

ANR – FIREPLUME : DÉTERMINATION DES FACTEURS D'ÉMISSION DES POLLUANTS ÉMIS LORS D'UN FEU INDUSTRIEL

UMR CNRS 6134 SPE – PROJET FEUX



Bruno MARTINENT,

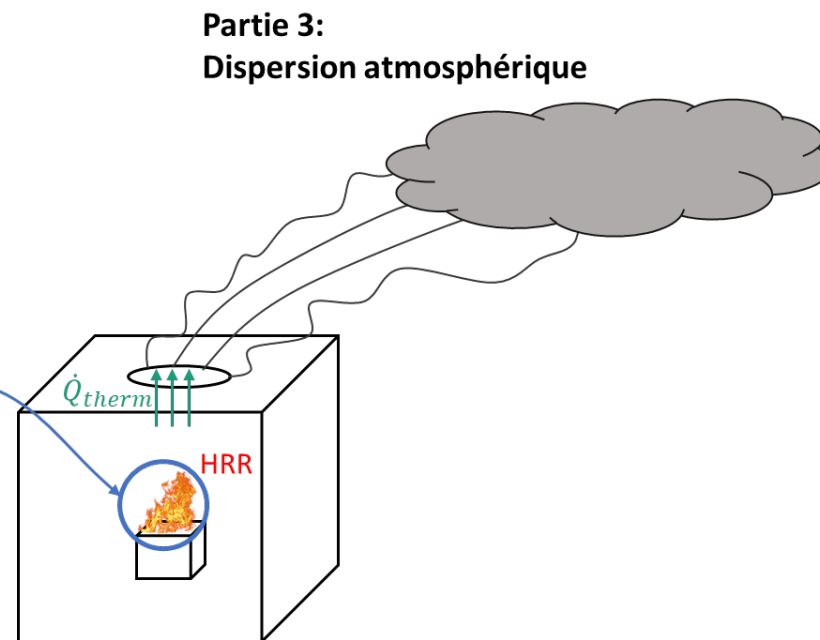
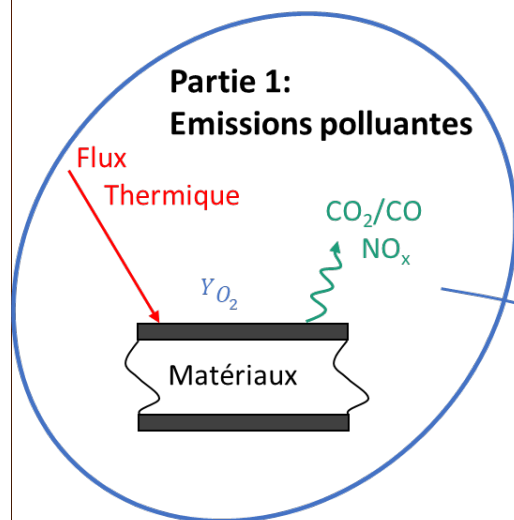
MCF – HDR Toussaint BARBONI,

Pr Paul-Antoine SANTONI,

Objectifs de l'étude

Le but est de connaître les risques et les mesures à prendre lors d'un incendie industriel

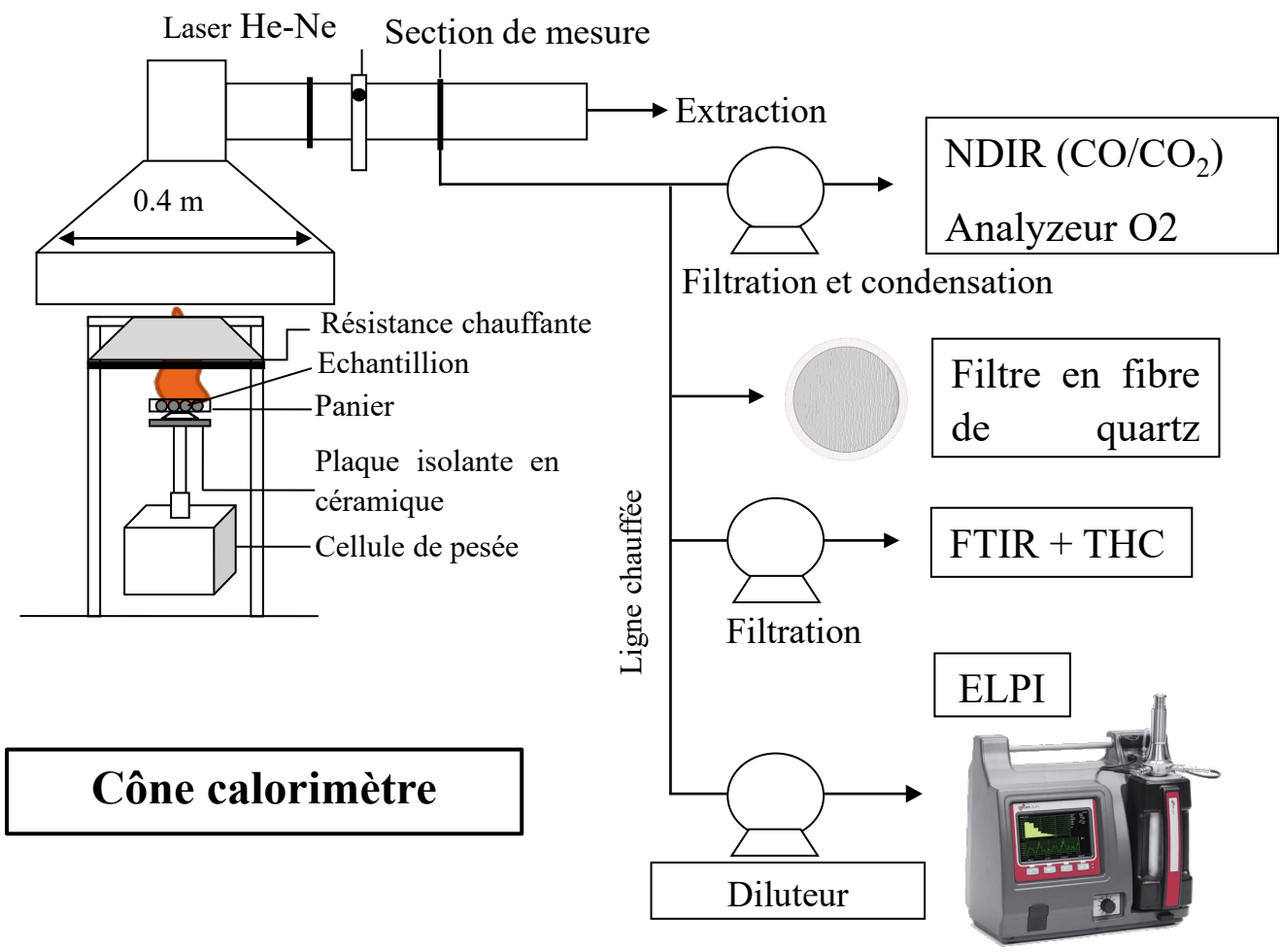
- Détermination des facteurs d'émission gazeux et particulaires
- Analyse du Total Hydrocarbon Content (THC)
- Analyse des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



Bâtiment industriel
Partie 2: Terme source de l'incendie



Méthode de combustion

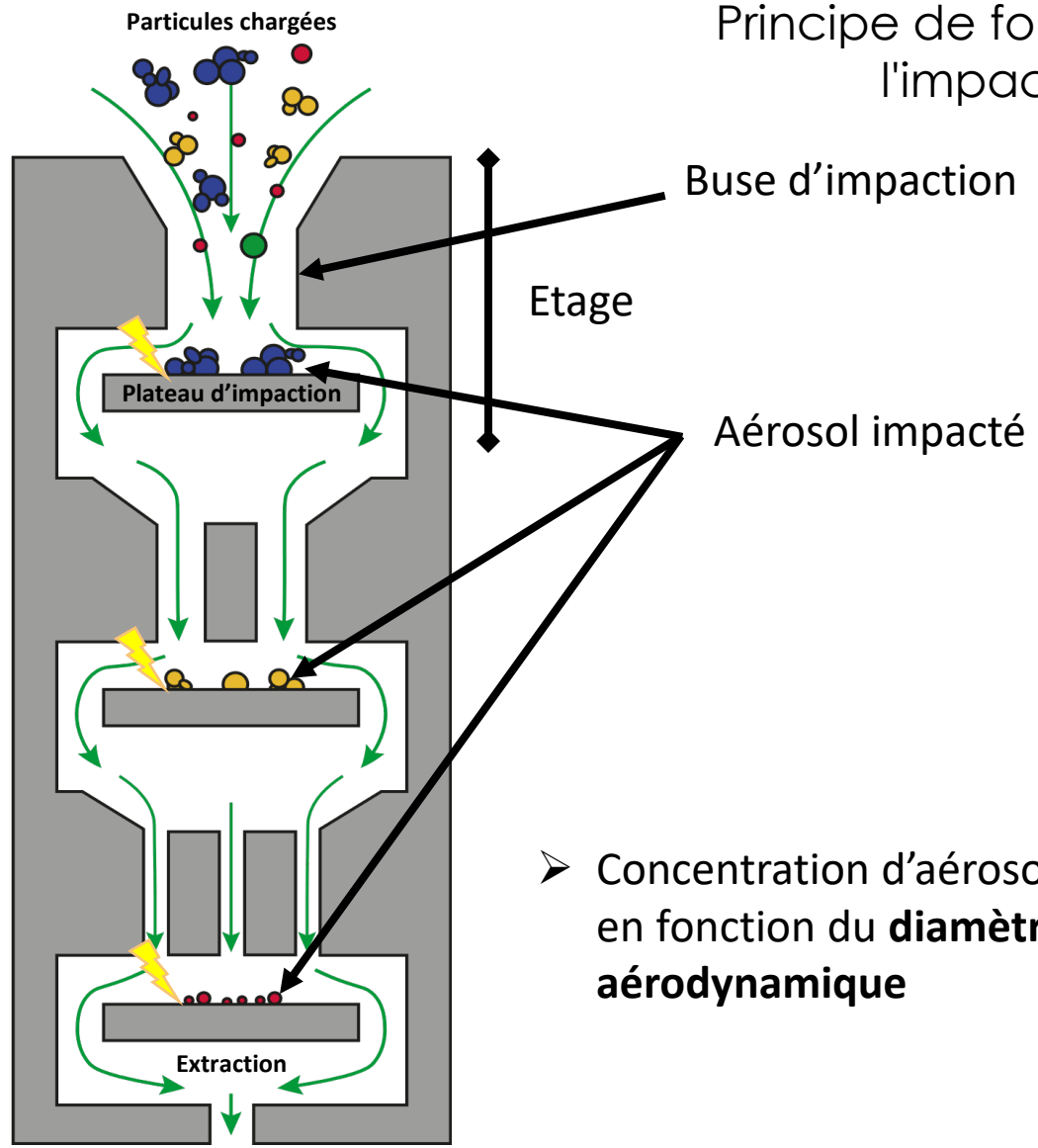


- Grandeurs mesurées :
- **Perte de masse**
 - Puissance $HRR = E_{O_2} \Delta \dot{n}_{O_2} M_{O_2}$
 - Fumées $SPR = k \dot{V}_{fumée}$
 - **Facteur d'émission** $EF_i = \frac{m_i}{m_{b,dry}}$
 - $THC = \sum_{i=Hydrocarbure} C_i$
 - **Aérosols**

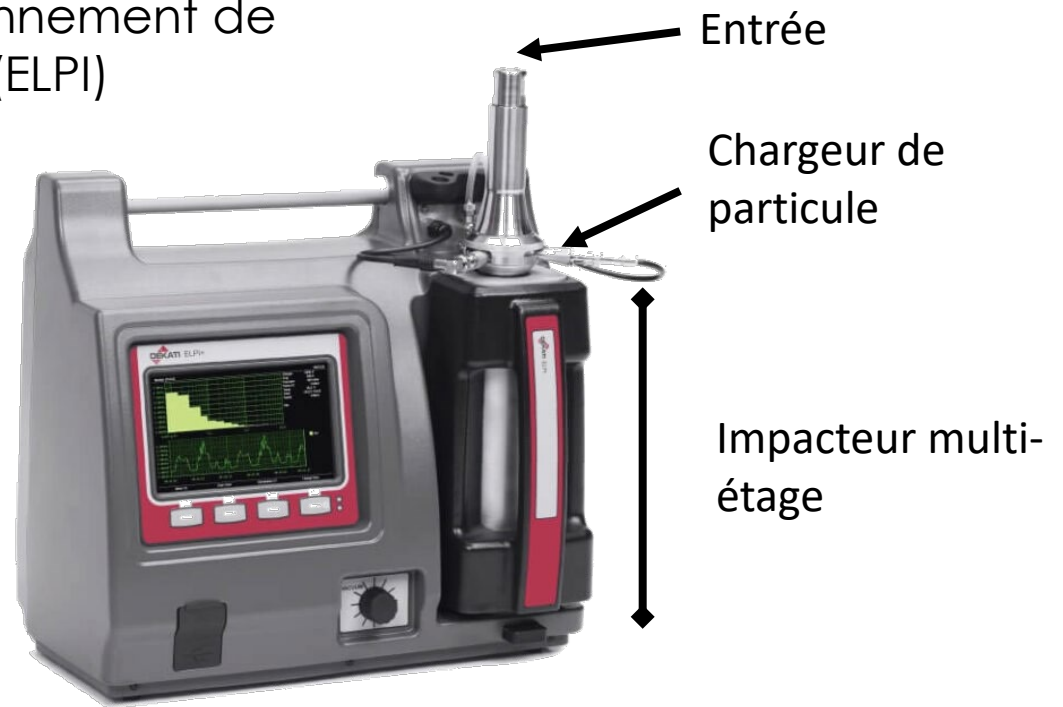
Flux imposé: 50 kW/m²



Principe de fonctionnement de l'impacteur (ELPI)



➤ Concentration d'aérosols en fonction du **diamètre aérodynamique**



	Real particle	Stokes equivalent sphere	Aerodynamic eq. sphere
Settling velocity	= 0.22 cm/s	= 0.22 cm/s	= 0.22 cm/s
Particle diameter	= app. 3-5 μm	= 4.3 μm	= 8.6 μm
Density	= 4 g/cm ³	= 4 g/cm ³	= 1 g/cm ³

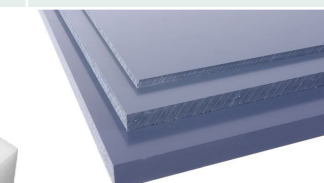
Différents types de **matériaux**

	Bois				Plastique		Huile
	Bois	Contreplaqué	Aggloméré	OSB*	PE	PVC	15W40
Densité	0.476	0.465	0.646	0.588	0.972	1.388	0.850
Composition		%C: 51.4 %H: 6.37 %N: 0.22 %O: 40.7 %S: <0.1			%C: 85.36 %H: 14.15 %N: <0.3 %O: <0.2 %S:-	%C: 38.4 %H: 4.8 %N: - %O: - %Cl: 57.8	%C: %H: %N: %O: %S: 2.5
Colle		1-3%	<10%	5%			
Masse échantillon	80.59 g	102.24 g	142.20 g	129.45 g	77.79 g	111.07 g	17 g (3x5ml)
Taille (cm)	9.4x10x1.8	10x10x2.2	10x10x2.2	10x10x2.2	10x10x0.8	10x10x0.8	10x10x0.2

Nb d'expe :
53



*Oriented Strand Board



Protocole de combustion



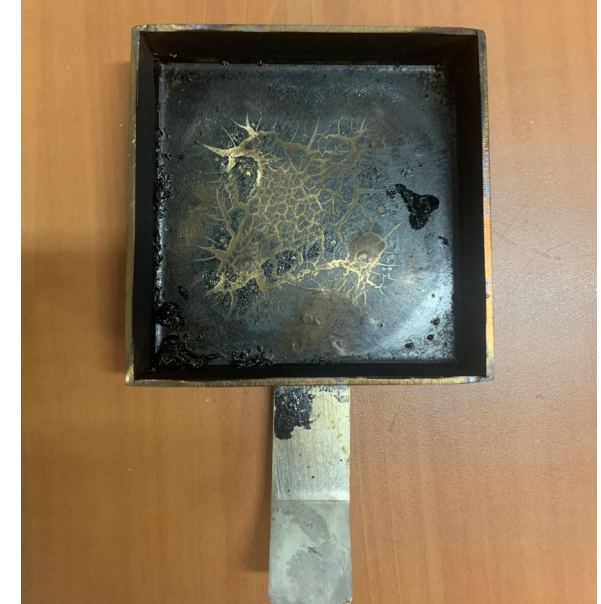
Configuration standard

Bois, CP, AGGLO, OSB



Configuration avec grille

PE, PVC



Configuration pour les
liquides

Huile 15W40

Protocole d'analyse des HAP

Prélèvement
d'aérosols sur
filtre de quartz

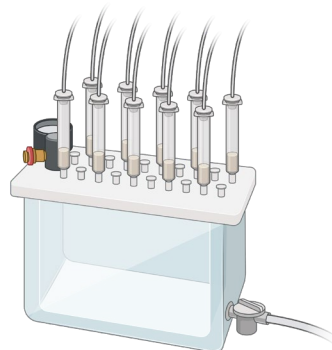


Extraction par ASE
(Accelerated Solvent
Extraction)



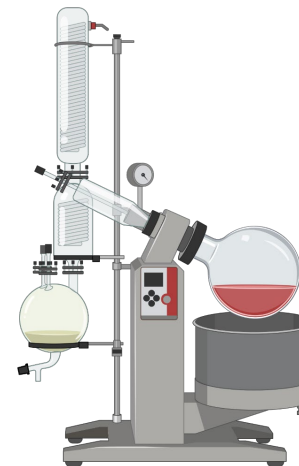
Température: 100°C
Solvant: MeOH – MeCl₂ (50-50)

Purification par cartouche SPE
(Solid Phase Extraction)



Rinçage: MeOH - H₂O (3-7)
Elution: acétonitrile

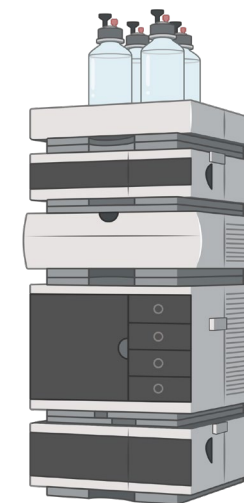
Evaporation avec
l'évaporateur rotatif



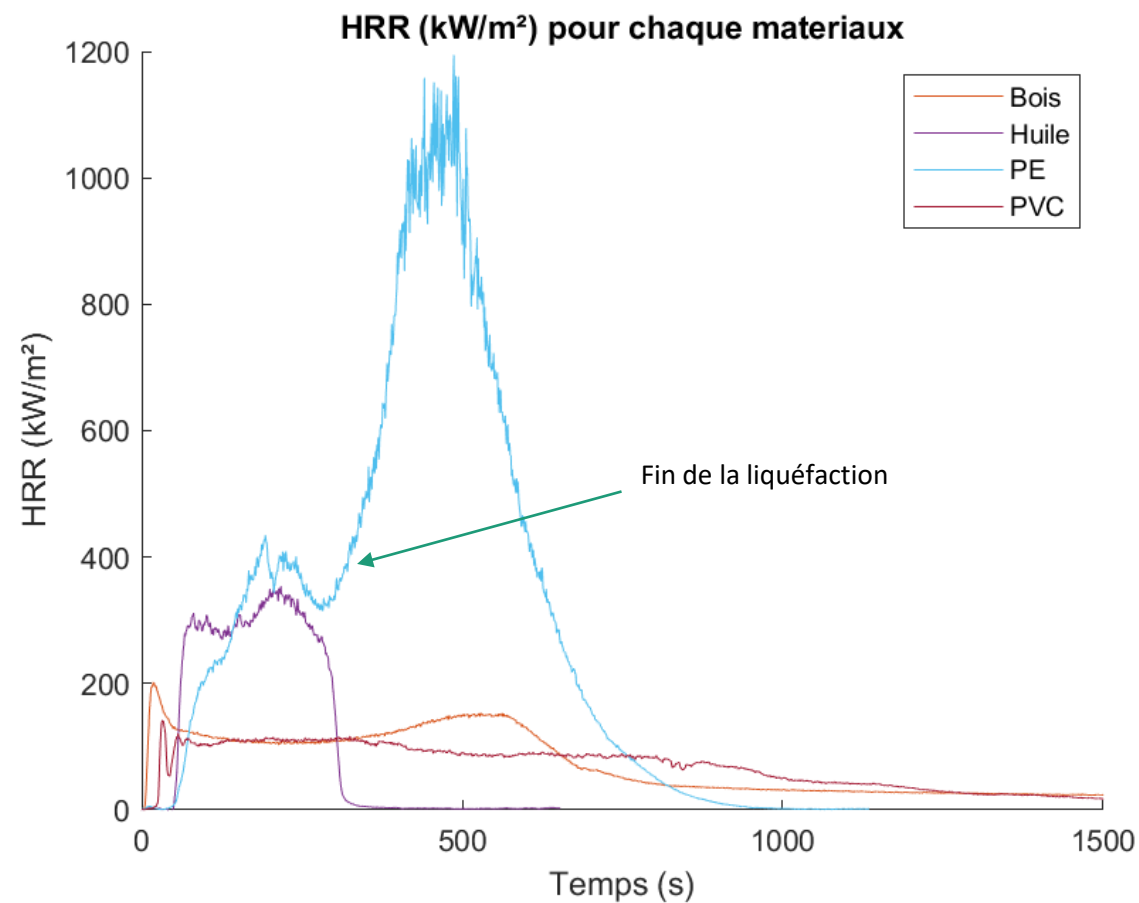
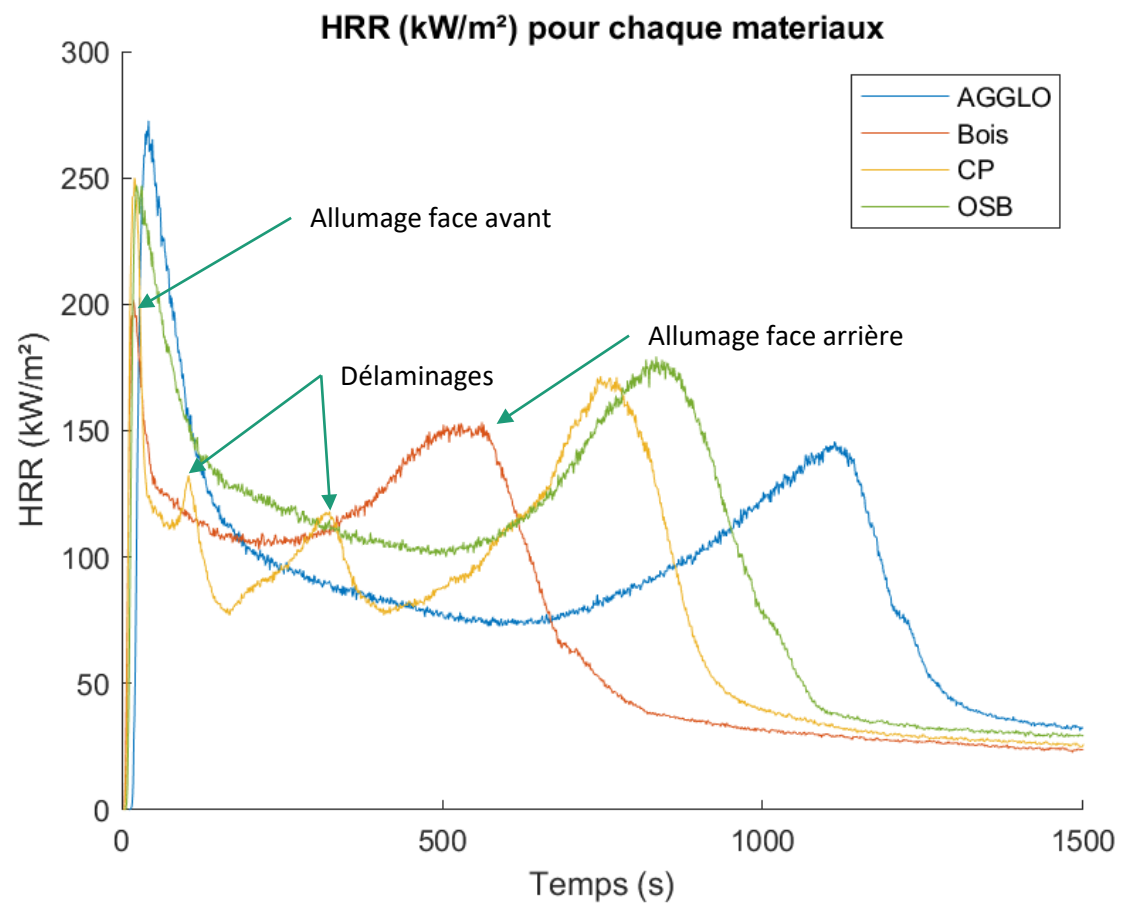
Pesée
+
Solubilisation

Solvant:
40% acétonitrile - 60% H₂O
-> 100% acétonitrile

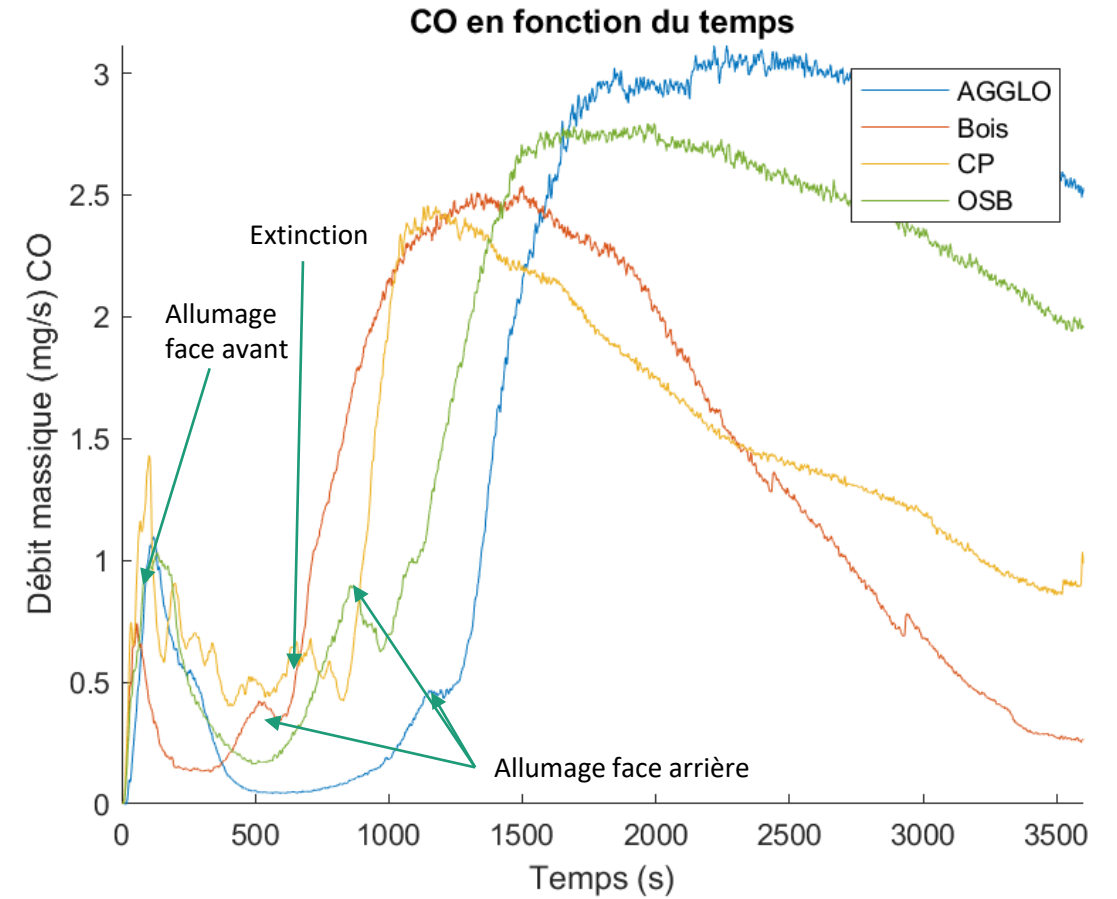
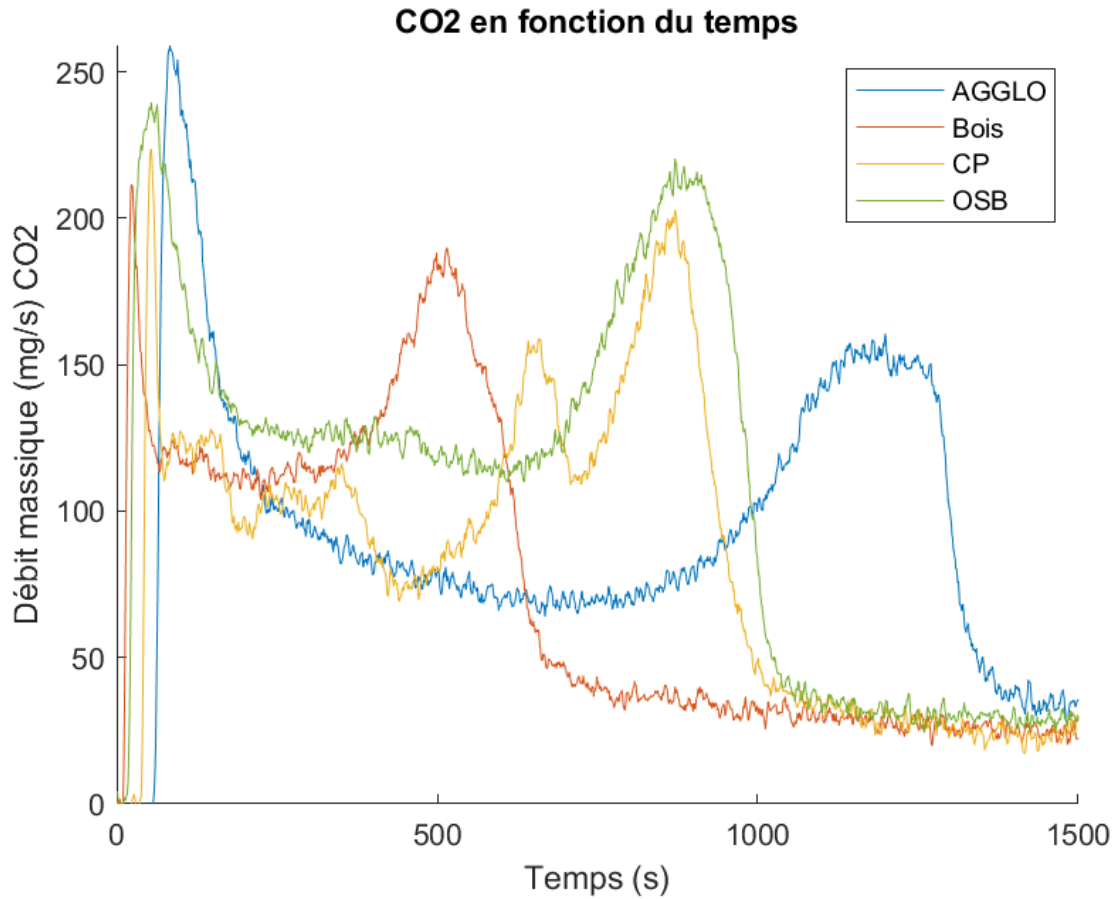
Analyse en HPLC (High
Performance Liquid
Chromatography)



Dynamique de combustion

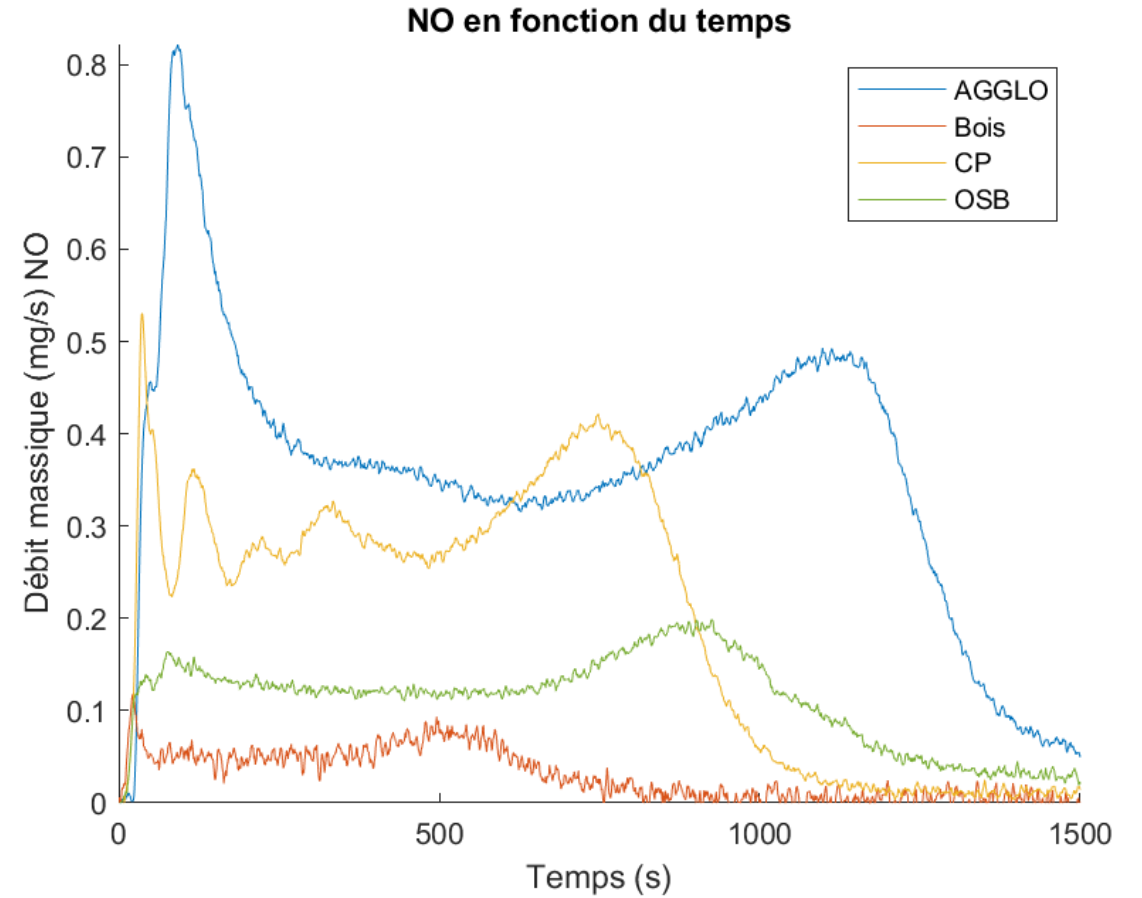
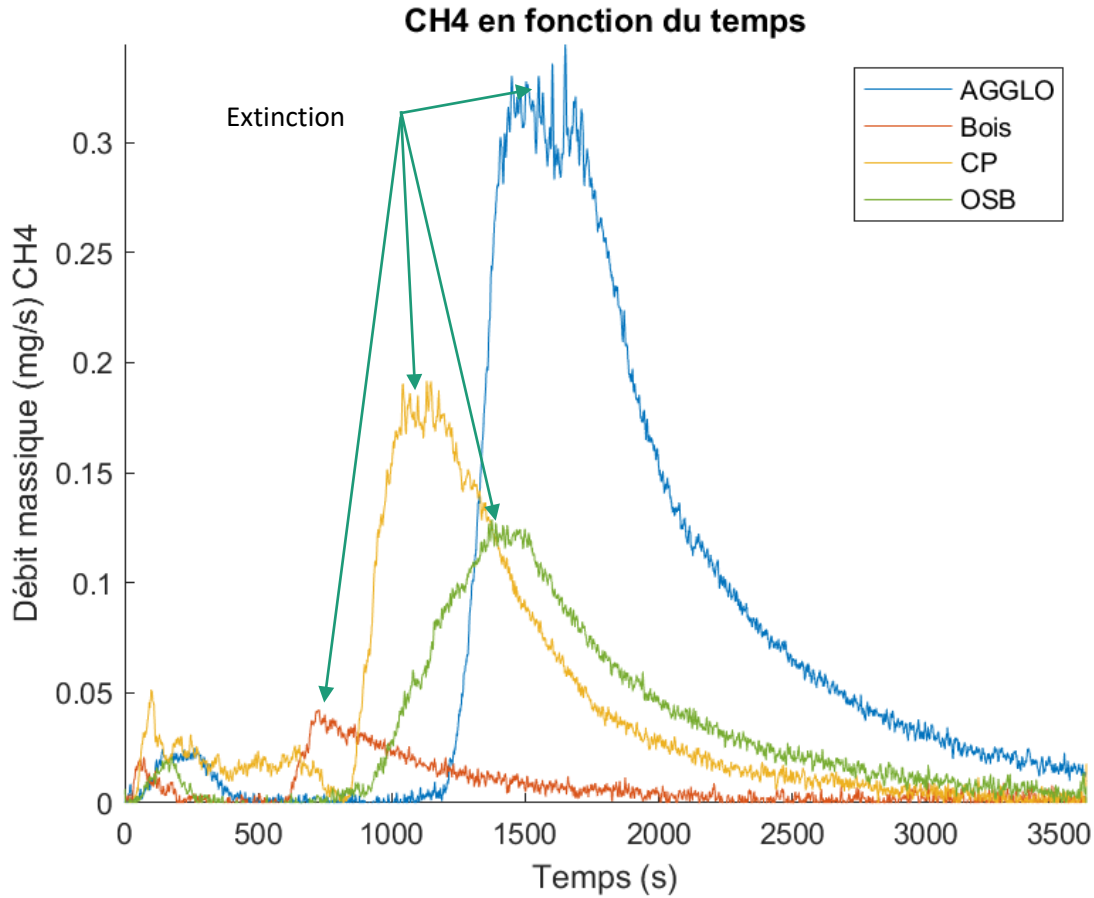


Gaz bois



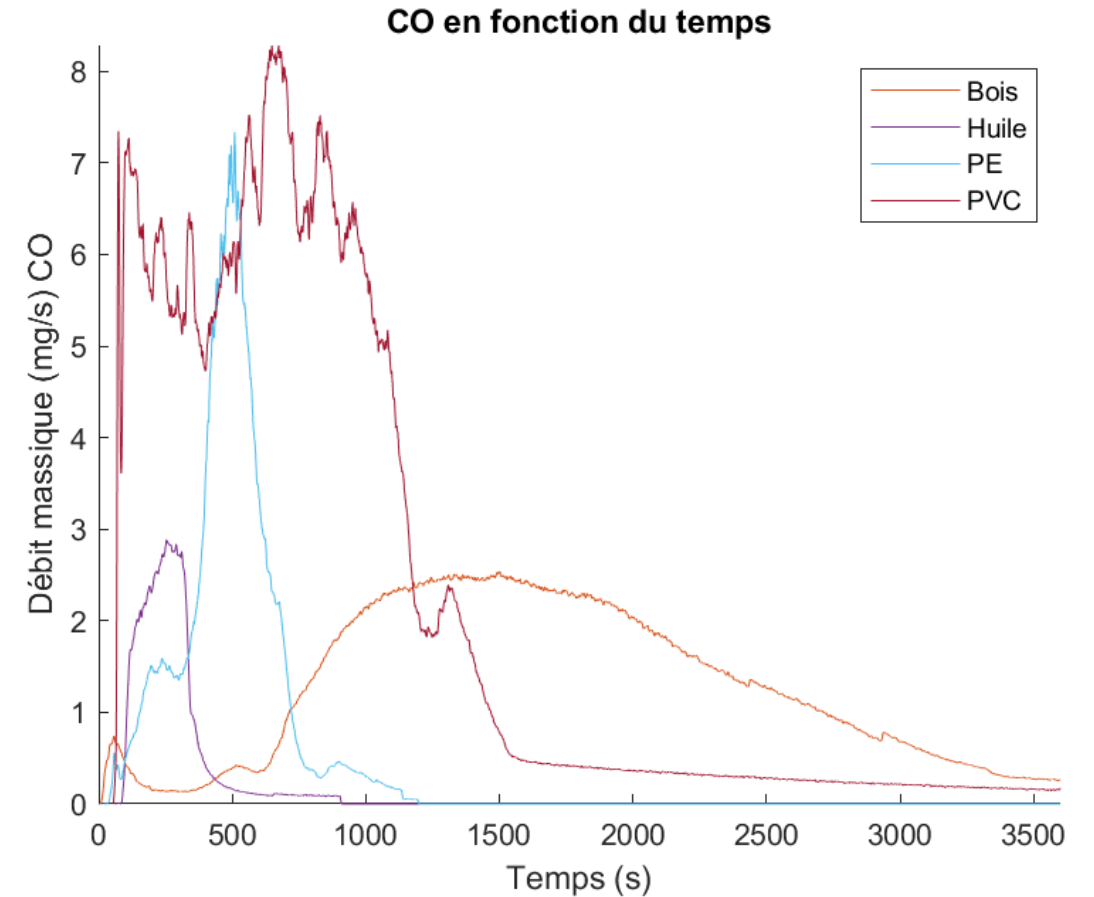
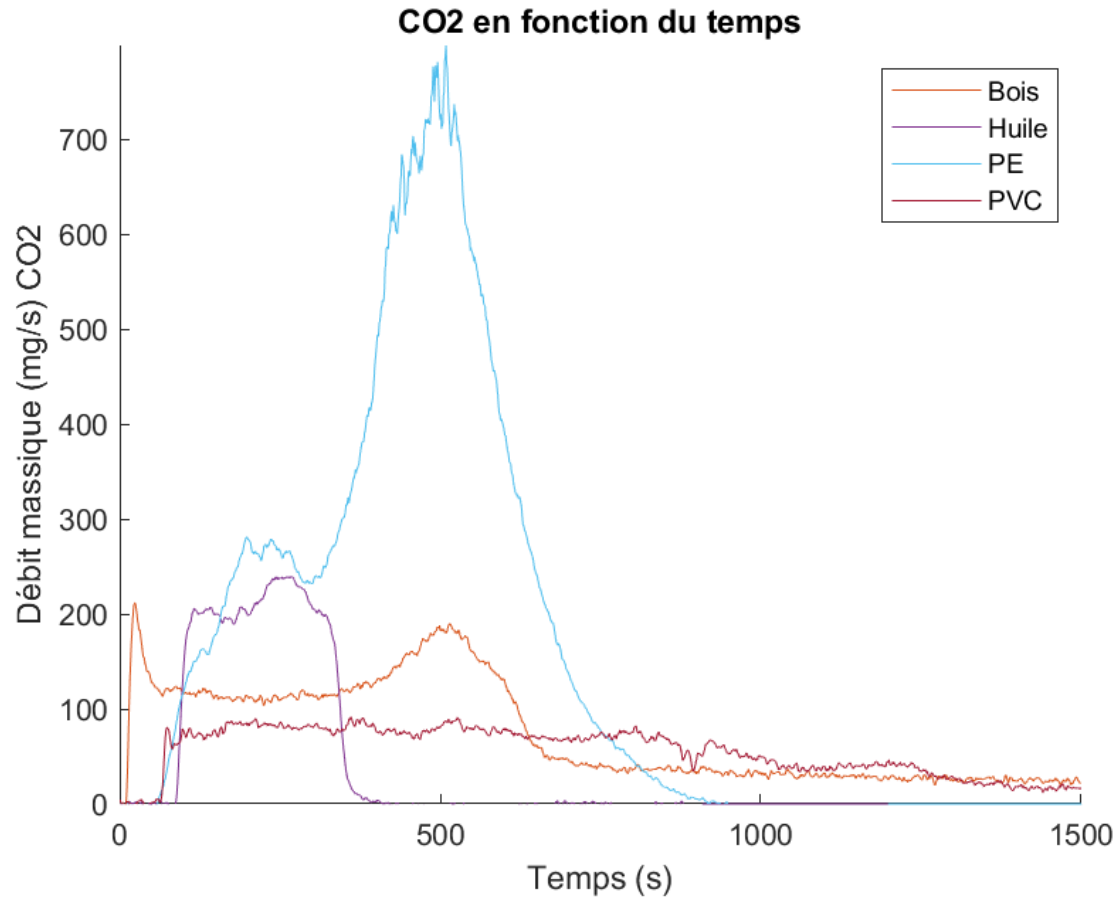
➤ CO₂ suit le HRR

Gaz bois



➤ NO suit le HRR

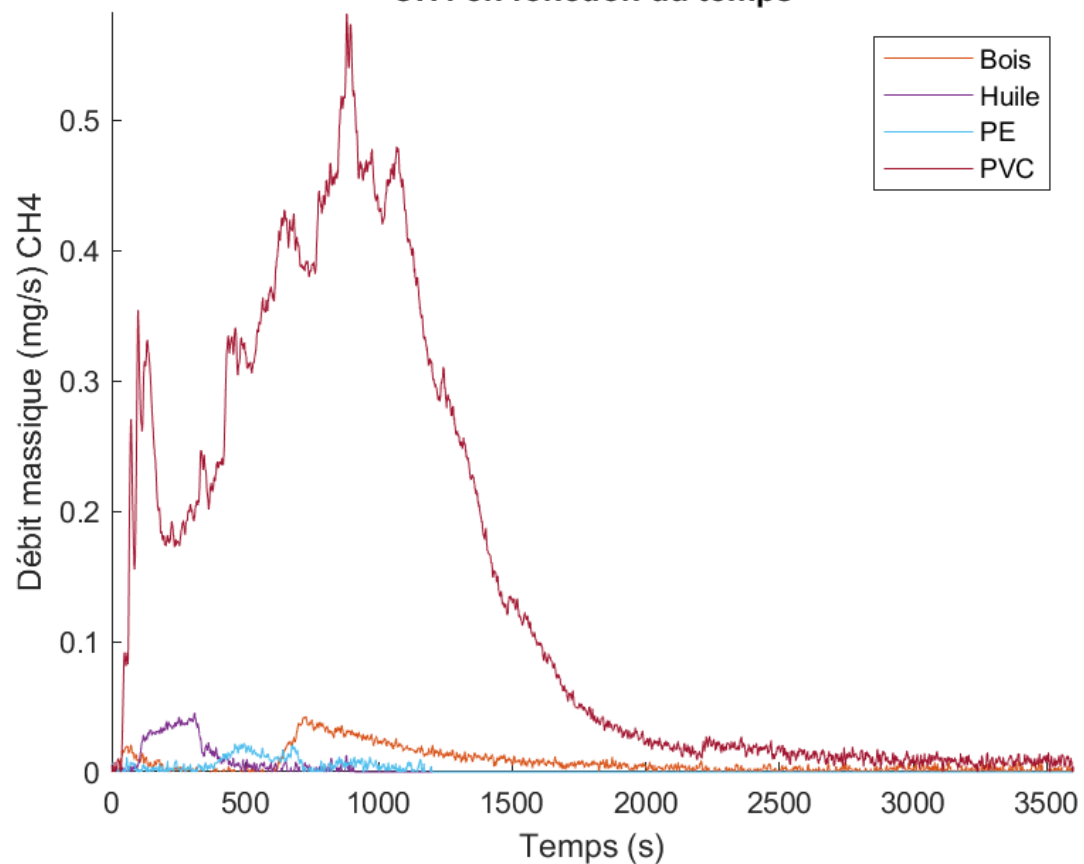
Gaz Plastique/huile



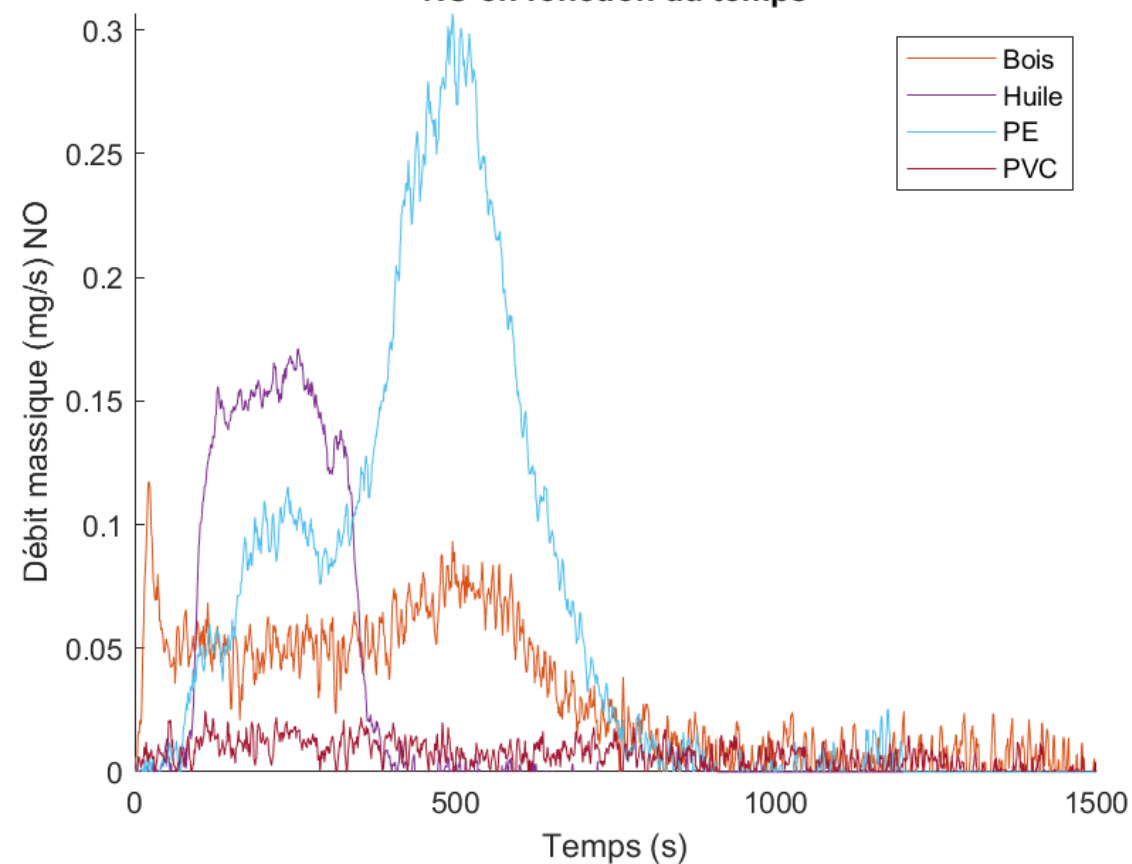
➤ Production pendant la phase de flamme

Gaz Plastique/huile

CH4 en fonction du temps

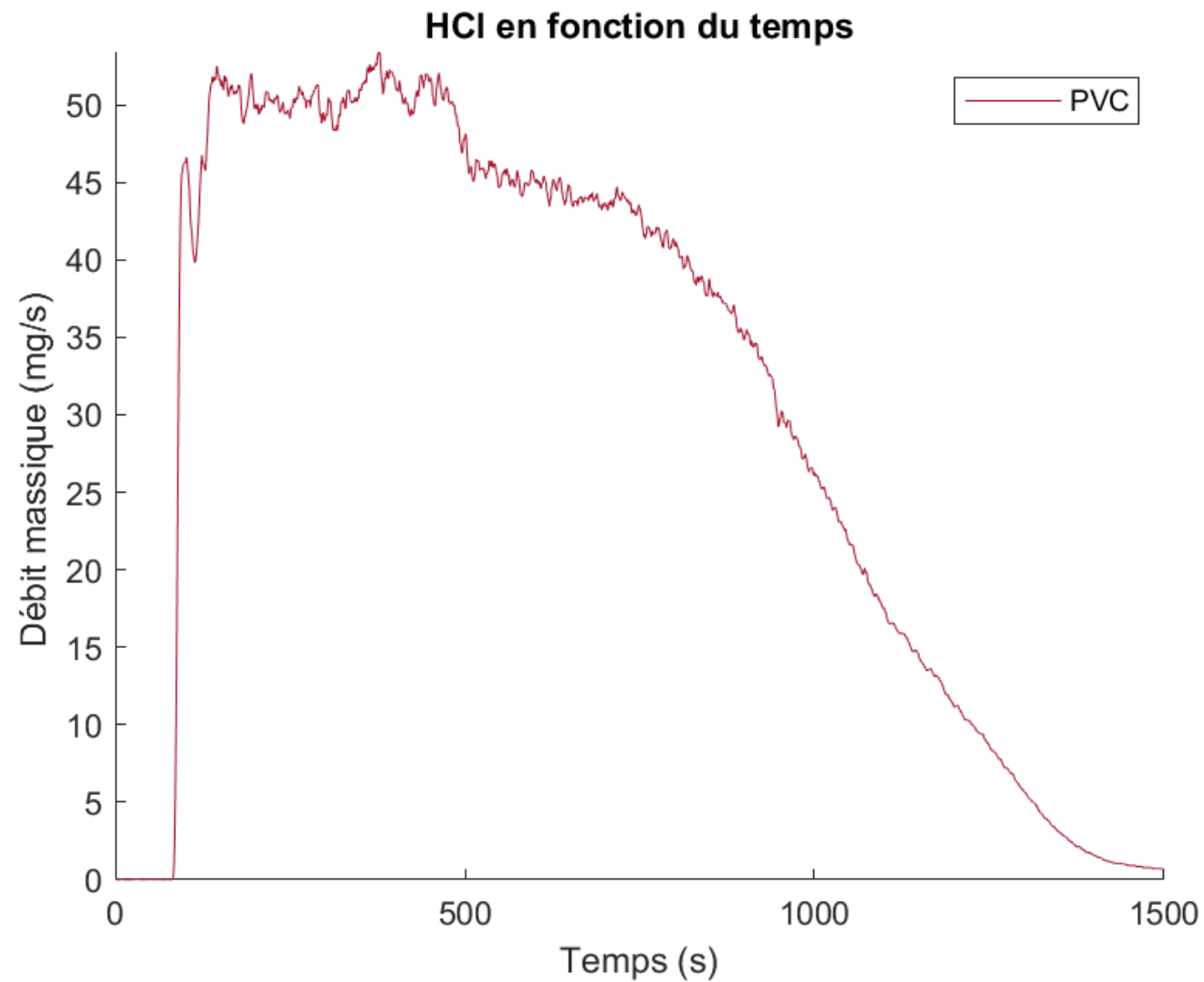


NO en fonction du temps

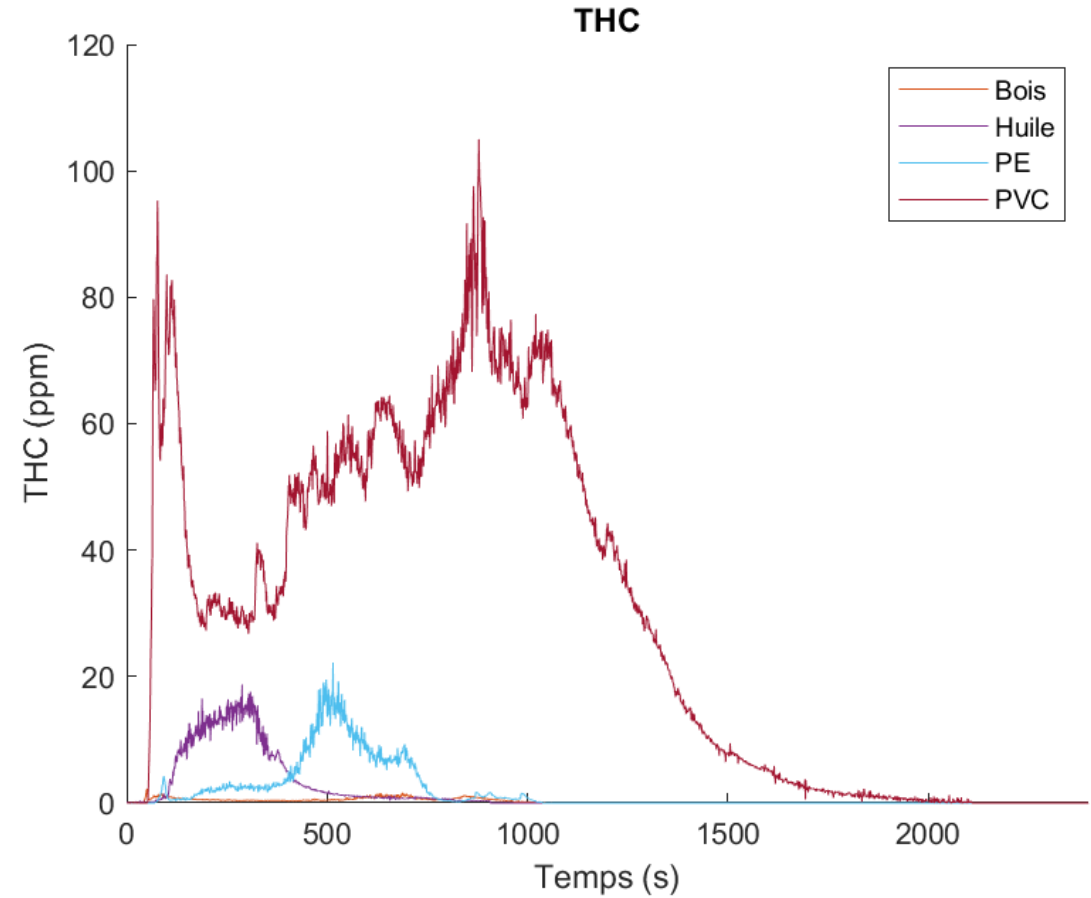
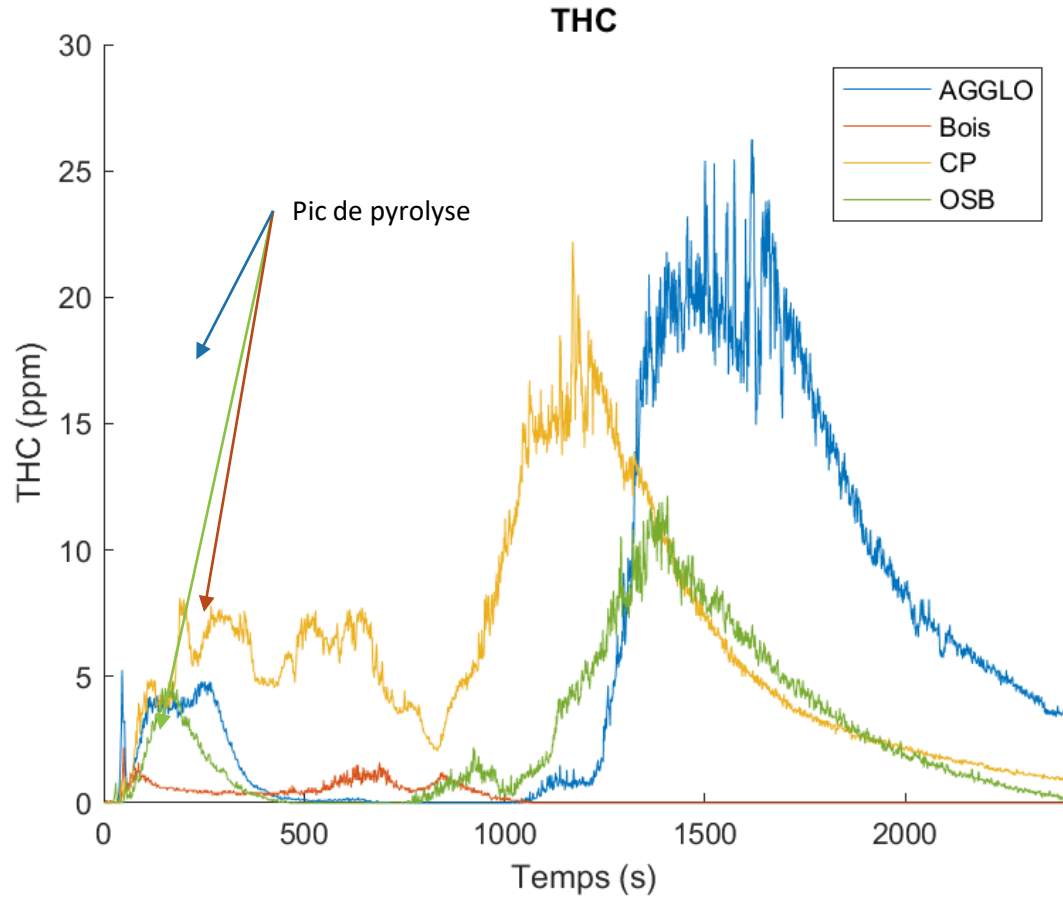


➤ Production pendant la phase de flamme

Gaz



THC

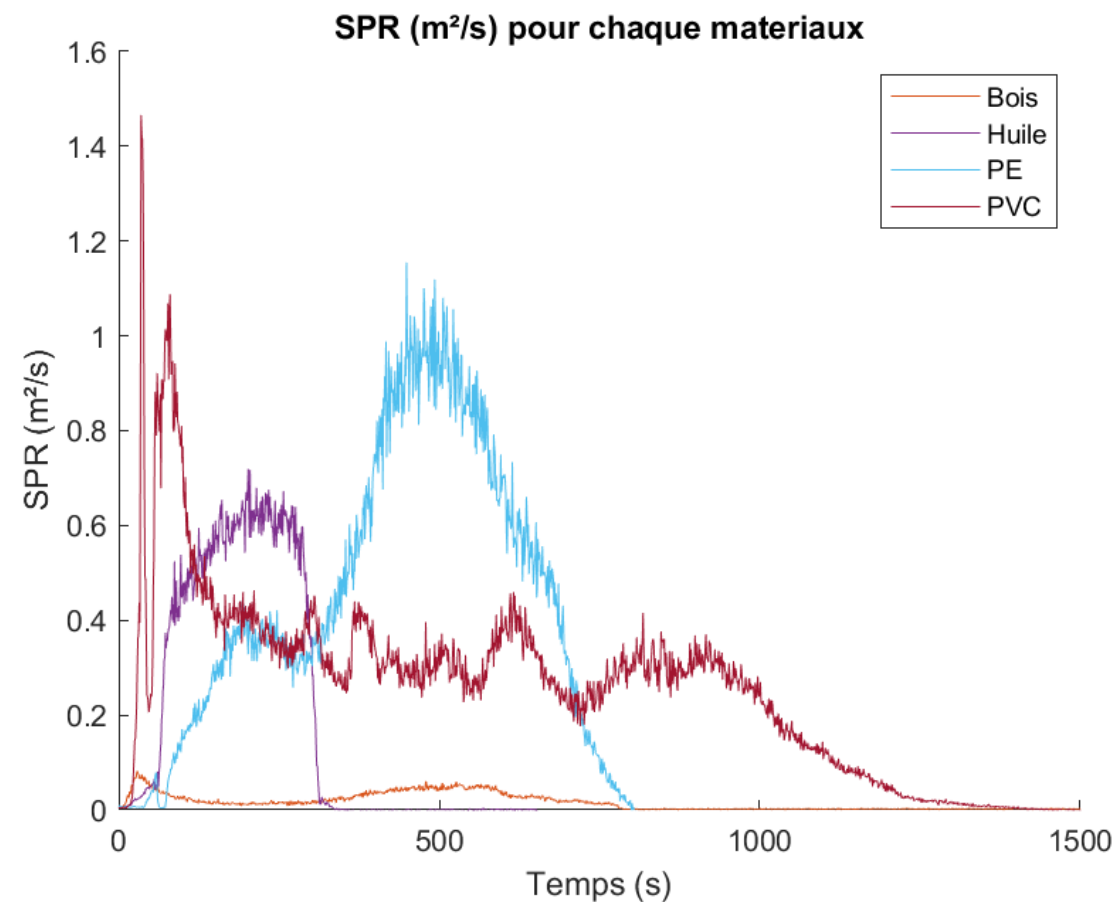
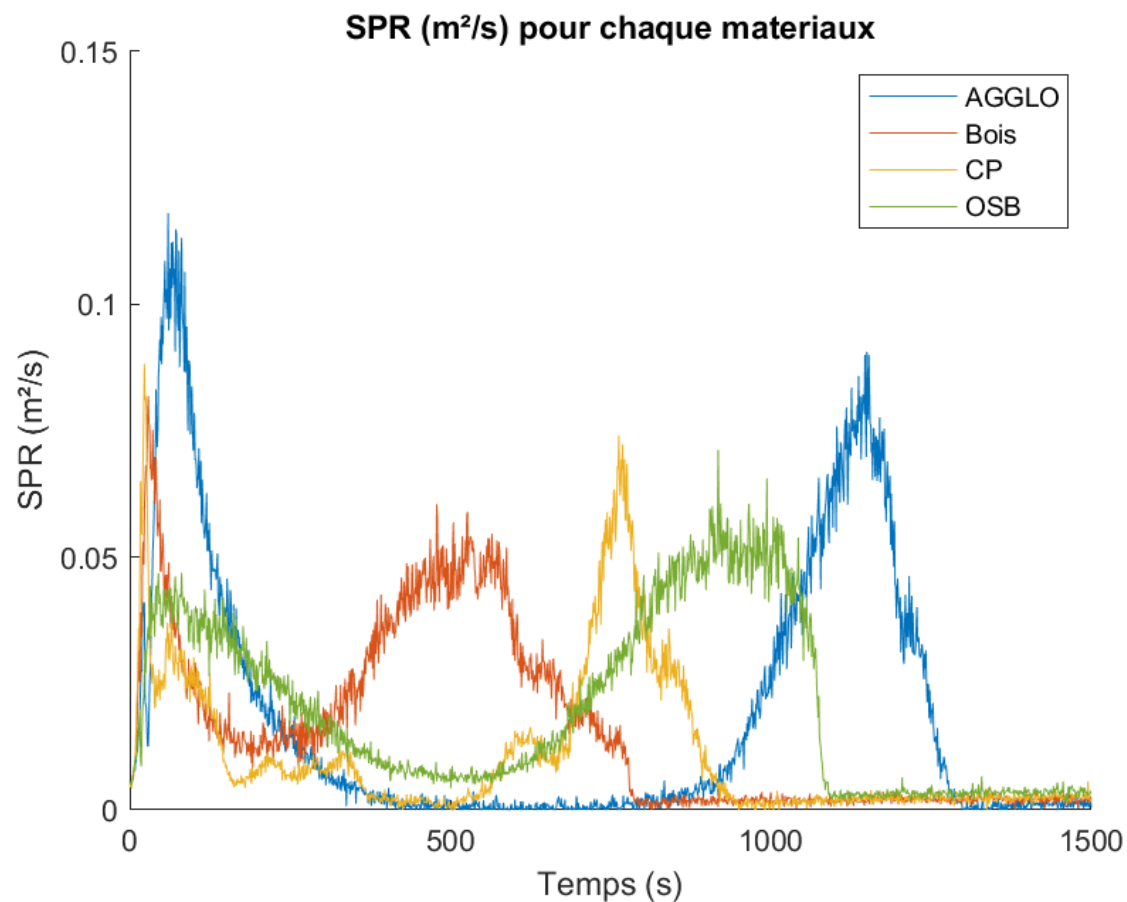


Facteur d'émission

Facteur d'émission (kg/kg_{combustiblesec})

	CO2	CO	CH4	NO	HCl	Benzène
AGGLO	1.53	5.45E-02	2.28E-03	5.12E-03	-	-
Bois	1.79	5.63E-02	5.77E-04	1.07E-03	-	-
CP	1.67	4.94E-02	1.54E-03	3.41E-03	-	-
Huile	3.00	3.70E-02	6.47E-04	2.29E-03	-	-
OSB	1.78	5.56E-02	1.01E-03	1.90E-03	-	-
PE	3.10	2.57E-02	trace	1.20E-03	-	-
PVC	0.99	9.10E-02	5.25E-03	-	0.47	0.026

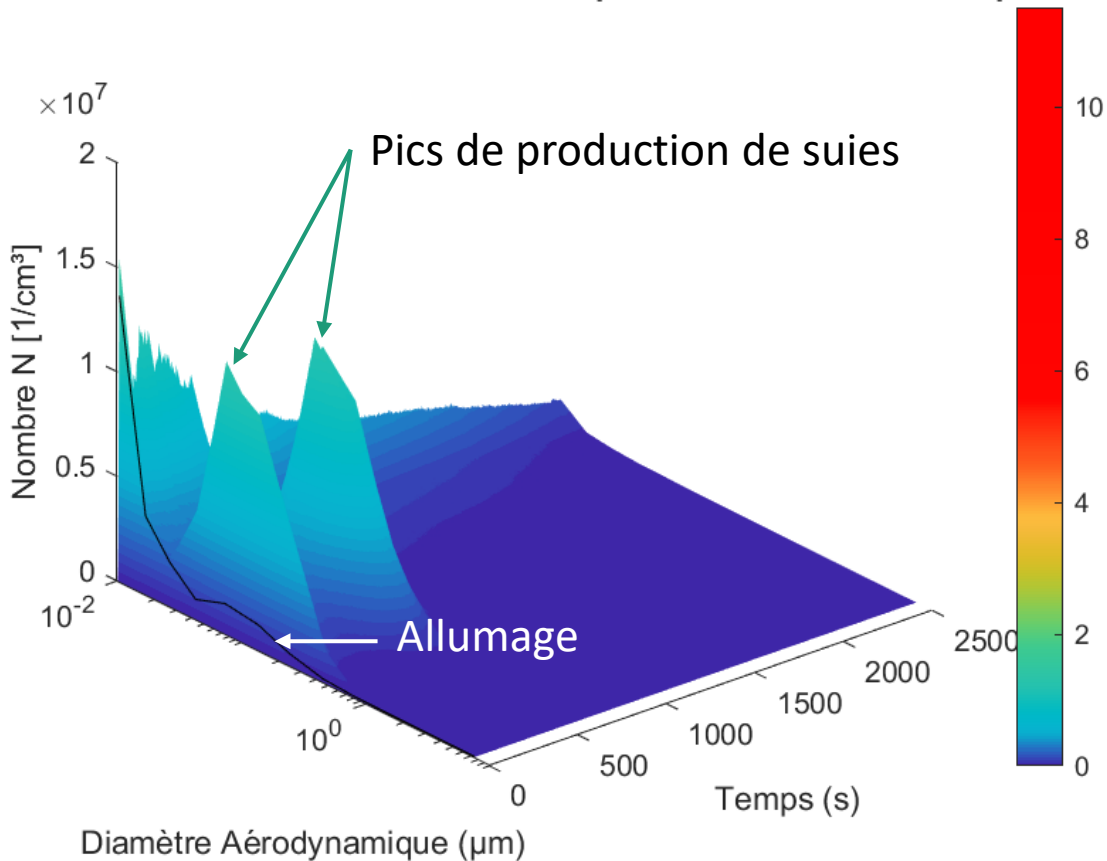
SPR (Smoke Production Rate)



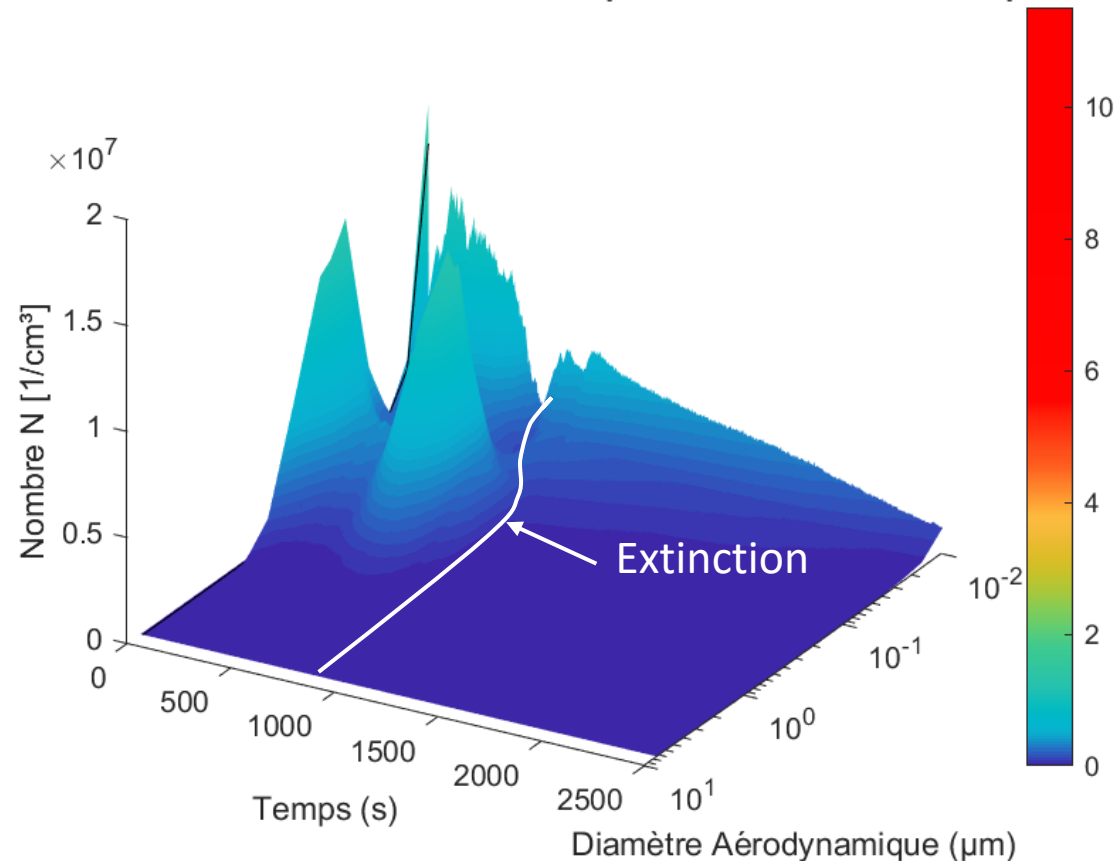
SPR x 10 pour les plastiques

Aérosols Bois

Distribution des aérosols en Nombre pour le Bois en fct du temps $\times 10^7$

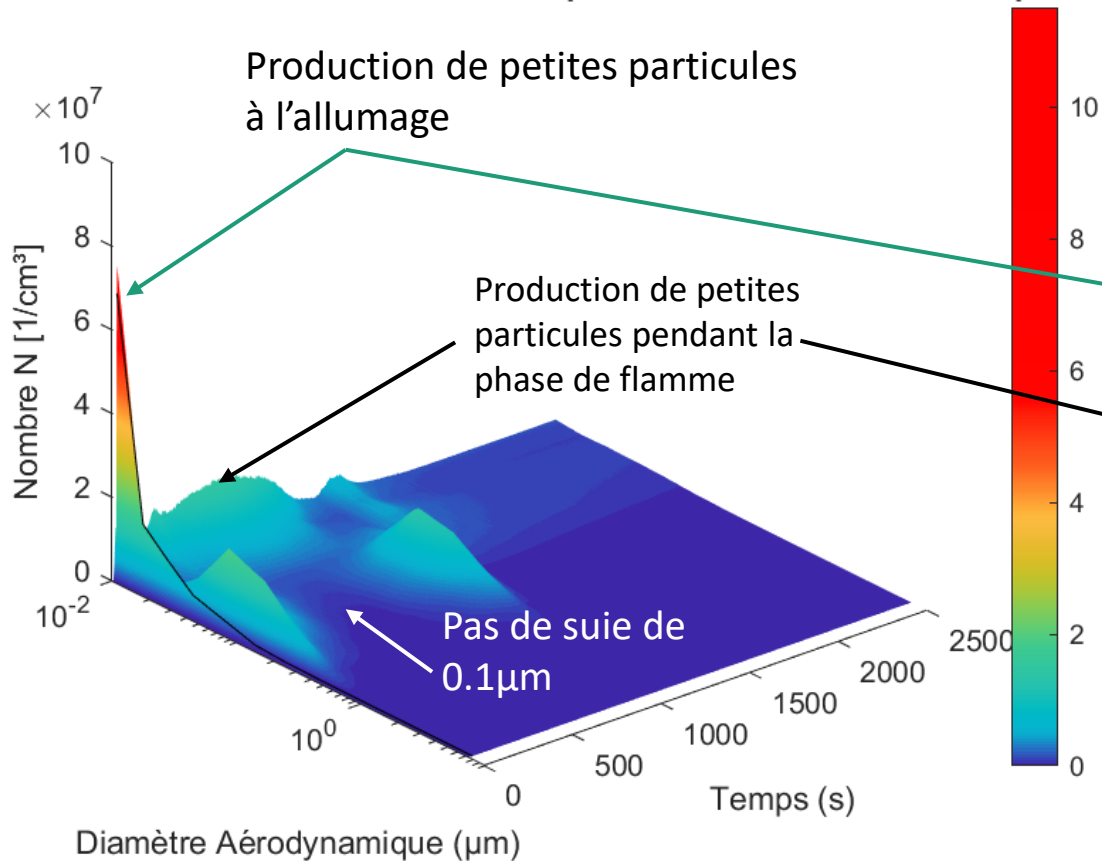


Distribution des aérosols en Nombre pour le Bois en fct du temps $\times 10^7$

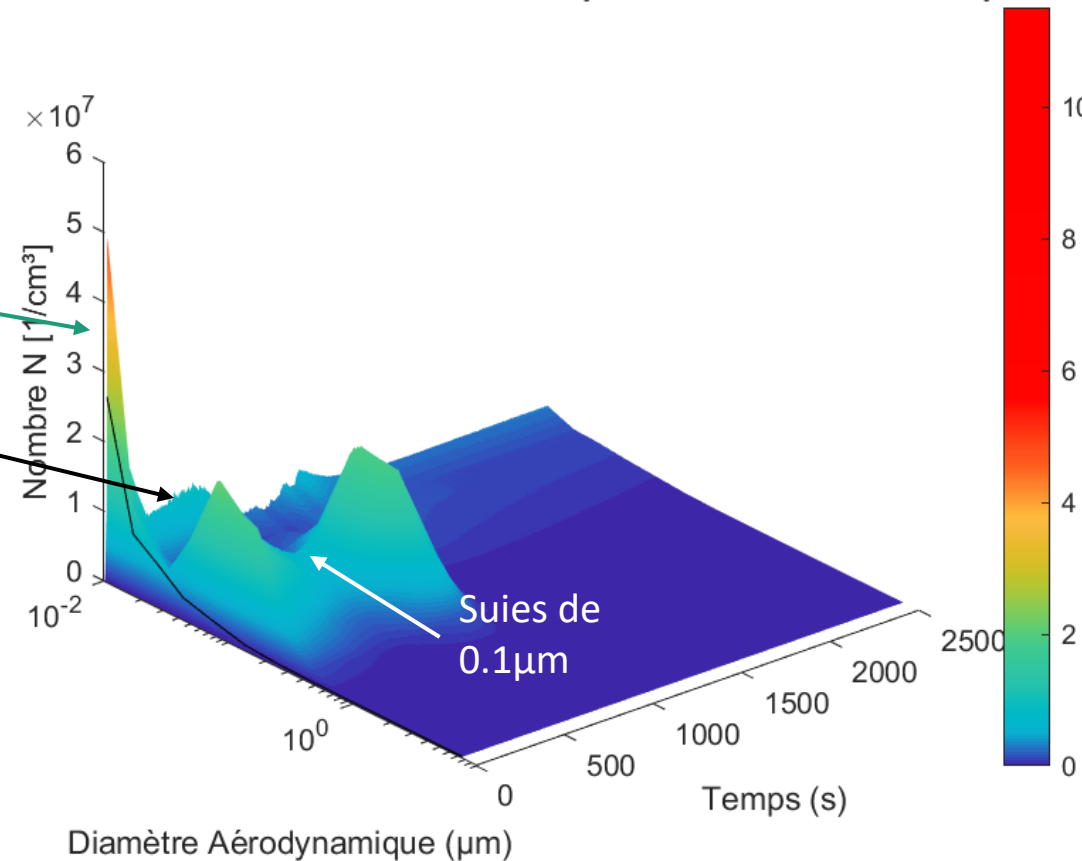


Aérosols AGGLO et OSB

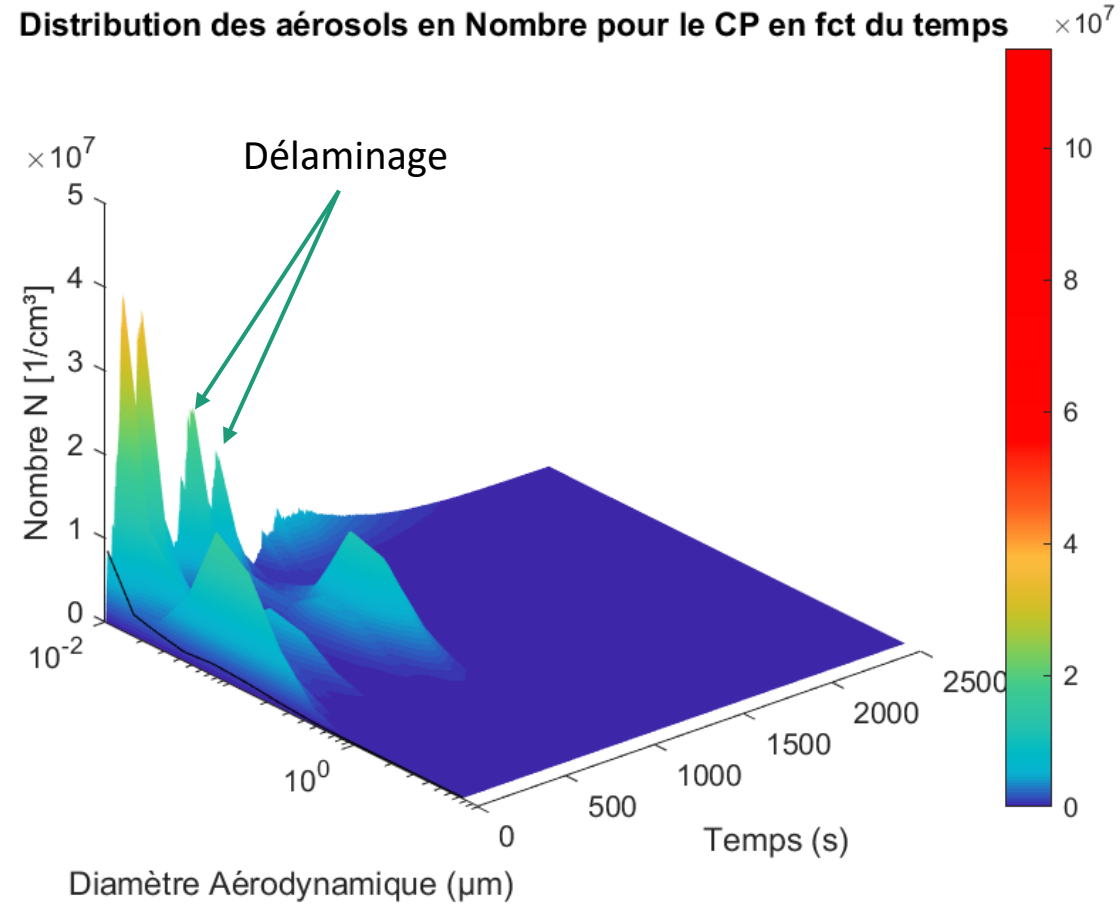
Distribution des aérosols en Nombre pour le AGGLO en fct du temps $\times 10^7$



Distribution des aérosols en Nombre pour le OSB en fct du temps $\times 10^7$

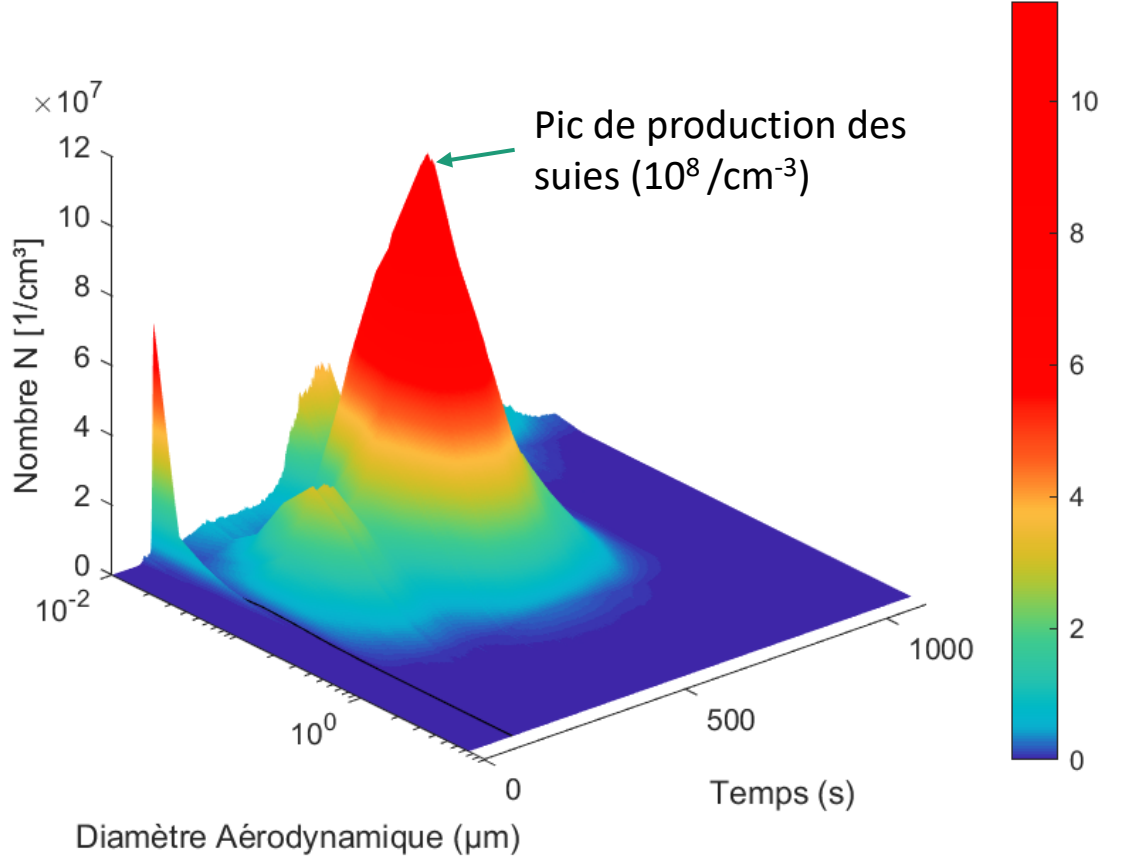


Aérosols CP

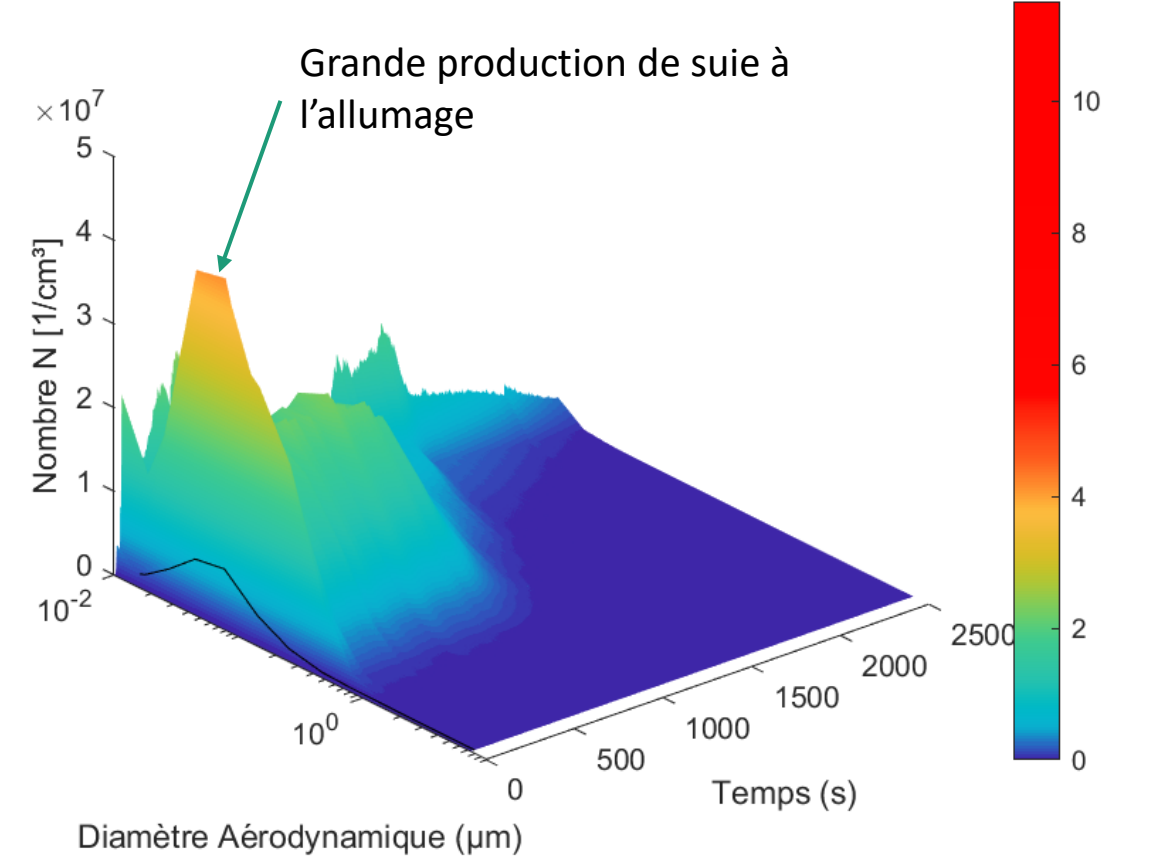


Aérosols plastique

Distribution des aérosols en Nombre pour le PE en fct du temps $\times 10^7$



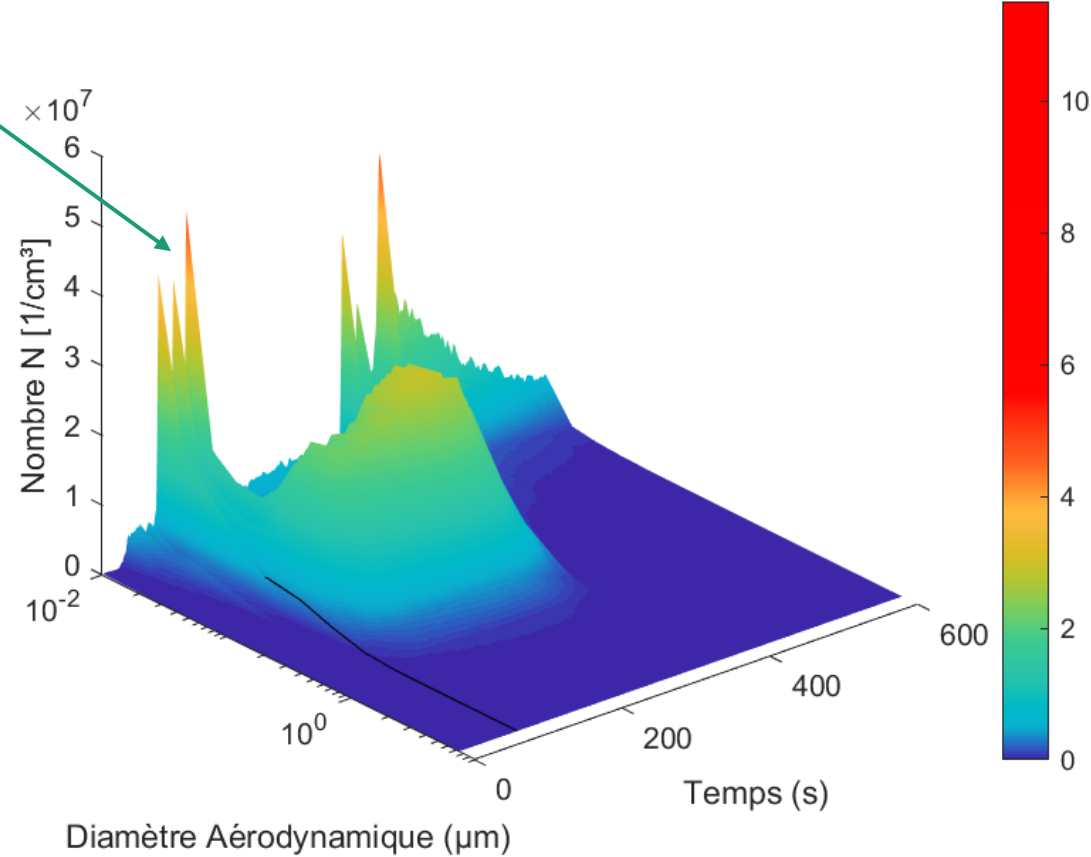
Distribution des aérosols en Nombre pour le PVC en fct du temps $\times 10^7$



Aérosols plastique

Distribution des aérosols en Nombre pour le Huile en fct du temps $\times 10^7$

Allumage saccadé

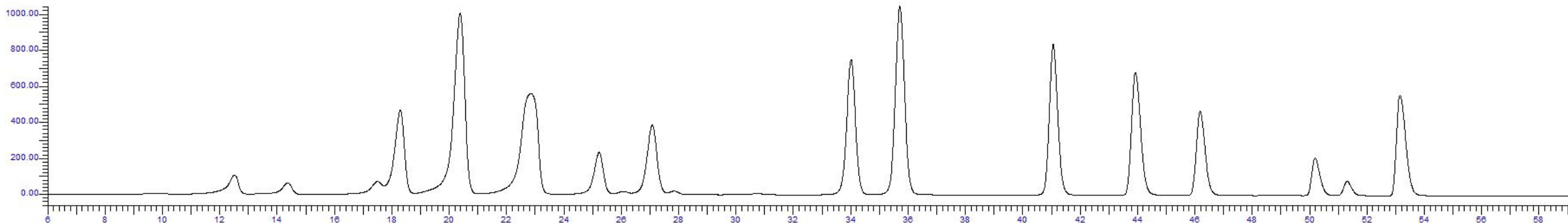


HAP

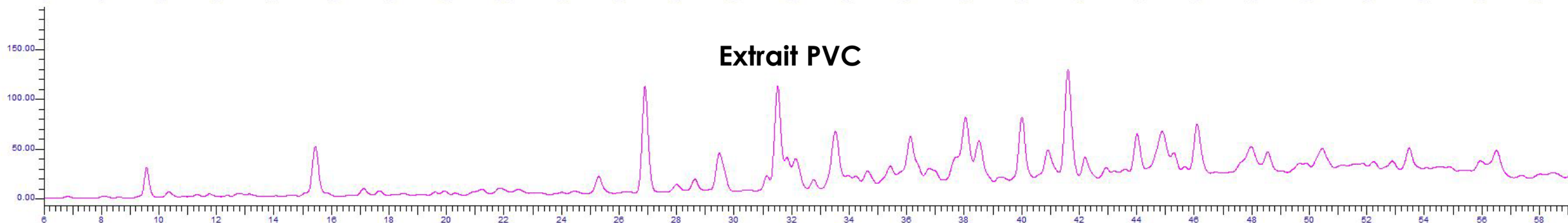
Etat de l'analyse

- Tous les matériaux ont été extraits
- HAP analysés pour le PVC/PE/Huile
- Beaucoup de composés présents dans l'extrait de PVC rend la caractérisation difficile

Mélange de 16 HAP standard



Extrait PVC



- **CO: PVC = Bois x2 = PE/Huile x4 gaz asphyxiant**

$$FE_{CO} = 0.09 \text{ kg/kg}_{\text{combustiblesec}} \text{ (PVC)}$$

- **Matériau émettant le plus de polluants toxiques: PVC**

$$FE_{HCl} = 0.47 \text{ kg/kg}_{\text{combustiblesec}} \text{ gaz irritant}$$

$$FE_{Benzène} = 0.026 \text{ kg/kg}_{\text{combustiblesec}} \text{ cancérogène}$$

- **Aérosols: Thermoplastique et huile émettent beaucoup plus que le bois**
- **Le ELPI nous permet de voir des particules invisibles pour le laser**

- **Analyse microscopique des plateaux de l'ELPI**
- **Analyse des aérosols en LC-MS**
- **Détermination de la densité des aérosols**