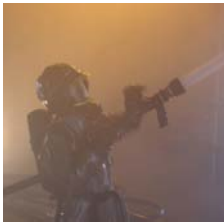


## Protection, prevention and environmental impact of fire in a tire storage

*SNCP experience feedback report*



### Big bag storage of tire derived aggregate



*Recommendations on fire protection in facilities  
for big bag storage of tire derived aggregate*



**O I**

## *Experience feedback summary sheet*

- **Automatic fire ignition and extinguishing tests in facilities for big bag storage of tyre derived aggregate (TDA)**



### ***Lessons learnt from the test:***

---

- ✓ The risk of accidental fire related to this type of product and this storage mode is very limited.
- ✓ Tyre derived aggregate is difficult to ignite and natural fire development in facilities storing this product is particularly long.
- ✓ Propagation in TDA fires is essentially of the surface fire type.
- ✓ This type of fire releases a considerable amount of smoke, comparable to fires in tyre facilities.
- ✓ Combustion of bulk aggregate stored at ground level has a particularly low level of self-propagation, with the product's fluidity helping to smother the flames.
- ✓ For big bag storage on pallets, propagation is also very slow, activated by the circulation of air between pallets; it also depends on their fuel capacities.
- ✓ In its development phase, an aggregate fire, whatever the storage mode, allows a significant and long time period for its control and extinguishing by mobile and semi-fixed traditional means.
- ✓ Even when the fire irreversibility threshold is reached, an automatic ELO spray sprinkler system with standard characteristics is found to be efficient. The fire is then very quickly controlled and totally extinguished within a limited period of sprinkler operation.

## ***Experience feedback recommendations***

---

### ■ **Large- Outside storage:**

Few constraints aside from the basic precautions:

- ✓ Storage height limited to two levels of big bags, preferably stored directly on the ground
- ✓ Use of storage island configuration
- ✓ Extinguishing facilities enabling all points of the storage facility to be covered by the simultaneous streams (spray) of two fire hoses (or hoses reels)

### ■ **Limited storage in closed facilities (< 1000 t):**

Same type of prevention measures, plus:

- ✓ Reduction of storage height to a single level, and of island volume
- ✓ Whenever possible, installing smoke detectors in the facility, in conjunction with the appropriate alert and intervention systems

### ■ **Large-scale storage in closed facilities (> 1000 t):**

In addition to the preceding measures:

- ✓ Smoke detection throughout
- ✓ Implementing an automatic protection system using ELO spray sprinklers
- ✓ A detailed plan for island storage and strictly separated aisles

Under these protection conditions, storage height can be increased to two levels of big bags



# *SNCP experience feedback report*

Réf : SNCP/REX-INC/01-2005

## ■ Recommendations on fire protection in facilities for big bag storage of tyre derived aggregate

### *Introduction*

---

Under the auspices of SNCP, a study group of tyre manufacturing, logistics and fire protection professionals met to further industry knowledge of fire hazard management in tyre storage facilities, specifically the performance of automatic sprinkler systems.

The members of this partnership - the SNCP, Bridgestone, Goodyear-Dunlop, Hankook and Michelin, the logistic groups Afilog and Aliapur, and the manufacturer Tyco Fire and BP - have put together ambitious specifications for significant extinguishing tests, which were then performed by the Centre National de Prévention et Protection (CNPP Entreprise) in Vernon. These tests cover various arrangements for storing tyres (or their by-products) and the different sprinkler types and characteristics.

The purpose of this Experience Feedback Report is to present the main lessons learnt from analyses of the test results, with input from these professionals in the area of fire hazard prevention.

## *Purpose of this report*

---

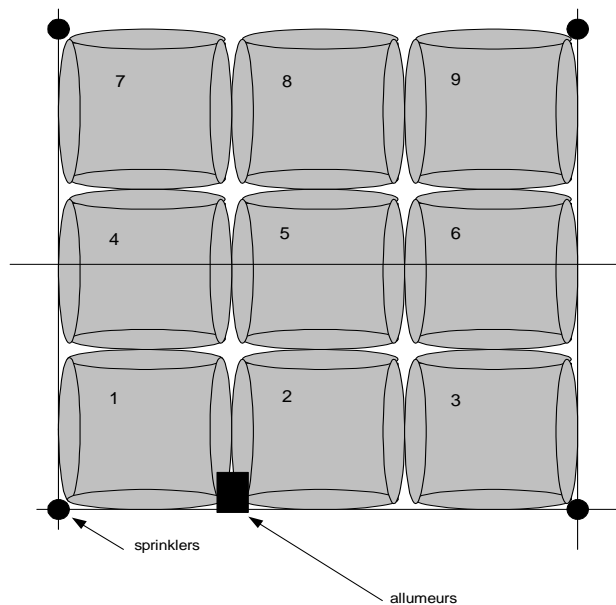
The subject of this experience feedback is the development and automatic extinguishing of a fire involving tyre derived aggregate (TDA) stored in big bags. TDA is produced by grinding tyres once their metal and fabric reinforcements have been removed



- Big bags are sacks made of synthetic fabric with a volume of around 2 m<sup>3</sup> (1 m x 1 m x 1.9 m).
- The aggregate consists of beads 1 to 10 mm in diameter; each big bag contains around a tonne of aggregate.

## *Test conditions*

---



- 9 big bags stored on the ground on wooden pallets
- 3 contiguous rows
- On one level
  
- Extinguishing system:
  - ✓ 4 ELO spray sprinklers delivering water with no foam additive, installed at each corner of the storage area
  - ✓ RTI: 105 - 141°C - K: 161
  - ✓ water pressure of 1 bar (density of 18 l/min/m<sup>2</sup>)
  
- The fire was ignited at one of the storage façades using 4 igniters.

### ***Test procedure***

---

1. Prior to the big bag test, an ignition test on the aggregate, piled directly on the ground, was performed using a pilot flame. Pyrolysis of the aggregate took a long time to set in and was only sustained in the presence of the pilot flame; removing the pilot flame resulted in a very large reduction in the flames, in some cases simply extinguishing the fire.
  
2. Due to big bag storage conditions, fire development, essentially of the surface type, was slow to reach the irreversibility phase (around 20 minutes), and several interesting phenomena were observed:
  - The rapid destruction of the fabric of adjacent big bags caused the aggregate to collapse into a cone of material which caused the flames to be almost fully extinguished by smothering; the burning was only maintained by the persistent flame of the igniter,
  - The propagation and persistence of the fire was largely facilitated by the wooden support pallets, which added a more easily ignited fuel supply and maintained combustion by taking advantage of the fuel's effect: underlying air circulation,
  - The flame front only spread superficially; once generalised, the fire produced a significant quantity of smoke and reached a heat release rate of 20 MW before the automatic sprinkler system was actuated.
  
3. The sprinklers halted the fire very rapidly: 95% of the burning area after 10 seconds of operation. The fire was completely extinguished in less than 1 mn 30 s.
  
4. The sprinklers were kept in operation arbitrarily for more than 17 min, after which time:
  - No signs of spontaneous re-ignition,
  - Surface ember temperature: 150°C,
  - Aggregate temperature at intermediate depths (5-10 cm): 30°C.

## ***Main insights from analysing the test results***

---

1. The risk of an accidental fire involving this type of product and this storage mode is very limited; for the most part it can only result from combustion caused either by the presence of an ignition source with a high calorific value for a significant time, or by a deliberate act.
2. Tyre derived aggregate is difficult to ignite and natural fire development in facilities storing this product is particularly long, but once the fire attains its maximum heat release rate, its emittance is significant.
3. Propagation in a TDA fire is essentially that of a surface fire.
4. This type of fire releases a considerable amount of smoke, similar to that of fires in tyre facilities.
5. Combustion of bulk aggregate stored at ground level has a particularly low level of self-perpetuation; the product's fluidity helps smother the flames.
6. For big bag storage on pallets, the fire's propagation, also very slow, is activated by the circulation of air between the pallets; it also depends on their combustion capacities. In contrast, the destruction of the big bag fabric, which is more vulnerable to the flames, releases greater volumes from the bags. This in turn has a favourable effect on self-smothering.
7. In its development phase, an aggregate fire, whatever the storage mode, allows a significant and long period of time for its control and extinguishing by mobile and semi-fixed traditional means, before it actually reaches the irreversibility threshold of a generalised fire.
8. Even when the fire irreversibility threshold is reached, a standard automatic ELO spray sprinkler system is found to be efficient. The fire is then very quickly controlled and totally extinguished within a limited period of sprinkler operation.

## ***SNCP recommendations on fire hazard management in facilities for big bag storage of tyre derived aggregate***

---

### **1. Outside storage:**

- Limit storage height to two layers of big bags,
- Where possible store the big bags directly on the ground, or use metal pallets if necessary,
- Provide for neutral spaces, having no combustible materials:
  - ✓ Of the order of 3 m around the storage zone,
  - ✓ In the storage zone, use 2 m aisles around 600 m<sup>3</sup> storage islands.
- Position fire standpipes around the outer edge allowing all points of the storage facility to be covered by the simultaneous streams (discharged) of two fire hoses.

### **2. Storage in closed and covered facilities – Limited stock (< 1000 tonnes):**

- Limit storage height to only one layer of big bags,
- Where possible store the big bags directly on the ground, or use metal pallets if necessary.
- In the storage zone, use 2 m aisles around storage islands of 400-600 m<sup>3</sup>,
- Avoid storing combustible materials in the same area.
- Failing this, provide for a neutral separation space, whose width will depend on the radiant energy emitted by the combustible material if it were to ignite (around 5 m for tyre bodies).
- Position fire hose stations in the facility so as to allow all points of the storage facility to be covered by the simultaneous streams of two fire hoses.
- Whenever possible, installing smoke detectors in the facility, along with the appropriate alert and intervention systems.

### **3. Storage in closed and covered facilities – Large-scale storage (> 1000 tonnes):**

In addition to the recommendations above, protection measures for large stocks should be reinforced as follows:

- Smoke detection system throughout,
- Organisation and management of procedures for prevention, personnel awareness-building and training, event responsiveness (monitoring, alerts/intervention, calling on outside emergency teams), etc.



- Installation of a an automatic sprinkler system throughout:
  - ✓ ELO spray sprinklers,
  - ✓ RTI: 105 (standard) - 141°C - K: 161,
  - ✓ Density of 18 l/min/m<sup>2</sup>.

*Note* : Given the test results, a density of 12 l/mn/m<sup>2</sup> seems acceptable as a default value to the extent that, while it doesn't guarantee complete automatic extinction, it does enable sufficient control of fire progression to allow quenching by fire fighters
  
- Under these conditions of reinforced protection:
  - ✓ Storage height can be increased to two layers of big bags,
  - ✓ The storage islands can be enlarged (500 m<sup>2</sup> floor area).



# Récapitulatif de l'essai EC 2 du 20 avril 2005

## 1. Objectifs de l'essai

---

L'essai a pour objectif d'observer l'efficacité d'une installation d'extinction sprinklers pour un feu de granulats de pneumatiques stockés en bigs bags.

## 2. Dispositif d'essai

---

### 2.1 Hall d'essai

Les essais sont réalisés à l'intérieur d'un hall d'essai fermé divisé en plusieurs cantons. Le canton concerné par les essais possède les principales dimensions suivantes (voir figure 1) :

- Longueur : 10 m,
- Hauteur : 10,6 m,
- Largeur : 8,6 m.

Le canton est fermé sur trois faces. Sa quatrième face, située à l'est est équipée d'une retombée se terminant à 4 m du sol.

Un exutoire équipe la toiture du canton d'essai :

- Longueur de l'exutoire : 4 m,
- Largeur de l'exutoire : 2 m,
- Hauteur canalisée : 2,5 m.

L'ensemble forme une hotte au travers de laquelle transite l'ensemble des fumées.

Afin de préserver les bardages du canton d'essai de la chaleur, la toiture et les quatre faces ont été équipées d'un système de refroidissement par écoulement d'eau. L'écoulement d'eau des parois Est et Ouest est réalisé à l'intérieur du canton, tandis que les autres parties sont refroidies par l'extérieur.

## 2.2 Sockage de gomme de pneumatiques

Le stockage de gomme de pneumatique est constitué d'un îlot de 3 x 3 bigs bags de gomme de pneumatiques recyclés posés sur palettes en bois au sol.

Caractéristiques des bigs bags :

- Dimensions approximatives : h = 2 m ; L = 1,2 m , l = 1,2 m
- Taille des granulés : Environ 3 mm.
- Poids de granulé par bags : Environ 1,1 tonne.
- Dimension des palettes : L = 1,2 m ; l = 1,0 m.
- Nature des palettes : Bois.



## 2.3 Dispositif d'allumage

Le dispositif d'allumage du foyer ou allumeurs est constitué de pelotes de coton imbibées d'essence disposées à la base des pneus :

- Longueur d'une pelote de coton : 15 cm,
- Diamètre d'une pelote de coton : 8 cm,
- Quantité d'essence par pelote : 320 ml.

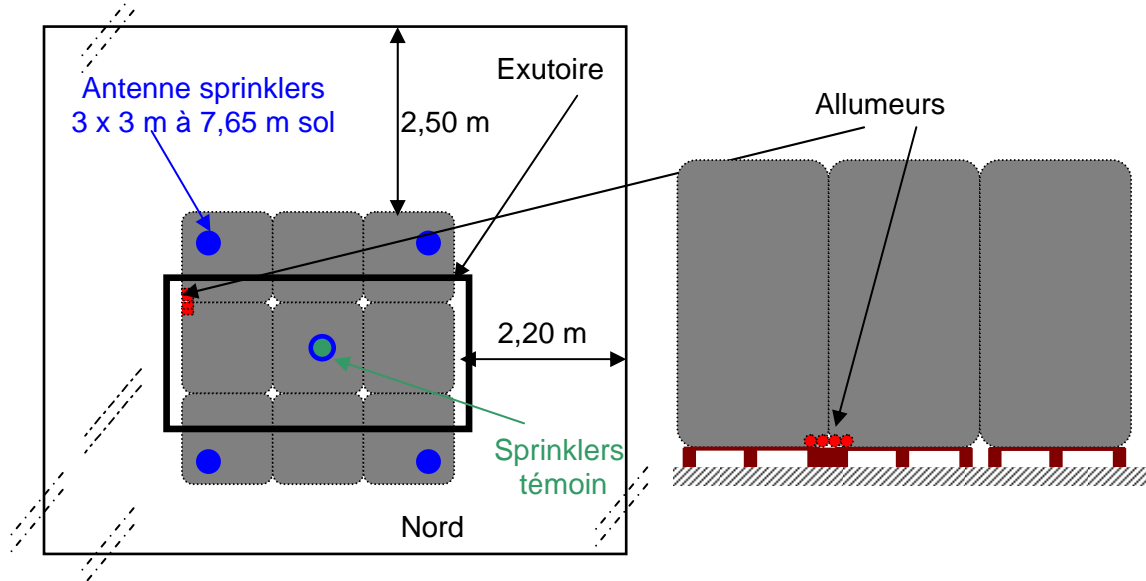
Afin de limiter l'évaporation de l'essence, les pelotes sont ensachées dans un film polyéthylène. La mise à feu est assurée au moyen d'une torche imbibée d'heptane.

La quantité de pelotes est de 4 (2 groupes de 2). Les pelotes sont posées en bordure de stockage à l'intersection de deux bags. Ce moyen d'allumage est représentatif d'un moyen d'allumage par malveillance.



## 2.4 Disposition des bigs bags

Le stockage de bigs bags est disposé centré sous l'exutoire du hall d'essai.



## 2.5 Dispositif d'extinction

Le dispositif d'extinction est constitué d'une antenne de 4 piquages décrivant les coins d'un carré de 3 m de côté. Les 4 piquages permettent le montage de bobines adaptées aux sprinklers qui placent leur déflecteur à 7,65 m du sol.

Caractéristiques de l'installation d'extinction :

- Nature des sprinklers utilisés : Spray / RTI = 105 / 141 °C / k = 161.
- Pression d'alimentation : 1 bar.
- Mode de fonctionnement : Déluge.

Pour cet essai, l'instant de déclenchement de l'extinction est défini à partir du moment où un sprinkler témoin situé dans l'axe de l'exutoire à 7,65 m du sol se sera déclenché. Le sprinkler témoin est de nature identique à ceux équipant l'antenne. Un sprinkler ESFR est également adjoint à ce sprinkler témoin à titre d'investigation.

Le dispositif d'extinction est alimenté par une pompe autonome puisant dans une réserve d'eau de 3000 m<sup>3</sup> de capacité. Un régulateur de pression hydraulique permet d'ajuster et de contrôler la pression d'eau alimentant l'antenne.

## 2.6 Instrumentation

L'ensemble de l'instrumentation est raccordée à un acquieseur de données qui permet le traitement, le stockage et l'affichage en temps réel des mesures.

| Mesure  | Implantation   | Commentaire  |
|---|--|--|
| 5 Températures dans l'axe au dessus de la palette       | A 5,65 m ; 6,65 ; 7,65 ; 8,65 ; 9,65 du sol  | Thermocouples de type K Ø 1,5 mm   |
| 5 Températures dans l'exutoire                          | Au centre ( à 10,65 m du sol ) et au milieu de chaque demie diagonale                | Thermocouples de type K Ø 3 mm   |
| 4 Températures au niveau des 4 sprinklers               | Thermocouples de type K Ø 1,5 mm   |  |
| 4 Températures réponse lente au niveau des 4 sprinklers | Thermocouples de type K Ø 1,5 mm + tige en acier<br>Ø 6 mm longueur 20 mm            |  |
| 5 Vitesses dans l'exutoire pour calcul du débit des gaz | Au centre ( à 10,65 m du sol ) et au milieu de chaque demie diagonale                | Sondes déprimogènes de Mac Caffrey   |
| 4 fluxmètres thermiques                                 | A 1,8/2,0 m des faces du stockage.   | A 2,5 m du sol.  |
| Opacité des fumées                                      | Dans l'exutoire, au centre   | Trajet optique = 1,5 m   |
| Concentration Oxygène                                   | A la base de l'exutoire, à 0,5 m du centre   | Cellule paramagnétique   |
| Concentration Dioxyde de Carbone                        | A la base de l'exutoire, à 0,5 m du centre   | Cellule Infra Rouge  |
| Concentration Monoxyde de Carbone                       | A la base de l'exutoire, à 0,5 m du centre   | Cellule Infra Rouge  |
| Débit d'eau   | Sur la conduite DN 100 alimentant l'antenne sprinkler                                | Débitmètre non intrusif à ultrasons  |
| Pression d'eau  | Piquage de pression relevé de 1 m par rapport à l'antenne sprinkler ( 8,6 m du sol ) | Transmetteur à jauges de contraintes.<br>Correction de $\Delta h = + 0,1$ bar. |
| Vitesse et direction du vent                            | A l'extérieur du hall d'essai  | ---  |

### 3. Essai

---






#### 3.1 Condition d'essai









- Date de l'essai : 20 avril 2005.
- Heure de l'essai : 11 h 00 environ.
- Conditions météorologiques :
  - ✓ Température ambiante : 11 °C
  - ✓ Vitesse moyenne du vent : 1 m/s
  - ✓ Provenance du vent : Nord
  
- Afin de limiter les recirculations de fumées par l'exutoire Est du hall d'essai, un battant de la porte Est du hall est ouvert au large.

#### 3.2 Déroulement de l'essai










Les temps sont indiqués dans le tableau sous le format « h:min:s ».



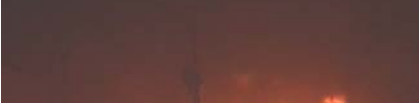






| Temps   | Photo   | Evénements  |
|---------|---|---|
| 0:00:00 |  | Allumage des allumeurs au moyen d'une torche imbibée d'heptane.                             |
| 0:00:32 |   | La base des bags commence à se déchirer laissant apparaître de la gomme compacte.           |
| 0:00:59 |   | Le diamètre moyen des ouvertures dans chacun des 2 bags est d'environ 20 cm (photographie). |
| 0:01:17 |  | Les flammes mesurent environ 60 cm de hauteur.  |
| 0:01:54 |   | Une petite quantité de gomme compacte se répand au sol par la déchirure.                    |
| 0:02:19 |   | Après l'écoulement de gomme au sol, seules quelques flamèches persistent (photographie).    |




| Temps   | Photo   | Evénements   |
|---------|---|--|
| 0:02:50 |    | A l'intérieur du stockage, présence de flammes sous les palettes.  |
| 0:02:55 |   | Ralentissement de l'écoulement de gomme vers l'avant du stockage (photographie).                                       |
| 0:03:30 |    | La partie enflammée à l'intérieur des palettes mesure environ 10 cm x 10 cm de surface.                                |
| 0:04:00 |   | A l'intérieur du stockage, la combustion se poursuit lentement (photographie).   |
| 0:04:06 |   | Les flammes visibles à l'intérieur sont recouvertes de gomme pneumatique. La combustion se poursuit sous les palettes. |
| 0:05:48 |   | Vers le sud du stockage, la combustion se développe sous les palettes (photographies).                                 |
| 0:06:51 |  | Le feu se développe sous les palettes et se transforme progressivement en feu de palette.                              |
| 0:09:44 |  | Des flammes provenant de l'intérieur des palettes gagnent le coin du stockage (photographie).                          |

| Temps          | Photo   | Evénements   |
|----------------|---|--|
| 0:10:18        |    | Les flammes commencent à détruire l'enveloppe à la base du bag du coin.  |
| <u>0:10:47</u> |    | Les flammes commencent à sortir par la base du côté du bag du coin (photographie).   |
| 0:11:00        |    | Quelques flammes commencent à gagner la partie intérieure de la palette située sous le bag à droite du point d'allumage.   |
| <u>0:11:41</u> |    | Le bag commence à se déchirer à sa base sur le côté. Vers l'avant, les flammes ont progressivement disparu, étouffées par de la gomme s'écoulant (photographie).       |
| 0:12:33        |   | La gomme commence à pyrolyser à la base du coin, apparition de flamèches fugitives.  |
| <u>0:12:50</u> |  | Chute de quelques morceaux compacts de gomme sur le côté du bag du coin. La chute produit une petite inflammation de gomme à la base du bag (photographie)             |
| 0:13:20        |  | Sous le bag situé à droite du point d'allumage, les flammes ont progressé d'environ 0,5 m.   |
| 0:14:18        |  | Les flammes extérieures au stockage se sont étouffées progressivement en raison des différentes chutes de gomme. La combustion se poursuit à l'intérieur des palettes. |



| Temps   | Photo   | Evénements  |
|---------|---|---|
| 0:16:08 |    | Face avant, les flammes ont gagné la base du bag de droite. On aperçoit des flammes montant par la cheminée à l'intersection des 4 bags (photographie). |
| 0:17:12 |    | Le régime de cheminée à diminué. Quelques flammèches à la base des bags. Le bag du coin s'incline progressivement vers l'extérieur.                     |
| 0:18:32 |    | Quelques flammes persistent uniquement à la base du côté du bag.  |
| 0:18:45 |    | Chute au sol du bag du coin. Seules quelques flammèches persistent au niveau de l'enveloppe détendue.   |
| 0:20:58 |   | A la combustion lente de l'enveloppe se mêlent également quelques flammèches résultant de la combustion de gomme (photographie).                        |
| 0:21:41 |  | La surface de gomme enflammée se développe progressivement. Les flammes profitent d'une entrée d'air situées à leur proximité.                          |
| 0:23:05 |  | Environ 1/3 de la surface du bag du coin brûle. Les flammes dépassent le sol d'environ 1,5 m (photographie).  |
| 0:25:11 |  | Le feu poursuit sa progression et mesure environ 1m <sup>2</sup> de surface. Les flammes dépassent le sol d'environ 2m.                                 |
| 0:25:20 |  | Ouverture du bag situé derrière celui de gauche.  |

| Temps   | Photo   | Evénements  |
|---------|---|---|
| 0:26:34 |    | Le feu se développe exponentiellement et atteint la moitié des bags voisins. Le rayonnement produit la déchirure à distance des bags voisins (photographie).              |
| 0:28:40 |    | Déclenchement du sprinkler ESFR situé à 7,65 m du sol dans l'axe de l'exutoire. Le feu a atteint la surface d'environ 4 bags. Les flammes dépassent le sol d'environ 3 m. |
| 0:29:30 |    | Les flammes dépassent le sol d'environ 3,5m. Mise en service de l'arrosage du hall.   |
| 0:31:12 |    | La surface enflammée atteint environ 70 % du tas. Rupture de l'enveloppe du bag de droite. Les flammes dépassent le sol d'environ 4 m (photographie).                     |
| 0:33:00 |   | Chute et étalement de gomme provenant d'un bag à l'arrière. Les flammes dépassent le sol d'environ 4,5 m. Le feu est plutôt situé sous la partie ouest de l'exutoire.     |
| 0:34:40 |  | Les flammes dépassent le sol d'environ 5,5m (photographie).   |
| 0:35:37 |  | Déclenchement du sprinkler Spray situé à 7,65 m du sol dans l'axe de l'exutoire.  |
| 0:36:04 |  | Chute et étalement de gomme provenant du bag proche du fluxmètre Nord. La gomme répandue s'enflamme rapidement.   |
| 0:36:21 |  | Avant de procéder à l'extinction (photographie).  |

| Temps          | Photo   | Evénements   |
|----------------|---|--|
| 0:36:33        |    | Mise en service de l'installation d'extinction sprinklers P = 1 bar.   |
| <u>0:36:35</u> |   | 2 s après début de l'extinction (photographie).  |
| 0:36:43        |   | La visibilité est largement diminuée dans le hall d'essai. Le feu est éteint sur au moins 95 % de sa surface.  |
| 0:37:00        |   | Après ouverture du second battant de la porte Est, le hall d'essai se désenfume progressivement.   |
| 0:38:00        |   | Le retour de la visibilité permet de constater l'extinction complète du feu.   |
| 0:39:13        |   | Arrêt de l'arrosage du hall d'essai.   |
| <u>0:41:49</u> |   | Après extinction, installation d'extinction encore en service (photographie).  |
| <u>0:44:17</u> |  | Installation d'extinction en service (photographie).   |
| 0:54:01        |   | Arrêt de l'installation d'extinction.  |
| 0:54:10        |   | Après arrêt de l'installation d'extinction, de la vapeur est émise par quelques points chaud situés sous la surface du tas.  |
| 0:54:40        |  | On remue la gomme d'une partie du tas au moyen d'une pelle : L'intérieur du tas est sec.   |
| <u>0:58:55</u> |   | Photographie du tas avec points chauds.  |
| 1:15:22        |   | Quelques mm sous la surface du tas, la température de la gomme est d'environ 150 °C. 0,5 m sous la surface du tas, la température est d'environ 30 °C. Fin de l'essai. |
| Après essai    |   | Le tas est complètement déplacé à la pelle afin d'isoler et d'inhiber les points chauds persistant.  |

#### 4. Commentaires

---

Dans les conditions d'essai, le développement du feu a été long avant de devenir irréversible (environ 21 min). La propagation et la survie du feu après l'allumage ont été liées à la présence des palettes de bois qui ont servi l'aération et ont permis une reprise par l'intermédiaire de leur combustion. Sans palette, on peut penser que le feu ne se serait pas développé de la sorte et que les écoulements de gomme auraient étouffé la totalité des flammes.

Il a fallu la chute d'un bag et la mise à nu d'une surface importante de gomme (dont une partie avait été au préalable chauffée par les flammes) pour que les quelques flammes persistant au niveau de l'enveloppe puissent permettre l'inflammation de la gomme et le développement d'un front de flamme en surface.

Le feu s'est ensuite propagé d'autant plus rapidement que la surface en flamme augmentait à la surface du tas.

L'installation sprinklers a mis rapidement l'incendie en échec (95 % surface en moins de 10 s). L'eau a refroidi la surface. Elle semble avoir peu pénétré l'intérieur du tas. Le constat de l'extinction totale n'a pu être effectué qu'une fois le bâtiment désenfumé soit moins de 1 min 30 s après la mise en service de l'installation d'extinction.

Après arrêt de l'installation d'extinction (17 min 40 s après la mise en service). Le tas présentait quelques points chaud provoquant des émissions de vapeur. La température immédiatement sous la surface de la gomme était alors d'environ 150 °C alors que l'intérieur du tas, qui n'a pas eu le temps de chauffer suffisamment, était à 30 °C.

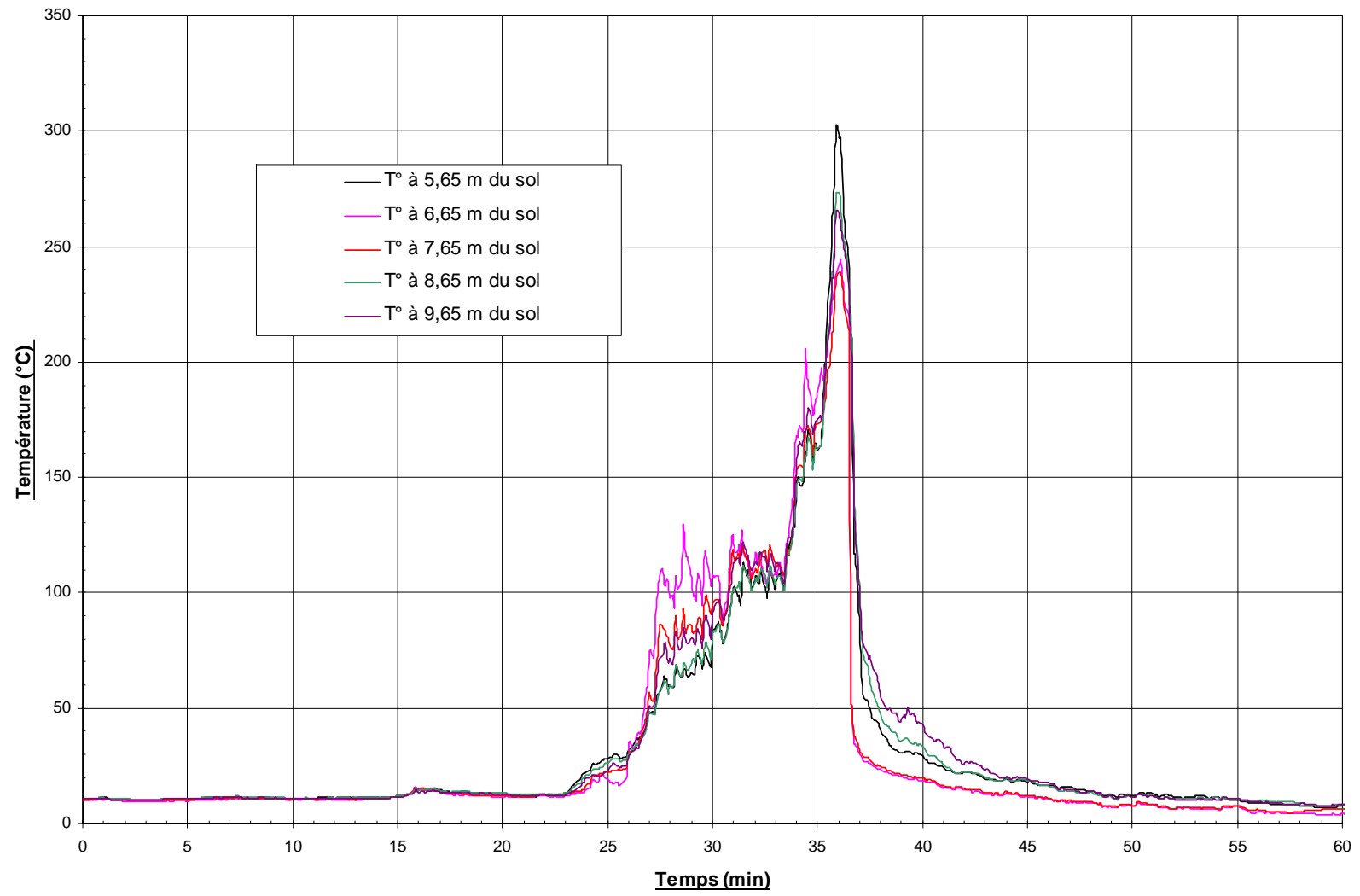
Il n'a pas été tenté d'observer une éventuelle ré inflammation du tas dans le temps pour des raisons de sécurité. Le tas a été déplacé à la pelle en fin d'essai afin d'en traiter tous les points chauds.

Voir courbes des mesures provisoires en annexe.

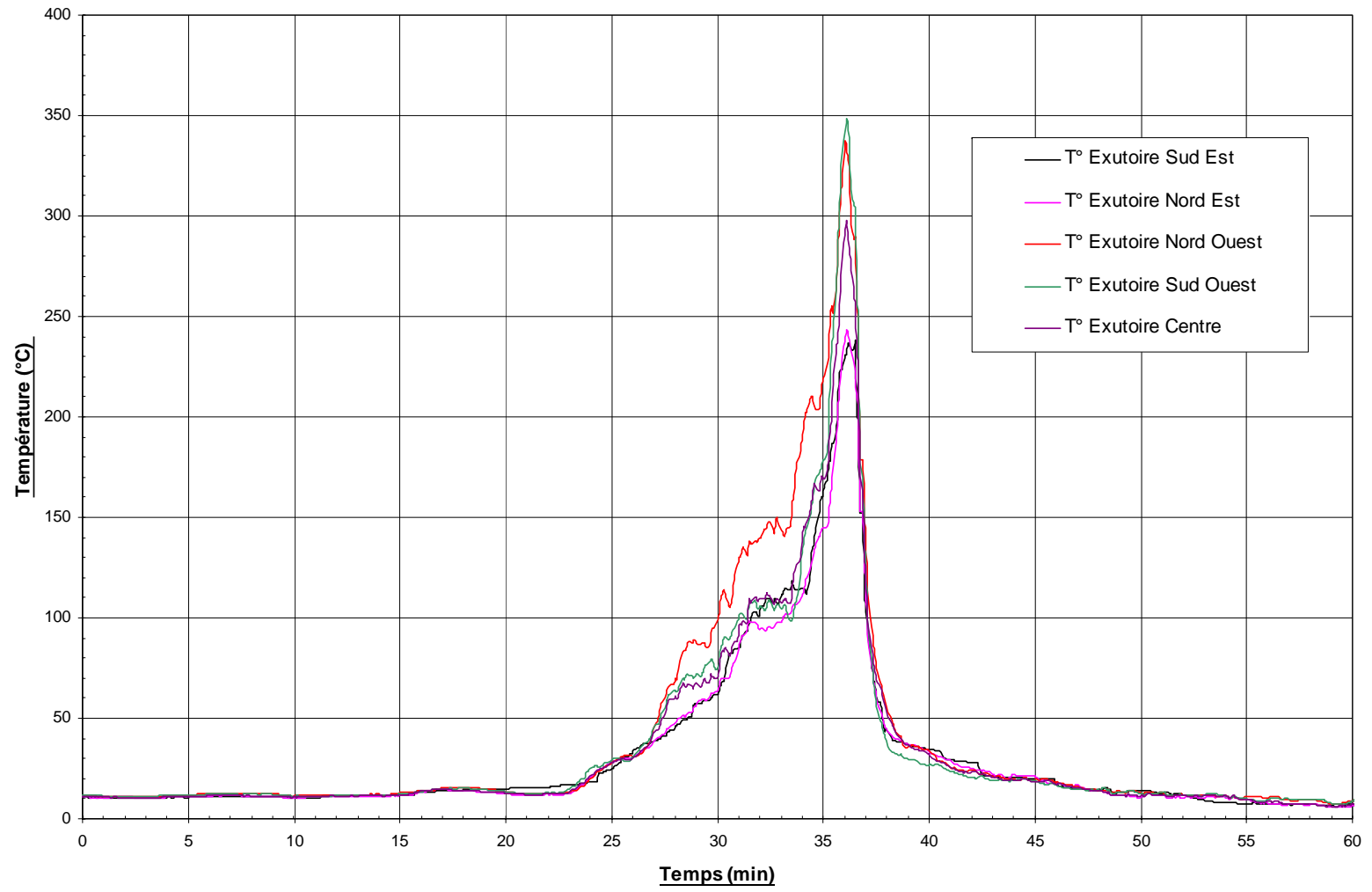


## ***Annexes***

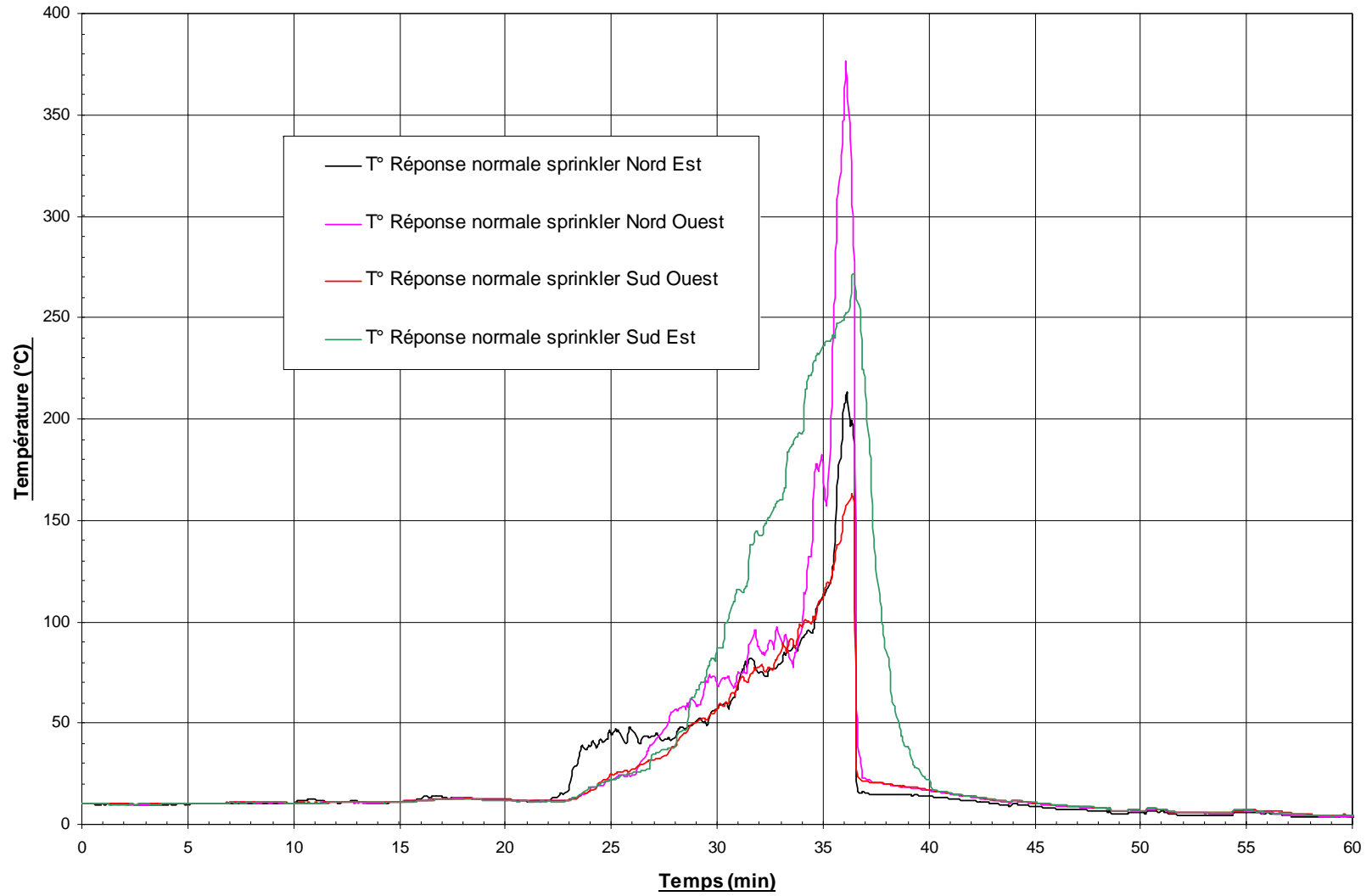
### Températures dans l'axe du foyer



### Températures dans l'exutoire

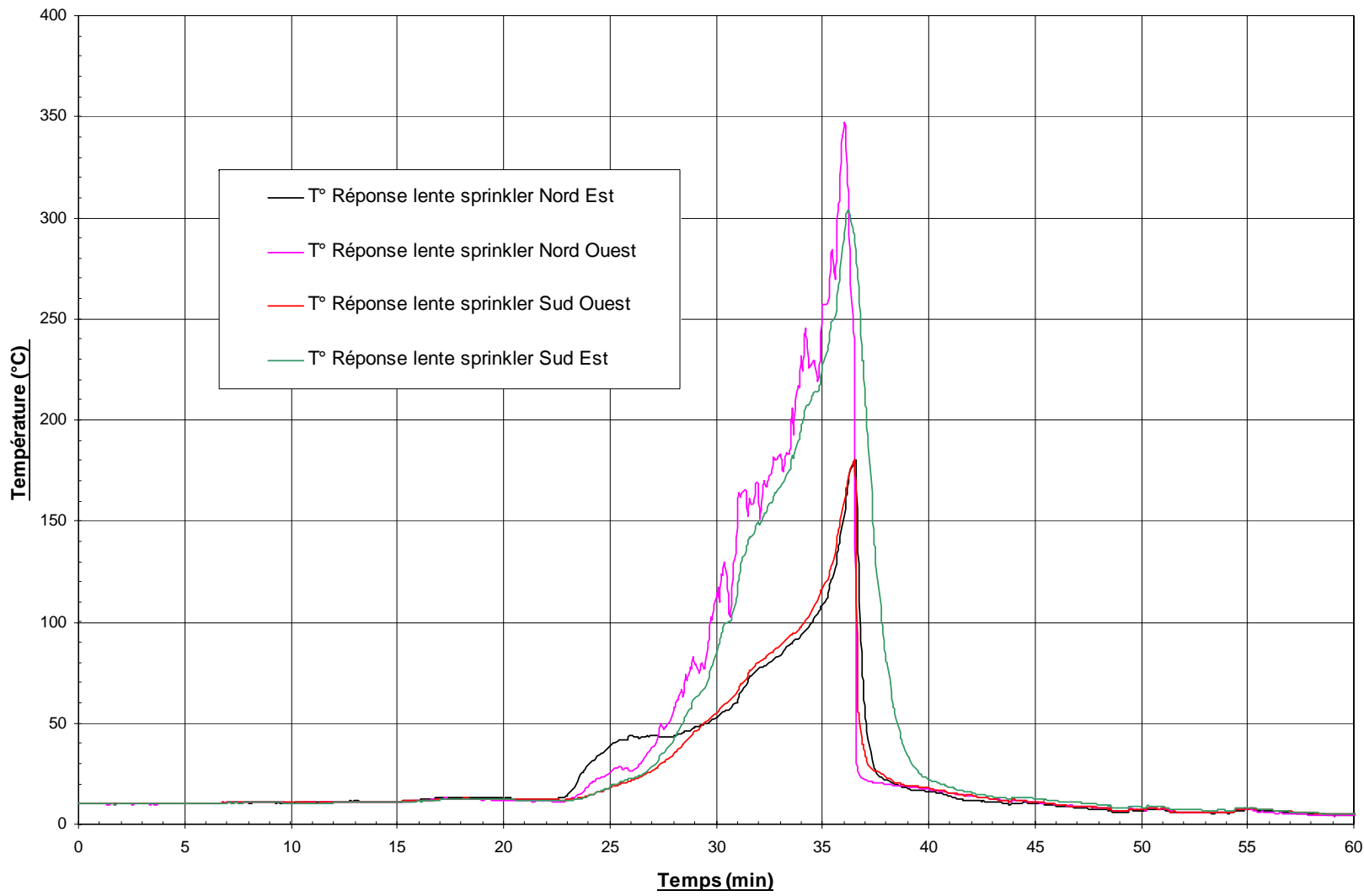


### Températures sprinklers ( réponses normales )

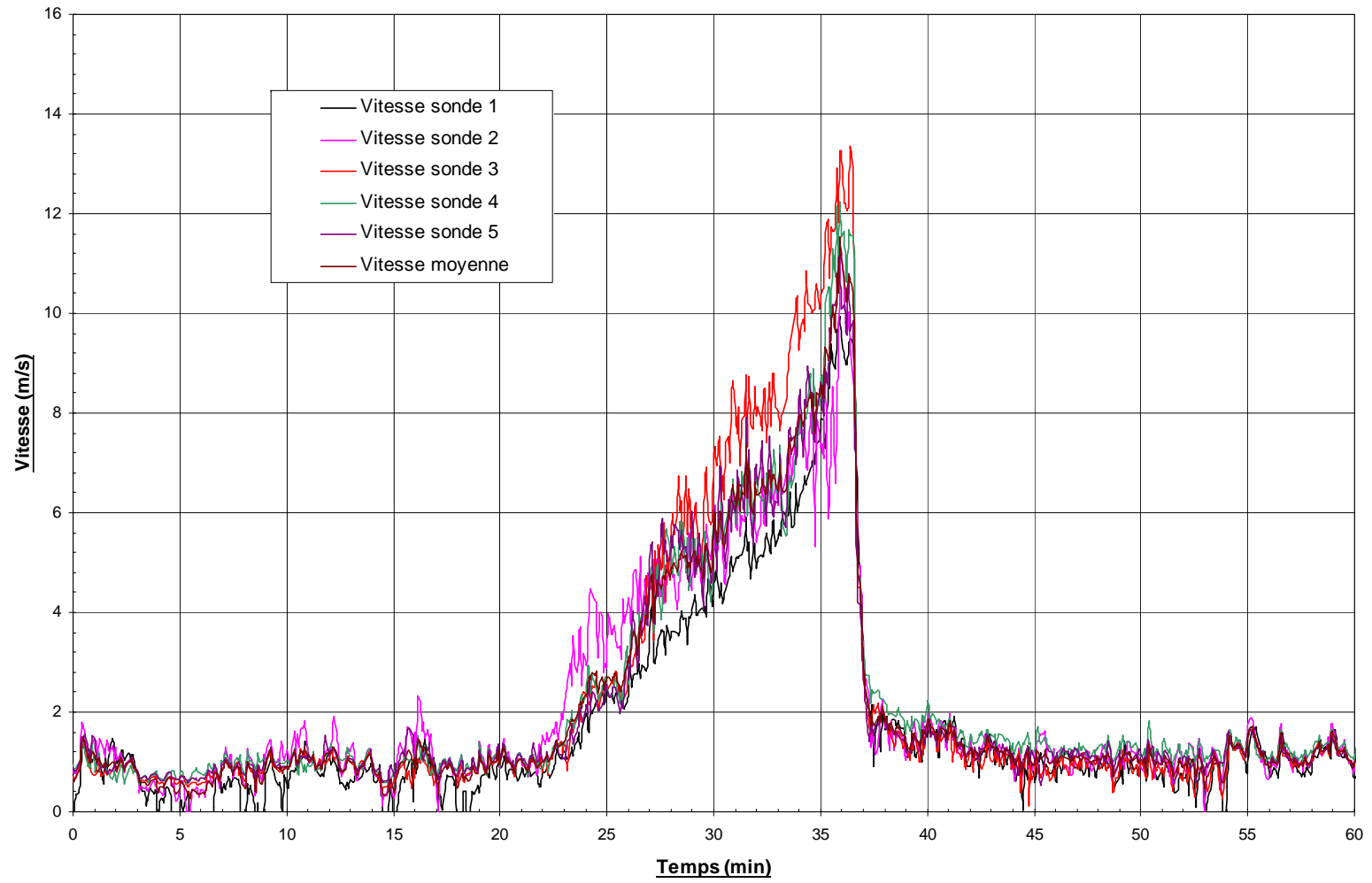




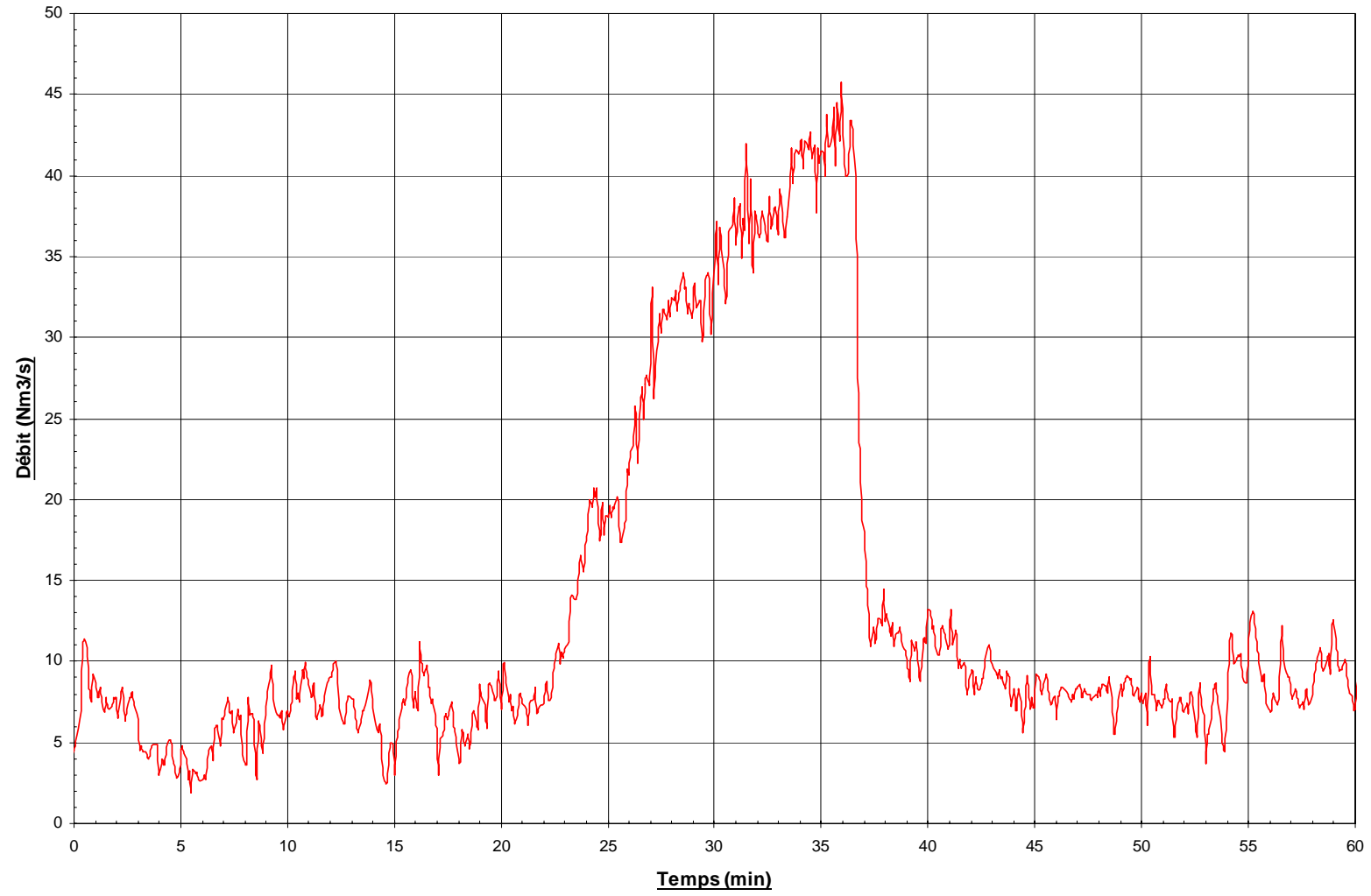
**Températures sprinklers ( réponses lentes )**



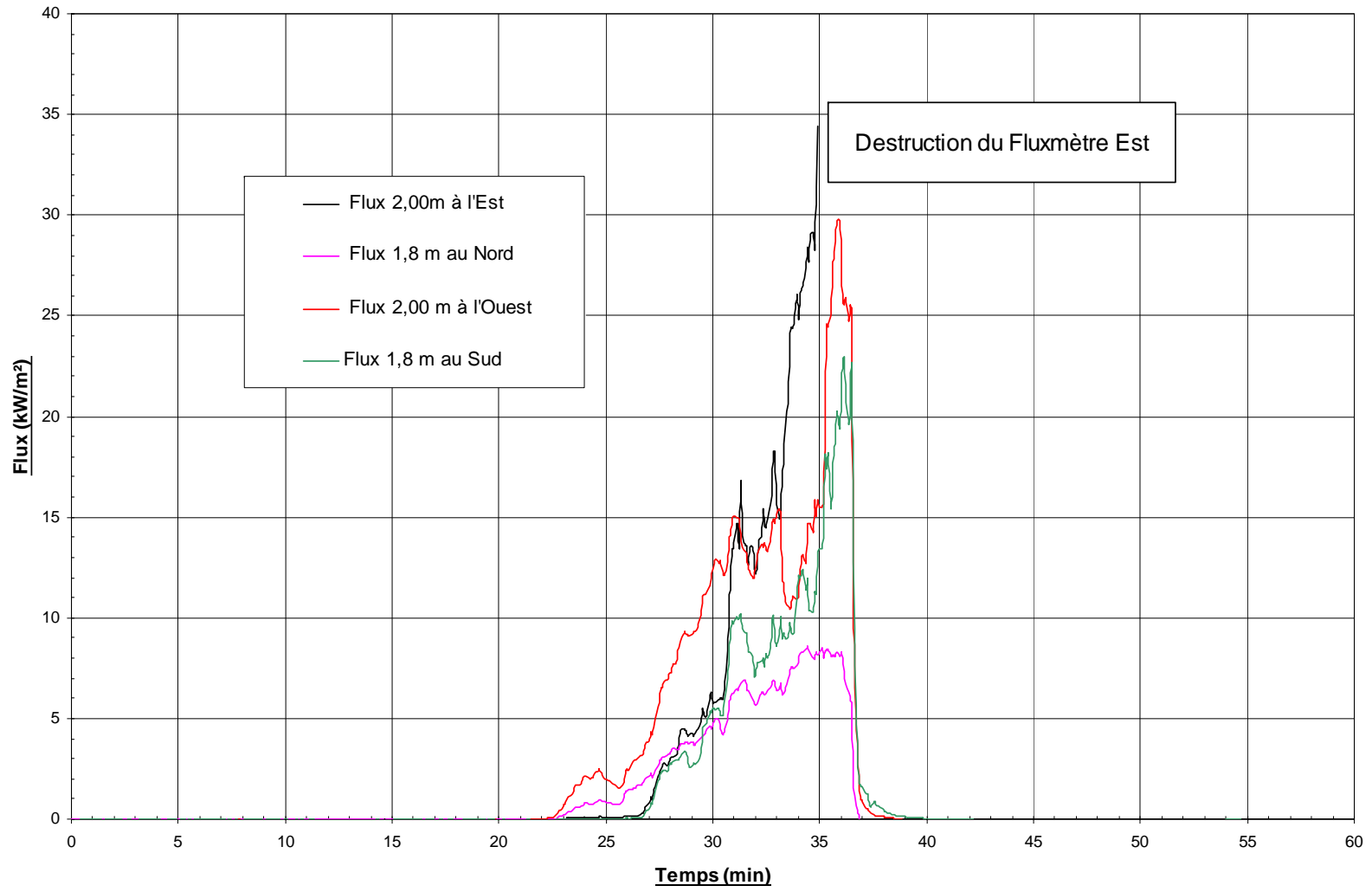
### Vitesses des gaz dans l'exutoire



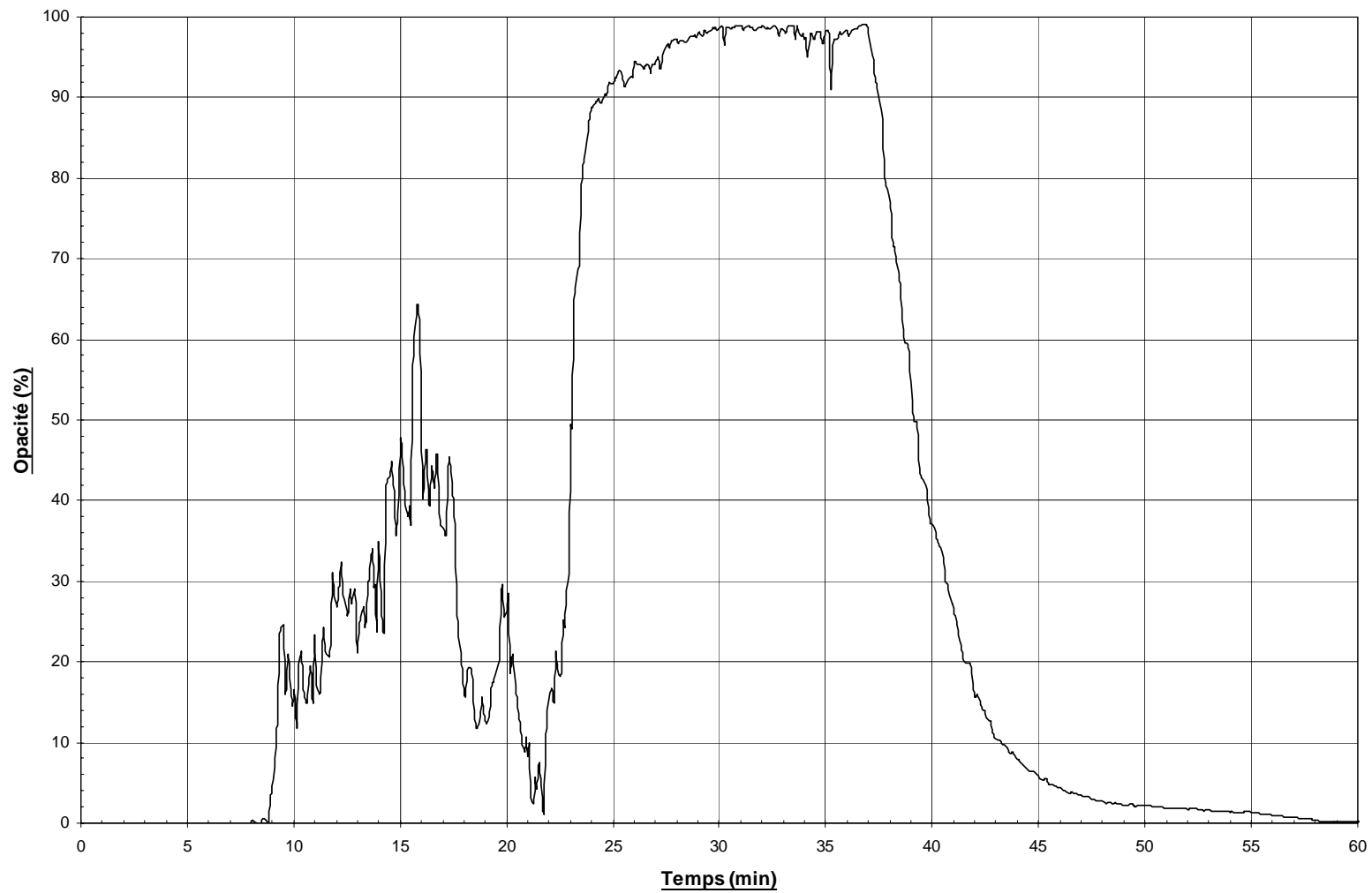
Débit de gaz à l'exutoire



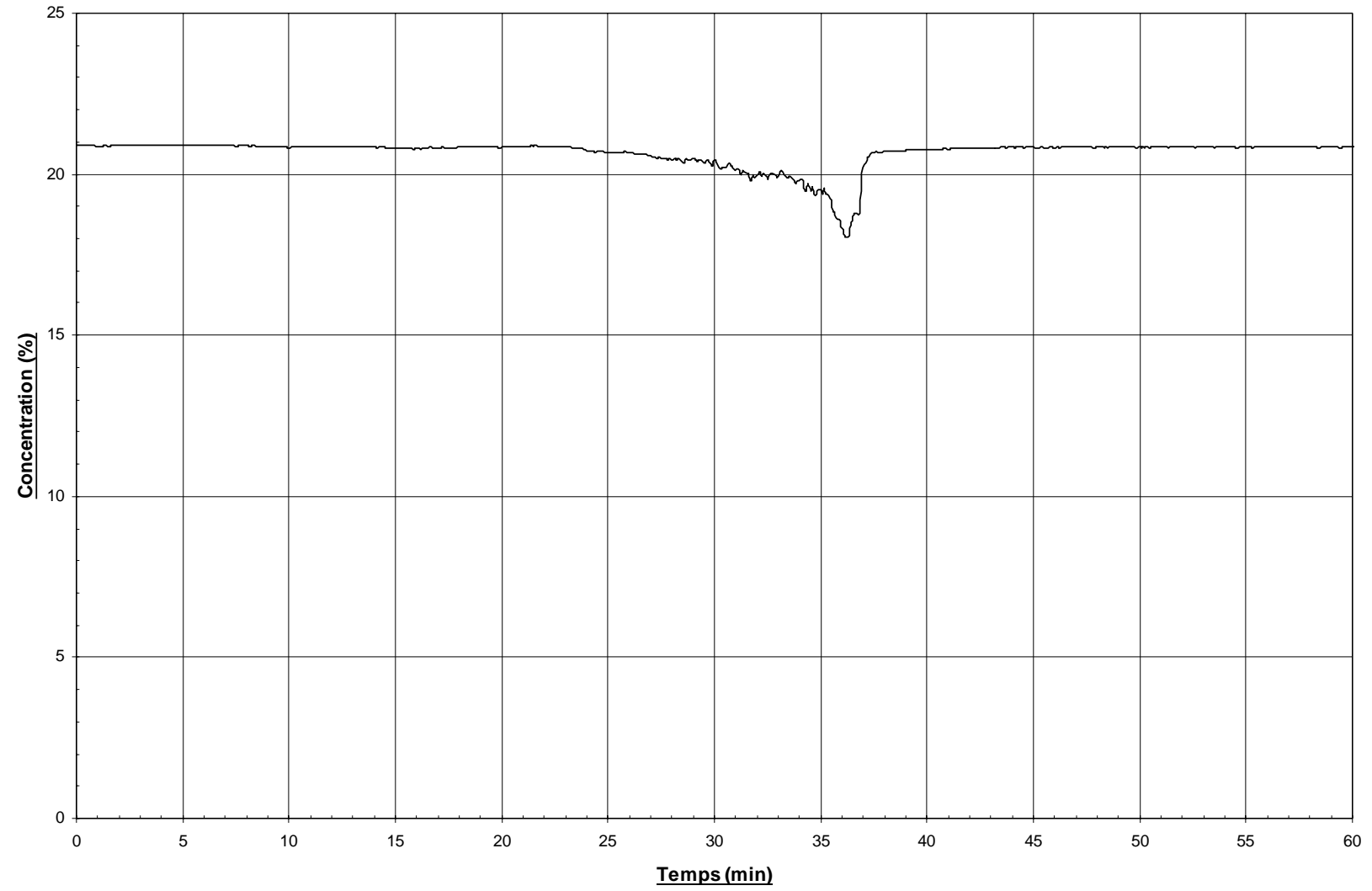
### Flux thermiques



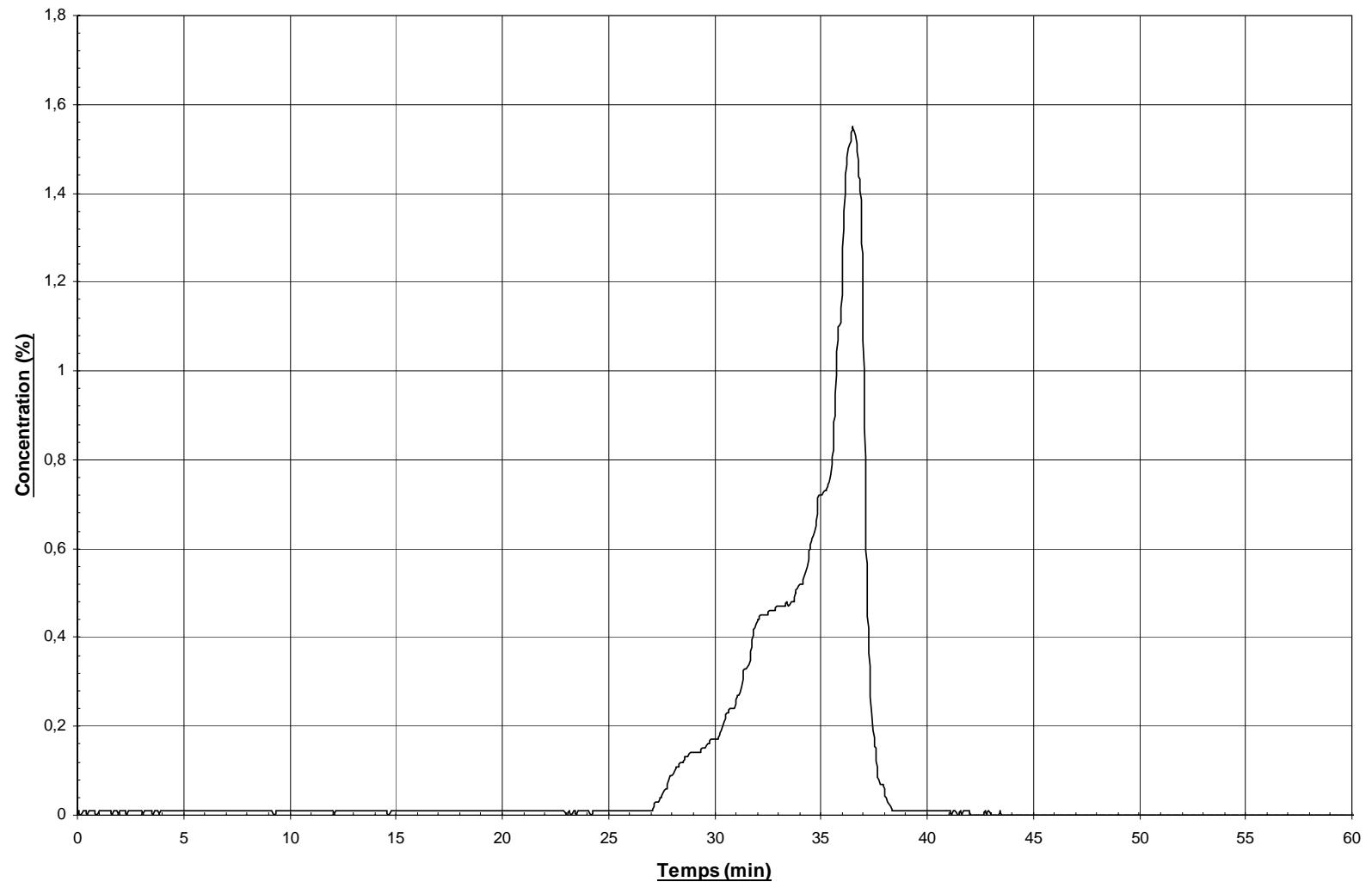
Opacité des fumées ( trajet optique = 1,5 m )



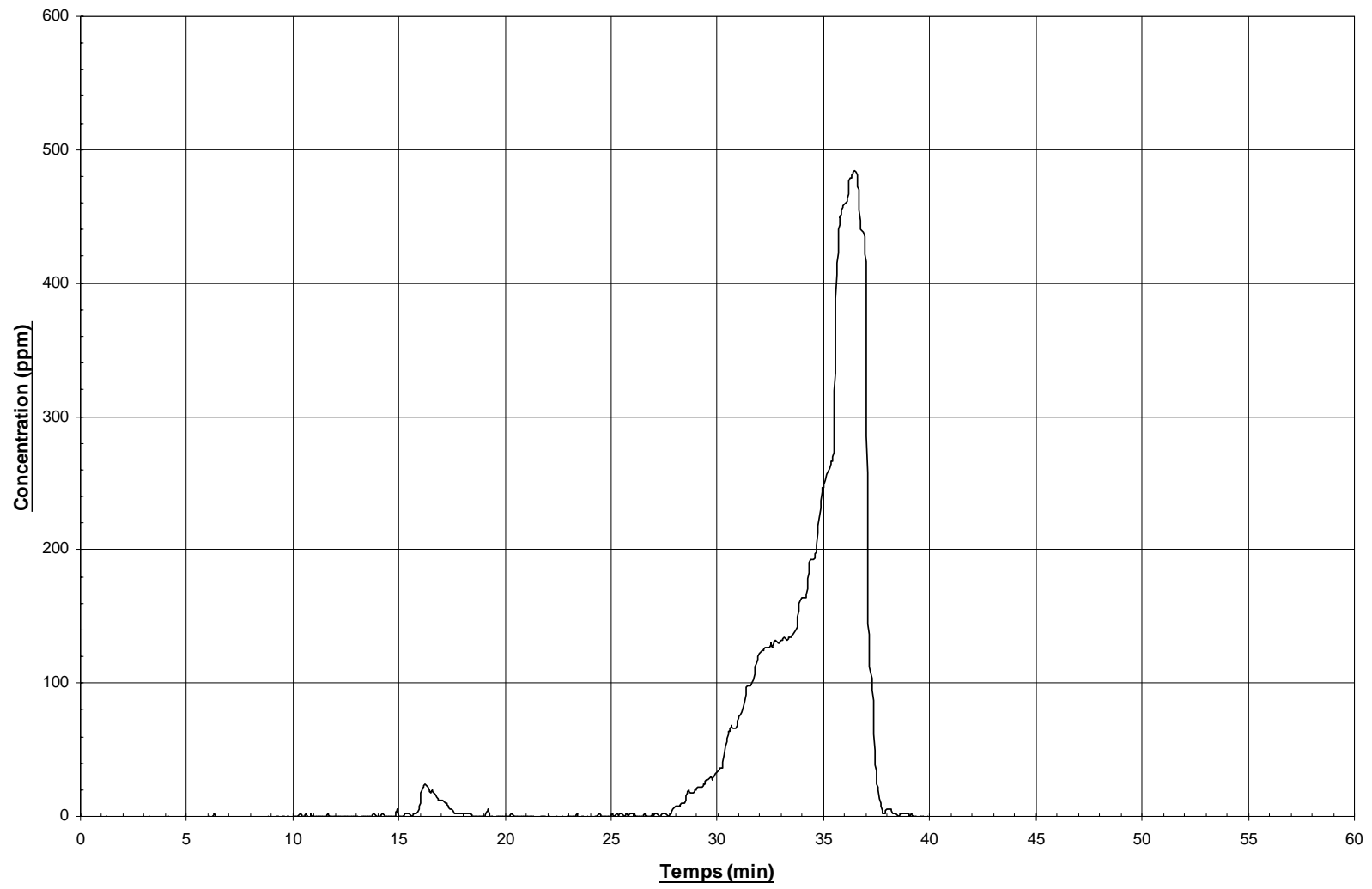
### Concentration d'oxygène dans les fumées



### Concentration de Dioxyde de carbone dans les fumées

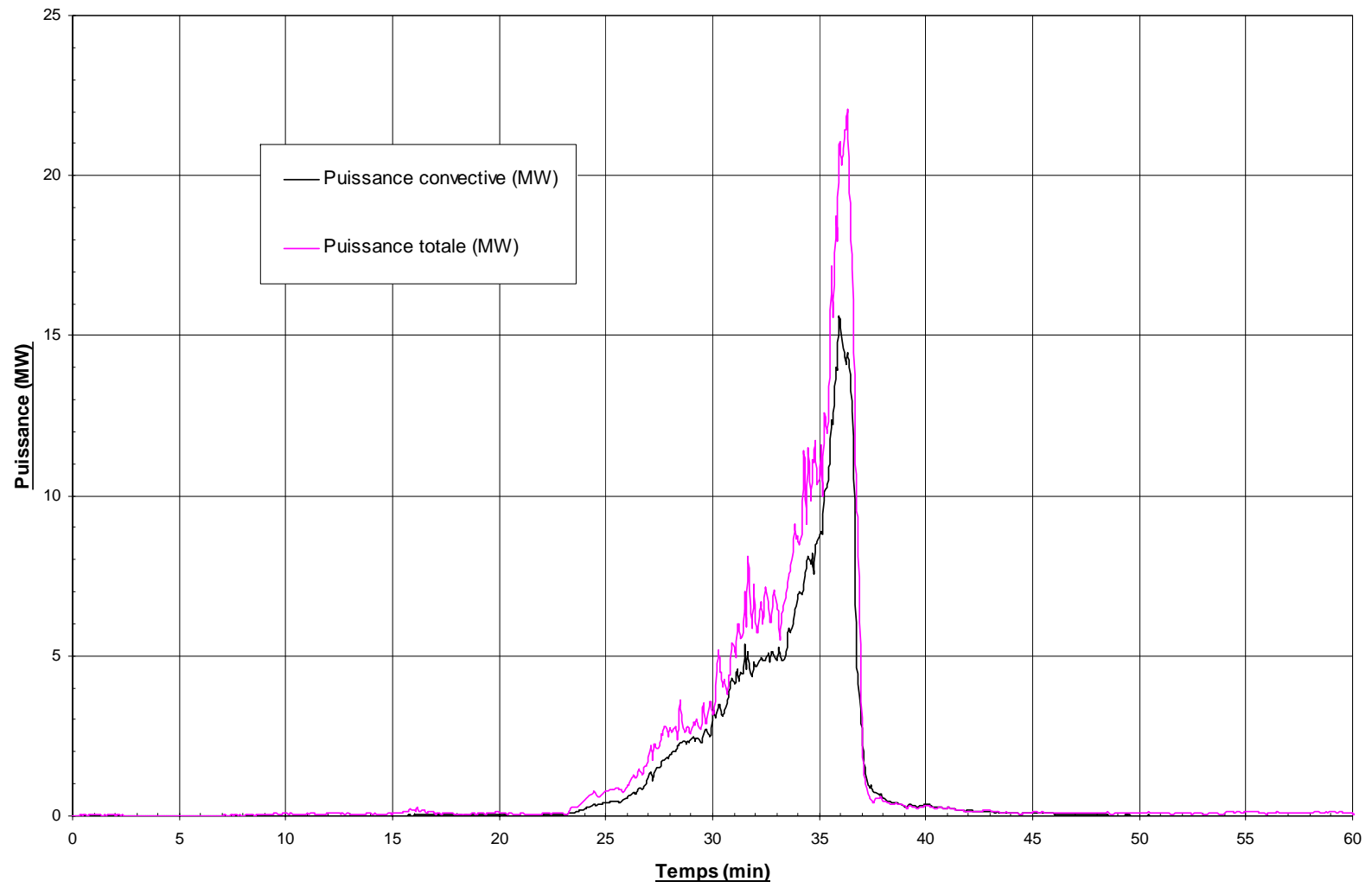


**Concentration de Monoxyde de carbone dans les fumées**

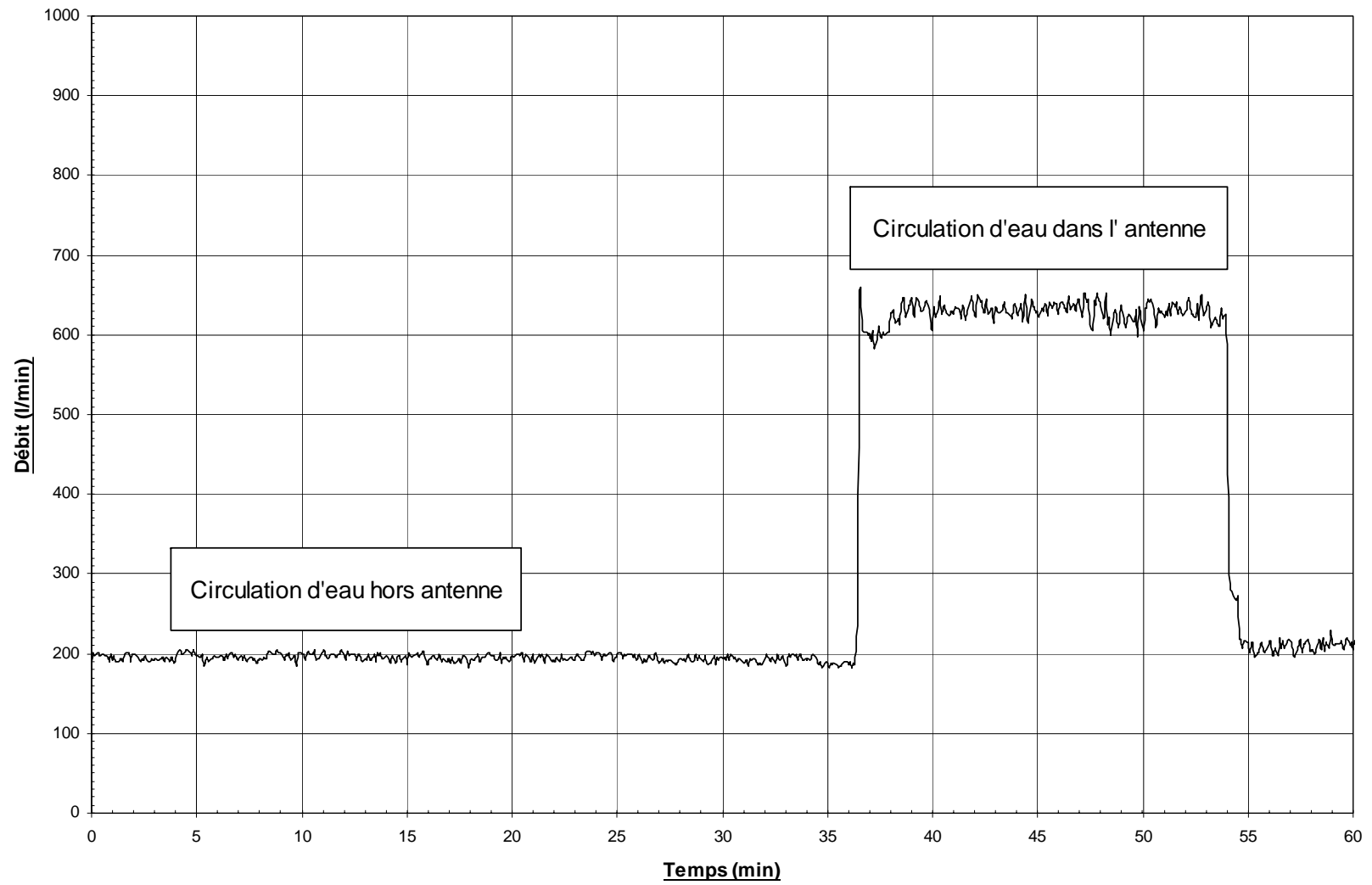




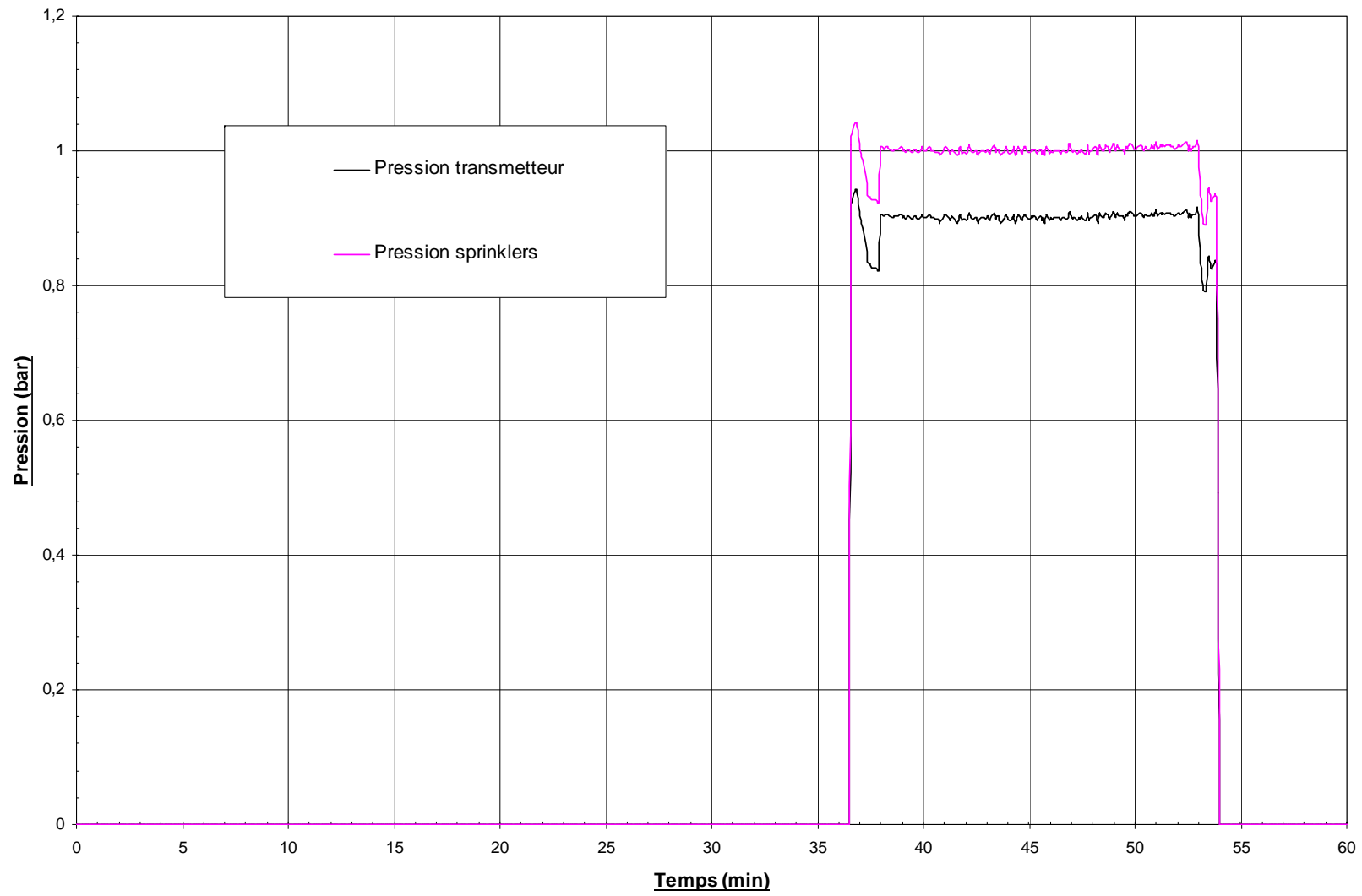
### Puissances du feu



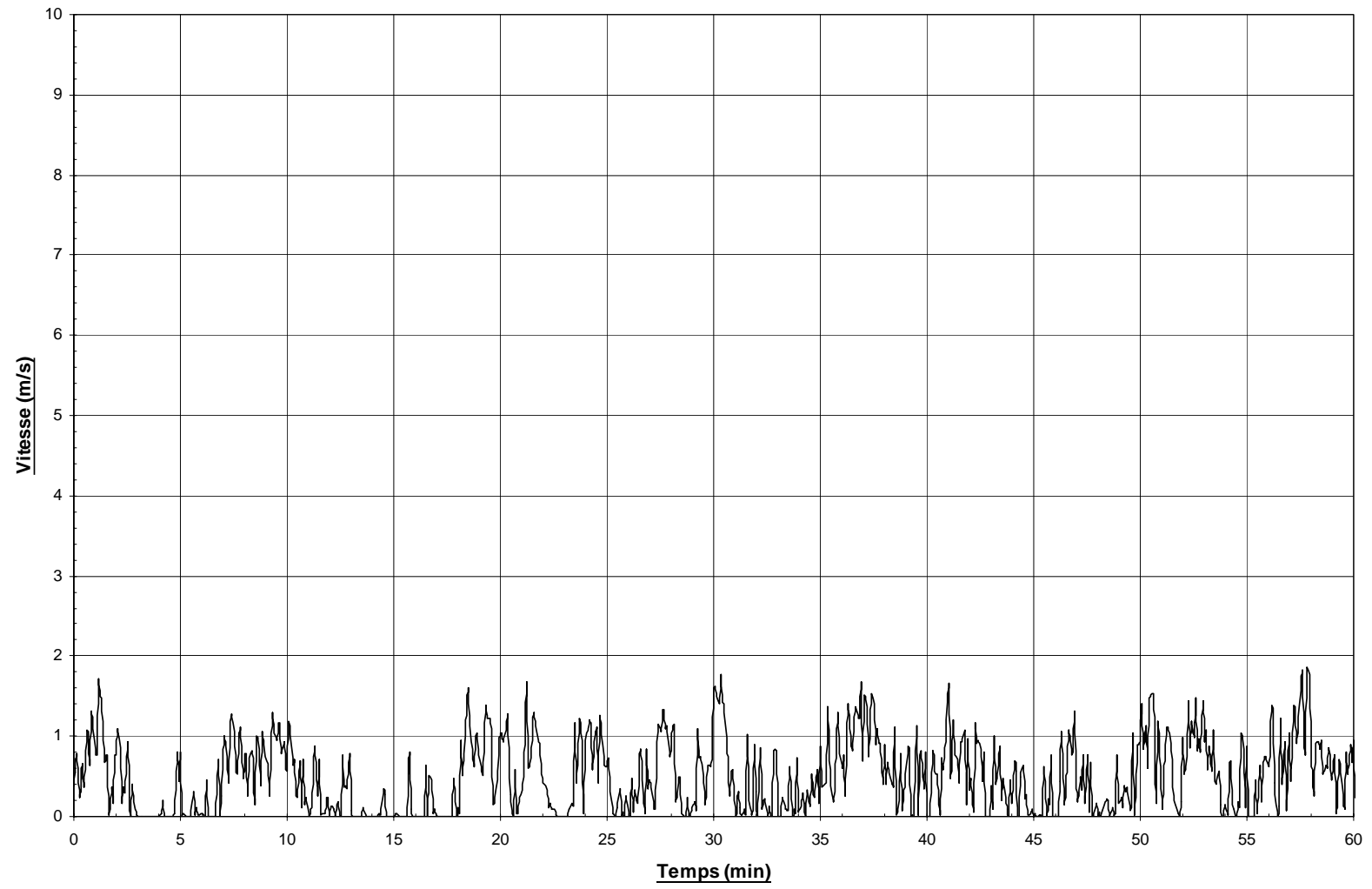
Débit d'eau



Pressions



Vitesse du vent



Direction du vent

