

RAPPORT FINAL

30/09/2011

INERIS-DRA-11-123205-10218A

**Caractérisation de la combustion  
d'une palette de jus de fruit**



# **Caractérisation de la combustion d'une palette de jus de fruit**

Direction des Risques Accidentels/ Unité Incendie-Ventilation

Liste des personnes ayant participé à l'étude :      Stéphanie PATEJ  
Jean-Pierre BERTRAND  
Christian MALVAUX

## PREAMBULE

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 équivalent 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	Stéphanie PATEJ	Benjamin TRUCHOT	Stéphane DUPLANTIER
Qualité	Ingénieur Unité INVE Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité INVE Direction des Risques Accidentels	Responsable du pôle Phénomènes Dangereux et Résistance des Structures Direction des Risques Accidentels
Visa			

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
1.1	Contexte de l'étude.....	5
1.2	Éléments contractuels .....	5
1.3	Contenu de l'étude .....	5
1.4	Organisation de l'étude et du document.....	6
<b>2</b>	<b>ESSAI DE COMBUSTION DE L'AGRESSION THERMIQUE CONSTITUEE DE PALETTES ET DE CARTONS : ESSAI « A BLANC » .....</b>	<b>7</b>
2.1	Dispositif expérimental .....	7
2.2	Observations .....	9
2.3	Synthèses des résultats .....	10
<b>3</b>	<b>ESSAI DE COMBUSTION D'UNE PALETTE DE JUS DE FRUIT .....</b>	<b>11</b>
3.1	Dispositif expérimental .....	11
3.1.1	Palette de jus de fruit .....	11
3.2	Observations .....	12
3.3	Synthèses des résultats .....	14
3.3.1	Inventaire des produits après essai .....	14
3.3.2	Synthèses des observations et des mesures.....	16
<b>4</b>	<b>COMPARAISON DES 2 ESSAIS AFIN DE JUGER DE LA COMBUSTIBILITE DE LA PALETTE DE JUS DE FRUIT.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>21</b>



# **1 INTRODUCTION**

## **1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE**

Dans le cadre de la régularisation d'un dossier administratif, en concertation avec la DREAL, la société REFRESCO FRANCE s'interroge sur la combustibilité d'une palette de jus de fruit, palettes stockées en entrepôt. Ces palettes sont constituées, en plus du bois composant la palette, de carton, de film en polyéthylène et de bouteilles en polyéthylène téréphtalate contenant du jus de fruit. L'objectif de cet essai est d'évaluer le caractère combustible de l'ensemble.

L'INERIS a développé, dans le cadre du projet FLUMILOG, une méthodologie expérimentale permettant de déterminer les propriétés de combustion d'une palette prise dans un feu d'entrepôt (**ANNEXE 1**). Pour mémoire, 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. Afin d'évaluer la puissance dégagée par la combustion d'une palette de produits, l'essai réalisé lors de cette prestation s'inspire de ce protocole validé par les principaux centres techniques partenaires du projet Flumilog (CTICM, CNPP, IRSN, Efectis et INERIS) dont l'INERIS a assuré la direction technique.

L'objet de cette prestation est de réaliser un essai spécifique sur les produits stockés afin d'évaluer la combustibilité d'une palette.

## **1.2 ELEMENTS CONTRACTUELS**

Cette prestation fait suite à :

- Une proposition technique et financière référencée DRA-11-123205-06872B en date du 11 Juillet 2011,
- Une commande référencée NSG 11.09.02 en date du 27 septembre 2011.

## **1.3 CONTENU DE L'ETUDE**

Le stockage de la société REFRESCO FRANCE est composé de palettes de jus de fruit. L'objet de cette étude est d'évaluer, à grande échelle, les propriétés de combustion d'une palette de produits. Celle-ci s'appuie sur le protocole Flumilog (**ANNEXE 1**).

Ce protocole consiste à réaliser deux essais successifs :

- un essai avec une palette de produits sans autre agression extérieure que l'allumage,
- un essai avec une palette et une agression extérieure dont l'intensité simule la présence de palettes voisines, représentant ainsi une configuration de stockage en entrepôt.

Dans le cas présent, l'objectif est d'évaluer la combustibilité de la palette filmée de bouteilles de jus de fruit dans sa configuration de stockage. Pour ce faire, seul le second essai est nécessaire. L'agression thermique est réalisée, de manière prudente, par la charge combustible des palettes voisines, c'est-à-dire palettes bois et carton. Cette agression est mise en place sur trois des faces de la palette.

La prestation porte donc sur la réalisation d'un essai sur un échantillon à l'échelle de la palette afin de déterminer l'énergie dégagée par la combustion de celle-ci.

A noter que les palettes bois et les cartons composant l'agression thermique font également l'objet dans cette étude d'un essai dit « à blanc » (c'est-à-dire sans la palette de jus d'orange) afin de définir la puissance développée par l'agression thermique seule.

#### **1.4 ORGANISATION DE L'ETUDE ET DU DOCUMENT**

L'étude est donc composée de deux phases expérimentales :

- Une première phase correspondant à l'essai de l'agression thermique constituée de palettes bois et de cartons dit « essai à blanc ».
- Une seconde phase correspondant à l'essai sur la palette de jus de fruit agressée thermiquement par les palettes bois et les cartons.

Un comparatif de ces deux essais est ensuite réalisé afin de juger de la combustibilité de la palette de jus de fruit.



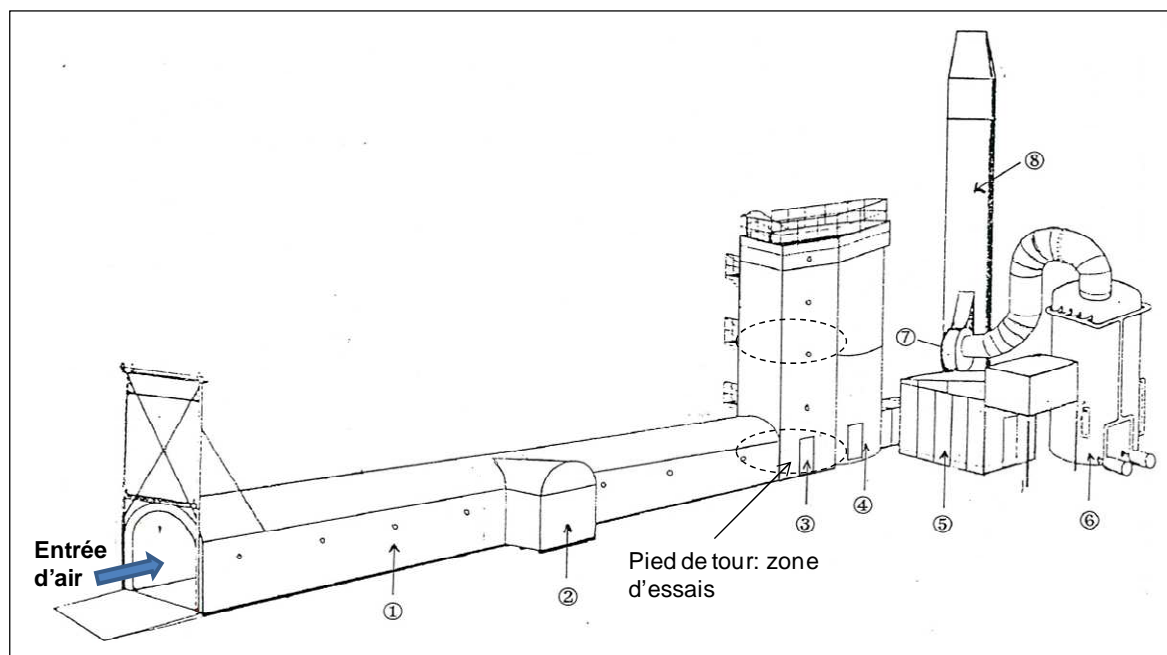
## **2 ESSAI DE COMBUSTION DE L'AGRESSION THERMIQUE CONSTITUEE DE PALETTES ET DE CARTONS : ESSAI « A BLANC »**

L'objectif de cet essai est de caractériser les paramètres de combustion des palettes bois et des cartons composant l'agression thermique de la palette de jus de fruit, afin de disposer, entre autres, des caractéristiques de référence en ce qui concerne :

- l'évolution de la puissance dégagée par l'incendie au cours du temps qui permet d'accéder à l'énergie libérée durant l'incendie,
- la puissance maximum atteinte lors de l'incendie.

### **2.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL**

Les essais sont réalisés dans la galerie incendie schématisée sur la Figure 1. La zone d'essais est localisée à l'extrémité de la galerie, en pied de tour. La Figure 2 et la Figure 3 présentent la position des différents éléments ainsi que la métrologie associée.



*Figure 1 : Schéma de la galerie incendie*

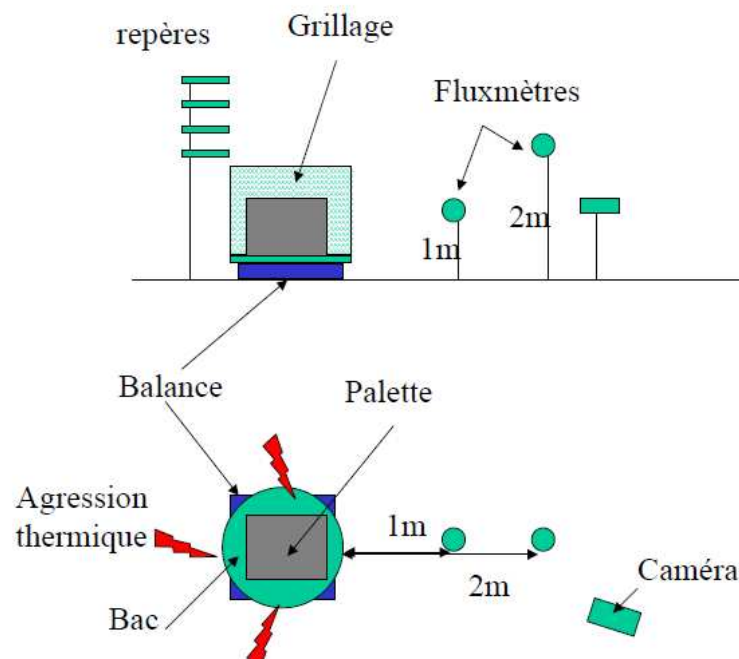


Figure 2 : Représentation schématique de l'essai avec agression thermique.

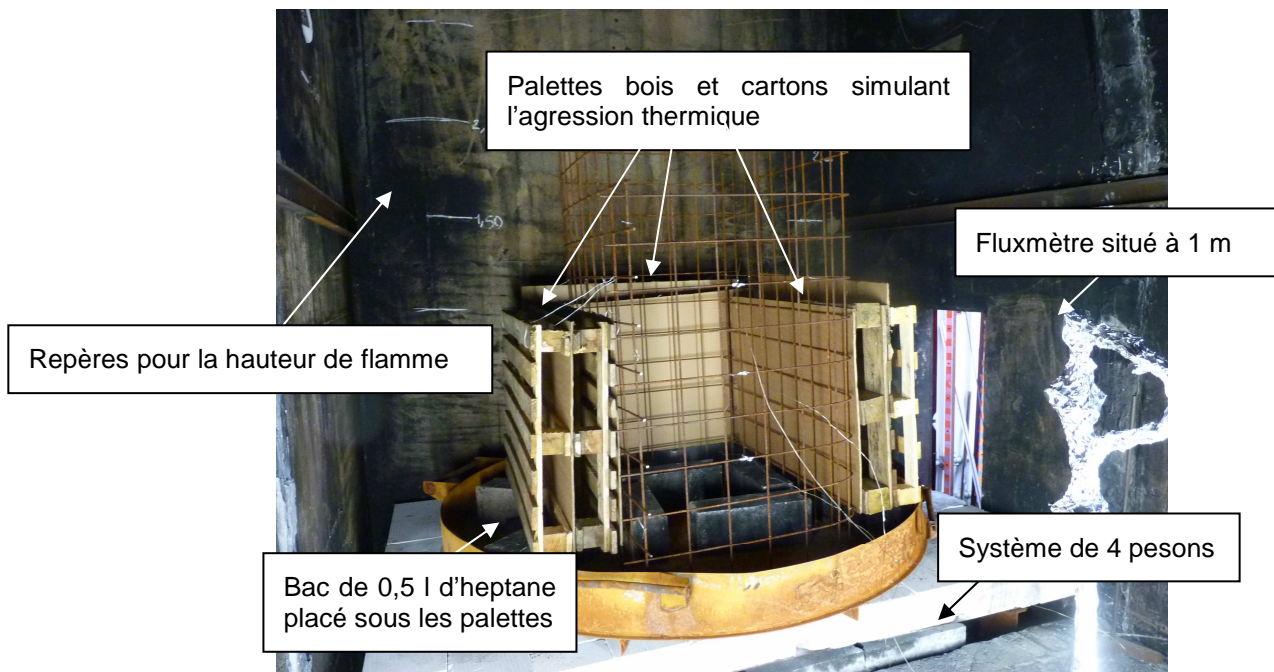


Figure 3 : Vue du dispositif pour l'essai « à blanc »

Les palettes bois et les cartons sont placés sur un bac lui-même placé sur un système de 4 pesons. Les fumées sont canalisées dans la tour pour permettre la mesure de leurs concentrations. Le débit de ventilation dans la galerie est fixé à 15 000 m<sup>3</sup>/h.

L'instrumentation mise en œuvre est constituée :

- de deux fluxmètres permettant de mesurer le flux à 1 et 2 m de hauteur et respectivement à une distance de 1 m et 2 m de la palette sur la même face (gamme de flux 0-50 kW/m<sup>2</sup>),
- d'un système de 4 pesons mesurant la perte de masse en continu. Ce système possède une capacité de pesage de plusieurs tonnes et a été étalonné sur la gamme 0-200 kg (gamme correspondant à la perte de masse susceptible d'être observée lors des essais),
- de mesures de concentration des fumées dans le panache (CO, CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>) permettant la détermination de la puissance du feu,
- d'une caméra filmant les essais avec un système de repères permettant de déterminer la hauteur de flammes.

Les 6 palettes bois et les 6 cartons sont positionnés sur la tranche et sur 3 côtés du bac soit 2 palettes et 2 cartons par face comme le montre la Figure 3. La masse totale de bois est de 74,2 kg et celle des cartons de 5,5 kg.



L'inflammation est réalisée par 3 petits bacs métalliques circulaires (de 0,05 m<sup>2</sup> de surface) glissés sous les palettes bois et les cartons et contenant chacun 0,5 l d'heptane. Chaque bac d'heptane est capable de développer une puissance de 48 kW.

Le paragraphe suivant présente les principales observations faites lors de l'essai « à blanc ».

## 2.2 OBSERVATIONS

Les principales observations effectuées au cours de l'essai de combustion des palettes bois et des cartons sont rassemblées dans le tableau suivant.



 <p><u>Entre 3 et 8 minutes</u> : Feu pleinement développé. La puissance et le flux rayonné atteignent leur maximum à 8 minutes. La hauteur de flamme est d'environ 2 m.</p>	 <p><u>Après 8 minutes</u> : La phase de décroissance du feu s'amorce.</p>
<p><u>35 minutes</u> : Auto-extinction complète du foyer d'incendie. Fin de l'essai.</p>	

*Tableau 1 : Principaux événements observés lors de l'essai « à blanc ».*

## 2.3 SYNTHES DES RESULTATS

Les courbes de mesures de perte de masse, de flux et de puissance libérée par la combustion au cours de l'essai sont disponibles en annexe 2 du rapport.

Les observations et les mesures faites au cours de l'essai sur les palettes en bois et les cartons mettent en évidence :

- une inflammation des palettes et des cartons environ 1 min après l'allumage des bacs d'heptane ;
- une évolution de la combustion et donc de la puissance libérée déterminée par mesure de consommation d'oxygène suivant les phases suivantes :
  - période de croissance sur les 3 premières minutes environ,
  - phase de développement maximal durant 5 minutes matérialisée par un plateau de puissance de 1180 kW et terminée par un pic de puissance de 1300 kW,
  - période de décroissance sur les 7 minutes suivantes,
  - phase d'extinction, 35 minutes après le début de l'essai ;
- un flux thermique maximal de 6 kW/m<sup>2</sup> mesuré par le fluxmètre situé à une hauteur de 1 m par rapport à la base des palettes. Les flammes sont très rayonnantes et possèdent une hauteur maximale d'environ 2 m ;
- après l'essai, la masse de résidus est égale à 8,3 kg, ce qui correspond à moins de 10 % de la masse de combustibles initialement présente sur la zone d'essai.

### **3 ESSAI DE COMBUSTION D'UNE PALETTE DE JUS DE FRUIT**

L'objectif de cet essai est de juger du caractère combustible de la palette de jus de fruit en comparant pour les deux essais les paramètres suivants de combustion :

- l'évolution de la puissance dégagée par l'incendie au cours du temps qui permet d'accéder à l'énergie libérée durant l'incendie,
- la puissance maximum atteinte lors de l'incendie.

#### **3.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL**

Le dispositif expérimental mis en œuvre est identique à celui mis en œuvre pour l'essai précédent. Seule la palette de jus de fruit est ajoutée dont les caractéristiques sont décrites dans le paragraphe suivant.

A noter que pour ce second essai, les masses des palettes bois et des cartons simulant l'agression thermique sont respectivement de 75,2 kg et de 5,4 kg.

De plus, la palette de jus de fruit ainsi que les palettes en bois et les cartons sont surélevés par des parpaings dans le bac pour éviter que les palettes en bois ne se gorgent de jus de fruit lors de l'essai.

##### **3.1.1 PALETTE DE JUS DE FRUIT**

Les caractéristiques de la palette de jus de fruit sont les suivantes :

- une palette en bois de 25,8kg sur laquelle sont empilés 6 niveaux de packs de bouteilles de jus de fruit ;
- chaque niveau repose sur une feuille de carton et comprend entre 21 et 22 packs soit un total de 130 packs sur la palette ;
- chaque pack contient 6 bouteilles de jus de fruit soit une présence de 780 bouteilles au total sur la palette ;
- longueur : 1,2 m,
- largeur : 0,80 m,
- hauteur : 1,8 m (hauteur de la palette bois incluse).





*Figure 4 : Vue de la palette de jus de fruit*

Pour une masse totale de la palette de jus de fruit de 875,8 kg, les masses de chaque produit (combustible et incombustible) constituant cette palette sont les suivantes :

- palette en bois : 25,8 kg,
- cartons : 3 kg,
- films PE : 1 kg de film enveloppant la palette et 2 kg de films entourant les packs,
- bouteilles PET : 28 kg
- jus de fruit : 816 kg

La masse avant essai de l'ensemble « palette de jus de fruit + agression thermique » est de 956,4 kg.

### **3.2 OBSERVATIONS**

Les principales observations effectuées au cours de l'essai de combustion de la palette de jus de fruit sont rassemblées dans le tableau suivant.



0 minute : Démarrage de l'essai  
(allumage de l'heptane)



2 minutes : Le feu s'étend aux palettes et aux cartons de l'agression thermique ainsi qu'à la partie du film PE enveloppant la palette de jus de fruit directement soumis à l'agression.



Entre 3 et 11 minutes : feu pleinement développé de l'agression thermique. La puissance et le flux rayonné par cette agression atteignent leur maximum à 8 minutes. La hauteur de flamme est d'environ 1,5 m.

Les bouteilles situées sur le pourtour de la palette et directement agressées par les palettes montent en température et ont tendance à se percer laissant s'échapper le jus d'orange chaud. Sous l'effet de la chaleur développée par l'incendie, la grande majorité de ce jus d'orange se vaporise.



Après 11 minutes : La phase de décroissance s'amorce et seuls les 2 premiers niveaux de packs sont encore agressés thermiquement par le feu des palettes bois. La face avant de la palette de jus de fruit n'a que peu subi de dégradations thermiques.

35 minutes : Auto-extinction complète du foyer d'incendie. Fin de l'essai.

*Tableau 2 : Principaux évènements observés lors de l'essai « à blanc ».*

### 3.3 SYNTHES DES RESULTATS

Les courbes de mesures de perte de masse, de flux et de puissance libérée par la combustion au cours de l'essai sont disponibles en annexe 3 du rapport. Le lecteur pourra idéalement s'y reporter.

#### 3.3.1 INVENTAIRE DES PRODUITS APRES ESSAI

Après essai, un inventaire de la nature des résidus a été réalisé et a permis d'établir les remarques suivantes :

- Les résidus charbonneux présents dans le bac de rétention correspondent majoritairement aux résidus de combustion de l'agression thermique. En effet, seules les palettes bois et les cartons de l'agression thermique se sont consumés. Il en résulte une masse de 13 kg de résidus charbonneux imbibés de jus d'orange. Le volume de ces résidus étant équivalent à ceux de l'essai « à blanc », on peut estimer que ces restes de bois contiennent environ 5 kg de jus de fruit.
- La palette de jus de fruit est restée intacte sur la face avant non impactée par l'agression thermique. Sur les trois autres faces impactées par l'agression, seul le pourtour de celle-ci a subi des dégradations thermiques : les contours de la palette bois et des feuilles de carton ont carbonisés (Photos 1 et 2 de la Figure 5) mais il n'y pas eu propagation de la combustion au sein de la palette de jus de fruit. Le feu ne s'est même pas propagé à la totalité du film de conditionnement de la palette (partie supérieure de celui-ci est restée intacte, voir photo 3 de la Figure 5).



- Environ 160 bouteilles de jus de fruit se sont déformées sous l'effet de la chaleur avec montée en température puis vaporisation de toute ou partie du jus de fruit qu'elles contenaient. A noter que durant la dégradation de ces bouteilles, aucune goutte enflammée de PET ne s'est formée (a fortiori, pas de création de flaque au sol de PET). En effet, la matière plastique des bouteilles complètement vidées de leur contenu a eu tendance à se rétracter sans entrer en combustion (Photo 4 de la Figure 5).
- Une perte de masse totale de 136 kg a été mesurée correspondant d'une part, à la combustion de 72 kg de bois et de cartons de l'agression thermique et d'autre part, à la vaporisation de 64 kg de jus de fruit. Le bilan réalisé sur le nombre de bouteilles déformées est bien en adéquation avec cette masse de 64 kg de jus de fruit vaporisé.



Photo 1 : Etat de la palette en bois et des packs de jus de fruit.



Photo 2 : Etat des feuilles de cartons



Photo 3 : Partie restante du film de conditionnement



Photo 4 : Etat d'une bouteille de jus de fruit vidée de son contenu sous l'effet de la chaleur

*Figure 5 : Photos des éléments constituant la palette après essai.*

### 3.3.2 SYNTHESES DES OBSERVATIONS ET DES MESURES

Les observations et les mesures faites au cours de l'essai sur la palette de jus de fruit ont été confrontées et mettent en évidence :

- Une inflammation des palettes et des cartons environ 1 min après l'allumage des bacs d'heptane et au bout de 2 min, une propagation du feu aux parties du film PE de conditionnement de la palette directement soumis à l'agression thermique.
- Une évolution de la combustion et donc de la puissance libérée déterminée par mesure de consommation d'oxygène suivant les phases suivantes :
  - période de croissance sur les 2-3 premières minutes,
  - phase de développement maximal durant 8 minutes matérialisée par un plateau de puissance de 900 kW avec un pic de puissance à 1020 kW,
  - période de décroissance sur les 9 minutes suivantes,
  - phase d'extinction, 35 minutes après le début de l'essai.
- Un flux thermique maximal de 1,3 kW/m<sup>2</sup> est mesuré pour le fluxmètre situé à une hauteur de 1 m par rapport à la base des palettes. Les flammes sont seulement visibles de chaque côté de la palette de jus de fruit et possèdent une hauteur maximale d'environ 1,5 m.
- Après l'essai, la masse mesurée est égale à 820 kg, soit près de 86% de la masse initialement présente sur la zone d'essai comprenant l'agression thermique et la palette de jus de fruit. Sur les 14 % de perte de masse (soit 136 kg), 7,5 % (soit 72 kg) représente la combustion de l'agression thermique et le reste la quantité de jus de fruit vaporisé (soit 64 kg).

#### **4 COMPARAISON DES 2 ESSAIS AFIN DE JUGER DE LA COMBUSTIBILITE DE LA PALETTE DE JUS DE FRUIT**

La comparaison des résultats obtenus au cours des deux essais de combustion effectués figure dans le tableau suivant. Un comparatif de l'évolution de la puissance dégagée lors des deux essais est également présenté sur la Figure 6.

Paramètre		Essai « à blanc » de l'agression thermique	Essai avec la palette de jus de fruit
masse palettes agression thermique (kg)		74,2	75,2
masse carton agression thermique (kg)		5,5	5,4
masse palette de chargement (kg)		0	25,8
masse pack de jus de fruit + plastique + carton (kg)		0	850
<b>masse totale (kg)</b>		<b>79,7</b>	<b>956,4</b>
<b>masse perdue (kg)</b>		<b>71,4</b>	<b>136</b>
Energie totale dégagée lors de l'essai (MJ)		<b>1003</b>	<b>1000</b>
Puissance maximale dégagée par la combustion (kW)		<b>1300</b>	<b>1020</b>
Flux thermique maximal mesuré à 1 m (hauteur 1 m par rapport à la base de la palette) (kW/m <sup>2</sup> )		6	1,3
Fraction de l'échantillon consommée		90 %	14% dont : 7,5 % représente la combustion de l'agression thermique et 6,5 % la quantité de jus de fruit vaporisé
Durée des différentes phases d'évolution de la combustion	Croissance :	3 min	2-3 min
	Développement maximal :	<b>5 min</b>	<b>8 min</b>
	Décroissance :	7 min	9 min
	Extinction :	20 min	16 min

*Tableau 3 : Comparaison des résultats obtenus au cours des deux essais de combustion*

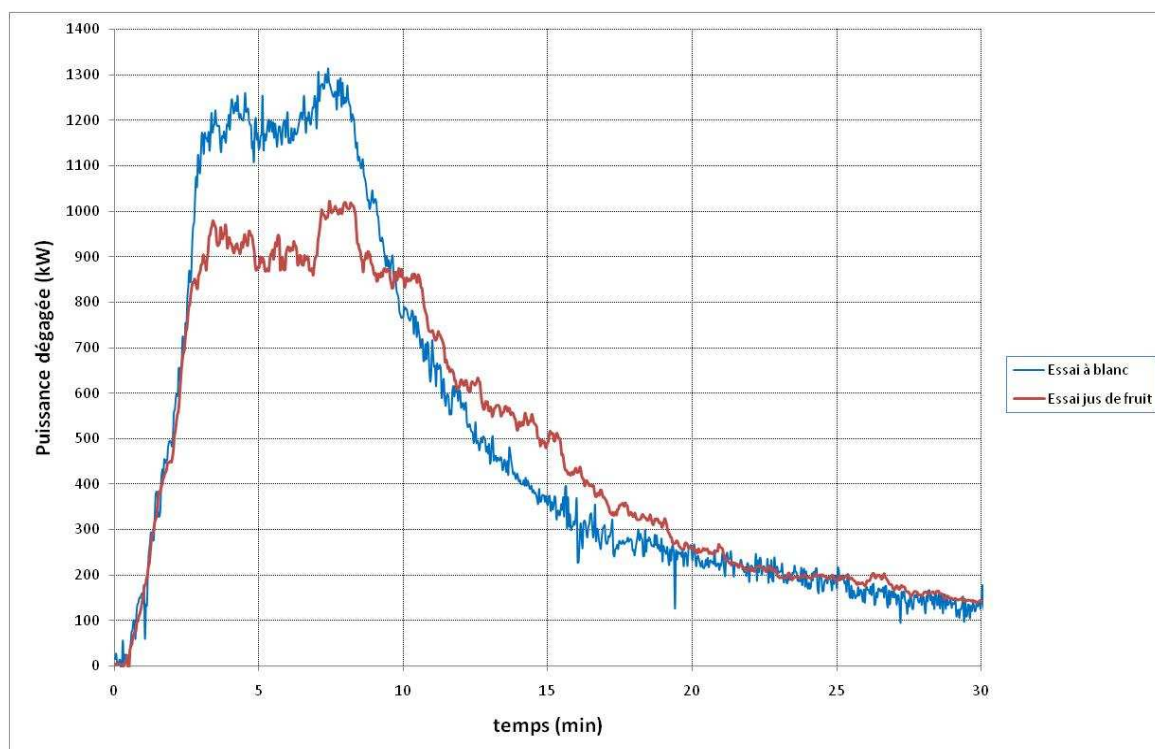


Figure 6 : Evolutions de la puissance dégagée au cours des deux essais.

L'analyse du Tableau 3 et de la Figure 6 permet d'émettre les conclusions suivantes :

- L'énergie libérée correspondant à l'intégrale de la courbe de puissance sur toute la durée de l'incendie s'avère identique pour les deux essais et les résidus charbonneux issus de la combustion de l'agression thermique représentent la même masse. Ceci implique que seule l'agression thermique a participé à la combustion sans qu'il n'y ait propagation à la palette de jus de fruit.
- De plus, sous l'effet de la chaleur, le jus de fruit a eu tendance à monter en température et 64 kg se sont vaporisés. Ce phénomène a eu pour conséquence une puissance pic dégagée inférieure à l'essai « à blanc » ainsi qu'un allongement des phases de développement maximal et de décroissance du feu.
- Il en résulte que la palette de jus de fruit pourtant soumise à une agression thermique violente développant 1,3 MW en pic ne produit aucune énergie. En conclusion, un stockage de palettes de jus de fruit ne serait donc pas en mesure d'alimenter l'incendie d'une cellule. Dans ces conditions, l'INERIS estime que la palette de jus de fruit pourrait être jugée comme « non combustible » au sens de la rubrique 1510. En effet, le non classement de cette palette pourrait se justifier par le respect des deux critères suivants :
  - énergie libérée par la palette de jus de fruit nulle,
  - pic de puissance dégagée lors de l'essai avec palette de jus de fruit inférieur à celui de l'essai « à blanc ».

## 5 CONCLUSION

Dans le cadre de la régularisation d'un dossier administratif, en concertation avec la DREAL, la société REFRESCO FRANCE s'est interrogée sur le caractère combustible d'une palette de jus de fruit susceptible d'être stockée en entrepôt.

L'échantillon objet de cette étude avait pour dimension 1,2 m x 0,8 m x 1,8 m et présentait, en plus de la palette bois, des feuilles de carton et du film PE, 130 packs de jus de fruit, soit 816 litres de jus de fruit.

Afin d'évaluer la combustibilité de cette palette de jus de fruit, l'INERIS s'est attaché, en s'inspirant du protocole expérimental FLUMILOG, à réaliser une étude expérimentale sur la palette de jus de fruit soumise à une agression thermique extérieure matérialisée par l'incendie de plusieurs palettes bois et cartons. Pour ce faire, deux essais ont été nécessaires :

- un premier essai avec l'agression thermique seule ayant pour objectif de calibrer la puissance dégagée par celle-ci : essai dit « à blanc »,
- un second essai mettant en œuvre la palette de jus de fruit impactée sur 3 faces par l'agression thermique.

Au cours de l'essai dit « à blanc », la puissance libérée en pic est montée jusqu'à 1,3 MW. Pour le second essai, l'incendie a été moins violent et s'est cantonné à l'agression thermique sans se propager au sein de la palette de jus de fruit. Seules les faces de la palette exposées à l'agression ont subi des dégradations thermiques telles que : les bouteilles situées sur le pourtour de la palette se sont déformées et les bords de la palette bois et des cartons ont légèrement carbonisés. De même, le film de conditionnement de la palette ne s'est pas consumé entièrement et a eu tendance à se rétracter.

Le feu ne s'étant pas propagé à la palette de jus de fruit, l'INERIS est amené à en déduire qu'un stockage de palettes de jus de fruit ne permettrait pas d'alimenter l'incendie d'une cellule. S'il n'y a pas de propagation possible au sein de la cellule de stockage, aucun calcul n'est à réaliser avec l'outil Flumilog, la puissance de feu de la palette de jus de fruit étant considérée comme nulle.

Pour conclure, le classement de la palette de jus de fruit en rubrique 1510 (produits combustibles) pourrait ne plus être justifié au vu des deux critères physiques satisfaits par cette palette, à savoir :

- une énergie libérée par la palette de jus de fruit nulle,
- un pic de puissance dégagée lors de l'essai avec palette de jus de fruit inférieur à celui de l'essai « à blanc ».

Il faut toutefois garder à l'esprit que ces résultats s'entendent pour l'échantillon testé. En effet, les conclusions pourraient différer si la palette de jus de fruit était de dimensions et/ou de composition différente notamment si la quantité de jus de fruit présente sur la palette était réduite.

## 6 **ANNEXES**

Annexe	Description	Nombre de pages
1	Protocole expérimental FLUMILOG	4
2	Courbes de mesures de l'essai « à blanc »	3
3	Courbes de mesures de l'essai avec la palette de jus de fruit	3





## **ANNEXE 1 :**

### **Protocole expérimental FLUMILOG**



## **1. INTRODUCTION**

Le fait de réaliser des essais à l'échelle de la palette peut avoir deux intérêts :

- Le premier concerne la possibilité d'analyser le feu de palette contenant des produits spécifiques autres que les produits élémentaires intégrés dans la méthode,
- Le second concerne l'obtention de caractéristiques plus précises de palettes afin de déterminer des distances d'effets plus réalistes, en comparaison par exemple, avec les données type « entrepôt blanc » définies à partir d'un combustible enveloppe.

L'objectif de ces essais est de déterminer expérimentalement les caractéristiques de combustion d'une palette spécifique qui peuvent ensuite être intégrées dans la méthode "Flumilog".

Le protocole expérimental est décrit dans les paragraphes suivants et nécessite la réalisation de deux essais sur 2 échantillons identiques à l'échelle de la palette.

Le demandeur devra donc mettre à disposition 2 palettes identiques afin de réaliser les essais.

Avant l'essai, il sera procédé au recensement des différents constituants de la palette, si possible sous la forme de masse de produits élémentaires (bois, carton, PE, papier, coton,...) pour les produits combustibles et (eau, acier,...) pour les incombustibles. L'aspect compacité de la palette devra également être étudié en s'intéressant notamment aux dimensions de la palette et de ses constituants. Les caractéristiques de la combustion devront être déterminées dans les conditions les plus proches de celles qui seront rencontrées dans la cellule de stockage.

## **2. PROTOCOLE**

### **2.1 CONDITIONS EXPERIMENTALES**

2 essais sont à réaliser :

- un sans agression thermique autre que l'allumage (durée et puissance limitées)
- et un avec agression thermique "calibrée" sur 3 faces latérales. "calibrée" signifie de puissance et de durée données pouvant être reproductible. Il est possible d'utiliser les éléments suivants : rampes gaz, panneaux rayonnants, feu de bac (alcool ou autres), feu de solides. L'objectif est de reproduire le feu observé lors du premier essai avec la palette seule.

La palette est placée sur un bac lui-même placé sur la balance. Dans l'hypothèse où des projections sont envisagées, prévoir la présence d'un grillage placé dans le bac pour les contenir.

Conditions de ventilation : l'échantillon sera placé sous une hotte pour canaliser les fumées et ainsi permettre la mesure des concentrations de fumées émises. Si l'essai se déroule en présence d'une ventilation mécanique, il sera vérifié que les vitesses résultantes au niveau du foyer ne sont pas trop grandes (afin notamment de ne pas coucher la flamme).

Concernant l'essai, les mesures suivantes seront réalisées en continu :

- Pour la détermination de la puissance du feu:
  - perte de masse : balance 500 kg (ou plus en fonction de la masse de la palette)
  - concentration des fumées dans le panache ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{O}_2$ )
- pour la détermination de l'émittance:
  - flux à 1 et 2 m de hauteur et respectivement à une distance de 1 m et 2 m de la palette sur la même face (gamme de flux 0-20  $\text{kW/m}^2$ )
- pour la hauteur des flammes
  - Film des essais avec un repère à proximité

La Figure 1 présente de façon schématique la position des différents éléments.

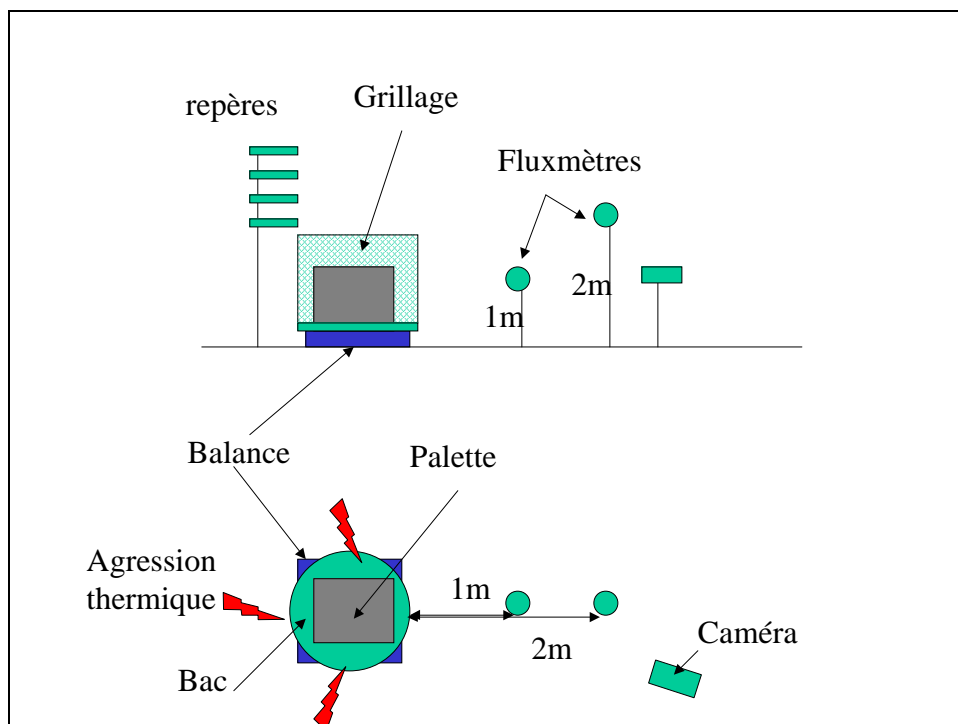


Figure 1 : Schéma d'instrumentation.

Après essai, il faut déterminer la nature des résidus :

- pour les combustibles, rechercher ce qui n'a pas brûlé, ce qui est partiellement brûlé (le but étant de déterminer la fraction résiduelle) et la quantité de cendres

- pour les incombustibles, rechercher ce qui est intact et ce qui a pu absorber une quantité d'énergie (changement de phase : évaporation ou liquéfaction).

## **2.2 PRODUITS DE SORTIE**

Le rapport d'essais standardisé précise les conditions opératoires et le protocole, et fournit l'évolution des différentes grandeurs en fonction du temps ainsi que le film. En conclusion du rapport, les valeurs à retenir pour une intégration dans la méthode sont la puissance dégagée par la palette et sa durée de combustion.

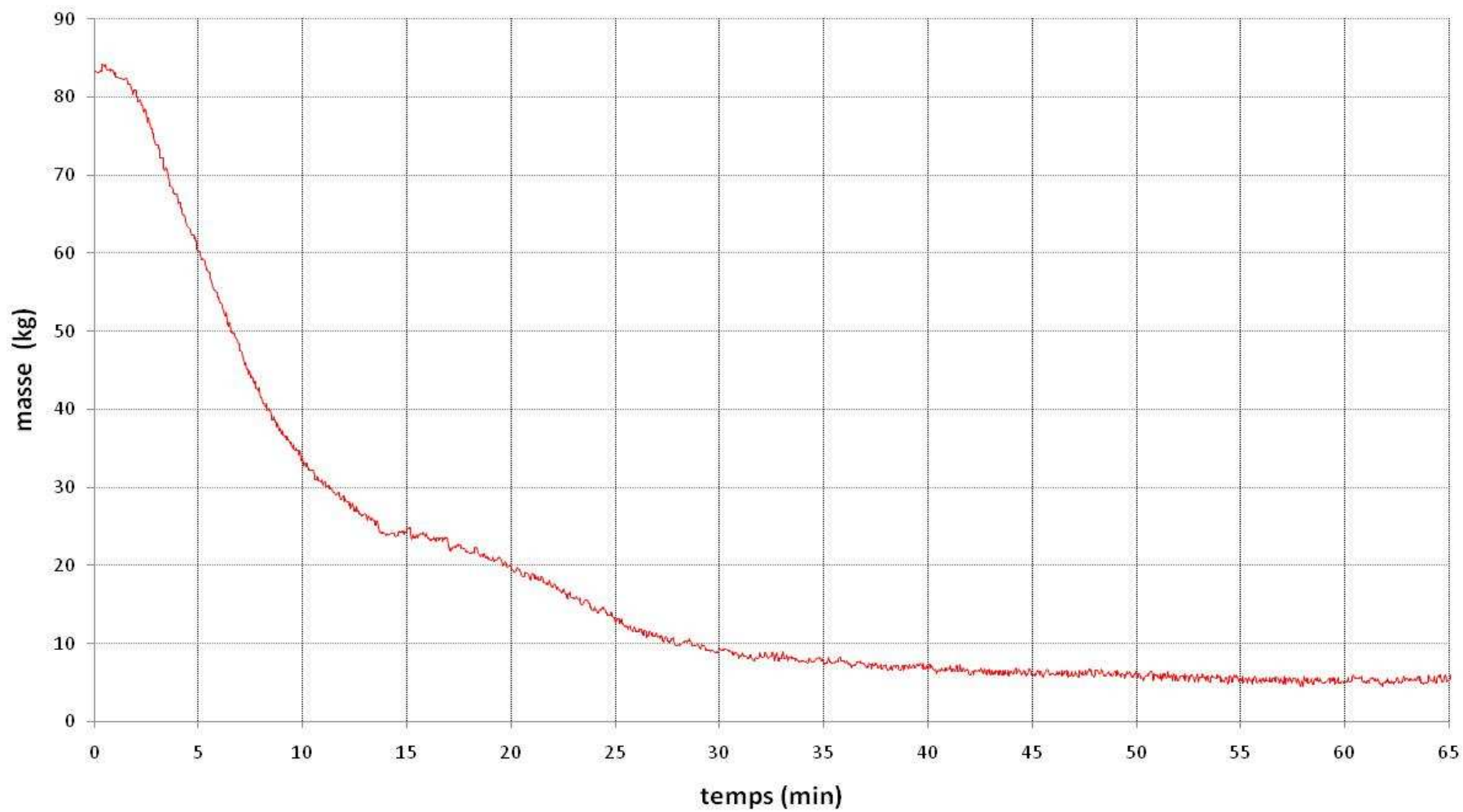


## **ANNEXE 2 :**

**Courbes de mesures de l'essai « à blanc »  
(Perte de masse, flux et puissance libérée)**

## Essai à blanc: feu de l'agression thermique- 21/07/2011

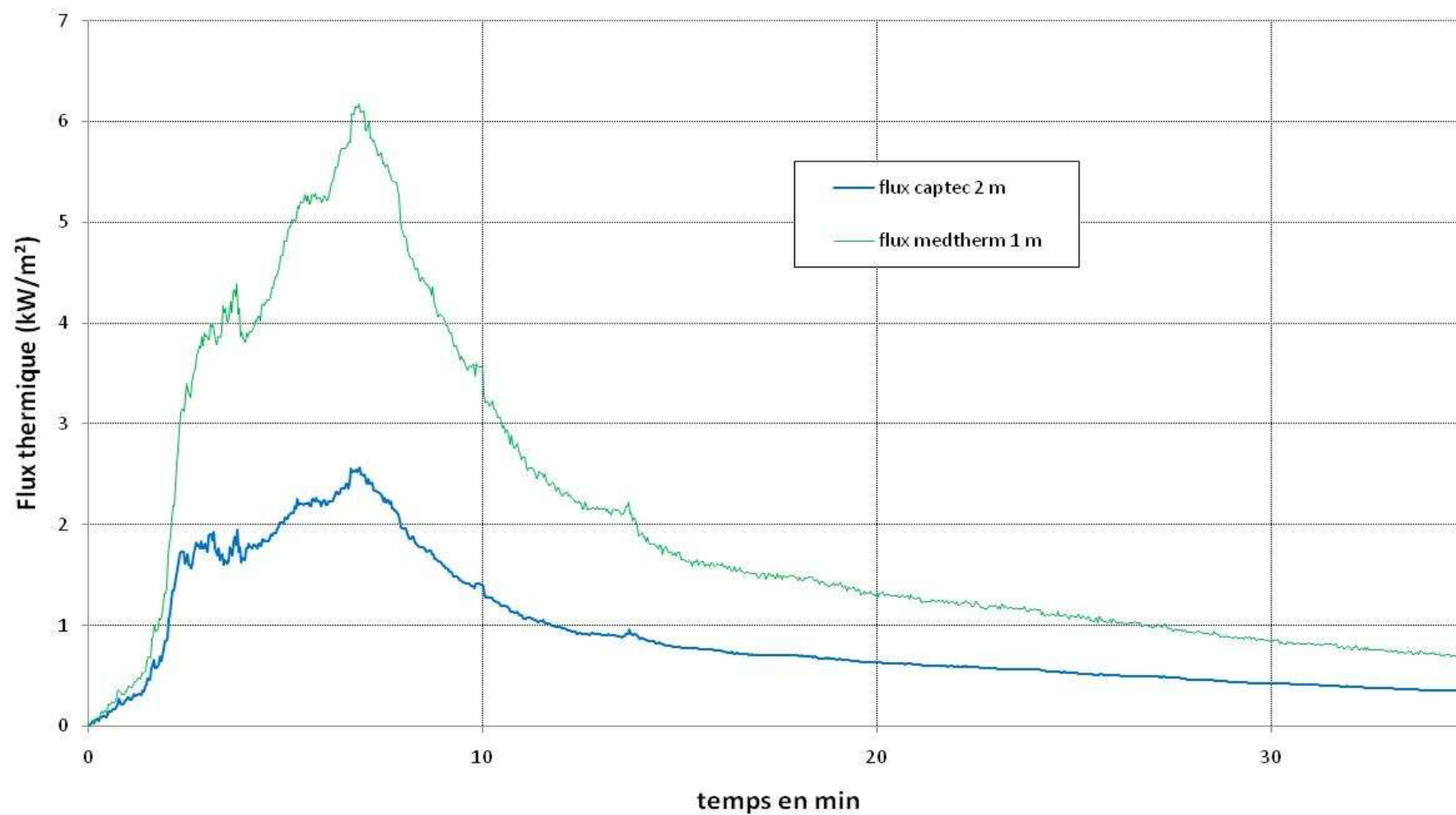
masse en kg





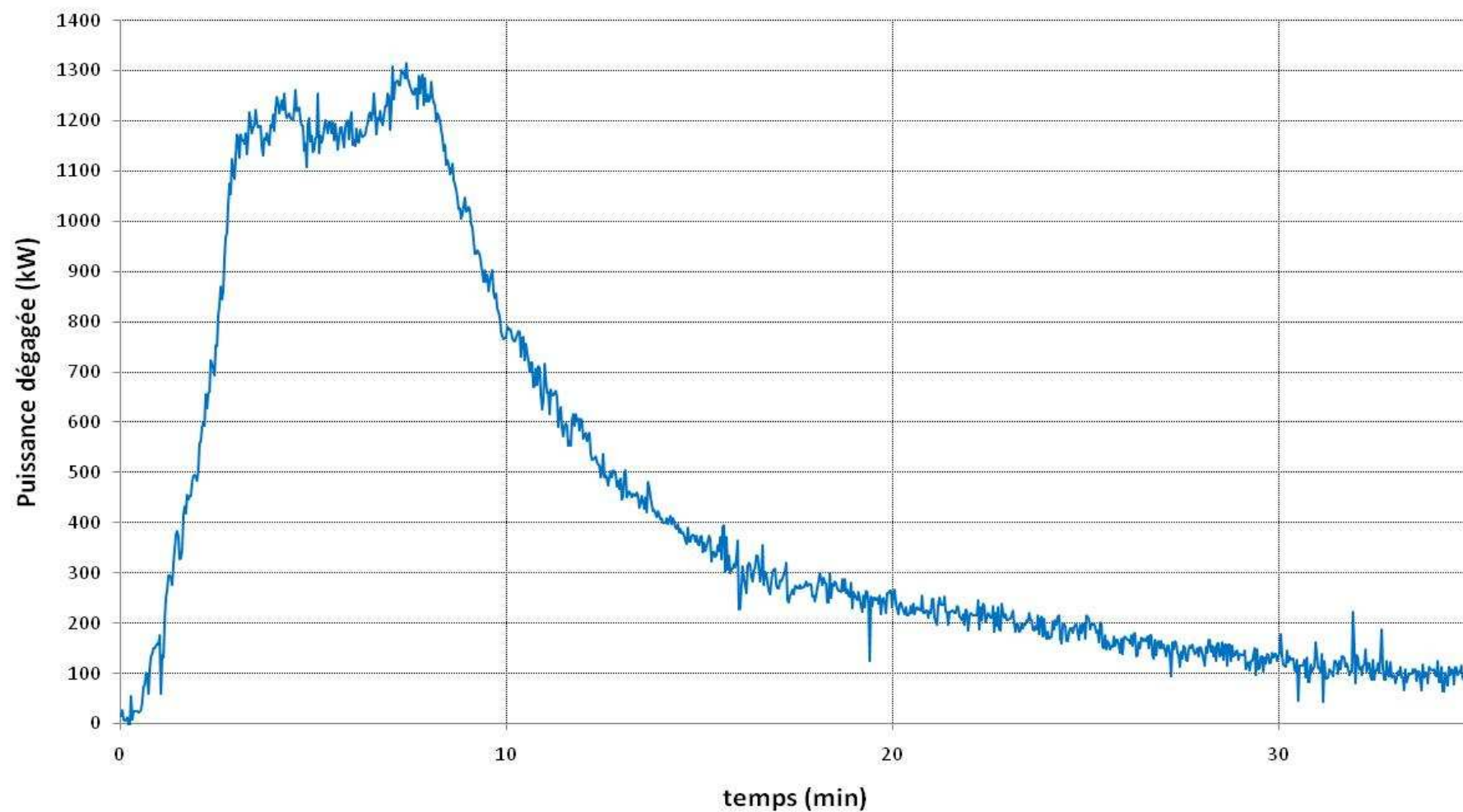
## Essai à blanc : Feu de l'agression thermique- 21/07/2011

flux thermiques (kW/m<sup>2</sup>)



## Essai à blanc : Feu de l'agression thermique - 21/07/2011

Puissance mesurée par consommation d'oxygène (kW)

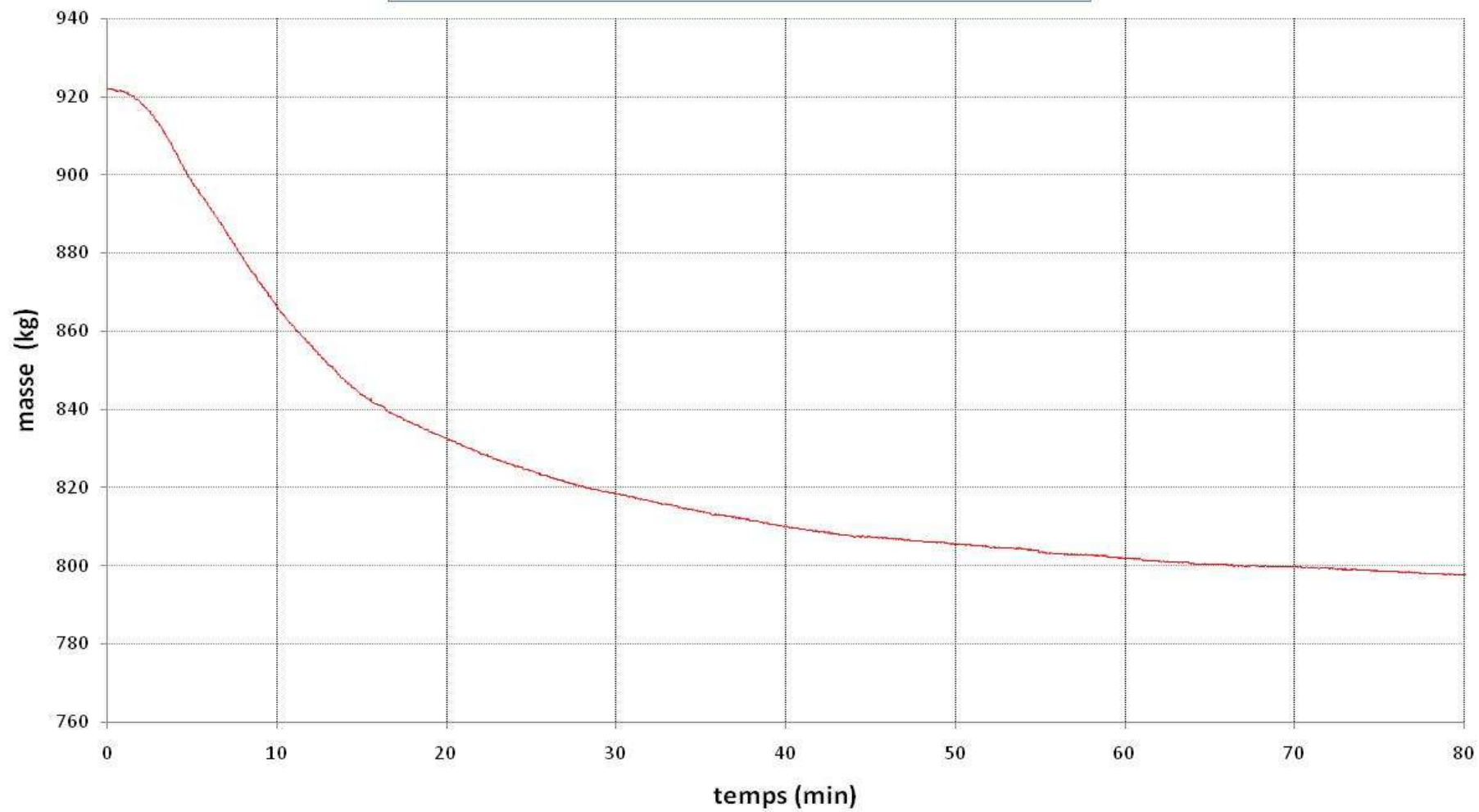


## **ANNEXE 3 :**

**Courbes de mesures de l'essai avec la palette  
de jus de fruit  
(Perte de masse, flux et puissance libérée)**

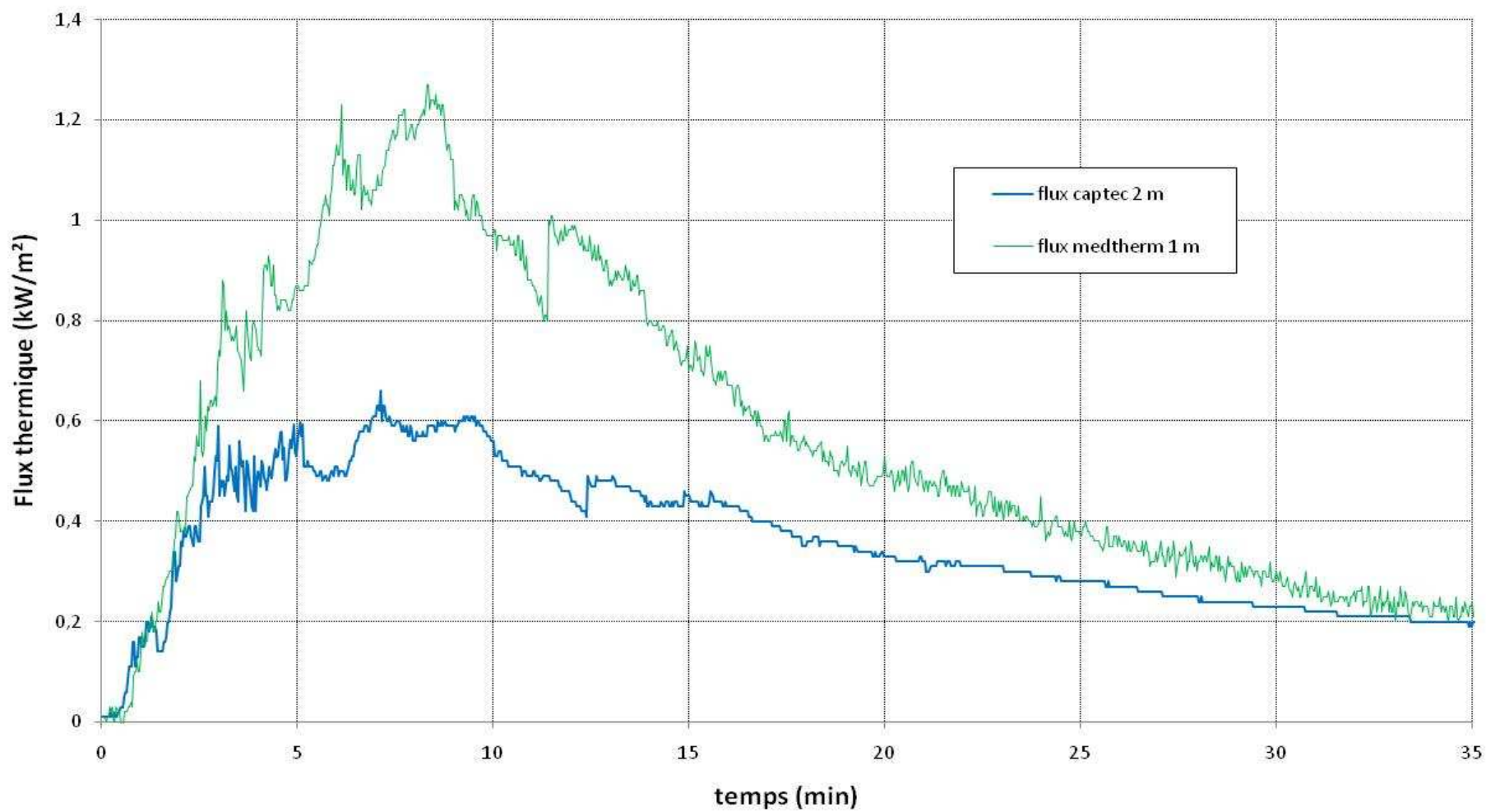
## Feu de la palette de jus de fruit - 22/07/2011

Perte de masse en kg



## Feu de la palette de jus de fruit - 22/07/2011

flux thermiques



**Feu de la palette de jus de fruit - 22/07/2011**  
Puissance mesurée par consommation d'oxygène (kW)

