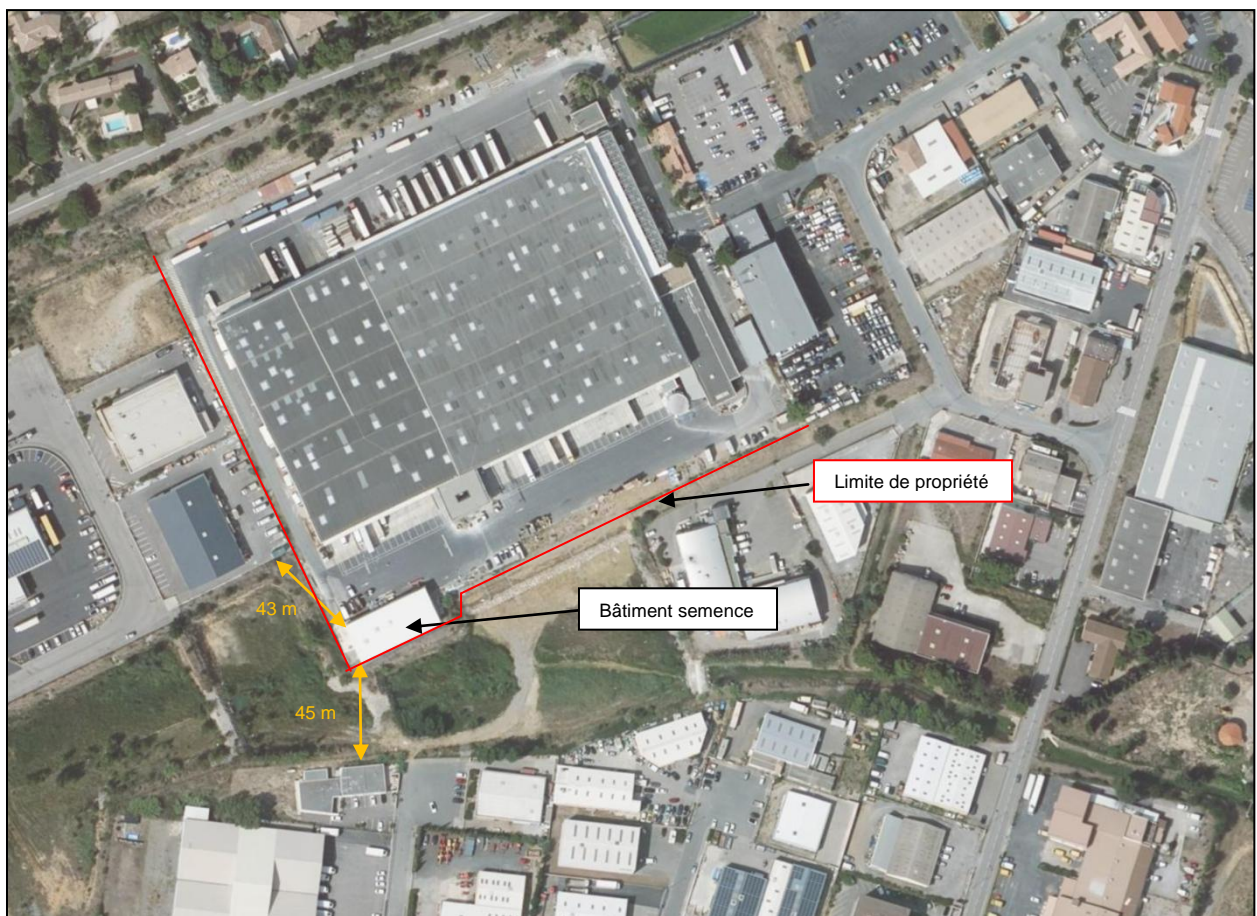


Argumentaire complémentaire Stockage de semences à proximité des limites de propriété.

La société PROVILOG souhaite stocker, au sein du bâtiment annexe (voir plan), un stockage exclusivement composé de semences. Ces produits sont conditionnés en big-bag sur travées de deux niveaux.

Au sein de ce bâtiment, le stockage de semence n'excèdera pas les 300 tonnes de produits pour un volume global de 3 315 m³.

Ce bâtiment est à proximité immédiate des limites de propriété tout en étant éloigné de plus de 40 m de bâtiments de tiers.



Une étude Efectis de 2017, réalisée pour la société Soufflet, détaille le comportement des semences au regard d'un incendie en fonction de la typologie du stockage (sac, container et big-bag).

Le stockage utilisé par PROVILOG est des big-bag. Il a été choisi d'argumenter uniquement pour ce type de contenant.

Les conclusions de l'étude Efectis démontrent que les semences ne peuvent pas être considérées comme non combustibles. Cependant, les différents essais, même ceux majorants, démontrent l'absence de génération de flux thermiques au sens du logiciel Flumilog. Ainsi les semences brûlent mais ne peuvent pas être affiliée à un incendie de produits de type 1510 « classique ».

Afin de démontrer les faibles flux produits en cas d'incendie et au sein du bâtiment annexe de la société PROVILOG, une modélisation a été réalisée sous Flumilog. La modélisation est basée sur les

données de conclusion de l'étude d'Efectis sur la chaleur de combustion émise lors d'un incendie d'un big-bag de semence.

Tableau 1 : Données d'entrée FLUMILOG

HAUTEUR DE CIBLE	1,8 m
DIMENSIONS (L x L)	39 x 17 m
HAUTEUR DE CELLULE	5 m
STRUCTURE	Poteaux acier Pannes et poutres (REI 15) Toiture en bac acier multicouches
DESENFUMAGE	2%
CARACTERISTIQUES DES PAROIS	Métallique (REI15)
TYPE DE STOCKAGE	<u>Palette expérimentale</u> (données issues de l'étude Efectis) <ul style="list-style-type: none"> • Puissance dégagée par la palette de 800 kW • Durée d'incendie 65 minutes <u>Composition de la palette</u> <ul style="list-style-type: none"> • Bois 700 kg • Eau 200 kg • Plastique PE 110 kg
HAUTEUR DE STOCKAGE	4 m
NIVEAU DE STOCKAGE	R+2
CARACTERISTIQUES DE STOCKAGE	18 travées

Les distances de flux thermiques associées au phénomène dangereux considéré sont récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Résultats obtenus

Effets thermiques	Irréversibles 3 kW/m ²	Létaux 5 kW/m ²	Létaux significatifs 8 kW/m ²
Distance maximum face Nord	Non atteint	Non atteint	Non atteint
Distance maximum face Sud	13 m	10 m	5 m*
Distance maximum face Est	8 m	5 m*	5 m*
Distance maximum face Ouest	8 m	5 m*	5 m*

(*) Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m.

La feuille de calculs issue de FLUMILOG est donnée en annexe.
La durée forfaitaire de l'incendie (donnée par FLUMILOG) est de **98 min**.

La représentation graphique associée à ces résultats est présentée ci-dessous.

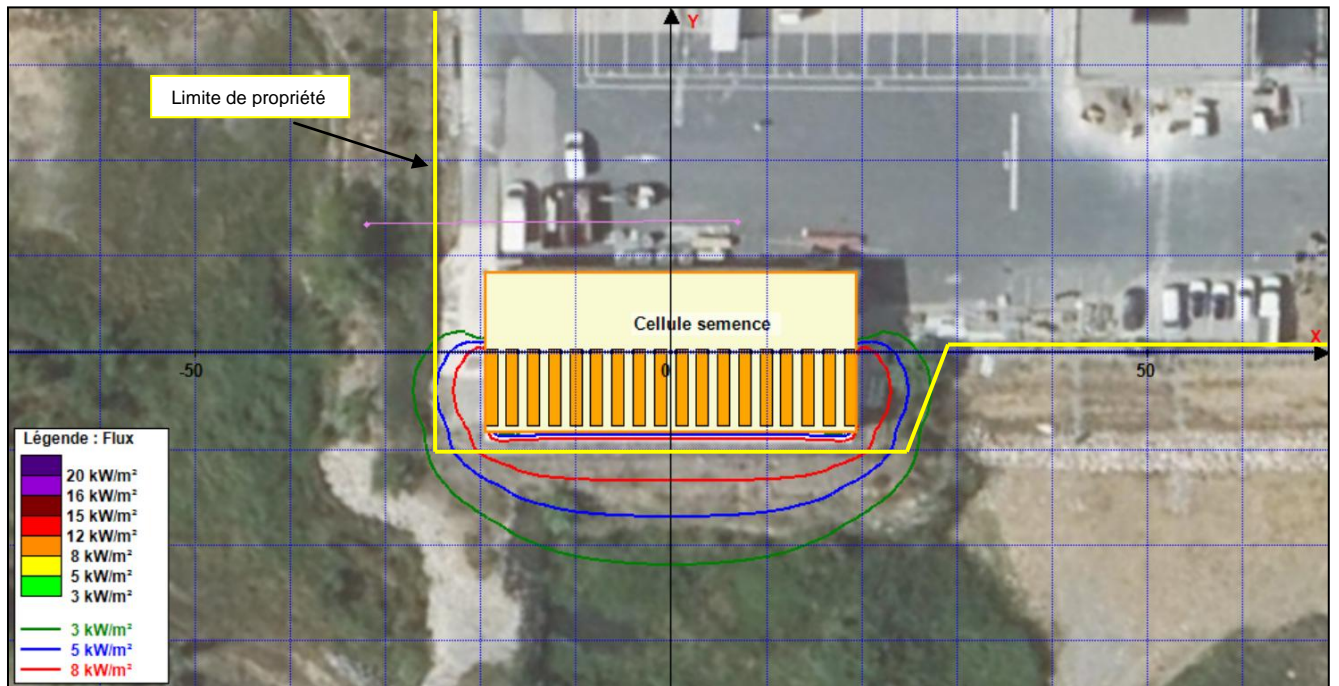


Figure 1 : Flux thermiques du bâtiment annexe

- ⇒ Les éléments, ci-dessus, démontrent de l'absence d'effets thermiques vis-à-vis de tiers. Aucun risque d'effet dominos sur les installations voisines n'est envisageable.
- ⇒ Les flux de 8 kW/m² sortent à moins de 5 m des limites de propriété au sud. De plus, aucun flux de 8 kW/m² n'atteint des installations voisines.
- ⇒ Les flux de 5 kW/m² sortent à moins de 10 m des limites propriété au sud.
- ⇒ Les flux sortent des limites de propriété sans atteindre d'installations tierces. Les zones touchées par les flux sont des bassins d'orage qui ne sont jamais amenés à être constructibles.
- ⇒ Cet argumentaire justifie la demande de dérogation concernant l'autorisation de stockage exclusif de semence au sein du bâtiment.

ANNEXE

Feuille de calcul FLUMILOG

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	Mattioda
Société :	
Nom du Projet :	semencetest
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	10/07/2023 à 12:06:56 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	10/7/23

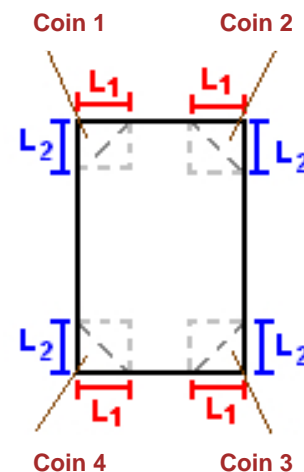
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

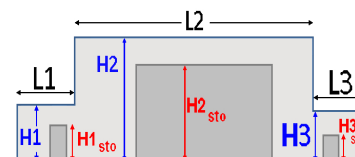
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule semence				
Longueur maximum de la cellule (m)		16,7		
Largeur maximum de la cellule (m)		39,1		
Hauteur maximum de la cellule (m)		4,9		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



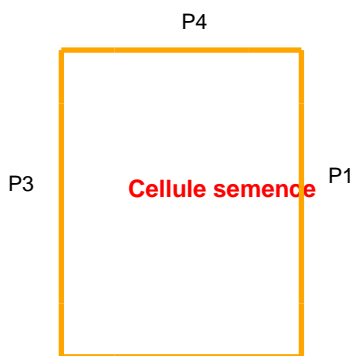
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	2
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : Cellule semence



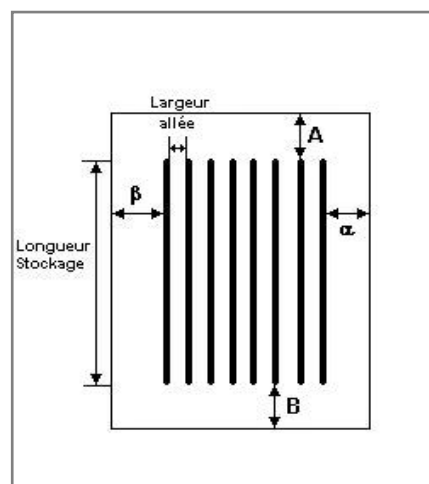
	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau Acier	Poteau Acier	Poteau Acier	Poteau Acier
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	15	15	15	15
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	15	15	15	15
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	15	15	15	15
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	15	15	15	15

Stockage de la cellule : Cellule semence

Nombre de niveaux	1
Mode de stockage	Rack

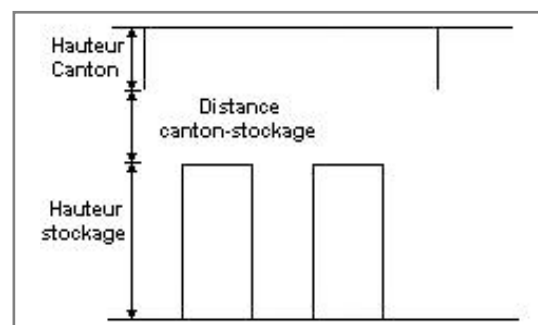
Dimensions

Longueur de stockage	8,0 m
Déport latéral a	0,0 m
Déport latéral b	0,0 m
Longueur de préparation A	8,0 m
Longueur de préparation B	0,7 m
Hauteur maximum de stockage	3,9 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,0 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	18
Largeur d'un double rack	1,3 m
Nombre de racks simples	0
Largeur d'un rack simple	0,7 m
Largeur des allées entre les racks	0,9 m



Palette type de la cellule Cellule semence

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	0,7 m
Largeur de la palette :	0,8 m
Hauteur de la palette :	3,5 m
Volume de la palette :	1,8 m ³
Nom de la palette :	Semence

Poids total de la palette : 1010,0 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	PE	Eau	NC	NC	NC	NC
700,0	110,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0

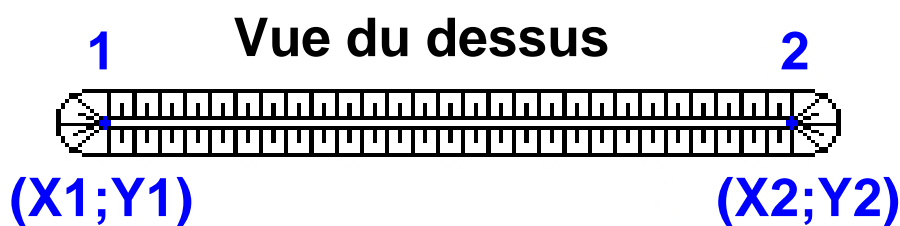
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	65,0 min
Puissance dégagée par la palette :	800,0 kW

Merlons



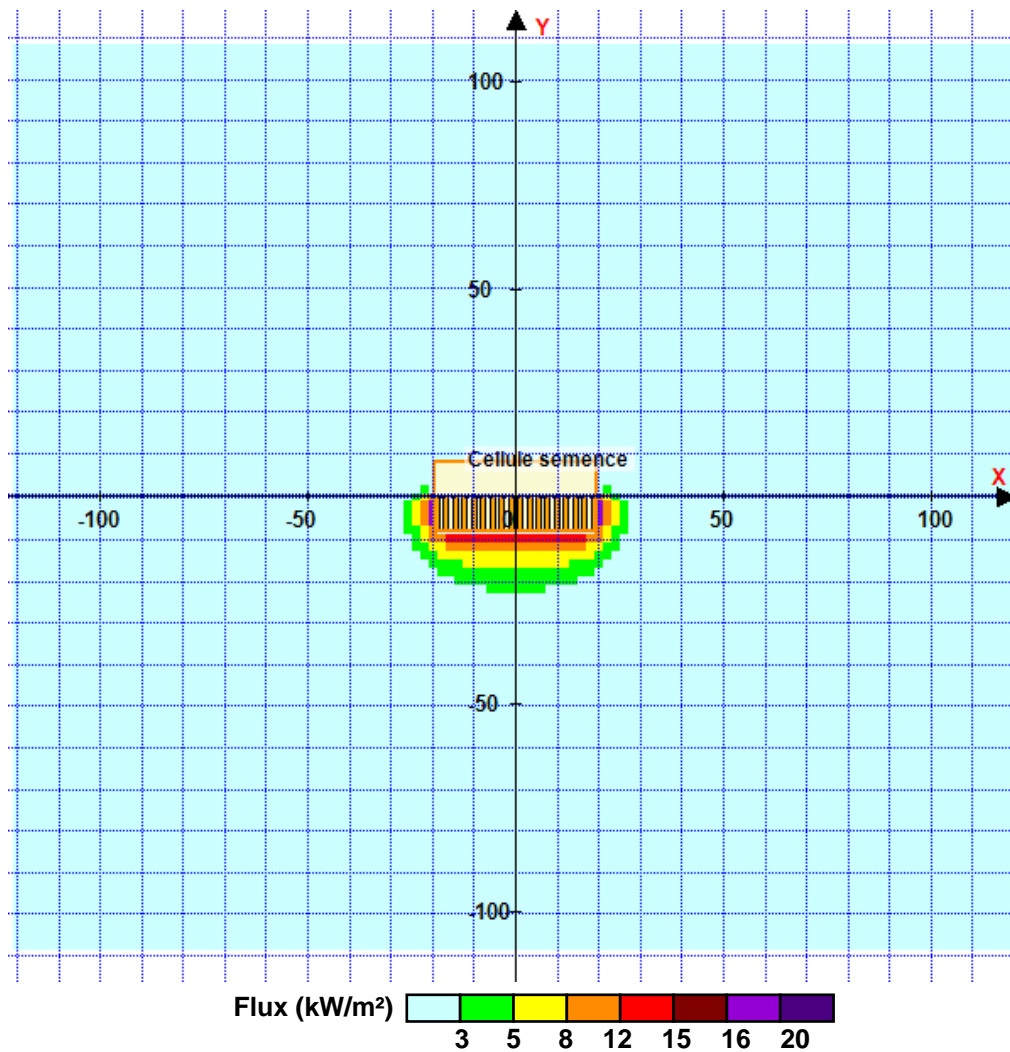
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule semence**

Durée de l'incendie dans la cellule : **Cellule semence 98,0 min**

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

ANNEXE
Etude Efectis - 2017
Modélisation incendie de semence
stockée en big-bag



Efectis France
Espace Technologique
Bâtiment Apollo
Route de l'Orme des Merisiers
F-91193 Saint-Aubin
Tél : 33 (0)1 60 13 83 80

RAPPORT D'ÉTUDE

Référence : 17-000814-AMat
Affaire : ME-16-003222

ESSAI DE CARACTÉRISATION SOUS HOTTE CALORIMÉTRIQUE SELON LE PROTOCOLE FLUMILOG DE LA COMBUSTION DE SEMENCES CONDITIONNÉES POUR LE STOCKAGE

RAPPORT D'ESSAI DE BIG-BAG SUR PALETTE

Client demandeur SOUFFLET

Référence et date de commande Bon pour commande du 27/01/2017

Projet Caractérisation de palettes de semence

Date : 05 05 2017
Indice de révision : A
Nombre de pages : 44

Auteur(s) :
Amandine MATTHIAS

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	05/05/2017	Version initiale

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
2. DESCRIPTION DE LA PALETTE TESTÉE.....	6
3. INSTALLATION D'ESSAI	7
3.1 HOTTE CALORIMÉTRIQUE	7
3.2 DISPOSITION DE LA PALETTE	7
3.3 INSTRUMENTATION	8
3.3.1 Cheminée (venturi).....	8
3.3.2 Pesée	9
3.3.3 Flux thermique	9
3.3.4 Localisation des points de mesure de flux.....	9
4. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.....	11
4.1 CONDITIONS INITIALES.....	11
4.2 ESSAI N°1 : PALETTE SEULE.....	11
4.2.1 Allumage.....	11
4.2.2 Observations	11
4.2.3 Principaux résultats	12
4.3 ESSAI N°2 : CALIBRATION DE L'AGRESSION	13
4.4 ESSAI N°3 : PALETTE EN CONFIGURATION DE STOCKAGE	15
4.4.1 Observations	15
4.4.1 Principaux résultats	17
5. CONCLUSION.....	20
6. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	21
ANNEXE A HOTTE CALORIMETRIQUE.....	21
A.1 PLAN DE LA HOTTE	21
A.2 VUES DE LA HOTTE.....	21
ANNEXE B DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 1	21
B.1 CONCENTRATION O2	21
B.2 CONCENTRATION CO2	21
B.3 DÉBIT DE FUMÉES	21
B.4 DÉBIT CALORIFIQUE	21
B.5 PERTE DE MASSE	21
B.6 ÉNERGIE CONSOMMÉE.....	21
B.7 FLUX THERMIQUES.....	21
ANNEXE C DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 2	21
C.1 CONCENTRATION O2	21
C.2 CONCENTRATION CO2	21
C.3 DÉBIT DE FUMÉES	21
C.4 DÉBIT CALORIFIQUE	21
C.5 PERTE DE MASSE	21
C.6 ÉNERGIE CONSOMMÉE.....	21
ANNEXE D DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 3	21
D.1 CONCENTRATION O2	21
D.2 CONCENTRATION CO2	21
D.3 DÉBIT DE FUMÉES	21
D.4 DÉBIT CALORIFIQUE	21
D.5 PERTE DE MASSE.....	21

D.6 ÉNERGIE CONSOMMÉE.....	21
D.7 FLUX THERMIQUES.....	21
ANNEXE A HOTTE CALORIMETRIQUE.....	22
A.1 PLAN DE LA HOTTE	22
A.2 VUES DE LA HOTTE.....	23
ANNEXE B DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 1	25
B.1 CONCENTRATION O2	25
B.2 CONCENTRATION CO2	26
B.3 DÉBIT DE FUMÉES	27
B.4 DÉBIT CALORIFIQUE	28
B.5 PERTE DE MASSE	29
B.6 ÉNERGIE CONSOMMÉE.....	30
B.7 FLUX THERMIQUES.....	31
ANNEXE C DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 2.....	32
C.1 CONCENTRATION O2	32
C.2 CONCENTRATION CO2	33
C.3 DÉBIT DE FUMÉES	34
C.4 DÉBIT CALORIFIQUE	35
C.5 PERTE DE MASSE	36
C.6 ÉNERGIE CONSOMMÉE.....	37
ANNEXE D DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 3.....	38
D.1 CONCENTRATION O2	38
D.2 CONCENTRATION CO2	39
D.3 DÉBIT DE FUMÉES	40
D.4 DÉBIT CALORIFIQUE	41
D.5 PERTE DE MASSE	42
D.6 ÉNERGIE CONSOMMÉE.....	43
D.7 FLUX THERMIQUES.....	44

1. INTRODUCTION

Le présent document constitue le rapport d'essais de caractérisation sous hotte calorimétrique de l'incendie de Big-Bag de semences de la société SOUFFLET.

Ces essais se situent dans le contexte de la mise en application de la doctrine générale n°BRTICP/2011-331/AL-PB du 28/11/11 [1] : **Prise en compte du caractère « combustible » pour le classement sous la rubrique 1510 :**

Une palette de produits est considérée comme incombustible si elle est constituée uniquement de produits réalisés en matériaux classés A1 ou A2-s1-d0 au sens de l'arrêté du 21/11/2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement [2]. Ces matériaux, à l'exception de ceux classés A1 en application du tableau du paragraphe I de l'annexe 3, (« classement conventionnel sans essais préalables »), disposent de procès-verbaux précisant ce classement.

Dans les autres cas, les palettes de produits sont à prendre en compte en tant que « combustibles » pour le classement de l'activité d'entreposage, sauf si des essais réalisés selon un protocole reconnu par la DGPR [4] démontrent que les trois critères suivants sont tous respectés :

- Critère 1 : le rapport entre l'énergie libérée par la combustion de la palette et la masse totale de celle-ci est inférieure à 2,5 MJ/kg ;
- Critère 2 : la puissance maximale mesurée lors de la combustion de la palette complète est inférieure à la puissance maximale mesurée lors de la combustion des combustibles présents sur la palette ;
- Critère 3 : 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.

Ces critères sont déterminés sur la base de trois essais qui se déclinent ainsi :

- Essai 1 : essai avec la palette complète avec pour source d'ignition deux bacs d'heptane ayant une courte durée de combustion dans le but de vérifier le premier critère énoncé
- Essai 2 : essai avec une charge calorifique équivalente à celle des produits combustibles identifiés sur la palette testée
- Essai 3 : essai avec la palette complète agressée sur trois faces par la charge calibrée lors de l'essai 2

La comparaison des essais 2 et 3 permet de vérifier les deux critères restants du protocole.

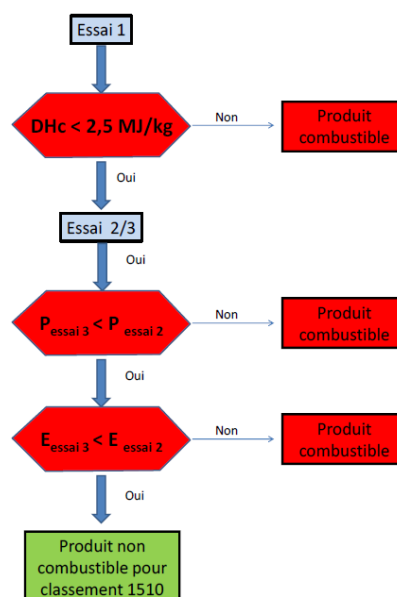


Figure 1-1 : Synoptique du protocole « non combustible » Flumilog

2. DESCRIPTION DE LA PALETTE TESTÉE

La palette avec 2 big-bags est constituée de :

- Semences ;
- Sacs big-bag en polypropylène ;
- Palette en bois de dimensions 80 x 120 cm.

Le volume total de la palette est de 1,2 m x 0,8 m x 1,5 m.

La masse totale de la palette testée est d'environ **1230 kg dont 97 % provient des semences**. Les chaleurs de combustion données dans le tableau suivant sont issues du document [3].

Produit	Masse [kg]	Chaleur de combustion [MJ/kg]	Charge calorifique [MJ]
Big Bag	2 x 4	46	368
Semence	1200	17	20400
Palette	25	18	450
Masse totale	1233	17,2 ¹	21218

Tableau 2-1 : Masses élémentaires et chaleurs de combustion des produits stockés sur la palette

La figure ci-dessous illustre la palette de big-bags testée.



Figure 2-1 : Palette testée

¹ Valeur moyenne pondérée par la masse élémentaire de chaque produit

3. INSTALLATION D'ESSAI

3.1 HOTTE CALORIMÉTRIQUE

L'essai a été réalisé dans la hotte calorimétrique du laboratoire d'Efectis France implanté à Maizières-lès-Metz (57). Il s'agit d'une enceinte fermée, d'une surface au sol de 8 m x 8 m, surmontée d'une hotte et d'une cheminée centrale.

L'évacuation des fumées produites par le foyer situé à l'intérieur se fait naturellement par une cheminée d'une hauteur de 7,1 m, qui est un conduit métallique non protégé thermiquement. Celle-ci est munie d'un venturi (\varnothing 1200 / 840 mm) permettant une prise de données sur des fumées bien homogène et stable. La hauteur d'entraînement des fumées en dessous de la cheminée est de 6,2 m par rapport au sol.

L'amenée d'air frais dans la hotte est réalisée par quatre (4) trappes de ventilation basse, présentant un passage libre unitaire de 1000 x 700 mm (l x h), réparties sur deux faces : Est et Ouest. La face Nord est mitoyenne au bâtiment 4 et plus particulièrement au local de pilotage.

L'accès à la hotte par l'extérieur est réalisé par une porte à deux vantaux de passage libre 2000 x 3000 mm (l x h). Une porte d'accès de 2000 x 2500 mm (l x h) connecte la hotte au local de pilotage.

Sur les faces intérieures, l'enceinte est habillée sur une hauteur de 2,5 m d'une maçonnerie en béton cellulaire. Au-dessus, la hotte en inox est protégée par des plaques silico-calcaire ou de la laine minérale. Un habillage en bardage métallique a été disposé à l'extérieur.

Le détail de la hotte est présenté en 0.



Photo 3-1 : Hotte calorimétrique d'Efectis France à Maizières-lès-Metz (57)

3.2 DISPOSITION DE LA PALETTE

La palette de big-bags a été disposée sur des blocs de béton cellulaire afin de permettre la mise en place des bacs de foyer de départ de feu sous la palette, eux-mêmes positionnés au sein d'un bac de rétention au centre de la hotte. Cet ensemble est posé sur la balance.

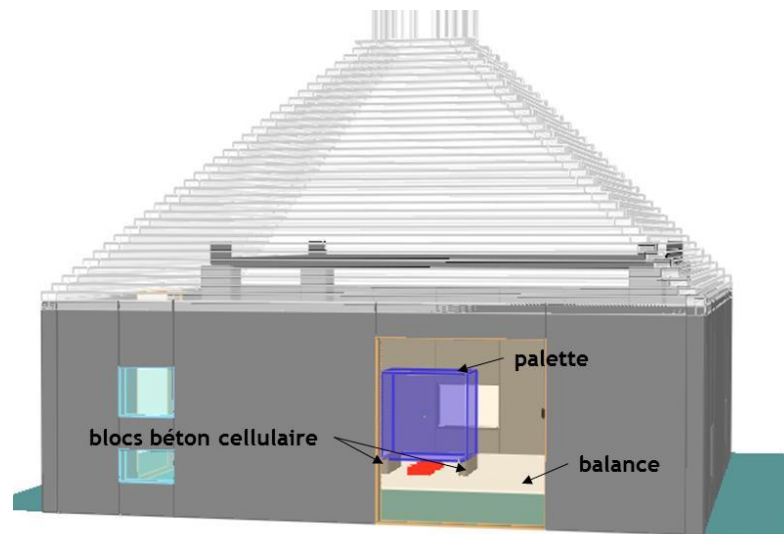


Figure 3-1 : Représentation de la disposition de la palette depuis l'entrée Nord de la hotte (local de pilotage)

3.3 INSTRUMENTATION

L'instrumentation pour cet essai comprend :

- une balance pour la perte de masse de la palette avec une pesée en continu ;
- un analyseur de gaz O₂, CO₂, CO pour la mesure des concentrations en gaz dans le venturi de la cheminée ;
- un capteur de pression et un thermocouple pour la mesure du débit et température des fumées dans le venturi de la cheminée ;
- deux fluxmètres devant la palette ;
- une caméra pour l'enregistrement vidéo de l'essai.

L'acquisition a été réalisée par un enregistreur AOIP avec une fréquence de scrutation de 10 secondes.

3.3.1 Cheminée (venturi)

La pression différentielle au passage du tube Venturi était mesurée par un micro manomètre FURNACE CONTROL FCO 318, 0-200 Pa, utilisé sur sa plage de mesure 0 - 100 %.

Le débit volumique des fumées est ainsi calculé en fonction de la pression différentielle au passage du venturi et de la température des fumées qui permet de définir la masse volumique.

Les concentrations en O₂, CO₂ et CO étaient mesurées par prélèvement dans le venturi et un analyseur de gaz, muni d'une boucle de prélèvement rapide. Les plages de mesure des cellules de l'analyseur étaient les suivantes :

- O₂ : 0 à 25 %.
- CO₂ : 0 à 25 %.
- CO : 0 à 10 000 ppm.

Le débit calorifique a été calculé suivant les deux méthodes indiquées dans le document [2], à savoir :

- la méthode de consommation d'oxygène (OC) définie par Thornton [5]. Une correction de la valeur par les concentrations en dioxyde et monoxyde de carbone est employée [6].
- la méthode de production de dioxyde de carbone et monoxyde de carbone dans les fumées (CDG) initiée par Tewarson [7].

Implantation	Repères	Planche de résultats n°
Pression différentielle au passage du Venturi	Pr1	-
Concentration en oxygène O ₂	Gaz2	1
Concentration en dioxyde de carbone CO ₂	Gaz3	2
Concentration en monoxyde de carbone CO	Gaz4	-
Température des fumées (section basse Venturi)	Tc5	-
Température des fumées (section centrale Venturi)	Tc6	-
Débit volumique des fumées	Qv9	3

Tableau 3-1 : repérage des voies de mesures dans la cheminée et des planches de résultats en ANNEXE B, ANNEXE C et ANNEXE D

3.3.2 Pesée

La pesée en continu de l'échantillon d'essai était assurée par une plateforme de pesée réf. GIB4C3008 (PMA), muni de 4 pesons, de dimensions 3 000 x 2 000 mm, de portée 3000 kg, et de précision 500 g. La plateforme était reliée à un terminal de pesage analogique IT3000A, réf. SY13SYS501 avec une sortie analogique.

Implantation	Repères	Planche de résultats n°
Pesée de la palette et des bacs d'ignition et blocs béton de support	M4	5

Tableau 3-2 : repérage de la voie de mesure de pesée et de la planche de résultats en ANNEXE B, ANNEXE C et ANNEXE D

3.3.3 Flux thermique

Le flux thermique a été mesuré par deux fluxmètres.

Implantation	Repères	Planche de résultats n°
Fluxmètre à une hauteur de 1 m et une distance de 1 m de la face Nord de la palette	Fx15	7
Fluxmètre à une hauteur de 2 m et une distance de 2 m de la face Nord de la palette	Fx16	7

Tableau 3-3 : repérage de la voie de mesure de flux et de la planche de résultats en ANNEXE B et ANNEXE D

3.3.4 Localisation des points de mesure de flux

Les fluxmètres ont été placés pour l'un à une distance de 1 m de la face Nord de la palette et une hauteur de 1 m et pour l'autre à une distance de 2 m et une hauteur de 2 m.

■ Fluxmètres

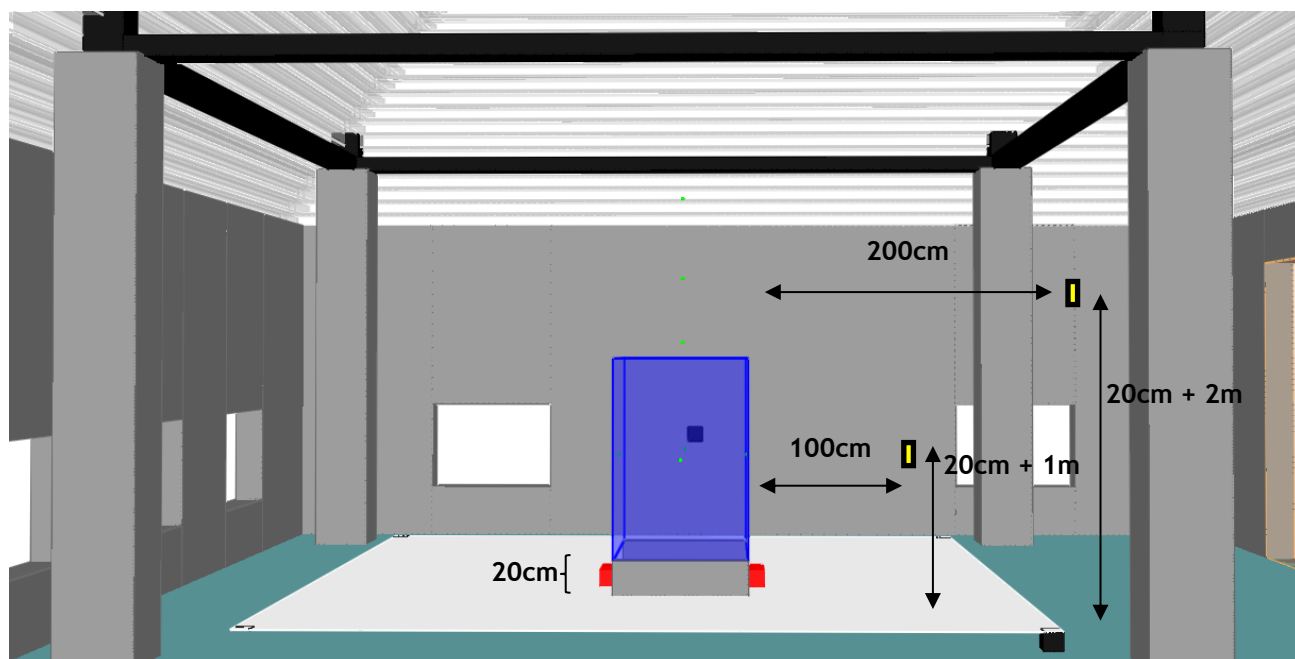


Figure 3-2 : Plan d'instrumentation depuis la face Est (entrée depuis l'extérieur)

4. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

4.1 CONDITIONS INITIALES

Les conditions météorologiques extérieures lors des essais réalisés les 28 et 30 mars 2017 furent les suivantes :

Paramètres	Essai 1	Essai 3
Température [°C]	19	20
Pression atmosphérique [hPa]	1023	1022
Humidité relative [%]	46	31
Point de rosée [°C]	7	7
Vitesse du vent [km/h]	9,3	11,1
Direction du vent	Sud-Ouest	Est-Sud-Est

Tableau 4-1 : Caractéristiques météorologiques pendant les essais

4.2 ESSAI N°1 : PALETTE SEULE

Cet essai consiste 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.

Cet essai permet de déterminer l'évolution de la puissance (débit calorifique) de la palette brûlant de manière isolée et l'énergie totale dégagée par cette combustion. L'évaluation de la puissance se fera à l'aide des deux méthodes (OC et CDG).

4.2.1 Allumage

Pour le démarrage de la palette, un bac de 33 x 33 cm² de section avec 3 cm d'heptane a été disposé à proximité de la palette, surélevé de 20 cm. Le bac a volontairement été déplacé d'une dizaine de centimètres à côté des big-bags afin d'éviter la chute de semences dans le bac et de maintenir une agression constante². L'objectif est d'obtenir un démarrage de feu du big-bag. La puissance du bac est d'environ 165 kW.



Figure 4-1 : Illustration de la position du bac d'heptane à côté du big-bag

4.2.2 Observations

² Un premier essai a été effectué avec deux bacs d'heptane disposés sous la palette, mais l'ouverture des big-bags et l'écoulement des graines dans les bacs a éteint l'agression.

Les observations qualitatives relevées lors de l'essai sont indiquées ci-dessous :




Temps [mm:ss]	Observations	Photos
00:00	Allumage du bac d'heptane Inflammation du big bag Déversement progressif et continu des semences.	
11:00	Inflammation de quelques graines en surface sur environ 3 dm ² .	
16:00	Extinction du bac d'heptane Auto extinction de la semence Fin de l'essai.	

Tableau 4-2 : Observations au cours de l'essai 1 des big-bags

4.2.3 Principaux résultats

L'ensemble des planches de données métrologiques est présenté en 0. Seuls les résultats du second essai avec agression sur le côté sont présentés, la puissance dégagée lors du premier essai étant trop faible pour être mesurée.

L'évolution de la puissance est présentée sur la Figure 4-2 avec chacune des deux méthodes de calorimétrie (OC et CDG), les deux approches donnant des résultats similaires.

La puissance maximale moyenne (débit calorifique) mesurée lors de cet essai est d'environ 180 kW \pm 50kW. Cette puissance correspond principalement à la combustion du bac d'heptane et du sac composant le big-bag.

L'énergie totale dégagée durant cet essai est d'environ 110 MJ. L'essai a mis en évidence que seule la surface de semence brûle et carbonise, avec une légère combustion de l'emballage en polypropylène, et ce uniquement tant qu'il y a une source d'agression. Dès que la source s'éteint ou est retirée, les semences cessent de brûler immédiatement.

Ainsi, la chaleur de combustion calculée à partir de l'énergie totale dégagée ramenée à la masse totale de la palette (1233 kg) est d'environ de 0,1 MJ/kg.

Cette valeur est donc inférieure aux 2,5 MJ/kg et répond au premier critère défini dans le protocole Flumilog [4]. Les essais 2 et 3 sont donc réalisés selon le protocole d'essai visant à démontrer la non combustibilité du produit pour classement sous la rubrique 1510.

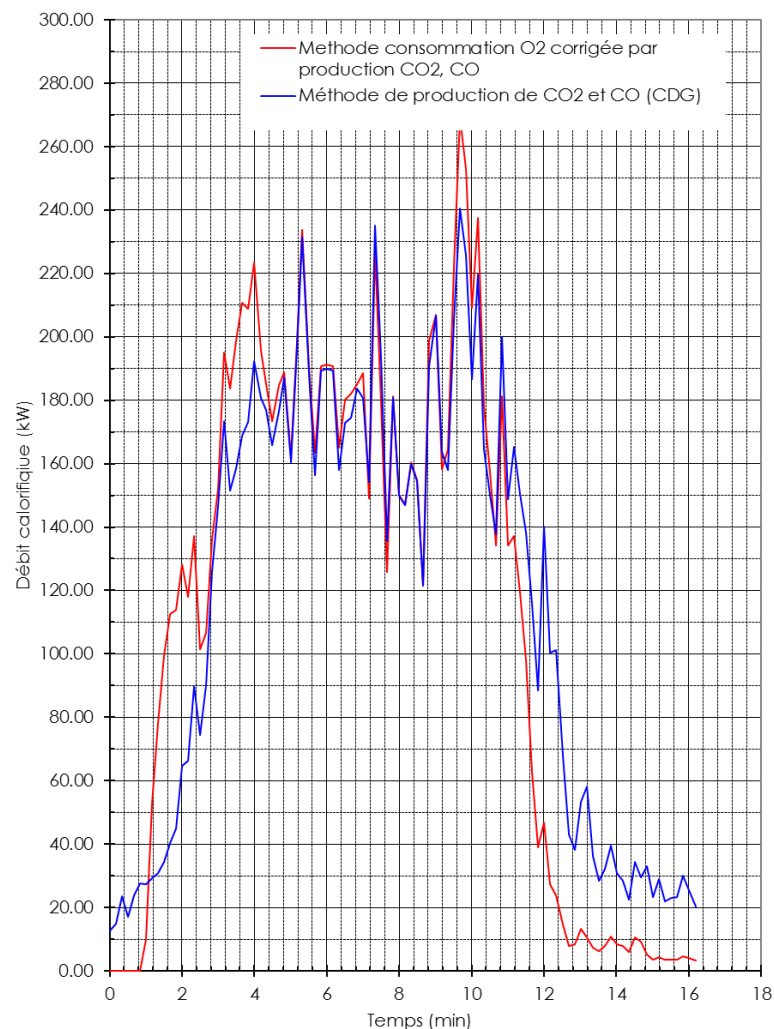


Figure 4-2 : Évolution du débit calorifique de l'essai 1 de big-bags

4.3 ESSAI N°2 : CALIBRATION DE L'AGRESSION

Il s'agit dans le cas d'un produit pouvant prétendre au caractère non combustible, de générer une agression représentative de l'incendie des produits combustibles présents sur la palette.

Dans le cas présent, la charge combustible totale sur la palette se décompose de la manière suivante en se basant sur les chaleurs de combustion fournies dans [3].

Produit	Masse [kg]	Chaleur de combustion [MJ/kg]	Charge calorifique [MJ]
Big Bag	2 x 4	46	368
Semence	1200	17	20400
Palette	25	18	450
Masse totale	1233	17,2 ³	21218
Masse équivalente bois Semence combustible	1 179	18	21218
Masse équivalente bois Semence incombustible	45	18	818

Tableau 4-3 : Synthèse des masses combustibles présentes sur la palette

Comme le tableau le montre, si l'on assimile les semences à des céréales en grains, la chaleur de combustion associée est de 17 MJ/kg [3]. La masse de bois à mettre en œuvre pour atteindre une telle charge calorifique est alors de 1 178 kg par face. La mise en œuvre d'un feu avec 4 tonnes n'est pas réalisable.

On propose alors de considérer la chaleur de combustion des semences nulle, au vu des résultats du premier essai, ce qui conduit à une masse de bois équivalente de 45 kg.

On considère donc un essai avec une palette Europe de masse unitaire d'environ 25 kg, disposée contre une palette fictive constituée de blocs de béton⁴. L'inflammation est réalisée à l'aide d'un bac d'heptane de 33 x 33 cm² rempli à 3 cm.

Ainsi, compte tenu de la puissance très faible dégagée par la palette de big-bag, l'agression représentée par une palette bois avec un bac d'heptane similaire permet de s'approcher au mieux de la puissance de la palette de big-bag, sachant que c'est l'agression la plus faible qu'il est possible de mettre en œuvre.

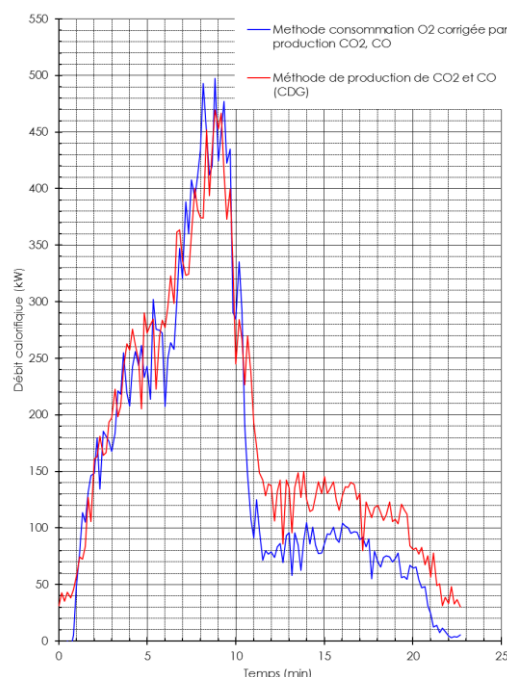


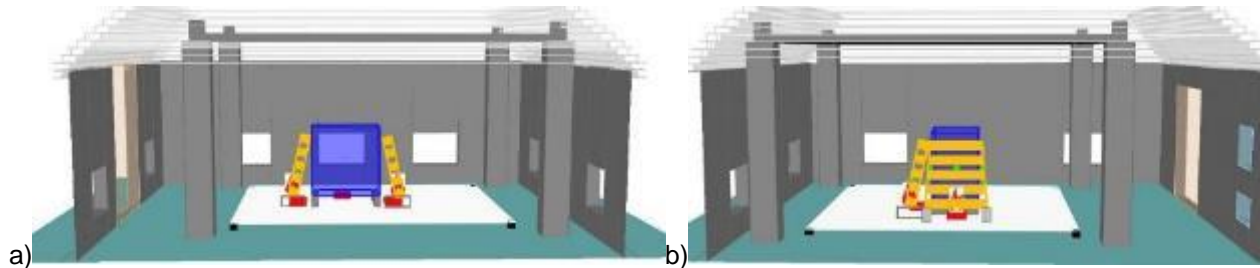
Figure 4-3 : Évolution de la puissance de l'agression retenue

³ Valeur moyenne pondérée par la masse élémentaire de chaque produit

⁴ Un essai 2 au sens du protocole FLUMI//og est représenté par 3 agressions (une par face).

4.4 ESSAI N°3 : PALETTE EN CONFIGURATION DE STOCKAGE

L'essai 3 est réalisé afin de reproduire la proximité de palettes voisines lors du stockage en entrepôt. L'influence de ces palettes est reproduite par l'agression déterminée lors de l'essai 2 et appliquée sur 3 faces de la palette testée.



**Figure 4-4 : Principe de disposition des foyers calibrés autour de la palette de produits
a) vue de face b) vue de côté**





L'allumage des palettes se fera à l'aide d'un litre d'heptane répandu sur la surface de chacune puis l'ensemble sera enflammé à l'aide d'un bac d'heptane de puissance calibrée à 165 kW.



Figure 4-5 : Disposition de l'agression autour de la palette de big-bag

4.4.1 Observations

Temps [hh:mm:ss]	Observations	Photos
00:00:00	Allumage	
00:00:12	Ouverture des big bags supérieur et inférieur. Déversement des semences y compris une partie en dehors de la balance. Diminution de l'intensité de	

Temps [hh:mm:ss]	Observations	Photos
	l'inflammation des palettes.	
00:01:30	Renversement d'une partie des semences au niveau du big bag supérieur, avec une partie tombée en dehors de la balance	
00:10:00	Renversement d'une partie des semences au niveau du big bag inférieur, avec une partie tombée en dehors de la balance	
00:12:00	Début d'auto-inflammation de la surface des semences dans un angle de la palette.	
00:13:30	Début de chute des palettes en dehors de la balance	
00:17:00	Dépose d'une palette enflammée sur les semences.	
00:19:00	Diminution de l'inflammation des palettes.	

Temps [hh:mm:ss]	Observations	Photos
01:04:00	Fin d'essai	

Tableau 4-4 : Observations au cours de l'essai 3 des big-bags

4.4.1 Principaux résultats

L'ensemble des planches de données métrologiques est présenté en ANNEXE D.

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 maximale mesurée lors de la combustion de la palette complète (essai 3) est inférieure à la puissance maximale mesurée lors de la combustion des combustibles présents sur la palette (essai 2) ;
- l'énergie libérée par la palette complète (essai 3) est inférieure à l'énergie libérée par la combustion des combustibles présents sur la palette (essai 2).

Sur la Figure 4-6 est représentée l'évolution de la puissance dégagée au cours de cet essai, comparée à celle extrapolée à partir de l'essai 2⁵. Nous pouvons observer que la puissance dégagée lors de l'essai 2 est supérieure à celle dégagée lors de l'essai 3. Cela permet de valider le 2^{ème} critère permettant de classer la palette en tant que non combustible.

La différence observée entre les deux essais est due à la nature de l'emballage et la nature de son contenu (semence). En effet, lors de l'essai 3, l'ouverture des sacs et le déversement violent des semences a « étouffé » la progression de la puissance du feu.

⁵ On suppose alors une agression unitaire de l'essai 2 sur 3 faces

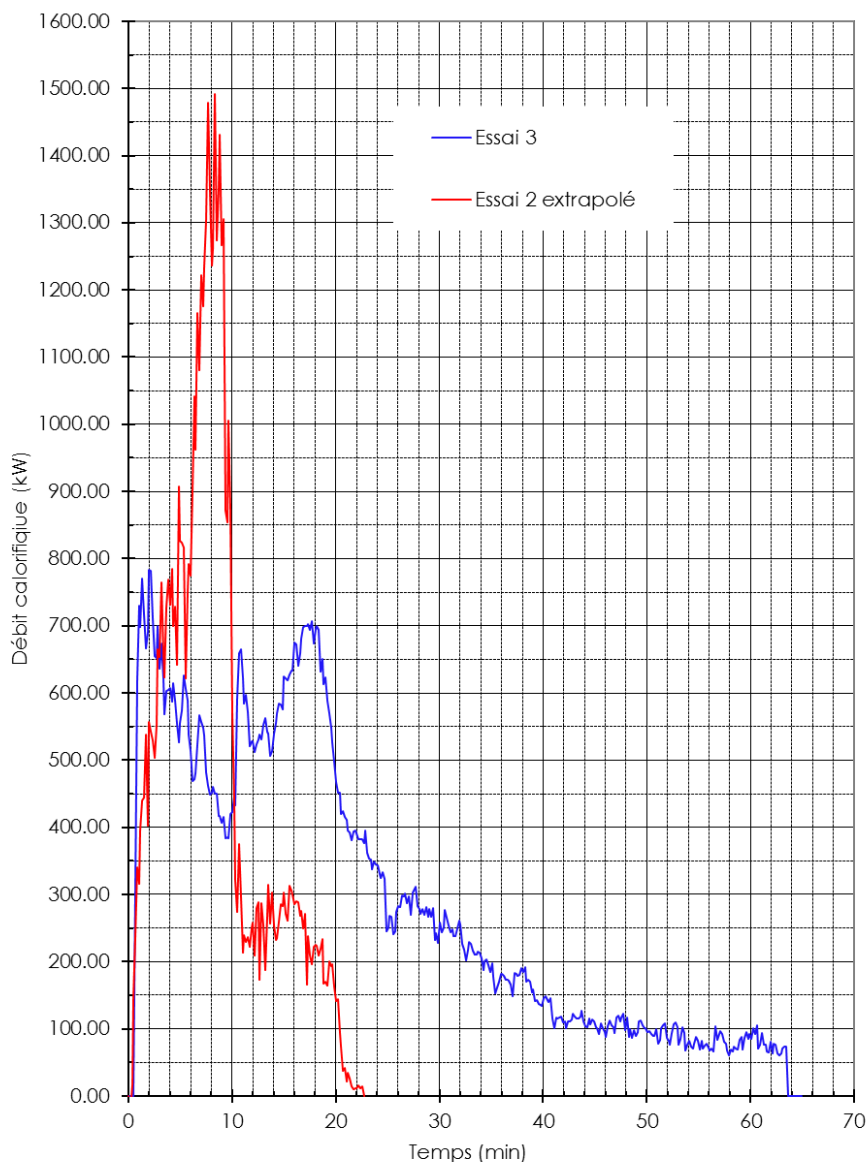


Figure 4-6 : Comparaison de l'évolution de la puissance des essais 2 (extrapolé) et 3

La Figure 4-7 montre l'évolution de l'énergie dégagée pour ces deux essais. On constate que pendant les 5 premières minutes, l'évolution de l'énergie est similaire puis celle de l'essai 2 est supérieure à l'essai 3 jusqu'à ce qu'elle s'arrête.

Ensuite, l'essai 3 qui est beaucoup plus long, continue à dégager une énergie qui dépasse celle de l'essai 2. Ainsi, la palette de big-bags ne remplit donc pas les trois critères pour être qualifiée d'incombustible.

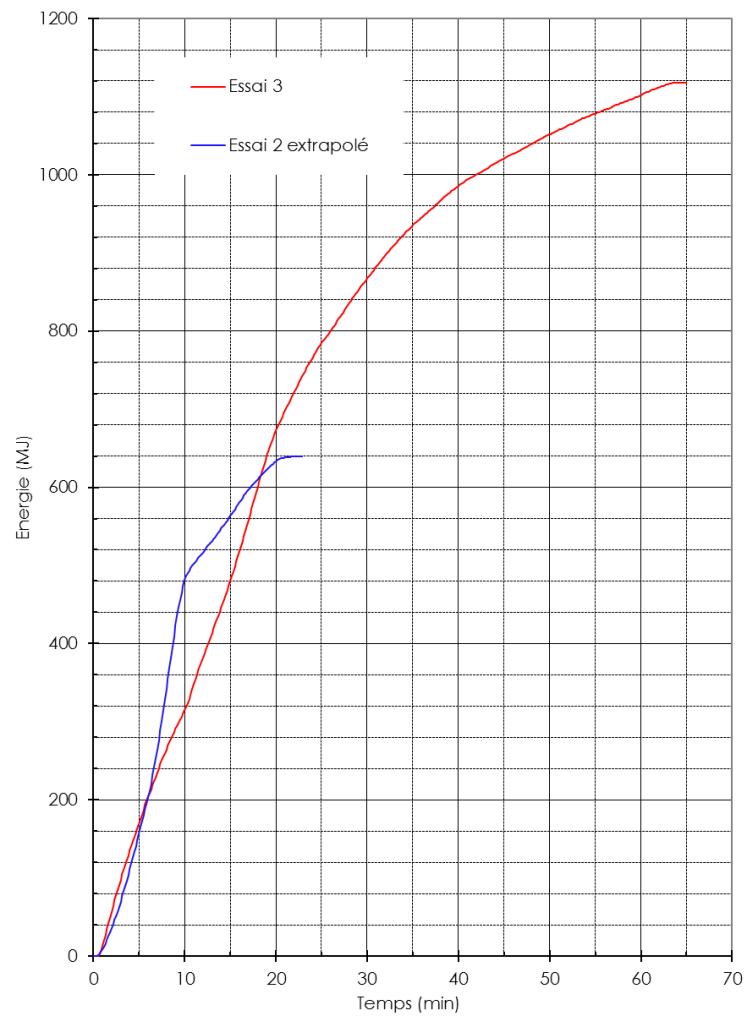


Figure 4-7 : Comparaison de l'évolution de l'énergie des essais 2 (extrapolé) et 3

5. CONCLUSION

Les essais réalisés selon le protocole FLUMilog [4] sur une palette semences en big-bags de dimensions 1,2 x 0,8 x 1,5 m³ et composée comme décrit dans le Tableau 2-1 au § 2, ont montré qu'elle ne pouvait pas être classée comme palette non combustible sous la rubrique 1510 car elle ne respectait que 2 critères sur les 3 exigibles.

Toutefois les essais ont montré que la constitution des big-bags et le fait que la semence s'en écoule lorsque ceux-ci se percent ont tendance à limiter la puissance et la propagation de l'incendie. Il est possible que les semences carbonisent en surface et conduisent à une durée de feu longue mais avec une puissance presque nulle. De ce fait, l'incendie d'un stockage de ces produits ne générerait pas de flux thermiques, celui-ci étant contrôlé par les semences présentes sur la palette pour autant qu'elle reste conforme à la description du § 2.

En outre, il a été constaté que, lorsque la palette n'est pas soumise à une agression suffisamment importante (essai 1), elle ne brûle plus du tout. L'agression représentée par une palette en bois (essai 2) est majorante par rapport à celle produite réellement par une palette de big-bags. Cette majoration a conduit lors de l'essai 3, à brûler une plus grande quantité de semences, soit une énergie libérée surestimée.

En conclusion, il est possible de considérer que la combustion de la palette ne conduit pas à la génération de flux thermiques au sens du logiciel Flumilog. Toutefois, la palette ne peut pas être considérée comme non combustible sous la rubrique 1510. En conséquence, l'entrepôt concerné devra respecter toutes les préconisations des Arrêtés Ministériels 1510 correspondant au régime de classement.

6. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] Note de doctrine Générale BRTICP/2011-331/AL-PB du 28 novembre 2011
- [2] Arrêté du 21 Novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement (publié au JORF du 31 décembre 2002)
- [3] FLUMILOG : Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt. Rapport INERIS/CTIM/CNPP/IRSN/EFFECTIS France DRA-09-90977-14553A, Version 2.04/08/2011
- [4] FLUMILOG : Protocole d'essais de caractérisation de l'incendie d'une palette – Rapport INERIS DRA-13-133881-07549A, Mars 2014
- [5] The relation of oxygen to the heat of combustion of organic compounds, M. Thornton. Phil. Mag. 3., 1917
- [6] The Measurement of Heat Release Rates by Oxygen Consumption Calorimetry in Fires Under Suppression. B. Z. Dlugogorski, J. R. Mawhinney and V. Huu Duc Fire safety Science proceeding of the 4th Int. Symp., Ottawa, 1994
- [7] Generation of Heat and Fire Products. A. TEWARSON, Technical report of Factory Mutual, May 1995.
- [8] Fiche technique n°44 : Pouvoir calorifique Supérieur (PCS) des Matériaux – indice A – Mars 2011 – CSTB/CEBPT/COPREC/SNFA

ANNEXE A HOTTE CALORIMETRIQUE

A.1 PLAN DE LA HOTTE

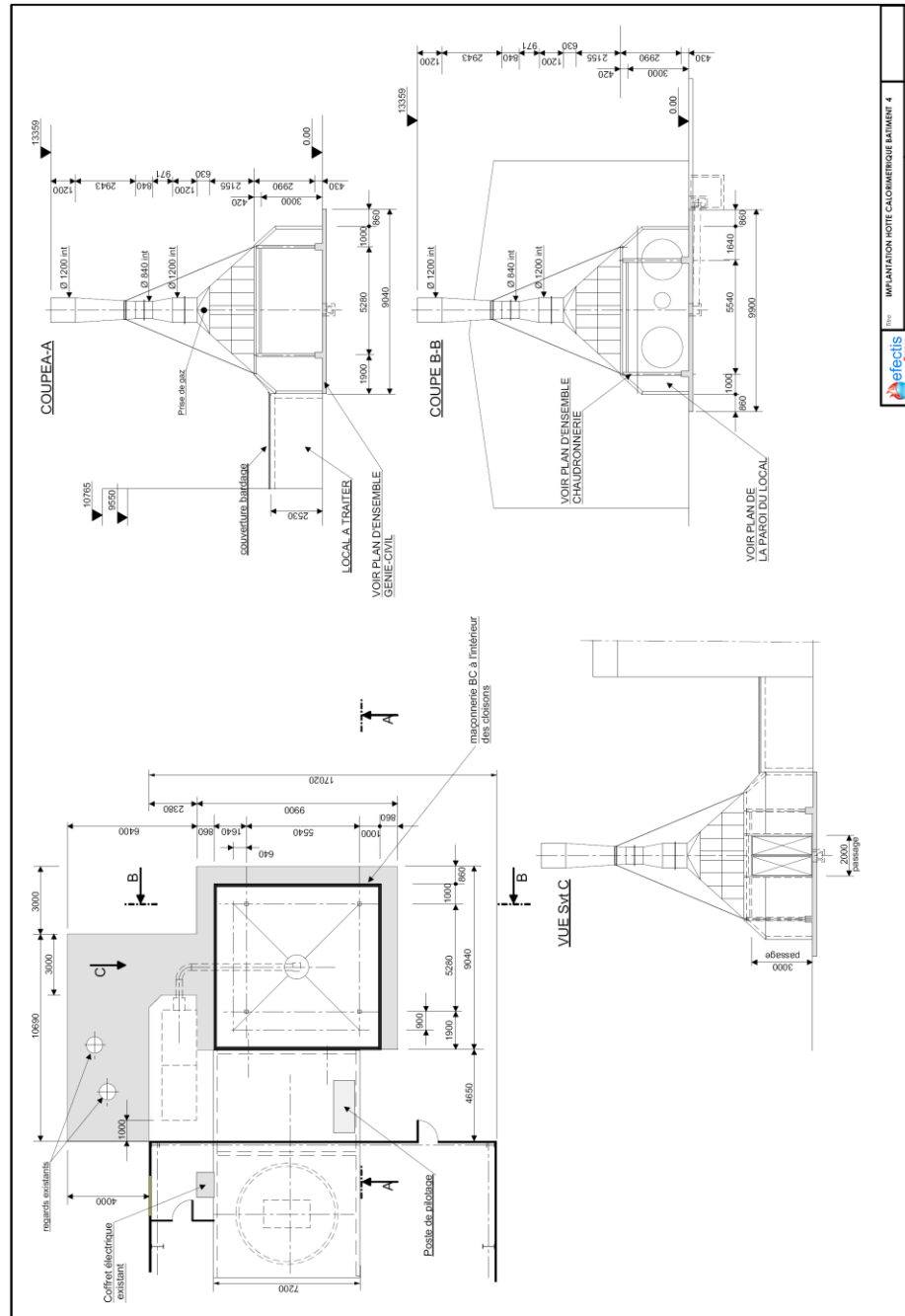


Figure 6-6 : Plans de la hotte calorimétrique

A.2 VUES DE LA HOTTE

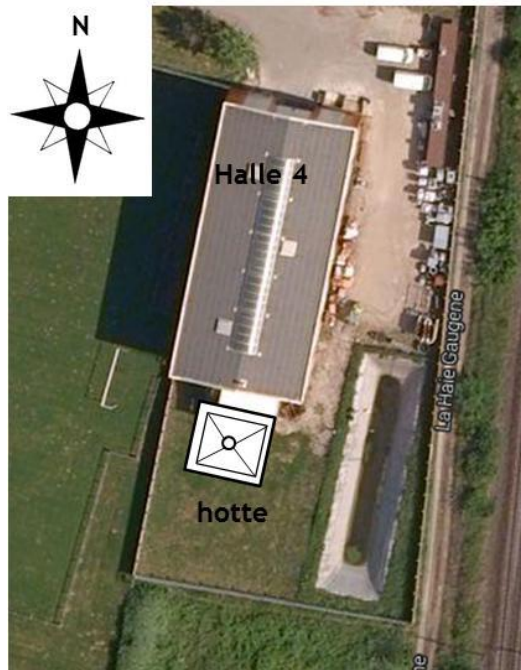


Figure 6-7 : Implantation de la hotte au sud du bâtiment 4 et vue de la façade Sud



Figure 6-8 : vues des façades Est et Ouest



Figure 6-9 : vue du local de pilotage et des baies vitrées depuis la hotte

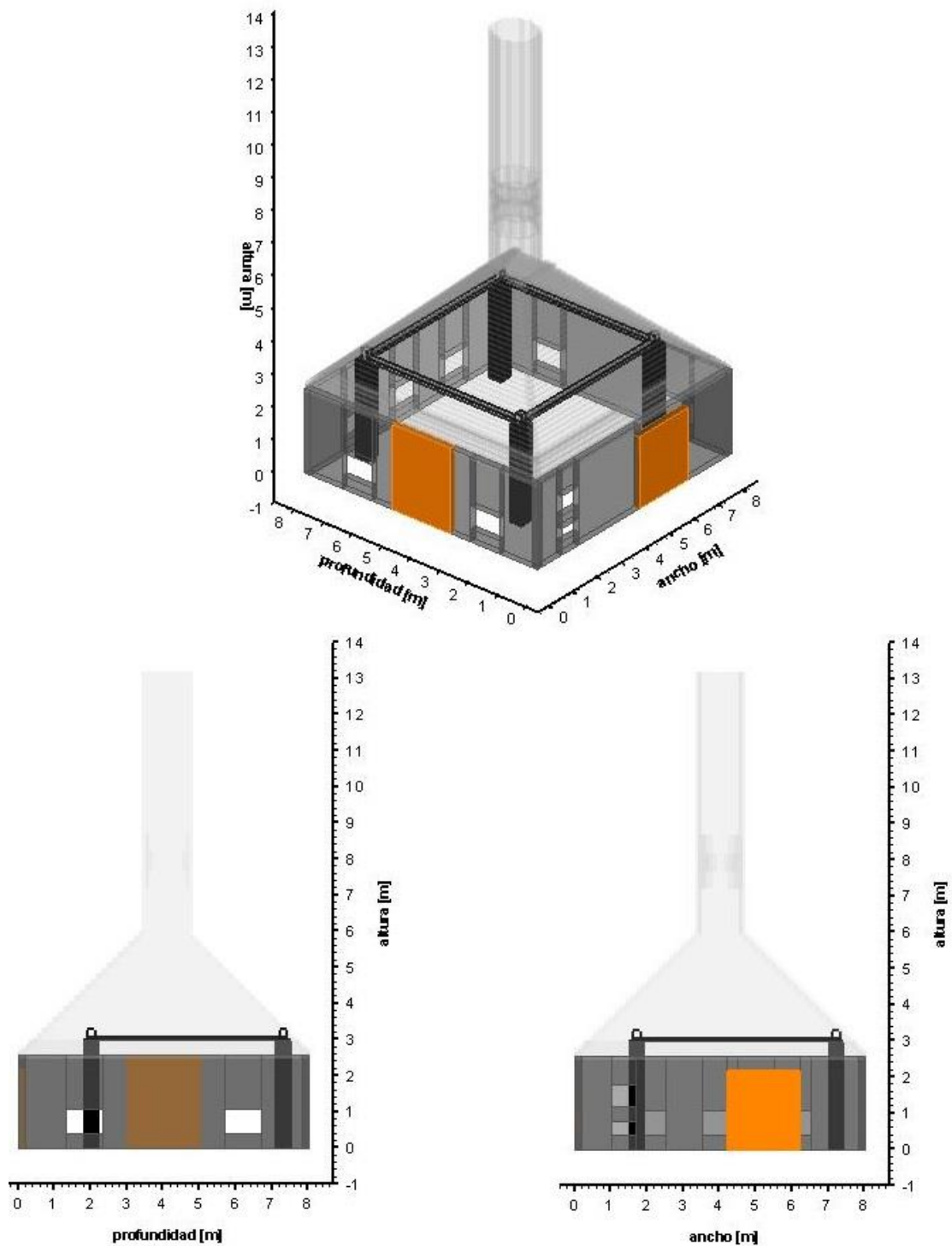
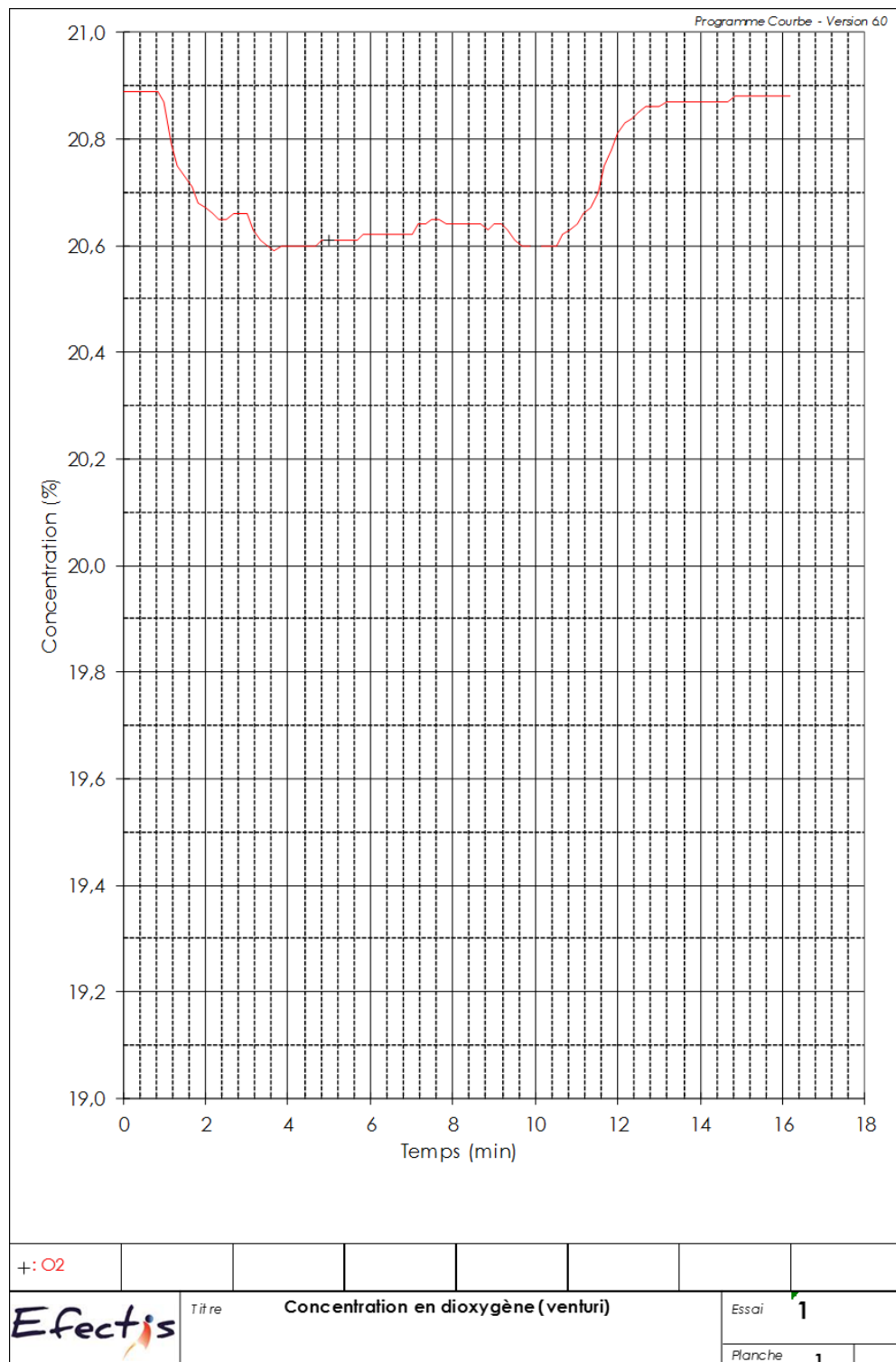


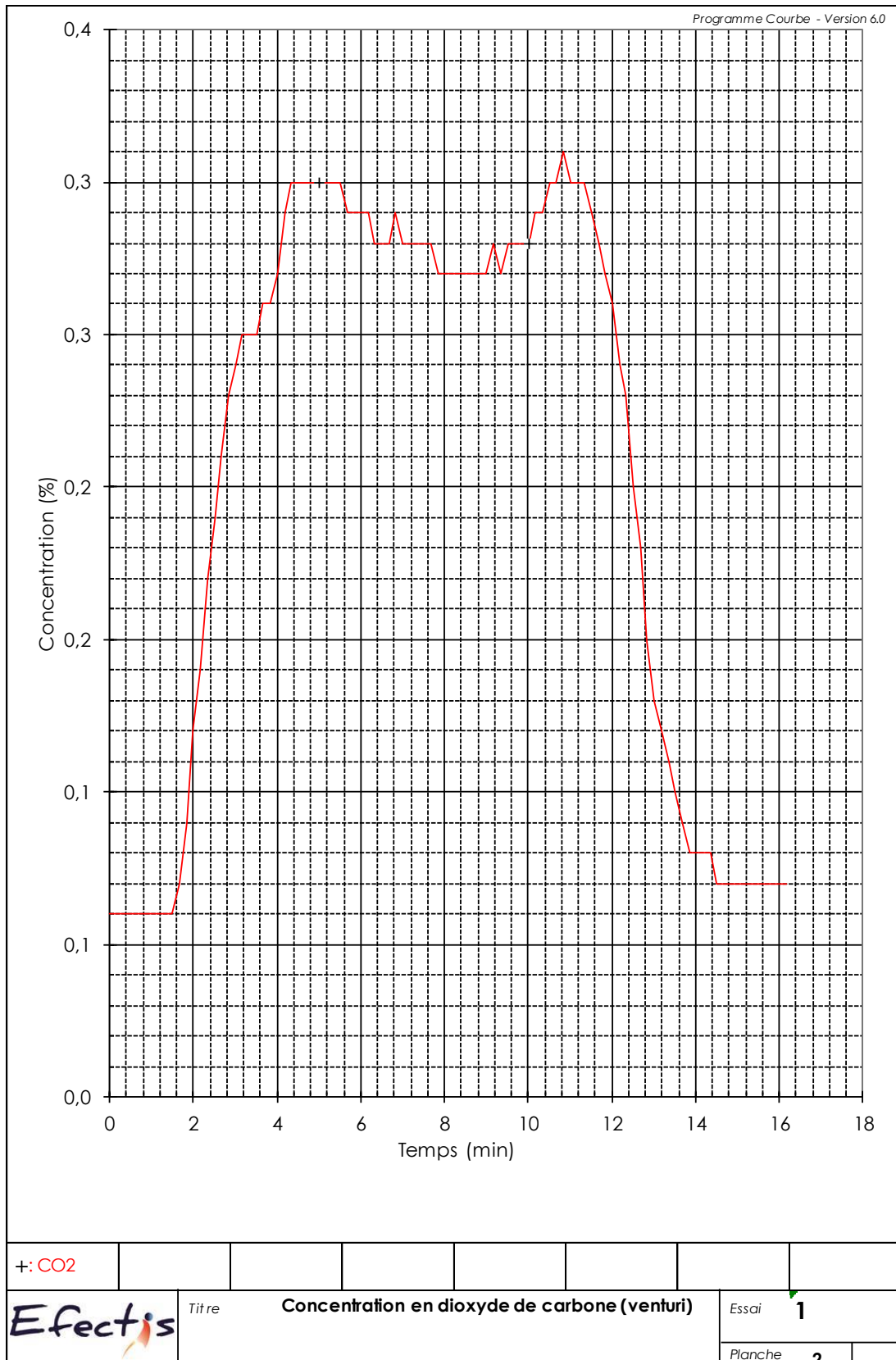
Figure 6-10 : Représentation virtuelle de la hotte calorimétrique
Vues axonométrique, depuis la face Ouest et depuis la face Nord

ANNEXE B DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 1

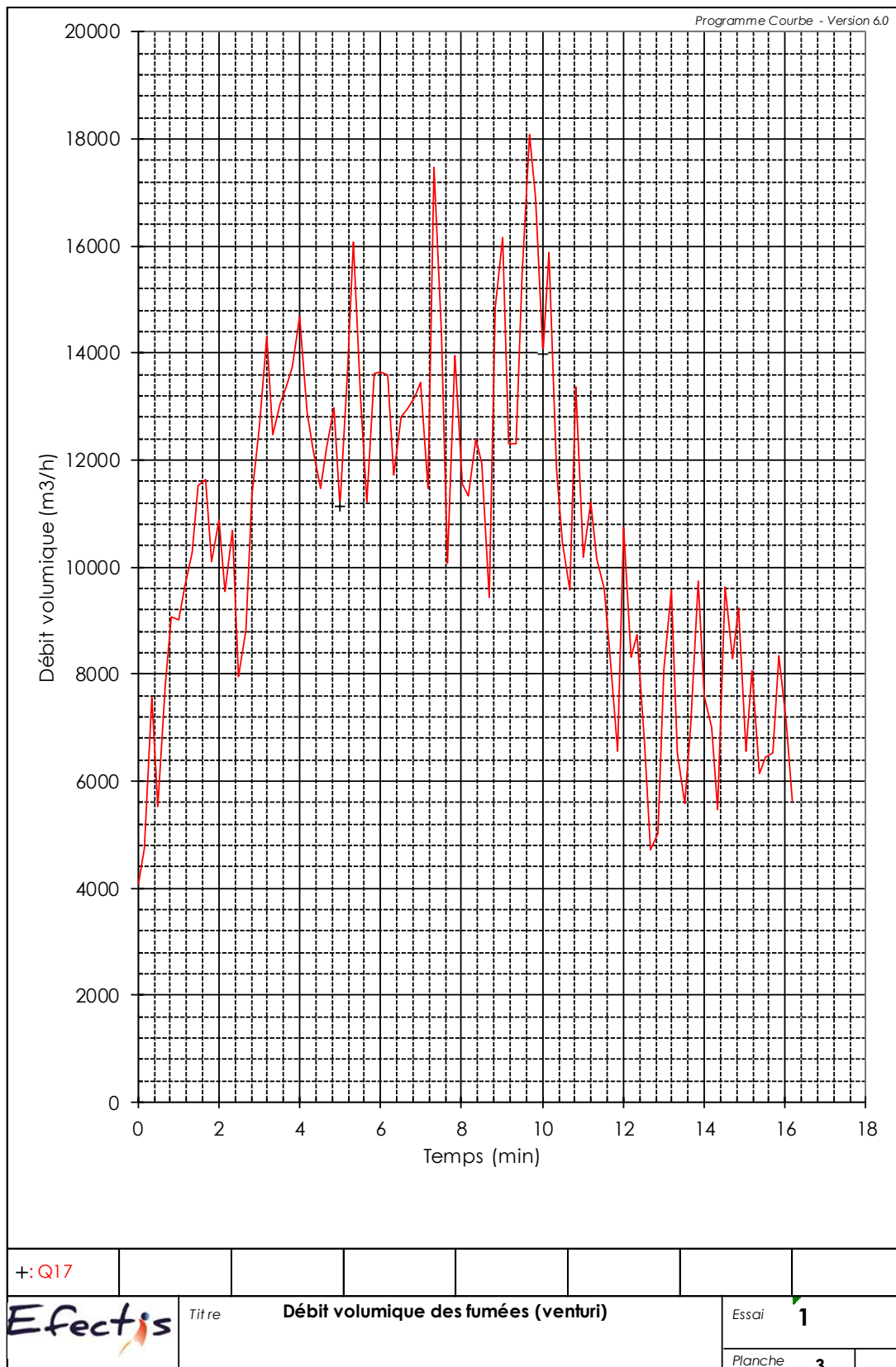
B.1 CONCENTRATION O2



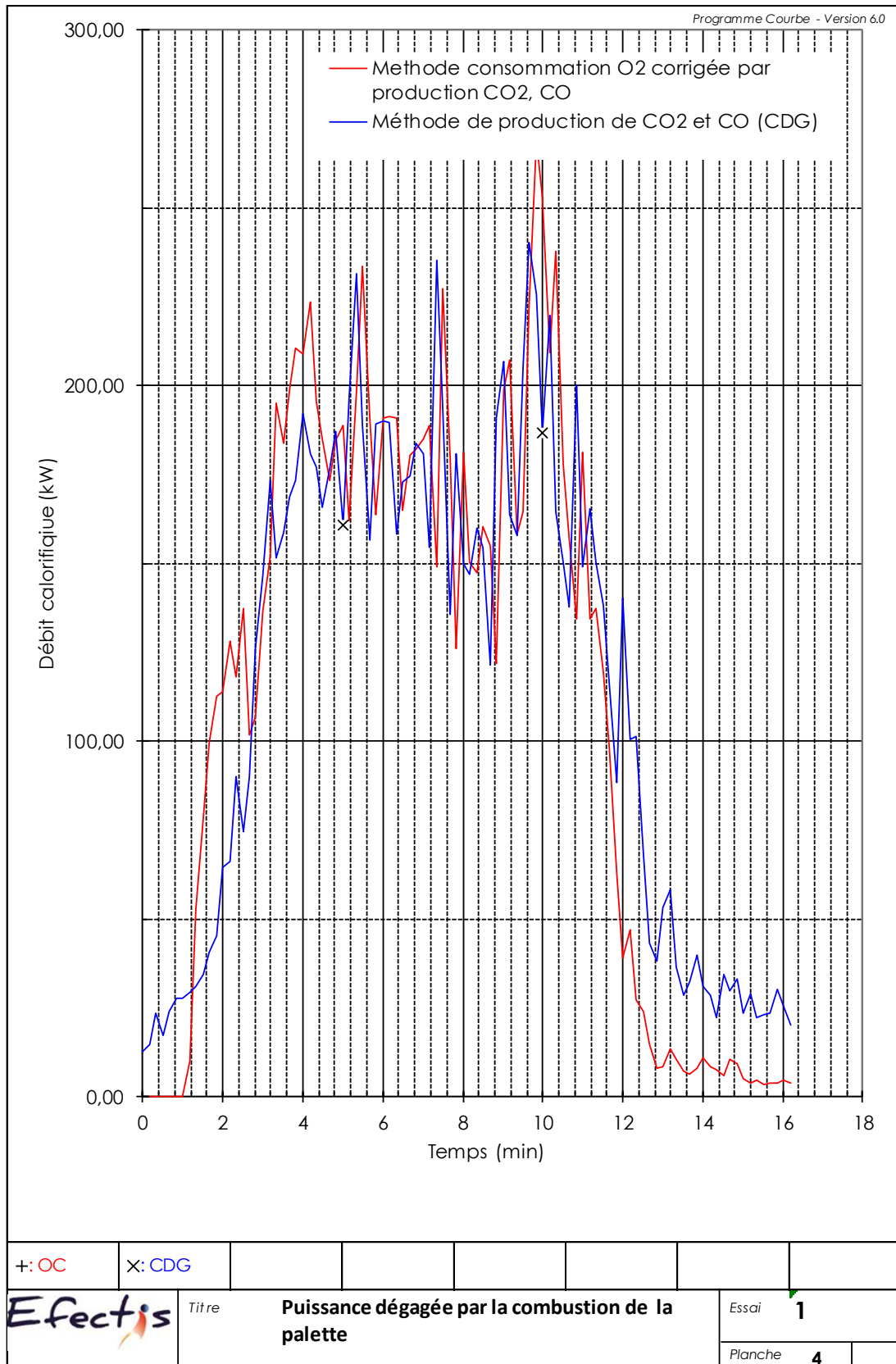
B.2 CONCENTRATION CO2



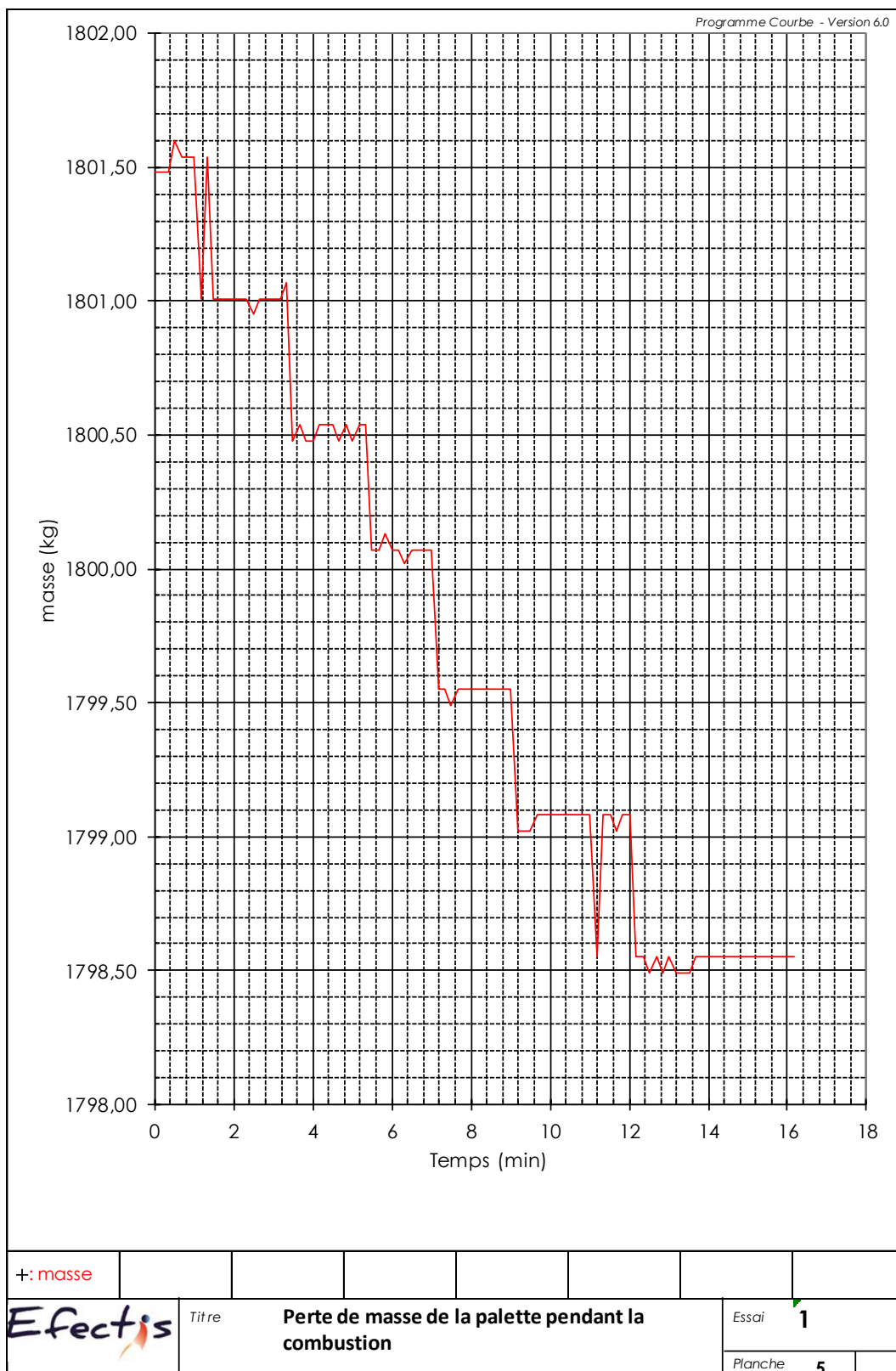
B.3 DÉBIT DE FUMÉES



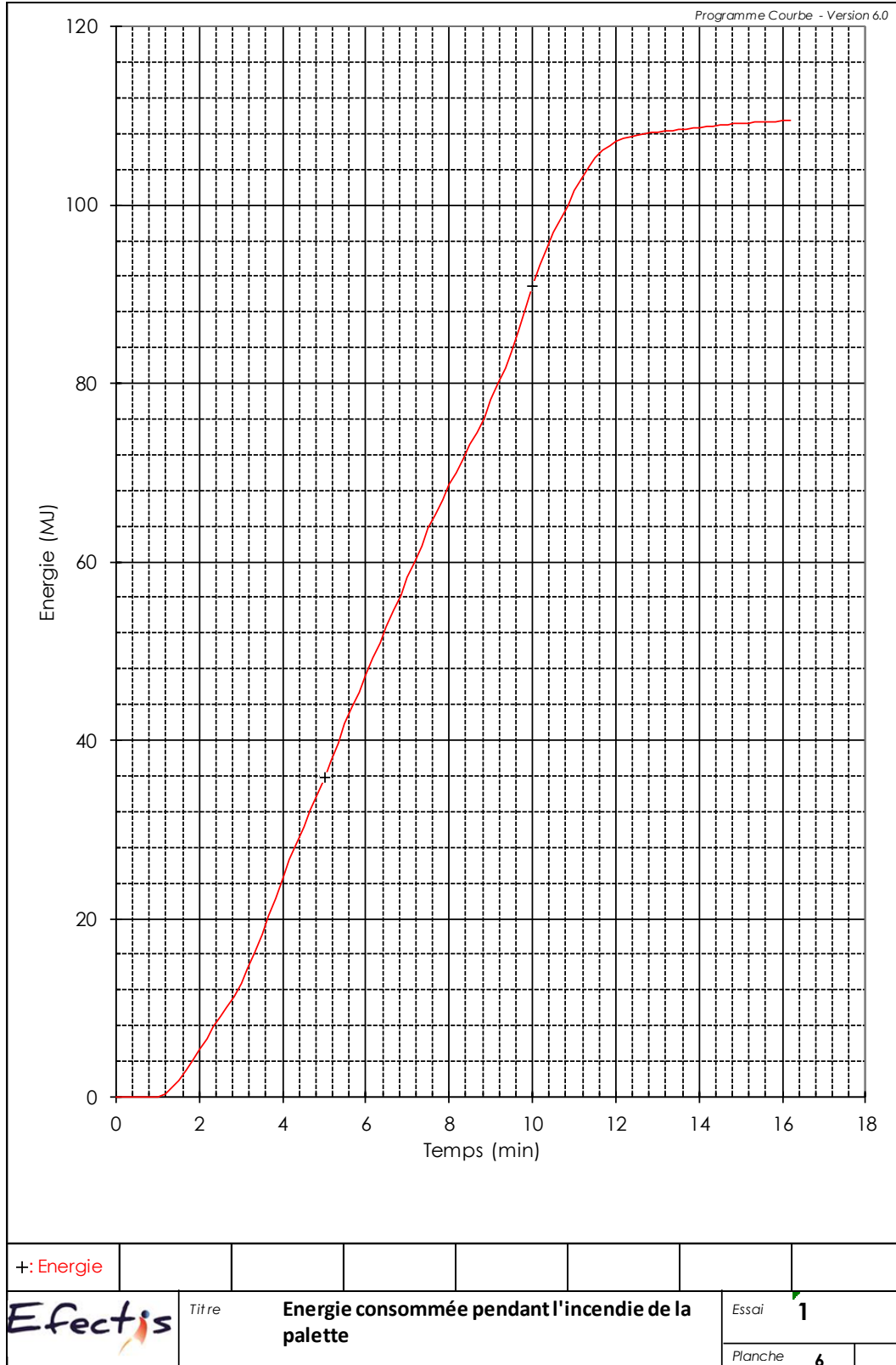
B.4 DÉBIT CALORIFIQUE



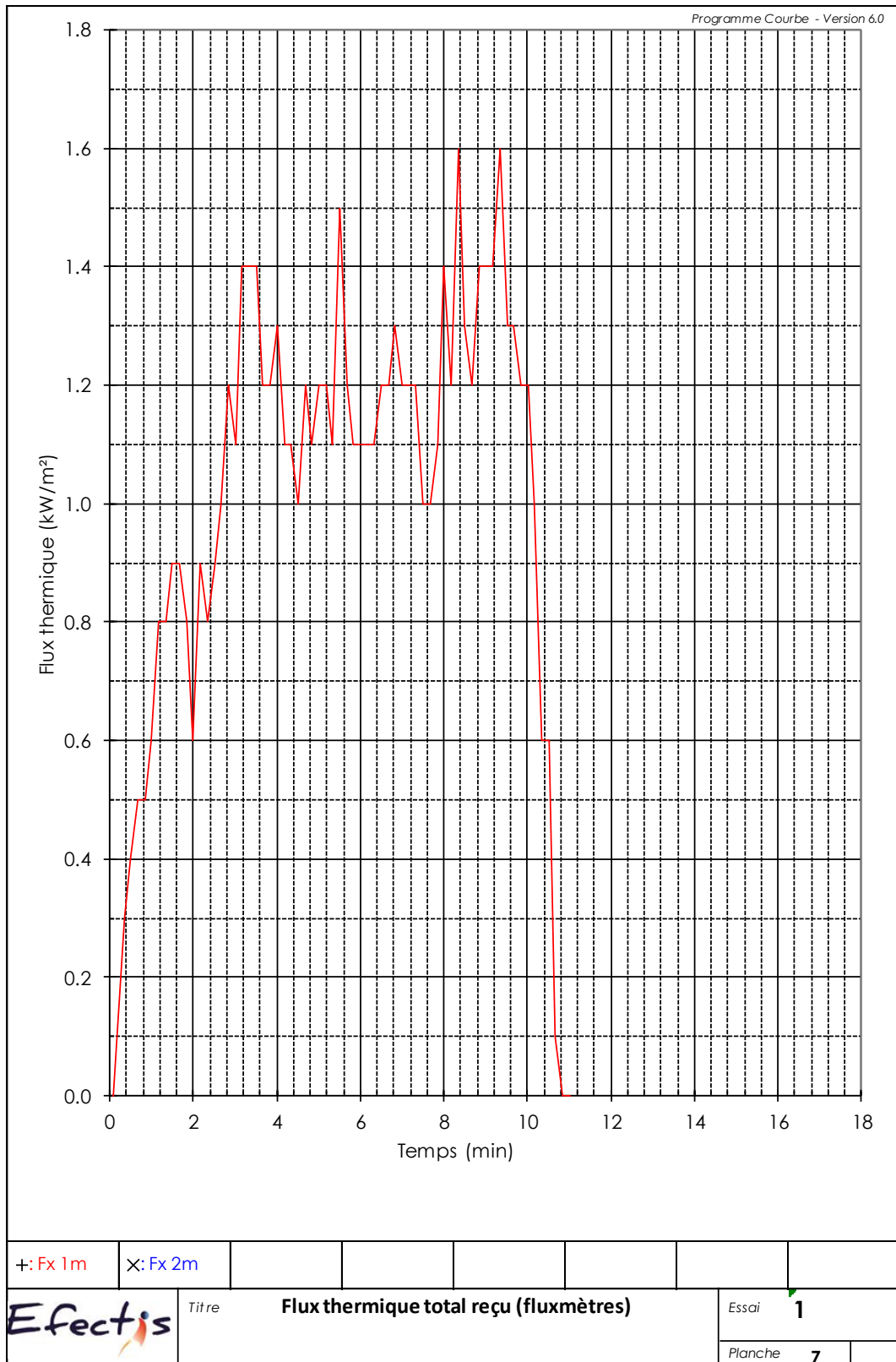
B.5 PERTE DE MASSE



B.6 ENERGIE CONSOMMÉE

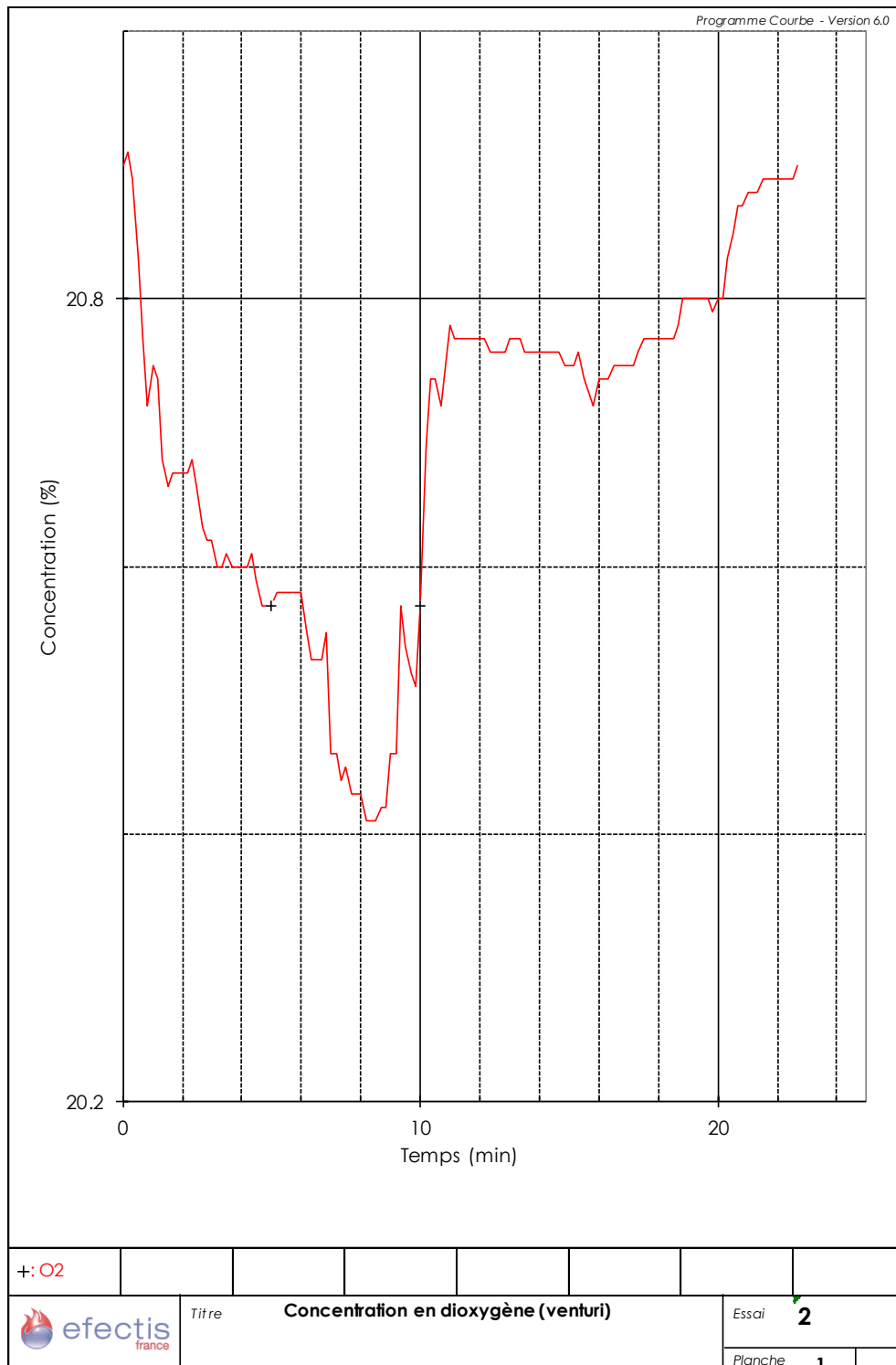


B.7 FLUX THERMIQUES

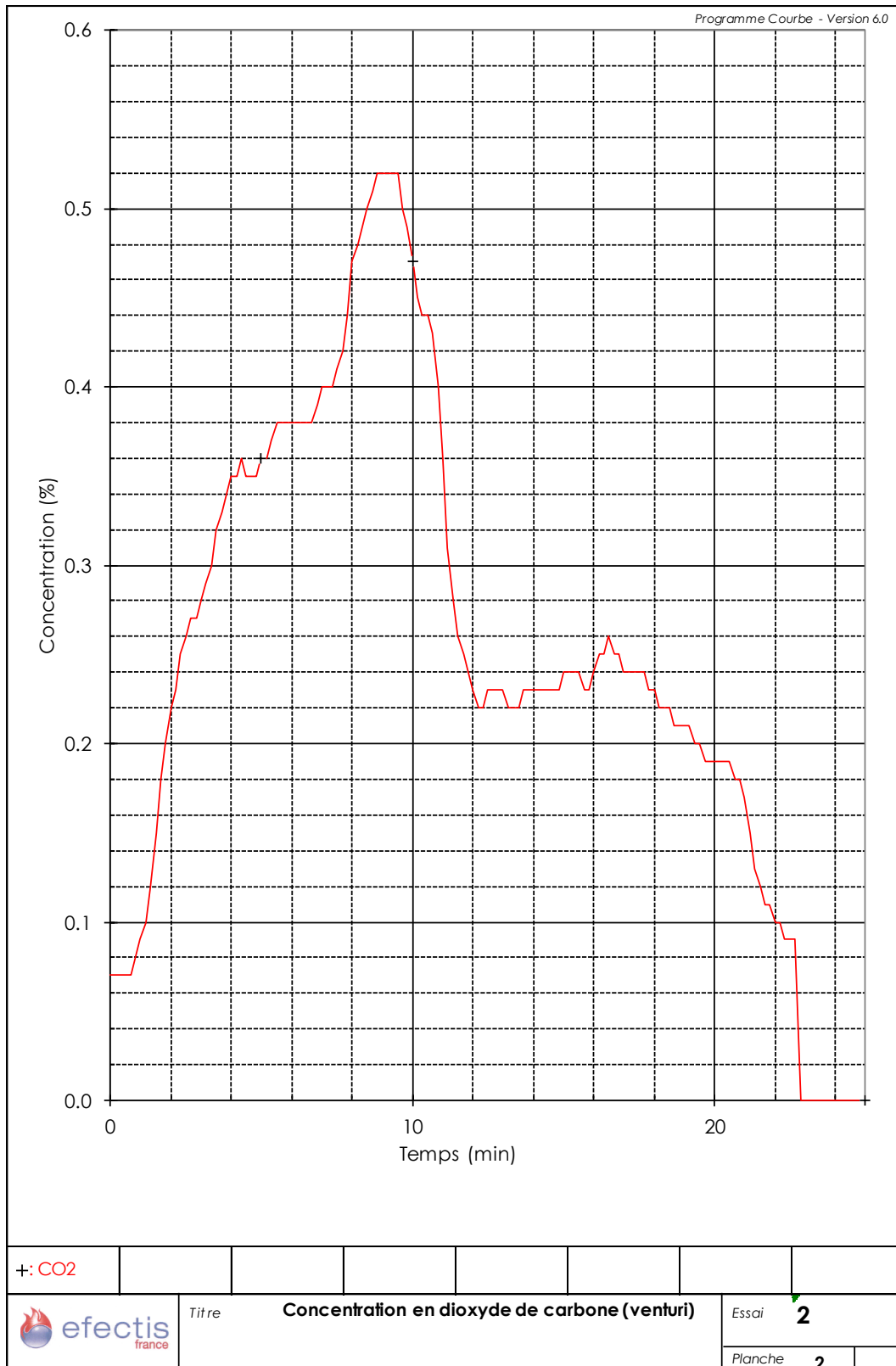


ANNEXE C DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 2

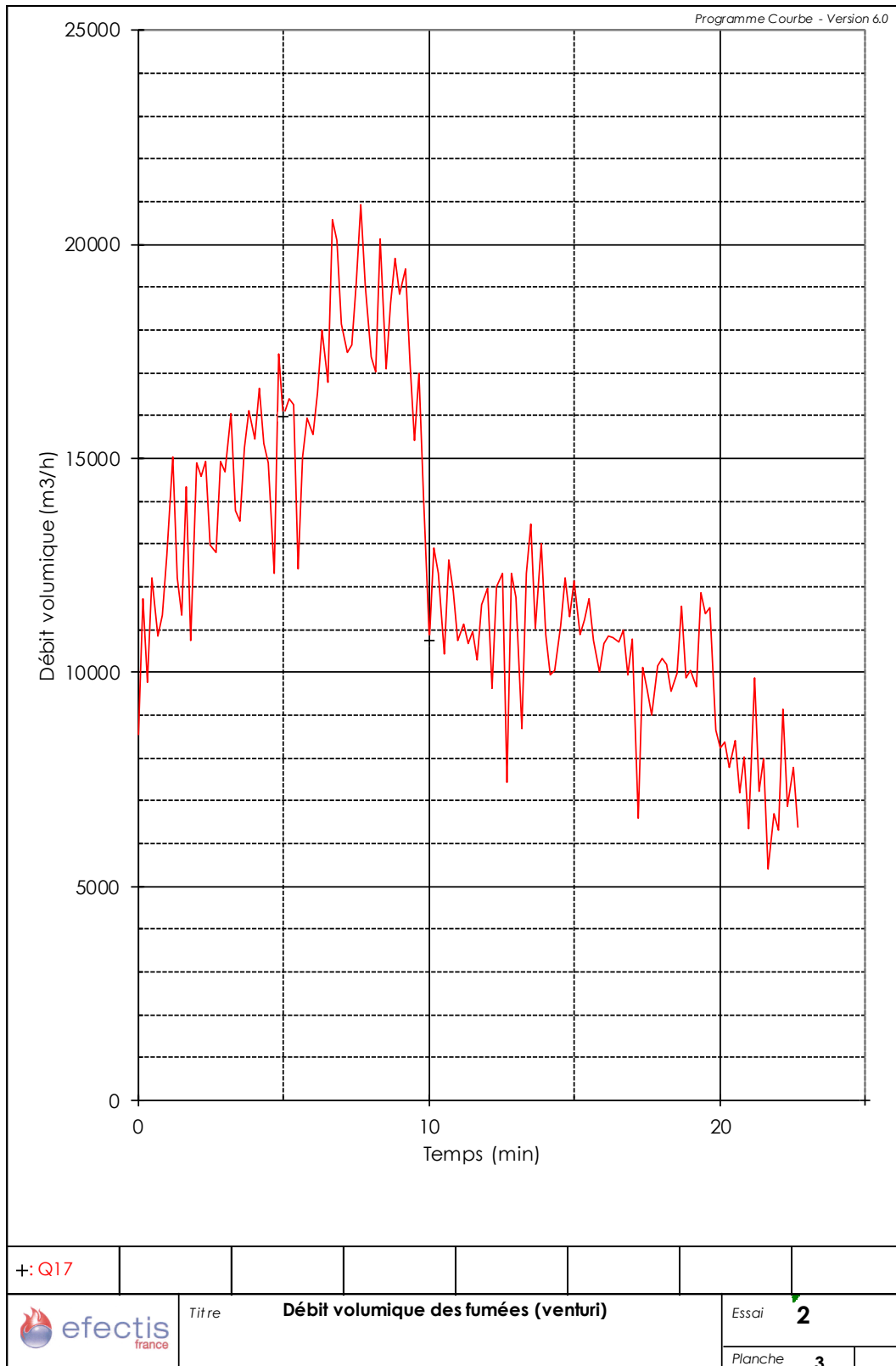
C.1 CONCENTRATION O2



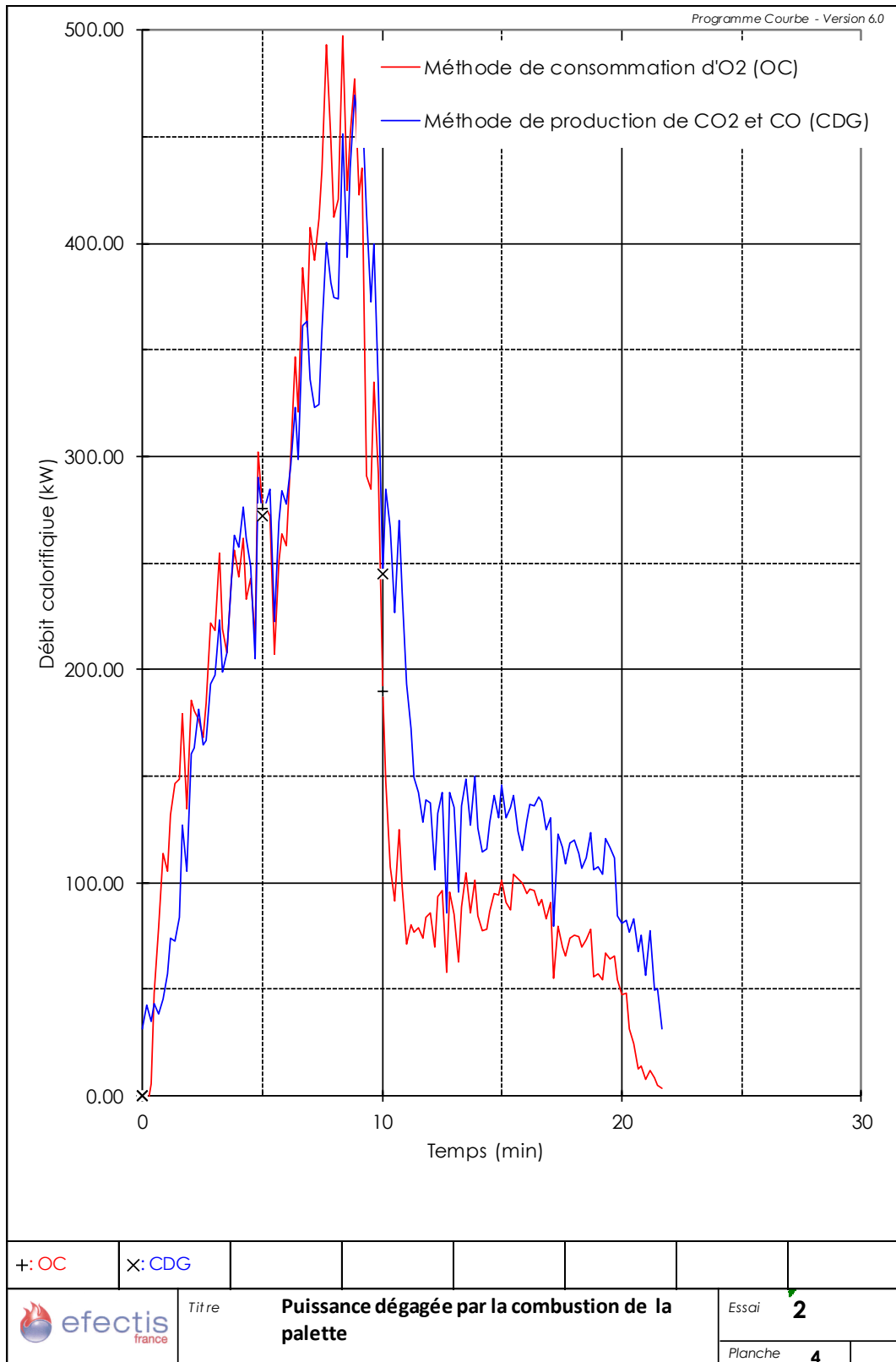
C.2 CONCENTRATION CO2



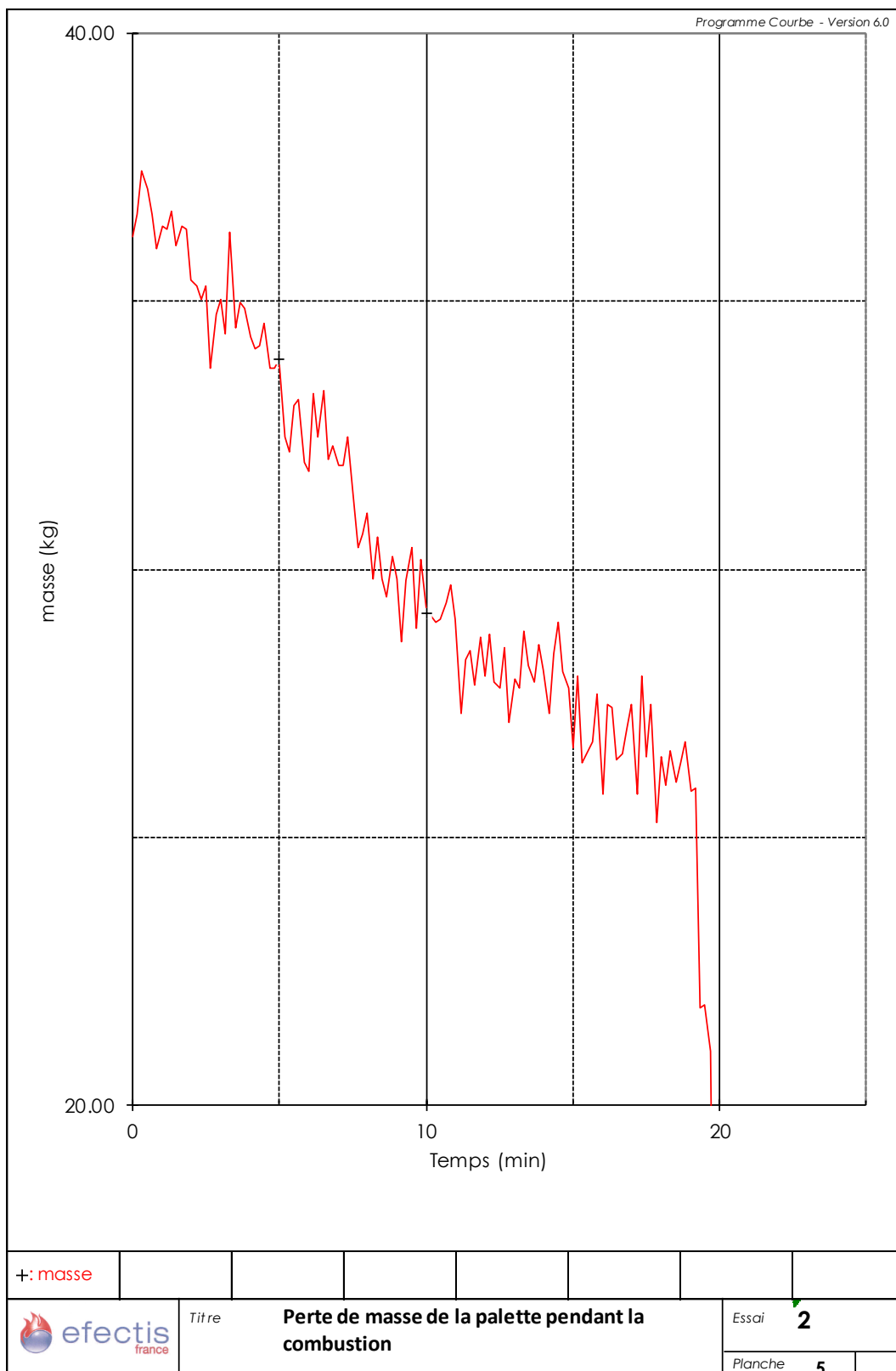
C.3 DÉBIT DE FUMÉES



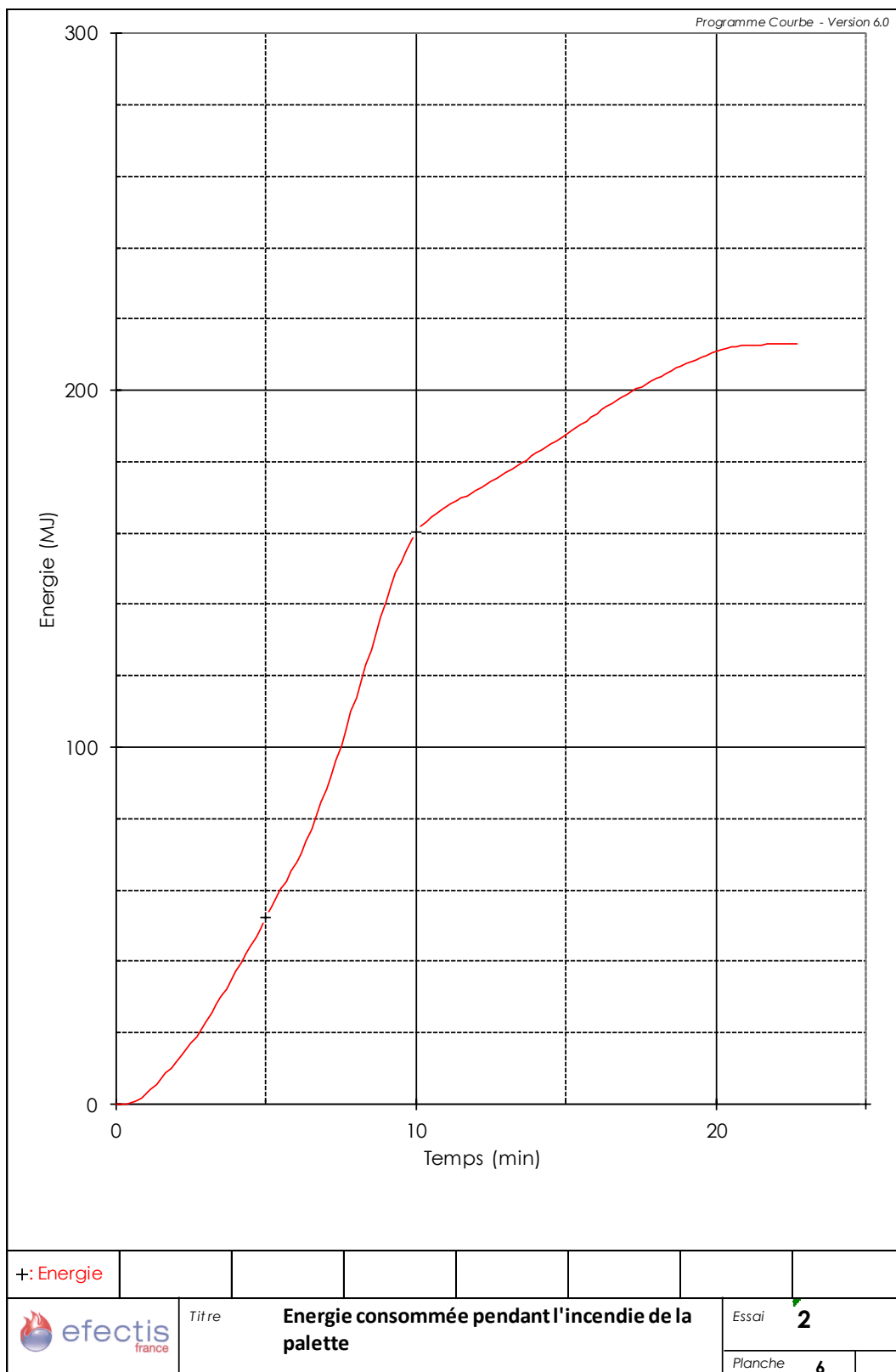
C.4 DÉBIT CALORIFIQUE



C.5 PERTE DE MASSE

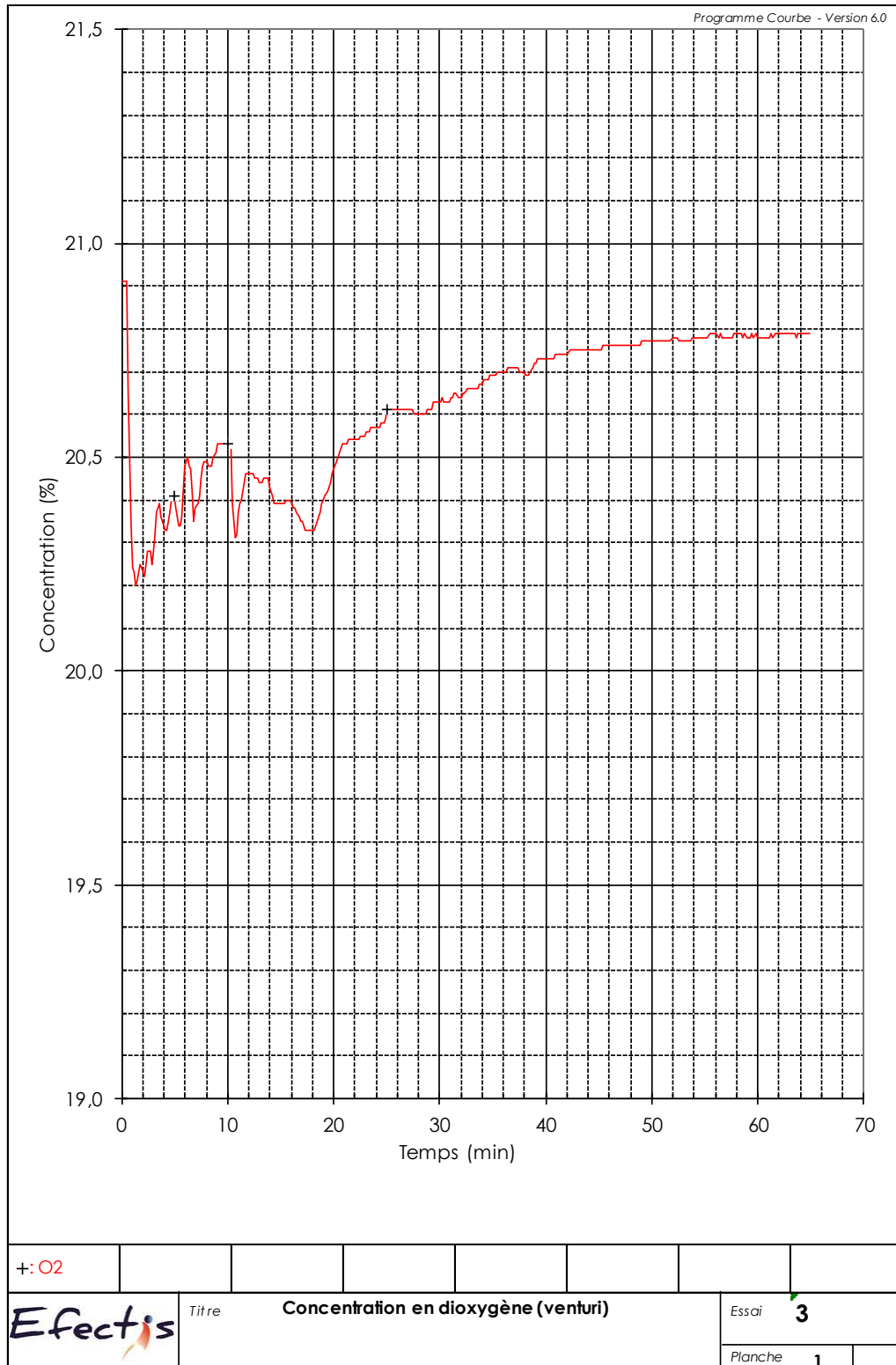


C.6 ENERGIE CONSOMMÉE

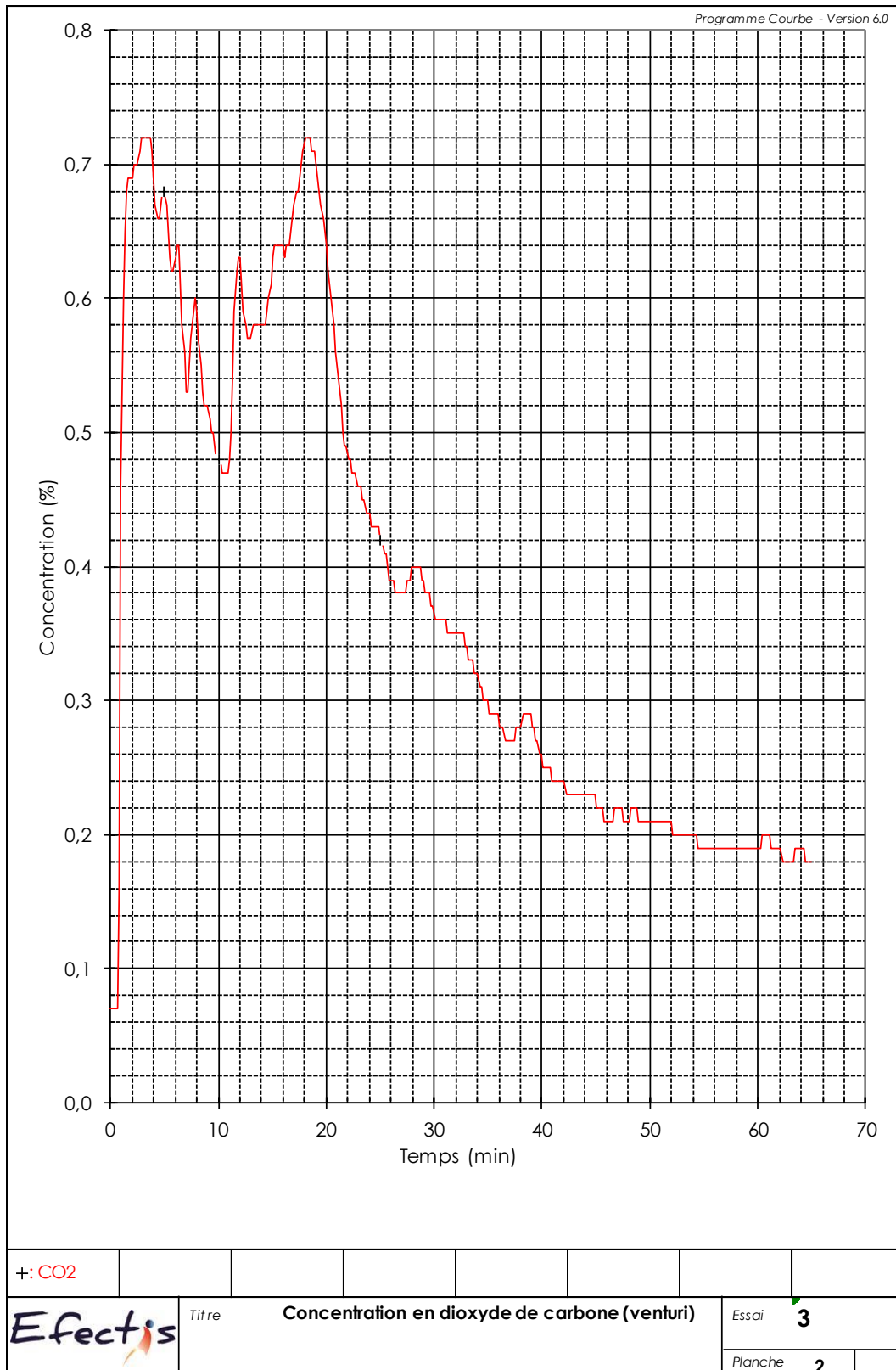


ANNEXE D DONNÉES MÉTROLOGIQUES ESSAI 3

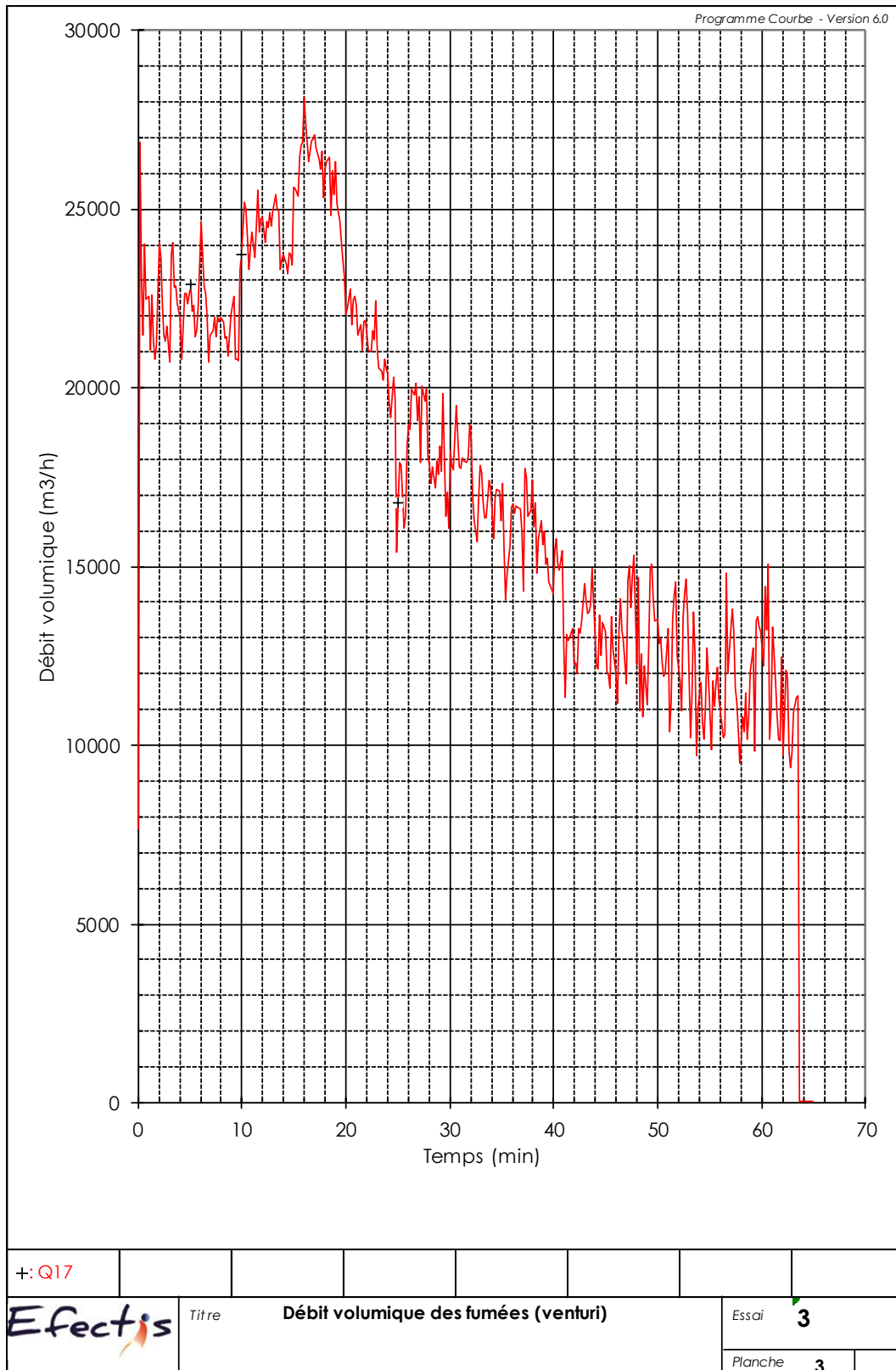
D.1 CONCENTRATION O2



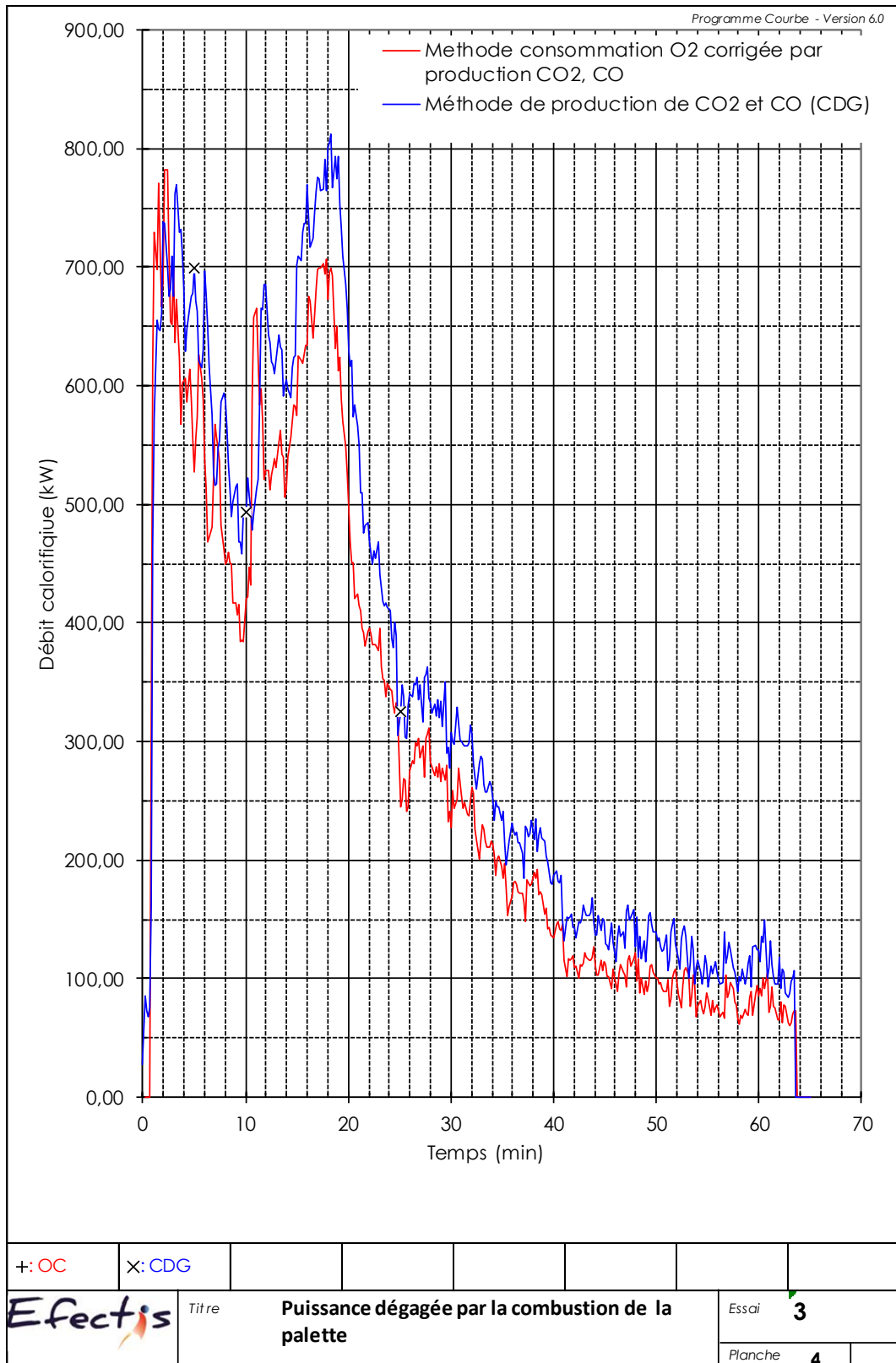
D.2 CONCENTRATION CO2



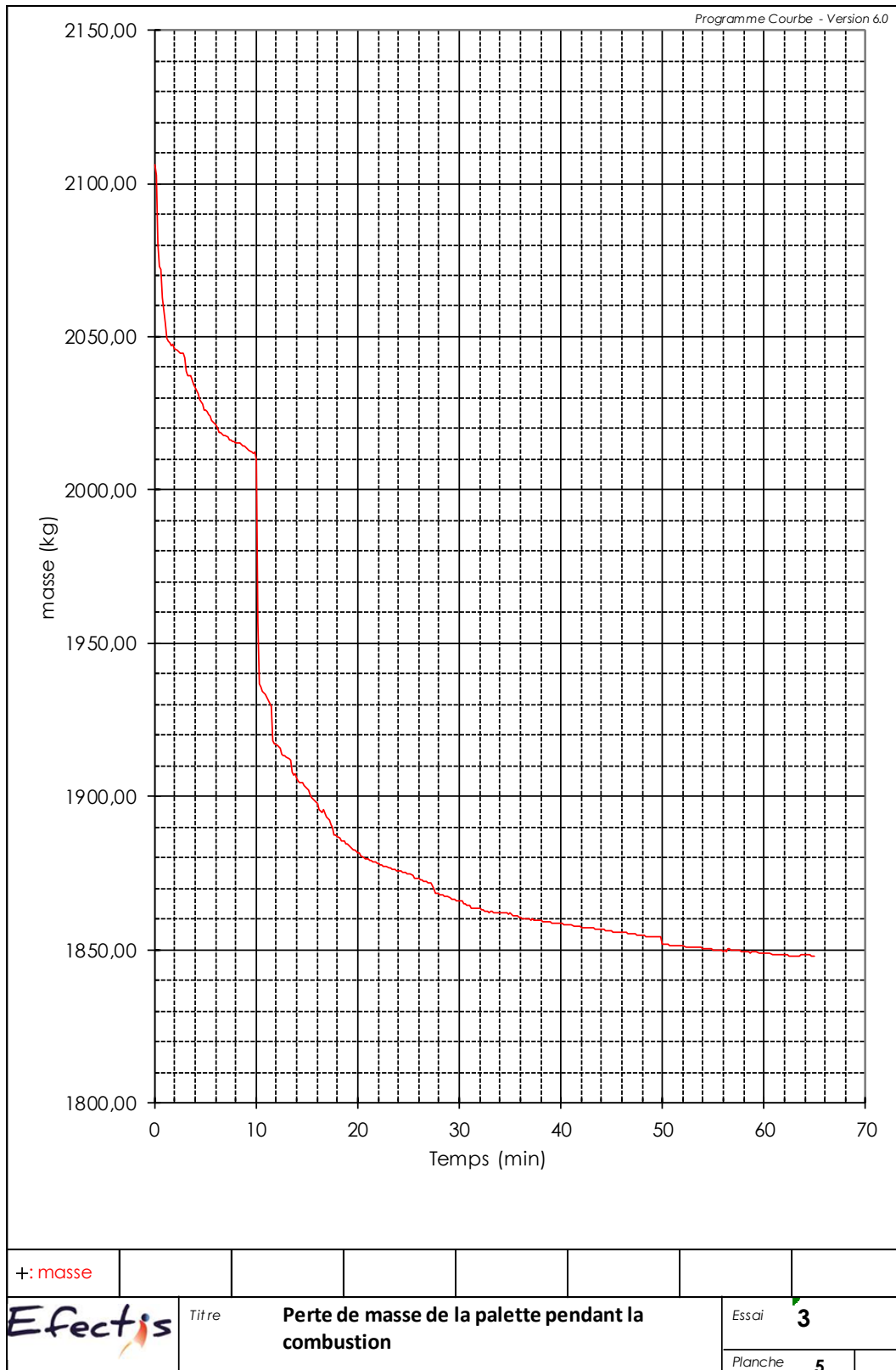
D.3 DÉBIT DE FUMÉES



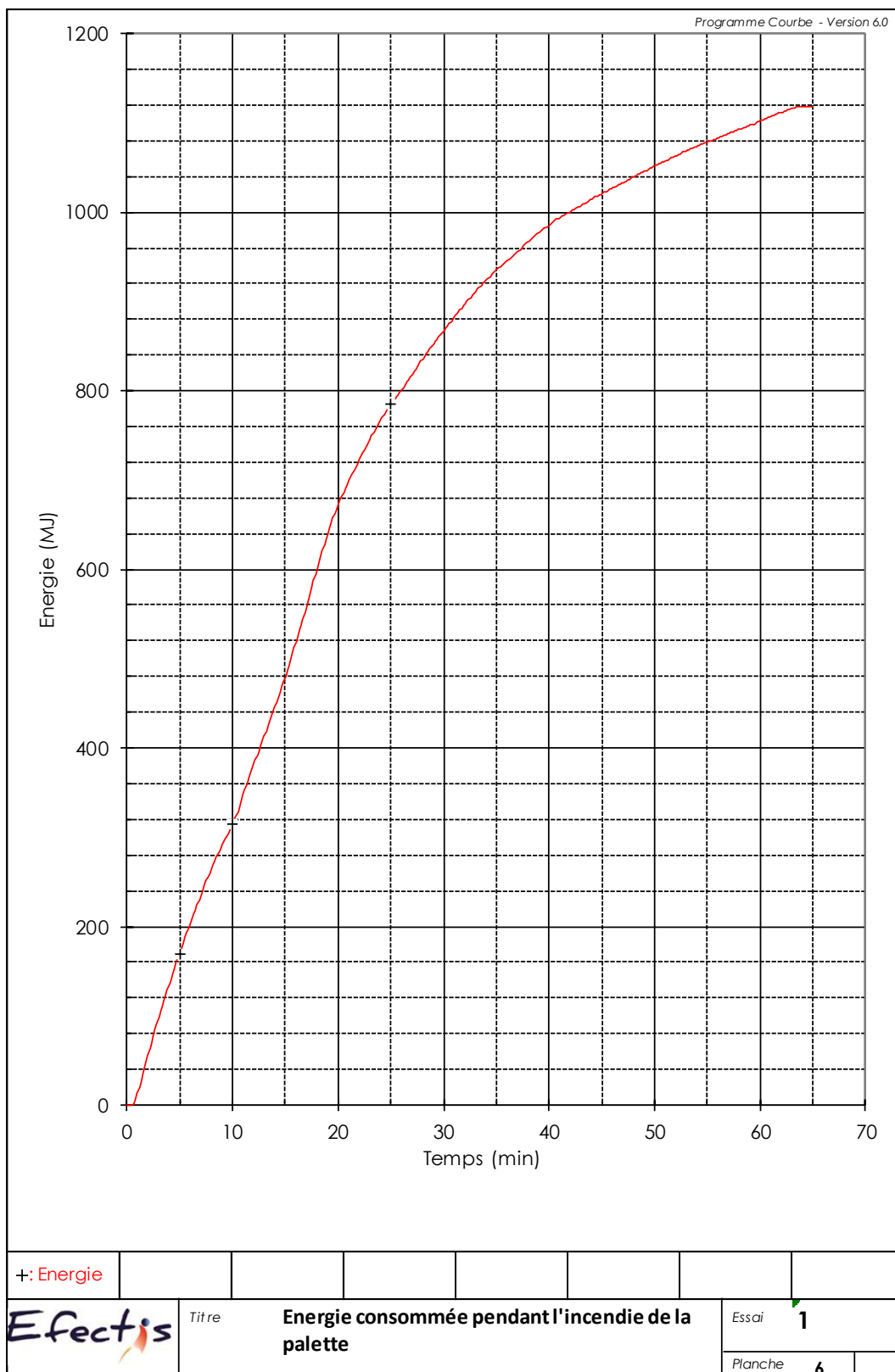
D.4 DÉBIT CALORIFIQUE



D.5 PERTE DE MASSE



D.6 ENERGIE CONSOMMÉE



D.7 FLUX THERMIQUES

