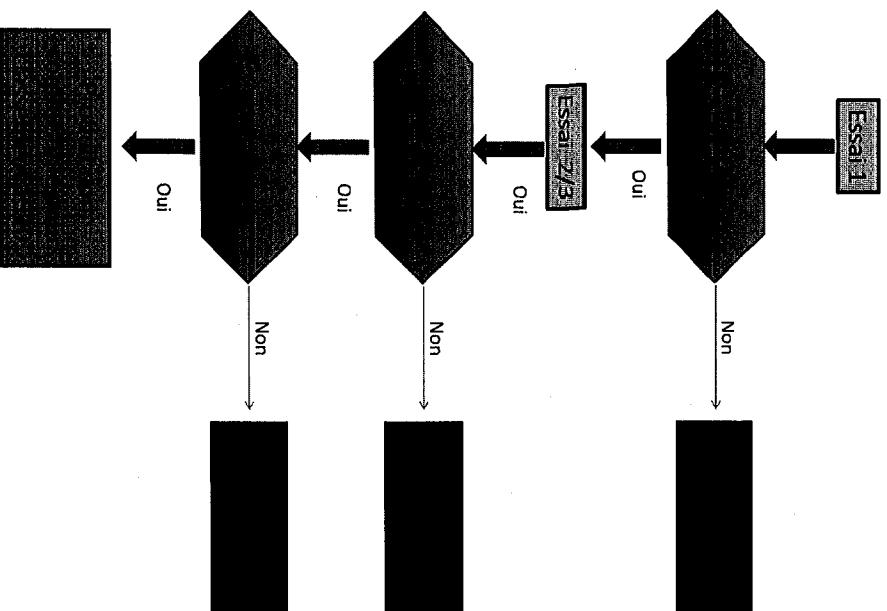


Figure 5 : Logigramme du protocole expérimental.

3.2 ESSAI N°2 : CALIBRATION DE L'AGRESSION

3.2.1 DETERMINATION DE LA PUISSANCE

Les légumes cuits sous vide étant un produit pouvant prétendre d'après l'essai N°1 au caractère non combustible, il s'agit dans l'essai N°2 de générer une agression thermique représentative de l'incendie des produits combustibles présents sur les palettes. Pour ce faire, l'agression est réalisée au moyen de 168 kg de palettes de bois, répartis sur 3 faces, soit 56 kg par face de la palette testée, dont la présence est ici simulée, pour l'essai de caractérisation de l'agression, par la mise en place d'un masque.

L'inflammation est réalisée à l'aide de trois brûleurs au propane d'une puissance unitaire de 20 kW.

La Figure 6 présente de manière schématique le montage expérimental de l'essai N°2.

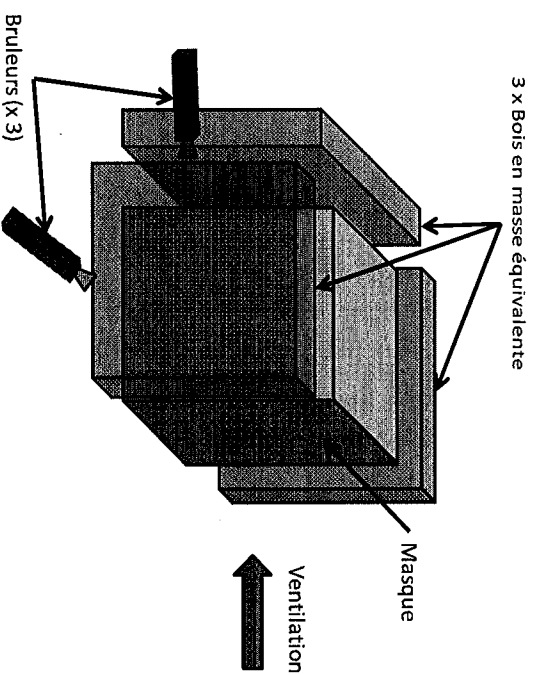


Figure 6 : Schématisation de l'essai 2.

La Figure 7 montre l'évolution de la puissance pour l'essai N°2 évaluée selon la méthode de calorimétrie par consommation d'oxygène (OC) pour les deux échantillons. La puissance maximale obtenue est de l'ordre de 2,5 MW.

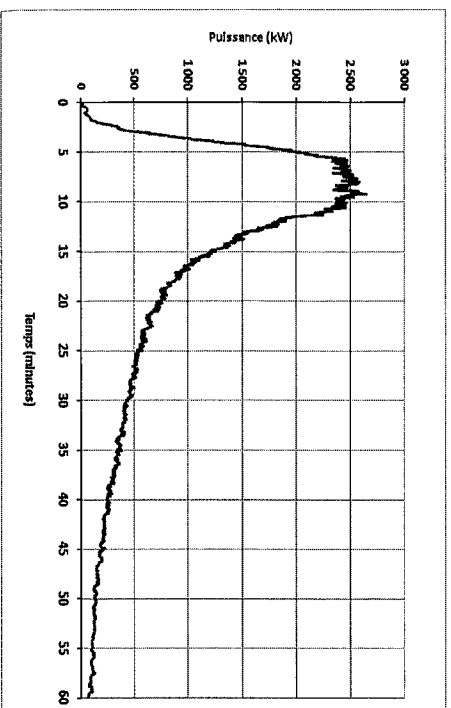


Figure 7 : Puissance de l'agression retenue pour l'Essai 3.

3.2.2 CONCENTRATION EN O₂ ET EN CO/CO₂

La Figure 8 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.

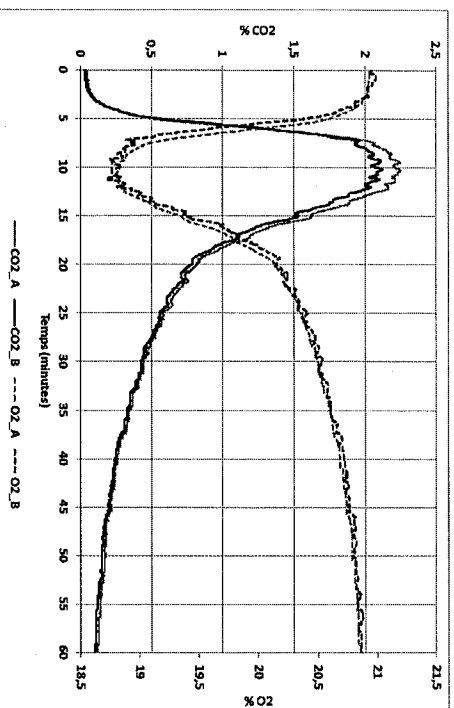


Figure 8 : Concentrations en O₂ et CO₂ pour l'Essai 2.

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 d'évaluer l'énergie totale dégagée, il est nécessaire de déterminer au préalable la durée de combustion de la palette.

3.3.1 DETERMINATION DE LA DUREE 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 9 présente les flux mesurés à 1 et 2 m de la palette au cours de l'essai N°3.

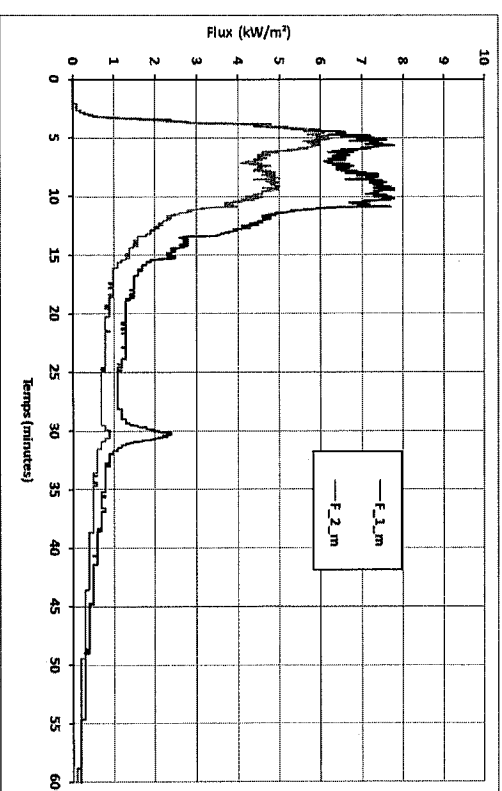


Figure 9 : Flux reçus à 1 et 2 m - Essai 3.

La durée de l'incendie de la palette au sens décrit précédemment n'exécède ainsi pas 18 min.

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

3.3.2 PUISSANCE EMISE

L'évolution de la puissance dégagée au cours de ces essais est sur la Figure 10. Sur cette figure, la courbe de puissance obtenue lors de l'essai N°2 est également représentée.

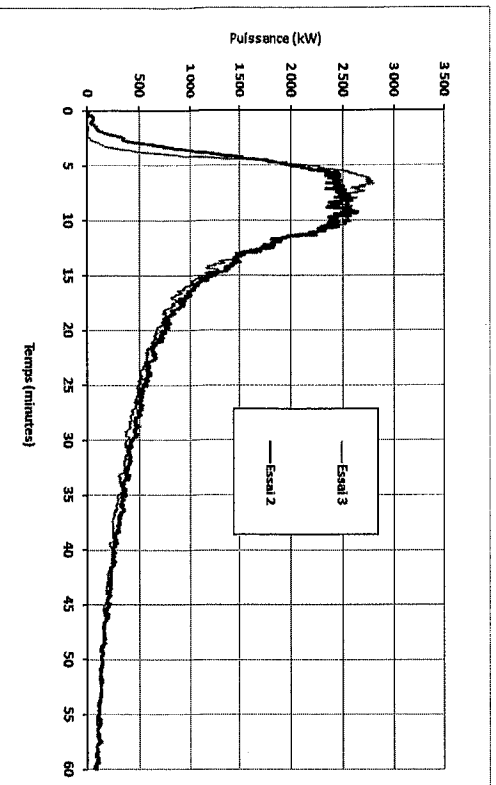


Figure 10 : Puissance totale - Essais 2 et 3.

Ce graphique montre que la puissance développée lors de l'essai 3 est équivalente à celle obtenue lors de l'essai 2. L'INERIS considère que le critère n°2 du protocole est vérifié. En effet, la valeur maximale de puissance mesurée pour l'essai n°3 est similaire à celle de l'essai 3, en intégrant la tolérance sur l'incertitude de la mesure, 10% selon le protocole précédemment cité. Ce léger écart peut également être dû à une modification de l'incendie de l'agression du fait d'une absorption différente entre le masque utilisé pour l'essai n°2 et la palette réelle positionnée pour cet essai.

3.3.3 ENERGIE DEGAGEE

La Figure 11 montre l'évolution de l'énergie dégagée lors des essais 2 et 3.

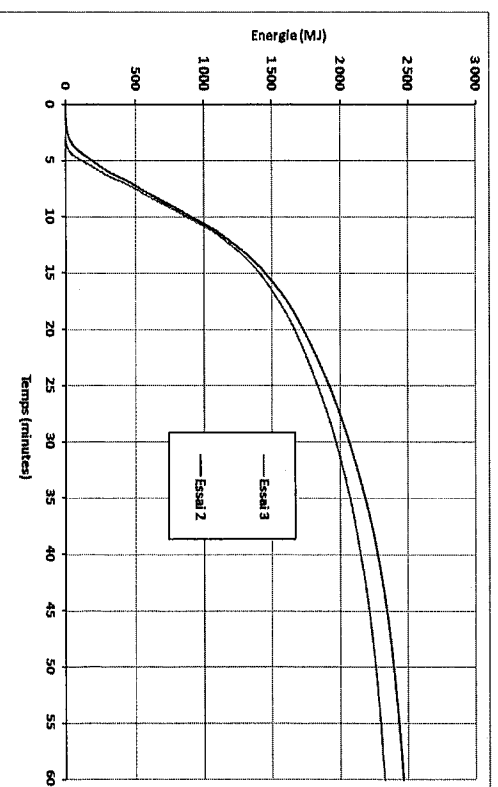


Figure 11 : Energie totale émise par l'échantillon - Essais 2 et 3.

L'énergie totale émise lors de l'essai 3 est inférieure à celle émise lors de l'essai 2. Le critère n°3 du protocole est donc vérifié.

3.4 SYNTHÈSE DES ESSAIS

Les essais ont mis en évidence que la palette de légumes cuits respectait l'ensemble des critères pour prétendre au caractère non combustible en regard du classement 1510. En effet, les critères 1 2 et 3 sont respectés :

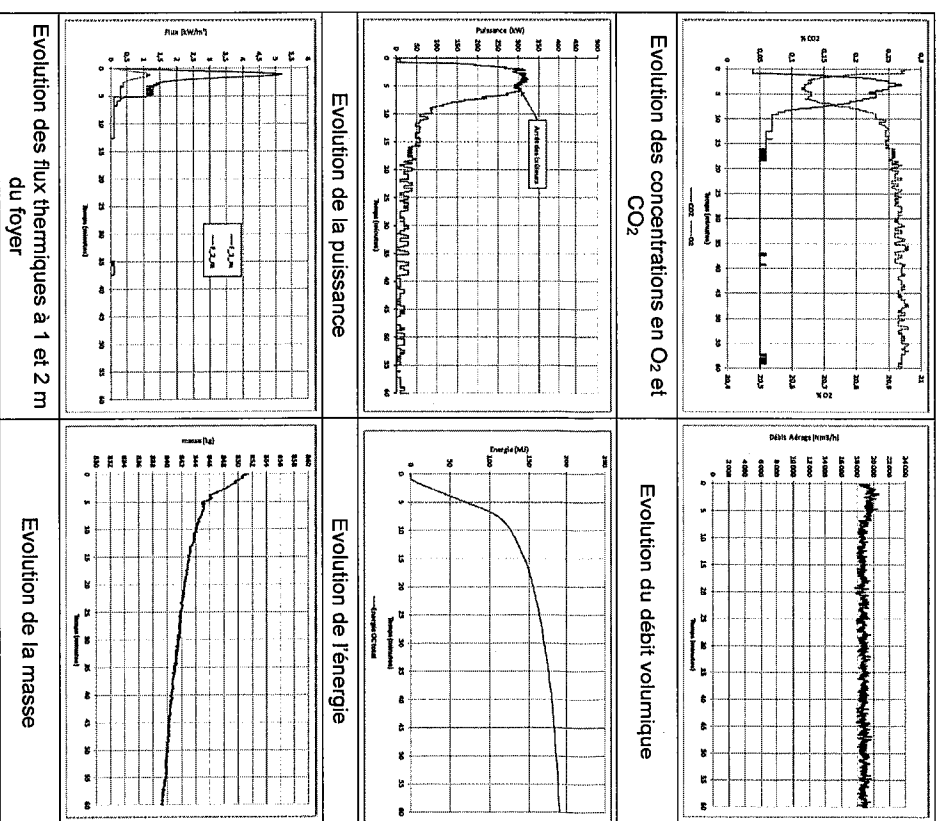
- l'énergie libérée lors de l'incendie de la palette complète (essai N°1) est inférieure à 2,5 MJ/kg ;
- la puissance mesurée lors de la combustion de la palette complète est considérée inférieure à la puissance mesurée lors de la combustion des combustibles présents sur la palette
- l'énergie libérée par la combustion de la palette complète est inférieure à l'énergie libérée par la combustion des combustibles présents sur la palette.

4. CONCLUSIONS

Les essais réalisés montrent qu'une palette de légumes cuits conditionnés en sachets sous vide telles que celles testées lors de la campagne ne sont pas à classer comme un combustible au sens de la rubrique. Ce type de palette pourra donc être considéré comme non classable en tant que combustible au sens de la rubrique 1510.

Pour pouvoir utiliser les conclusions de ce rapport, l'exploitant doit préciser par écrit et tenir à disposition sur le site d'utilisation, les dispositions permettant de mettre en œuvre et vérifier le respect de ces conditions de stockage. L'exploitant devra former les opérateurs pour cela.

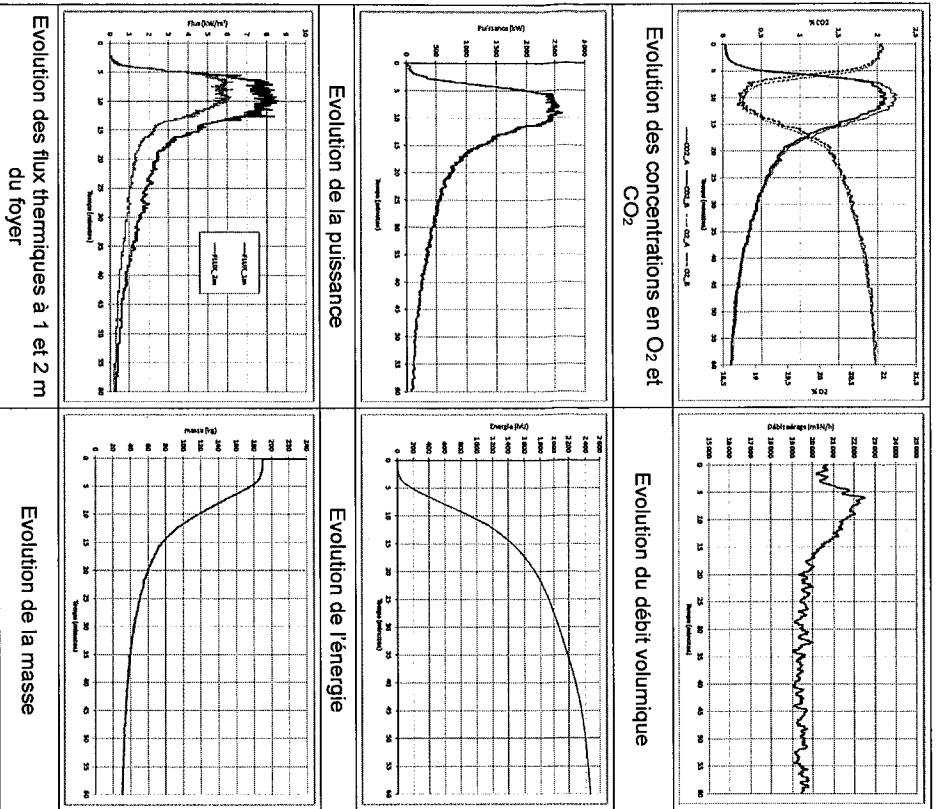
Courbes obtenues lors de l'essai 1



ANNEXE

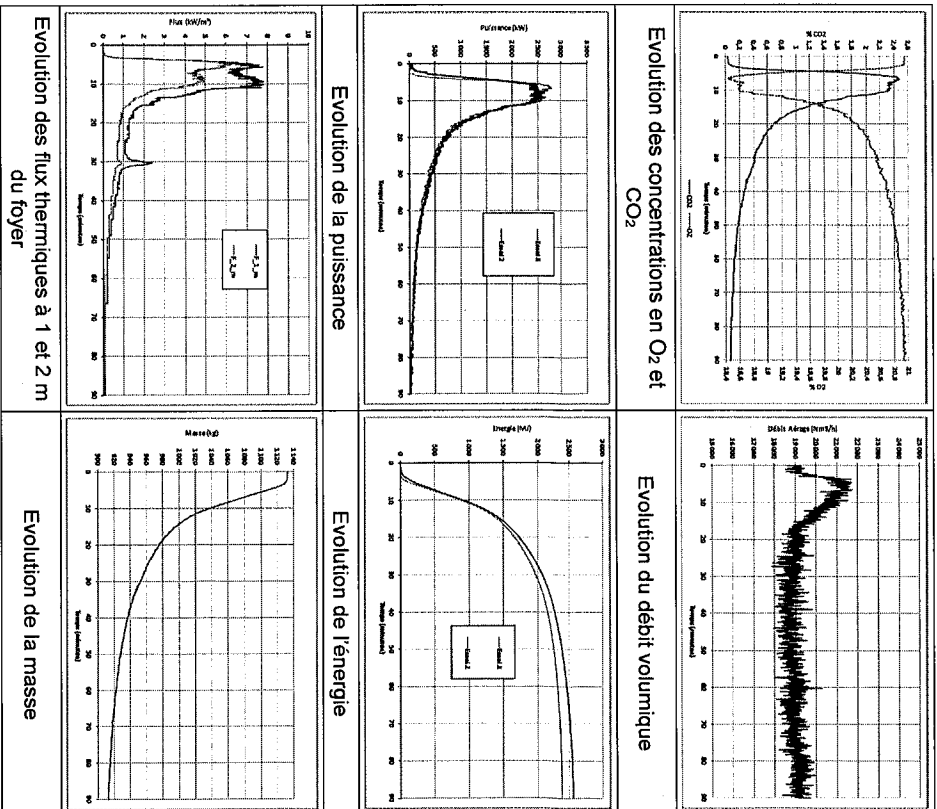
COURBES D'EVOLUTION DES GRANDEURS PHYSIQUES AU COURS DES ESSAIS POUR LES DEUX ECHANTILLONS

Courbes obtenues lors des l'essai 2



Ref. : INERIS-DRA-17-166679-01392A

Courbes obtenues lors des l'essai 3



Ref. : INERIS-DRA-17-166679-01392A

INLEPIS

with the following
parameters: <http://www.inlepis.com>

Industria nacional de procesamiento industrial de los recursos

Parque Tecnológico de Ate
9872 - 00000, Viamonte - 09113440

Tel: +51 (0)11 44 65 66 77 - Fax: +51 (0)11 44 65 66 99

Email: ventas@inlepis.com - Internet: <http://www.inlepis.com>

