



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 : 20-000091d-MDU  
Affaire : 19-005227-BO

## **ÉTUDE D'INGENIERIE DE SECURITE INCENDIE APPLIQUEE A UN PARC DE STATIONNEMENT SILO EN STRUCTURE BOIS SITUE A BORDEAUX (33)**

---

### **NOTE D'HYPOTHESES**

**Client demandeur** ICADE

**Référence et date de commande** Bon pour commande 19-002662-MDU du 16/12/2019

**Projet** Parking Silo Bois Bordeaux - Ilot 8.12 - Quartier Armagnac

Date : 28 janvier 2020  
Indice de révision : D  
Nombre de pages : 20

**Auteur(s) :**  
**Mathieu DUNY**

**SUIVI DES MODIFICATIONS**

<b>Indice de révision</b>	<b>Date</b>	<b>Modifications</b>
A	15/01/2020	Version initiale
B	21/01/2020	Modifications suite à la réunion du 17/01/2020
C	27/01/2020	Modifications suite à la réunion au SDIS33 du 24/01/2020
D	28/01/2020	Prise en compte des remarques ICADE du 27/01/2020 [2]

Ce document annule et remplace toutes les versions précédentes

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Documents de référence</b> .....	<b>5</b>
2.1. Documents fournis par le client .....	5
2.2. Textes réglementaires .....	5
2.3. Normes et standards .....	5
2.4. Documents techniques .....	5
<b>3. Description de l'ouvrage</b> .....	<b>7</b>
3.1. Caractéristiques géométriques du parc de stationnement .....	7
3.2. Installation fixe d'extinction automatique à eau .....	10
<b>4. Méthodologie</b> .....	<b>12</b>
4.1. Phase 1 : Définition des objectifs, des critères de performance et des scénarios d'incendie réel .....	12
4.2. Phase 2 : Modélisation du développement du feu .....	12
4.3. Phase 3 : Analyse et conclusions .....	13
<b>5. Proposition de scénario</b> .....	<b>14</b>
5.1. Scénarios de feu libre de véhicules .....	14
5.1.1. Débit calorifique et développement de feu pour le feu de véhicules .....	14
5.1.2. Localisation des foyers .....	17
5.2. Prise en compte de la contribution des éléments en bois .....	17
5.3. Prise en compte du vent .....	18
5.4. Prise en compte des effets de l'eau sur le développement du feu .....	19
<b>6. Synthèse des scénarios</b> .....	<b>20</b>

## 1. INTRODUCTION

---

Dans le cadre de la construction d'un parking silo situé à Bordeaux (33) constitué d'une structure porteuse en bois (avec dalle en béton), la société ICADE souhaite avoir recours à une étude d'ingénierie de sécurité incendie suite à une demande formulée par SDIS 33.

D'un point de vue structural, les prescriptions normatives seront respectées de façon à assurer une stabilité au feu de 1h30. Il est ouvert sur au moins deux façades et répond aux critères permettant de le classer comme un parc de stationnement largement ventilé (PSLV) au sens de l'arrêté du 9 Mai 2006 pour tous les niveaux excepté le RDC. Ce dernier sera désenfumé par ventilation naturelle traversante par des grilles en vis-à-vis.

Suite à une présentation du projet, le SDIS 33 demande, en complément de la demande initiale de sprinklage du parc de stationnement, qu'une étude d'ingénierie de sécurité incendie (ISI) soit réalisée afin de montrer que le dimensionnement de la structure permet d'assurer une stabilité au feu de 1h30 sous incendie réel (avec et sans vent) sans prise en compte des effets du système automatique d'extinction.

L'étude aura donc pour but de démontrer que malgré la masse combustible mobilisable de la structure bois présente, d'une part le feu de véhicules ne mène pas à un auto-entretien de la combustion du bois après extinction du foyer primaire, et d'autre part la contribution du bois reste acceptable pour la tenue des structures sur la durée prescrite demandée. En complément, les services de secours souhaitent également connaître les délais de ruine de l'ouvrage au-delà des 90 minutes. À titre informatif un scénario avec contrôle de l'incendie sera aussi étudié pour apprécier le gain apporté par le sprinkler.

Ce document présente la méthodologie et les hypothèses qui seront prises en compte dans les études. Il devra être soumis aux autorités locales compétentes pour avis.

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

---

### 2.1. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

- [1] Mail du 17 janvier 2020 de Grégoire STOUCK, Société COSA
- PC40-d Façades (dossier).pdf
  - PC40-e Plans de niveaux.pdf
  - PC 40 - NOTICE DE SECURITE - PARKING - v.pdf
  - A40-a Calcul des 50% d'ouverture de la façade du parking.pdf
- [2] Mail de David BRUCHON (ICADE) du 27/01/2020

### 2.2. TEXTES REGLEMENTAIRES

- [3] Arrêté du 9 mai 2006 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (parcs de stationnement couverts)
- [4] Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages (modifié le 14/03/2011)
- [5] Avis modifiant l'avis relatif à la reconnaissance de la compétence d'organismes pour l'application de l'article DF4 de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public. Journal Officiel du 8 Août 2006, texte n°5

### 2.3. NORMES ET STANDARDS

- [6] NF EN 1991-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 1 Partie 1-2 : Actions sur les structures exposées au feu » Juillet 2003 et NF EN 1991-1-2/NA Février 2007
- [7] NF EN 1992-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 2 : Calcul des structures en béton – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu », Octobre 2005 et NF EN 1992-1-2/NA Octobre 2007
- [8] NF EN 1993-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu », Octobre 2005 et NF EN 1993-1-2/NA Octobre 2007
- [9] NF EN 1995-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois – Partie 1.2 : Généralités – Calcul des structures au feu », Septembre 2005 et NF EN 1995-1-2/NA (Avril 2007)
- [10] Norme NF EN 12845 - Installations fixes de lutte contre l'incendie

### 2.4. DOCUMENTS TECHNIQUES

- [11] Documentation Fire Dynamics Simulator (version 6 - NIST) :
- User's Guide. K. B. McGrattan, R. McDermott, S. Hostikka, J. Floyd (special publication 1019, 2014)
  - Technical Reference Guide - Volume 2: Verification Guide. K. B. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. E. Floyd, C. Weinschenk & K. Overholt (NIST Special Publication 1018, 2014)
- [12] Hors-série Accidents ferroviaires - Le sapeur-pompier magazine. Septembre 2003.
- [13] Fire Protection Handbook – Section3/Chapter 1 – G. E. Hartzell – Combustion products and their effects on life safety.
- [14] Effets du feu sur les personnes : Analyse bibliographique. LNE Réf. G020284/CEMATE/1. Juillet 2006.
- [15] SFPE HANDBOOK 3rd Ed., 2002, – Section 2 /Chapter 6 –Toxicity assessment of combustion products, ISBN : 087765-451-4
- [16] SFPE HANDBOOK 3rd Ed., 2002, Section2/Chapter 13 – Smoke production and properties, ISBN : 087765-451-4
- [17] SFPE HANDBOOK 3rd Ed., 2002, – Section2/Chapter 4 –Visibility and Human Behavior in Fire Smoke, ISBN : 087765-451-4

- [18] « Parcs de stationnement en superstructure ventilés. Avis d'experts sur les scénarios d'incendie » INERIS 2001.
- [19] Fire Spread in Car Parks, BRE Global, M. Shipp, Meeting of CEN TC191 SC1 WG9, SECO Brussels 23 & 24 November 2009
- [20] Ignition Handbook, Vytenis Babrauskas, FSP SFPE, 2003
- [21] Rousset, P. Choix et validation expérimentale d'un modèle de pyrolyse pour le bois traité par haute température: de la micro-particule au bois massif, ENGREF (AgroParisTech), 2004.
- [22] Di Blasi, C. Modeling chemical and physical processes of wood and biomass pyrolysis. Prog. Energy Combust. Sci. 34, 47–90 (2008).
- [23] Hao, C. « Burning Rate of Solid Wood Measured in a Heat Release Rate Calorimeter », Fire and materials, Vol. 16, 197-206, 1992
- [24] N. Trévisan, "Étude expérimentale et numérique des interactions entre dispositifs d'évacuation naturelle de fumées et de chaleur et systèmes d'extinction automatique à eau", thèse de doctorat, Université de Lorraine, 2019.
- [25] CNPP, Etude n\_EP-09.04. 2012
- [26] <https://www.meteo-bordeaux.fr>

### 3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

#### 3.1. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU PARC DE STATIONNEMENT

Le parc de stationnement en silo est constitué de 13 demi-niveaux similaires, allant du niveau RDC au niveau R+5 pour un total d'environ 490 places. D'une surface totale d'environ 12 000 m<sup>2</sup> (les dimensions d'un niveau sont d'environ 63 m x 33 m), il est ouvert sur trois façades

L'ouvrage est contigu à deux bâtiments d'habitation sur la 4<sup>ème</sup> façade. Le degré coupe-feu de la paroi d'isolement sera au moins égal au degré de stabilité au feu de l'établissement le plus exigeant [1], soit 1h30 (REI90). La stabilité au feu du mur d'isolement ne dépendra pas de celle du parc de stationnement.

Les dalles en béton sont supportées par une structure (poteaux et poutres) en bois. Le parc de stationnement. Le désenfumage est effectué naturellement via les ouvertures en façade.

Les différentes vues du projet sont présentées sur les figures suivantes :

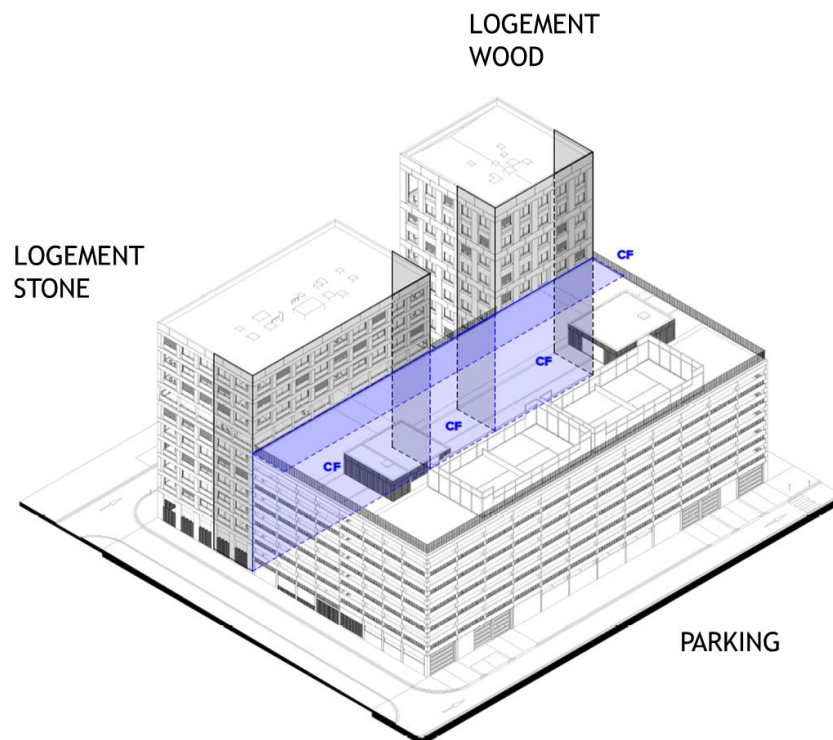


Figure 3-1 : Vue 3D du projet

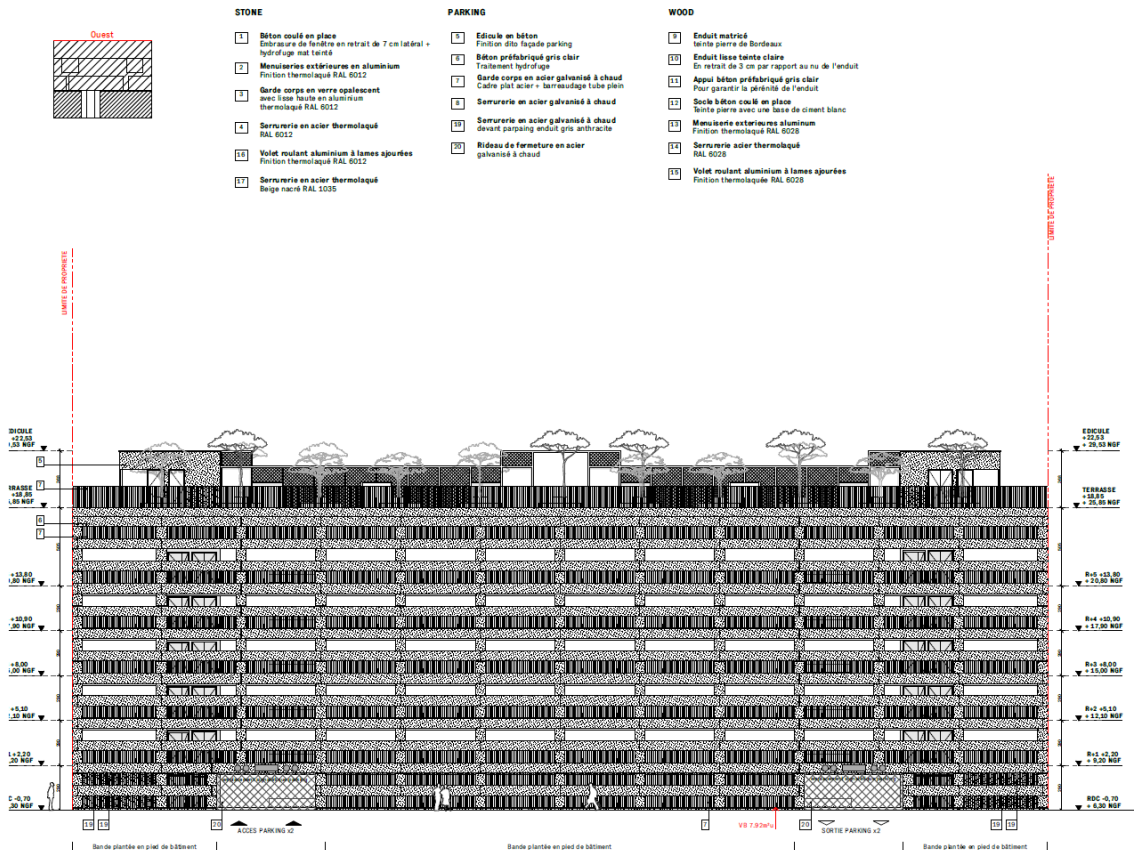
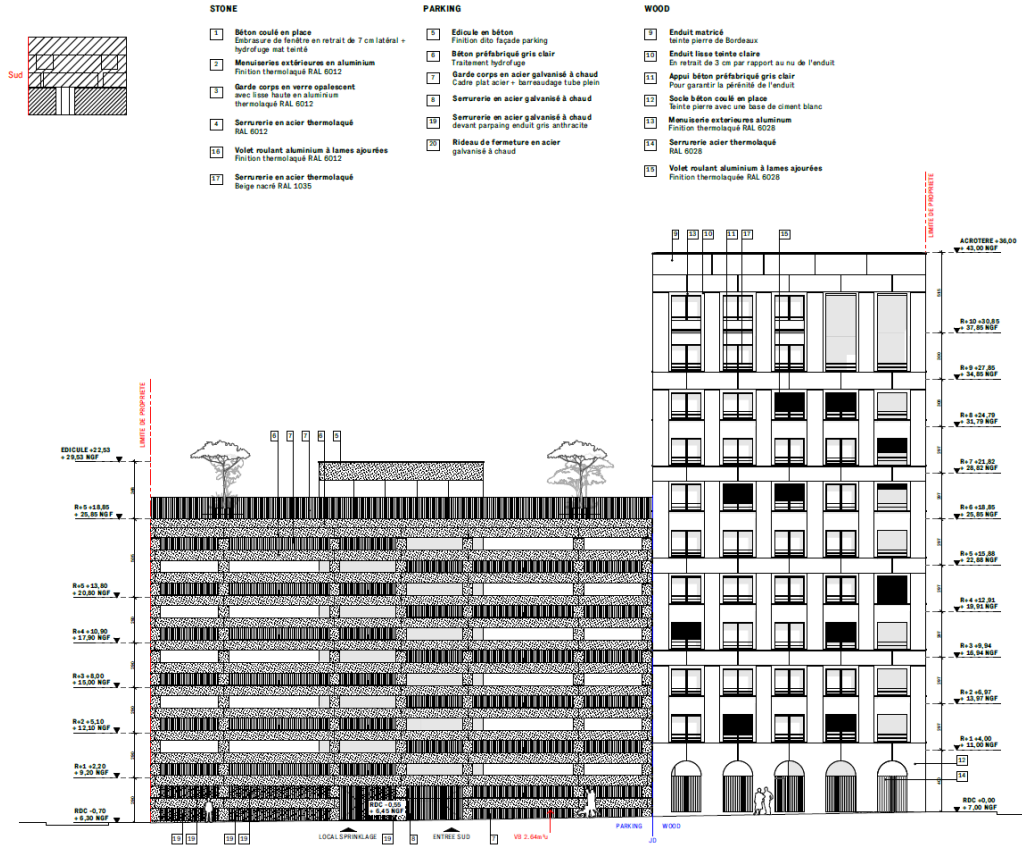


Figure 3-3 : Façade OUEST



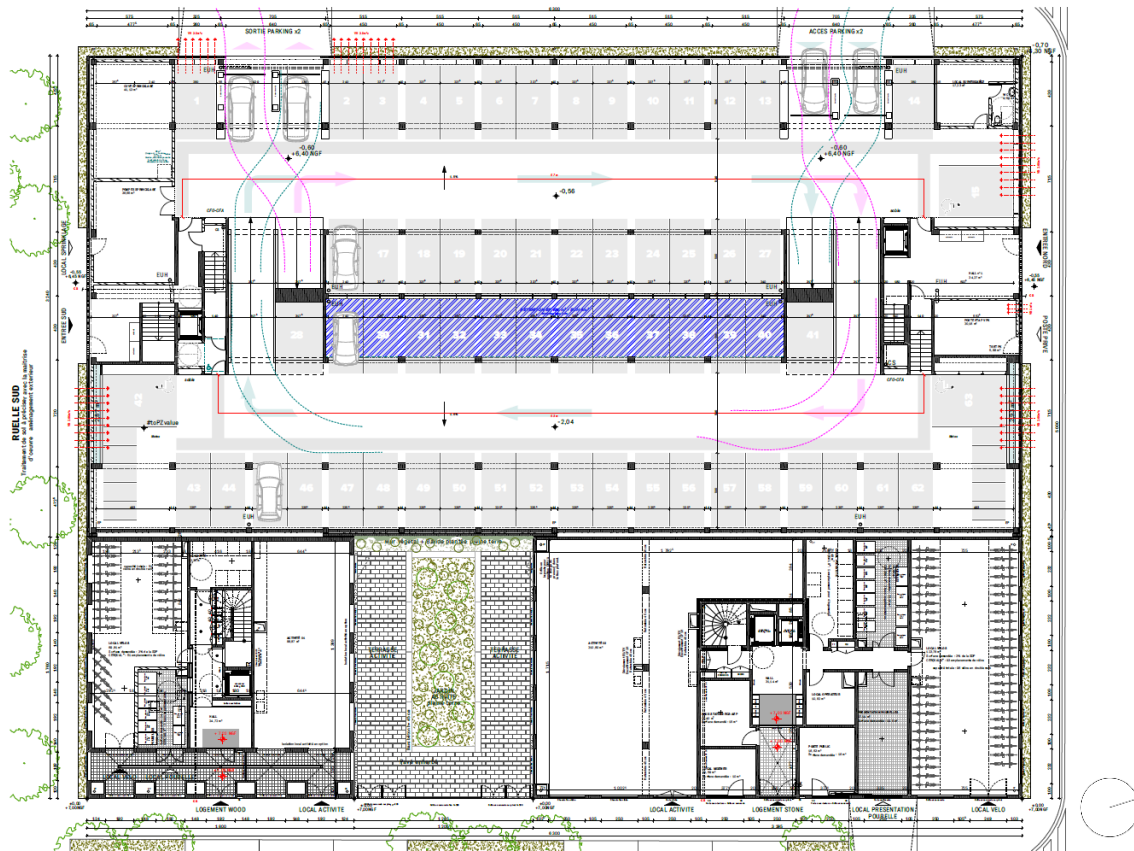


Figure 3-4 : Vue en plan du RDC

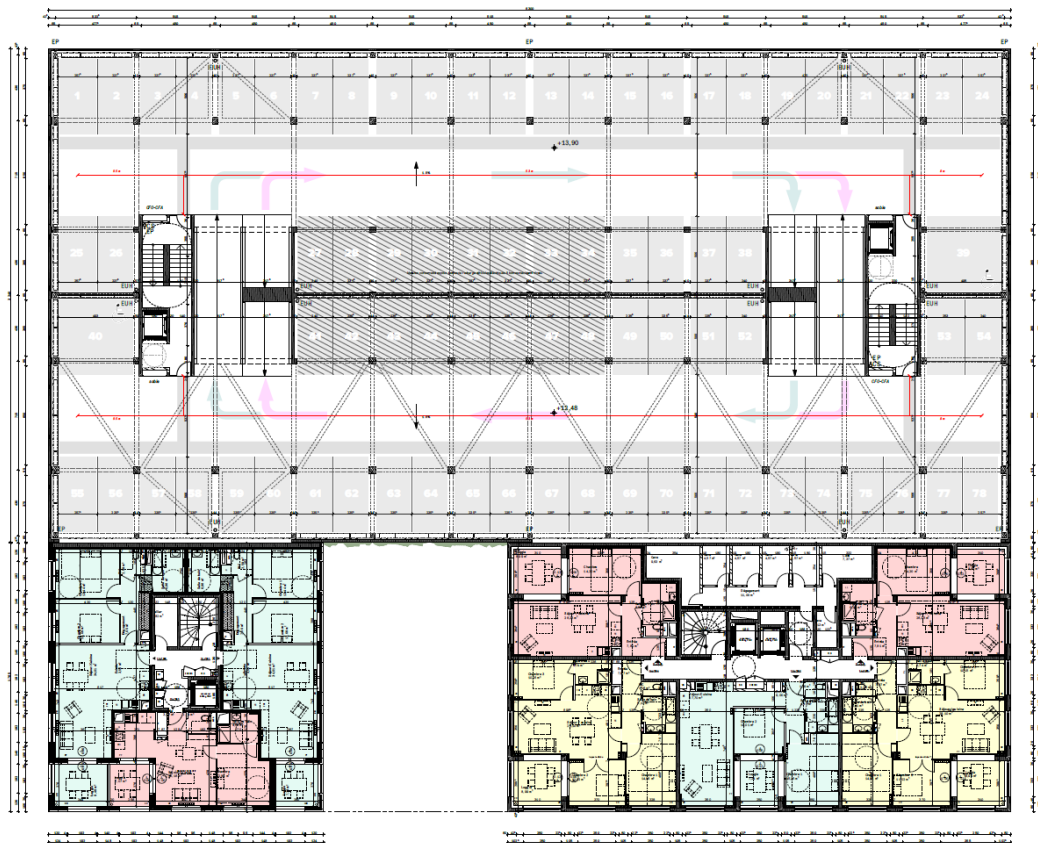


Figure 3-5 : Vue en plan d'un niveau

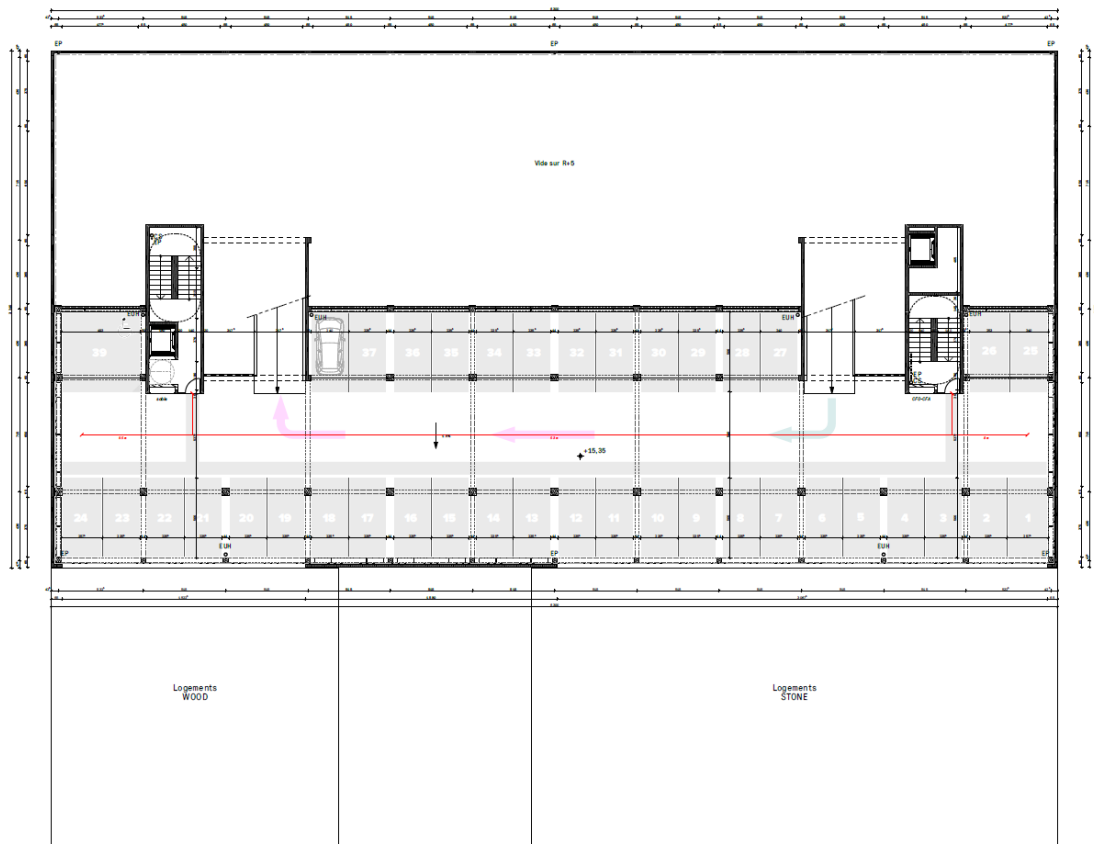


Figure 3-6 : Vue en plan du dernier niveau de stationnement des véhicules

### 3.2. INSTALLATION FIXE D'EXTINCTION AUTOMATIQUE A EAU

Le parc de stationnement sera équipé d'une installation fixe d'extinction automatique à eau. A ce stade du projet, le futur matériel installé n'a pas encore été sélectionné. Le dimensionnement devra être prévu conformément aux référentiels en vigueur [10].

Les caractéristiques connues sont les suivantes :

- Risque OH2
- Taux d'application : 5 L/min/m<sup>2</sup>
- Tête Type debout
- Facteur nominal K80
- Température de déclenchement : 93°C

Un total de 192 têtes de sprinkler par niveau, avec au moins une tête au-dessus de chaque véhicule, sera installé comme indiqué sur la vue en plan ci-après :

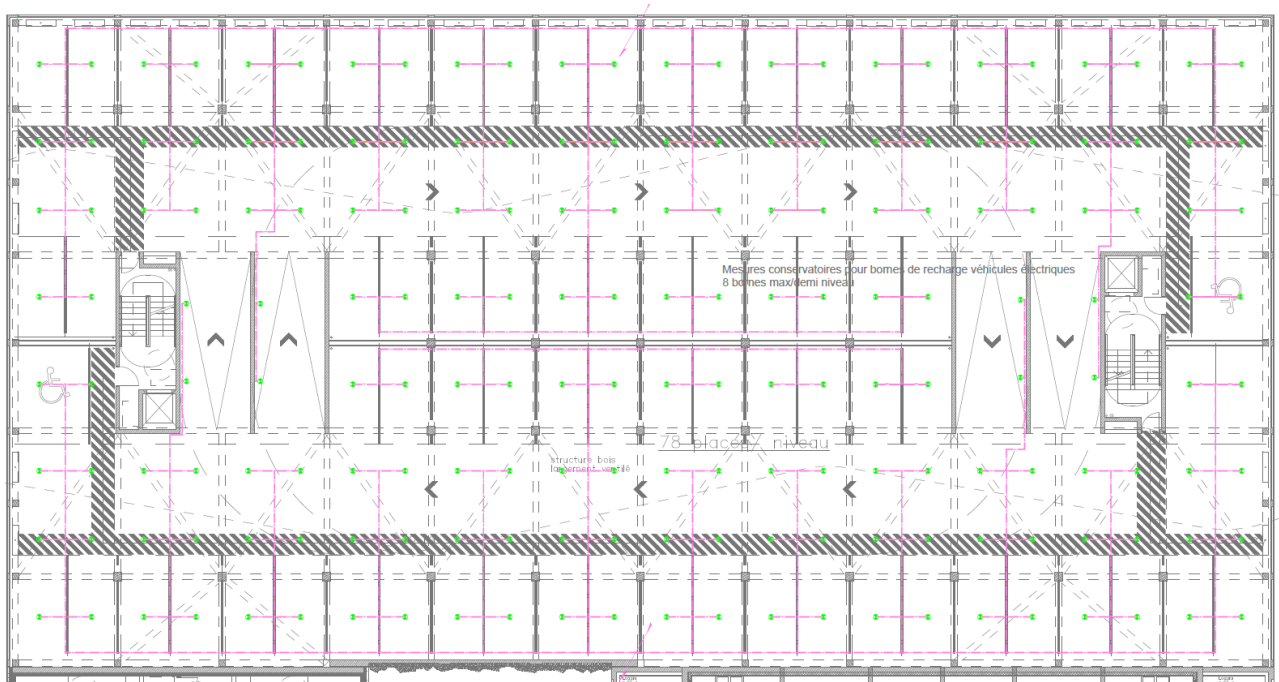


Figure 3-7 : Plan d'implantation des têtes de sprinkler

## 4. METHODOLOGIE

---

*Préambule : Sur la base d'étude de scénarios réels d'incendie et de calculs avancés, cette étude aura pour objectif de vérifier que le sinistre ne conduit pas à un auto-entretien de la combustion du bois après extinction du foyer primaire (feu de véhicules) et que la contribution du bois ne conduit pas à la non stabilité des structures. Cette étude s'inscrit donc bien dans une approche performantielle d'une étude d'ingénierie incendie. On pourra alors s'appuyer sur la démarche de l'arrête du 22 mars 2004 modifié 1.1 en matière de résistance au feu comme indiqué dans le PS7 1.1. Toutefois, on laissera au SDIS33 le soin de définir les contours réglementaires d'application de l'étude à entreprendre.*

### 4.1. PHASE 1 : DEFINITION DES OBJECTIFS, DES CRITERES DE PERFORMANCE ET DES SCENARIOS D'INCENDIE REEL

La première phase de l'étude consiste en une analyse de plans, des différents documents nécessaires à la réalisation de l'étude de façon à définir les objectifs de sécurité et les hypothèses de calculs en accord avec les spécificités des contraintes de site, des caractéristiques des projets architecturaux et des contraintes programmatiques définies en amont par la maîtrise d'ouvrage. Sur la base de cette analyse, les scénarios d'incendie seront définis.

Dans un premier temps, le développement du feu sera libre.

Puis, on propose dans un second temps, que le système d'extinction automatique soit pris en compte (usage non classique en étude ISI) car relevant d'une mesure supplémentaire.

Si les scénarios d'incendie de véhicules en PSLV sont bien connus en termes de débit calorifique, durée et propagation, le développement sous sprinkler est plus délicat à définir car dépendent de nombreux paramètres. En outre, la modélisation de l'action des gouttes sur le feu lui-même et l'ambiance nécessite des modèles physiques bien trop complexes et scientifiquement sensibles pour être employés à l'échelle d'une étude d'ingénierie. Des hypothèses accompagnant un modèle simple et robuste sont proposées § 5.

A l'issue de cette phase, un rapport de scénario sera rédigé et présenté aux autorités pour validation. Ce rapport présentera également la méthodologie envisagée pour l'étude, les objectifs de sécurité et les critères de performance associés.

Cette phase fait l'objet du présent document.

### 4.2. PHASE 2 : MODELISATION DU DEVELOPPEMENT DU FEU

Cette étape consiste à réaliser, sur la base de la configuration réelle envisagée, une modélisation du développement du feu.

La prise en compte de la combustion du bois avec ignition/extinction sera intégrée sur la base d'un argumentaire scientifique. En fonction du scénario d'incendie réel défini, les agressions en termes de température ou de flux thermique en fonction du temps, reçues par les éléments de la structure et les éléments combustibles seront déterminées à partir de modèles de développement du feu. Ces agressions thermiques, associées à des critères d'allumage simples permettront de prendre en compte les phénomènes de propagation aux éléments en bois dans le volume.

La modélisation des volumes sera réalisée en utilisant le modèle de champ utilisé FDS. Il permet la modélisation tridimensionnelle des volumes en y intégrant les obstacles, les murs et les ouvrants Cet outil prend en compte les conditions d'échanges thermiques au niveau des parois, les conditions d'évacuation des gaz chauds et l'admission d'air frais.

#### 4.3. PHASE 3 : ANALYSE ET CONCLUSIONS

Sur la base des agressions thermiques en termes de flux ou températures affectant les éléments structuraux et de compartimentage, une analyse préliminaire simple sera réalisée afin d'indiquer le caractère aggravant de la contribution du bois sur le niveau de performance réglementaire des structures et du compartimentage.

Sur la base des agressions, le bureau d'étude du projet pourra déterminer les nouvelles sections critiques des éléments de structures bois. L'analyse consistera alors à s'assurer que cette section critique est comparable ou inférieure à celle initialement calculée pour une durée de 90 minutes.

L'objectif est de démontrer que la contribution du bois reste acceptable pour la tenue des structures sur la durée prescrite demandée et de connaître les délais de ruine de l'ouvrage au-delà des 90 minutes. L'étude permettra également d'apprécier l'impact du vent et du système d'extinction à eau sur le comportement du feu.

## 5. PROPOSITION DE SCENARIO

### 5.1. SCENARIOS DE FEU LIBRE DE VEHICULES

#### 5.1.1. Débit calorifique et développement de feu pour le feu de véhicules

Les foyers vont faire intervenir des véhicules légers de classe 3. Les feux de véhicules et en particulier dans le contexte d'un incendie pouvant survenir dans un parc de stationnement, ont fait l'objet de diverses analyses par le CTICM en termes de débit calorifique et de mode de propagation. Ces recherches ont fait l'objet :

- d'un avis favorable du CECMI sur la méthode de calcul développée et faisant suite à une analyse du CSTB ;
- d'un avis de la CCS sur les scénarios proposés, précisant en particulier la non-propagation du feu au-delà d'une voie de roulement ;
- d'une tierce expertise de la part de l'INERIS [18] conduisant à définir des scénarios enveloppes.



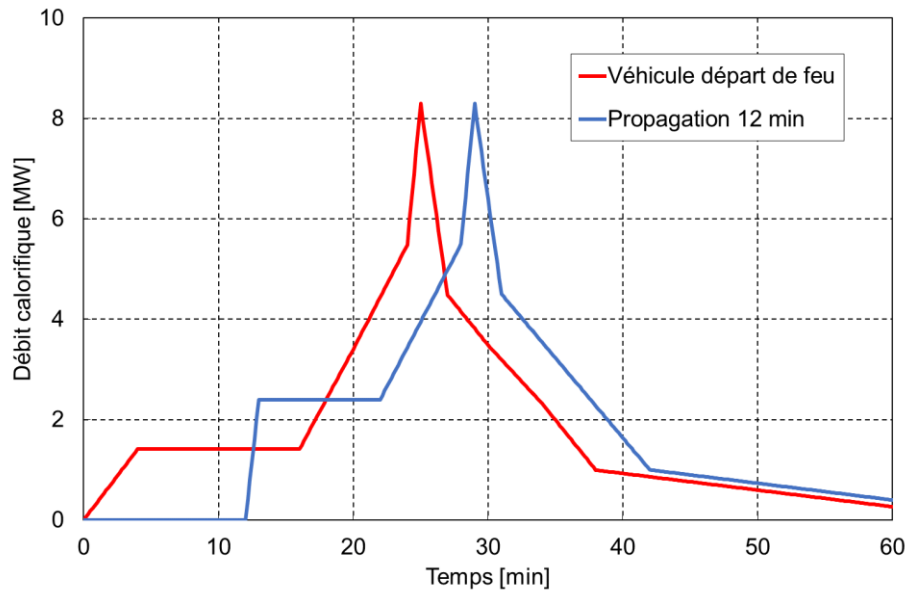
**Figure 5-1 : Essai de feu réel de véhicules légers - CTICM/EFFECTIS France**

Ces différents documents synthétisés dans le rapport de l'INERIS [18] mettent en avant différents scénarios de feux de véhicules, qui doivent être choisis en fonction du parc de stationnement étudié (géométrie, activité, ...). En particulier, les scénarios génériques de feux de véhicule doivent être adaptés à la structure du parc de stationnement étudié.

La Figure 5-2 présente l'évolution du débit calorifique pour les véhicules dans deux configurations :

- Soit le véhicule est à l'origine du départ de feu, auquel cas la durée d'induction avant le pic de puissance maximale du feu est d'environ 15 min ;
- Soit le véhicule est sujet à la propagation du feu depuis un véhicule voisin, auquel cas la durée d'induction avant le pic de puissance maximale est réduite à 10 min à cause du phénomène de préchauffage

Les débits calorifiques pour les véhicules de classe 3 sont basés sur des essais ayant été réalisés par le CTICM [18]. Les propriétés thermo-chimiques du polyuréthane, qui est un matériau très fumigène, seront utilisées.

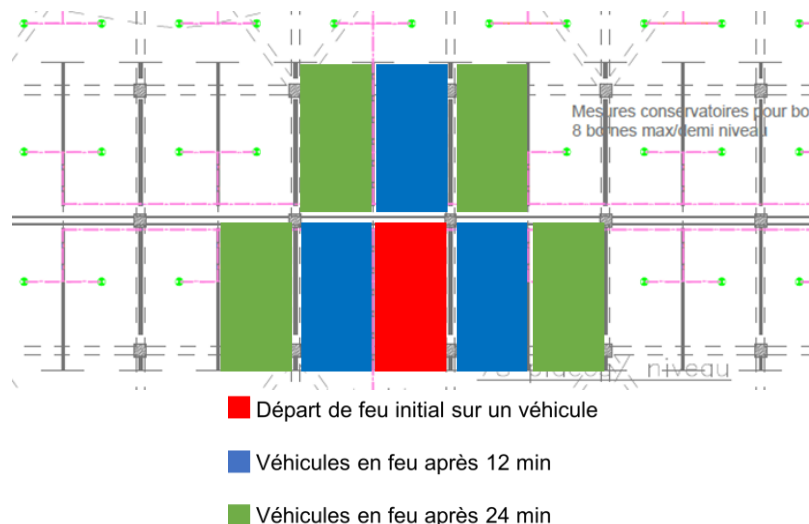


**Figure 5-2 : Evolution temporelle du débit calorifique pour les véhicules de classe 3**

Suite aux essais réalisés par CTICM/Efectis France et conformément à l'accord de l'INERIS [15], il est considéré que le temps à prendre en compte pour la propagation du feu d'un véhicule léger à un autre est typiquement de l'ordre de 12 minutes.

Comme indiqué dans le rapport de l'INERIS [15], les véhicules situés de l'autre côté d'une voie de circulation ne sont pas considérés comme pouvant participer au développement du feu (au moins dans sa phase de développement initiale), car la largeur des voies de circulation, généralement proche de 5 m, empêche la propagation du feu.

Le mode de propagation est représenté ci-dessous :



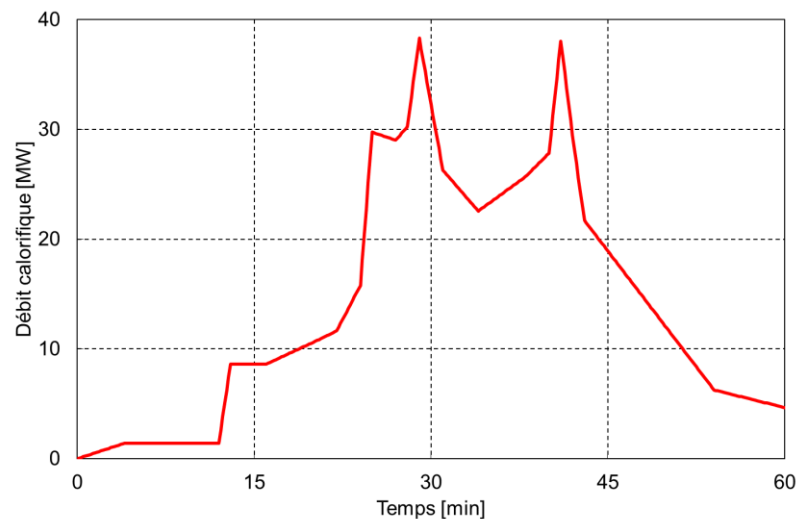
**Figure 5-3 : Schématisation du mode de propagation et des véhicules impliqués**

Lorsque le feu se développe dans deux rangées de véhicules face à face, cette propagation se fait de proche en proche comme indiqué dans le Tableau 5-1 et comme représenté schématiquement sur Figure 5-3.

Véhicules impliqués	Temps d'ignition [min]	Couleur correspondante
1 véhicule de classe 3	$t_0 = 0$	Rouge
3 véhicules de classe 3 adjacents	$t_1 = 12$	Bleu
4 véhicules de classe 3 adjacents	$t_2 = 24$	Vert

**Tableau 5-1 : Récapitulatif de la propagation aux véhicules impliqués sur deux rangées**

Cette propagation amène à considérer l'évolution du débit calorifique global en fonction du temps. La figure ci-dessous présente le débit calorifique pour un feu de 8 véhicules sur une heure d'incendie.



**Figure 5-4 : Evolution temporelle du débit calorifique total pour un incendie 8 véhicules**

Ainsi, le départ de feu impliquant 8 véhicules sera contrôlé manuellement par intervalle de 12 minutes. La propagation aux autres véhicules présents dans le parc de stationnement sera automatisée. Pour cela, on se basera des valeurs obtenues expérimentalement par Efectis France dans le cadre d'une précédente étude. Le Tableau 5-2 présente des délais d'inflammation de pneus de véhicules en fonction de la densité de flux thermique reçu. La propagation du feu à un véhicule situé dans le parc de stationnement dépend donc fortement du temps d'exposition au flux. De manière sécuritaire, le critère de propagation de 8 kW/m<sup>2</sup> sera retenu.

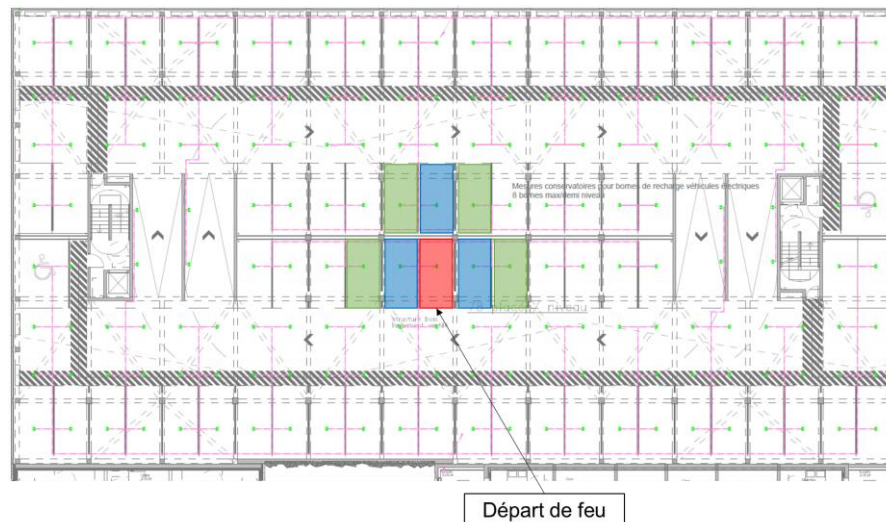
Flux thermique [kW/m <sup>2</sup> ]	Temps [s]
8,00	2270
9,00	1690
10,03	1290
15,02	470
19,99	240

**Tableau 5-2 : Délais d'inflammation de pneus de véhicules en fonction de la densité de flux reçu**



### 5.1.2. Localisation des foyers

Il est proposé de retenir un scénario d'incendie situé au niveau R+1 (Figure 5-5). Il s'agit du niveau le plus pénalisant en termes de potentiel calorifique. En effet, les sections retenues pour la structure sont plus importantes à ce niveau. De plus, cela permet d'étudier le risque de propagation vers les demi-niveaux supérieurs. Il s'agit d'un feu de 8 véhicules sur deux rangées. Cette position a été retenue afin d'étudier le risque de propagation du feu aux éléments combustibles en bois.



**Figure 5-5 : Localisation du foyer considéré au R+1**

## 5.2. PRISE EN COMPTE DE LA CONTRIBUTION DES ÉLÉMENTS EN BOIS

Un des objectifs de l'étude consiste à prendre en compte l'impact des éléments de structure en bois. Il est donc nécessaire de déterminer les conditions et la surface de propagation du foyer sur ces éléments et d'en quantifier la contribution.

Les principaux paramètres à prendre en compte pour les modélisations sont :

- Les propriétés thermiques du bois ;
- La température d'inflammation pilotée ;
- Le débit calorifique en fonction de l'agression thermique reçue.

Pour les propriétés thermiques du bois, conductivité thermique et chaleur spécifique, les données indiquées dans les Eurocodes [9]. La masse volumique du bois considéré est de 450 kg/m<sup>3</sup> [9].

La température d'ignition dépend fortement de l'essence de bois considérée, de l'exposition thermique et de la géométrie de l'élément en bois. Elle varie généralement de 250 à 350°C [21][22][23]. Dans le cadre de cette étude, un critère d'allumage/extinction de 300°C est retenu. Ce critère est jugé suffisamment sécuritaire, et fait consensus dans la communauté des laboratoires incendie. Ainsi, lorsque la température de surface des éléments de structure en bois est supérieure à 300°C, il y a combustion du bois. De la même façon, lorsque la température redescend en dessous de ce critère, il y a extinction<sup>1</sup>.

Pour tenir compte de l'extinction par épuisement du combustible, un critère de masse consommée est considéré, lorsque 80 % de la masse totale de bois est consommée<sup>2</sup>.

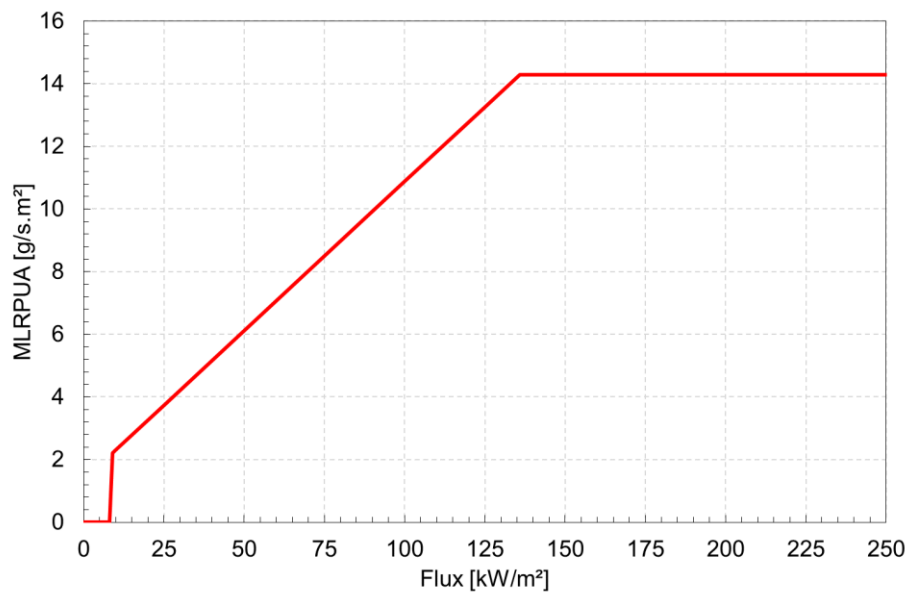
Quelques données issues de travaux expérimentaux [23] présentées dans le Tableau 5-3 montre que le débit de pyrolyse libéré par la combustion du bois varie en fonction du flux thermique reçu. On propose alors de retenir l'évolution présentée Figure 5-6. On reliera ce débit de pyrolyse au débit calorifique en considérant une chaleur de combustion du bois de 17,5 MJ/kg [9].

<sup>1</sup> On parlera dans ce cas d'extinction de la combustion sans flammes. Le modèle n'est pas à même de reproduire les phénomènes d'incandescence.

<sup>2</sup> On considère qu'il y a 20% de cendres et d'imbrûlés

Séquoia		Pin		Chêne	
Flux incident [kW/m <sup>2</sup> ]	Débit calorifique [kW/m <sup>2</sup> ]	Flux incident [kW/m <sup>2</sup> ]	Débit calorifique [kW/m <sup>2</sup> ]	Flux incident [kW/m <sup>2</sup> ]	Débit calorifique [kW/m <sup>2</sup> ]
17,8	39,0	17,4	45,0	18,7	48,7
38,5	61,2	38,6	77,0	37,8	65,4
56,3	90,2	56,0	124,4	53,6	113,7

**Tableau 5-3 : Exemple de débits calorifiques surfaciques obtenus expérimentalement [23]**



**Figure 5-6 : Évolution du débit de pyrolyse du bois [g/m<sup>2</sup>.s] en fonction du flux thermique incident reçu [kW/m<sup>2</sup>]**

*Remarque* : les valeurs proposées sont théoriques et supposées enveloppes du bois de charpente. Au besoin des essais spécifiques sur des échantillons de BLC proposé par le constructeur pourrait être réalisé pour fournir des données sur la température réelle d'ignition, le débit de pyrolyse en fonction du flux incident et également la composition des gaz et effluents pour apprécier la toxicité.

### 5.3. PRISE EN COMPTE DU VENT

À la demande du SDIS33, l'effet du vent sur le comportement du feu et des fumées sera étudié. Cette condition de vent sera prise en compte sur un scénario de feu sans prise en compte du système automatique d'extinction.

En prenant l'hypothèse des vents dominants dans la zone considérée (Figure 5-7), un vent de Nord-Ouest sera considéré pour une vitesse de 30 km/h (Figure 5-8).

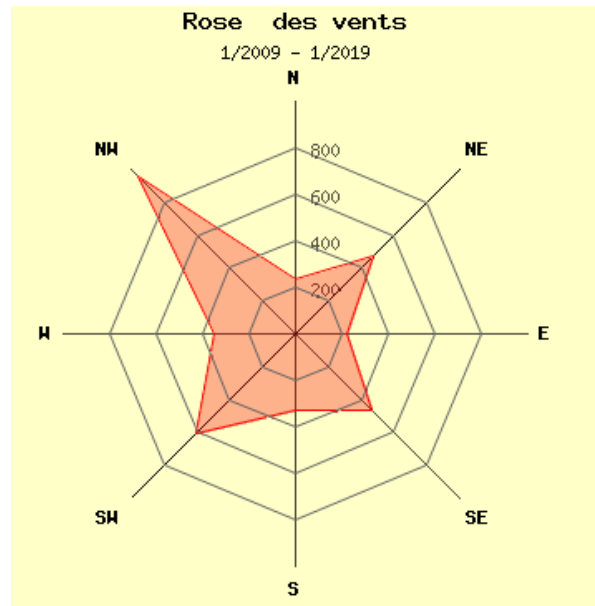


Figure 5-7 : Rose des vents sur la période 2009-2019 (station Yvrac) [26]

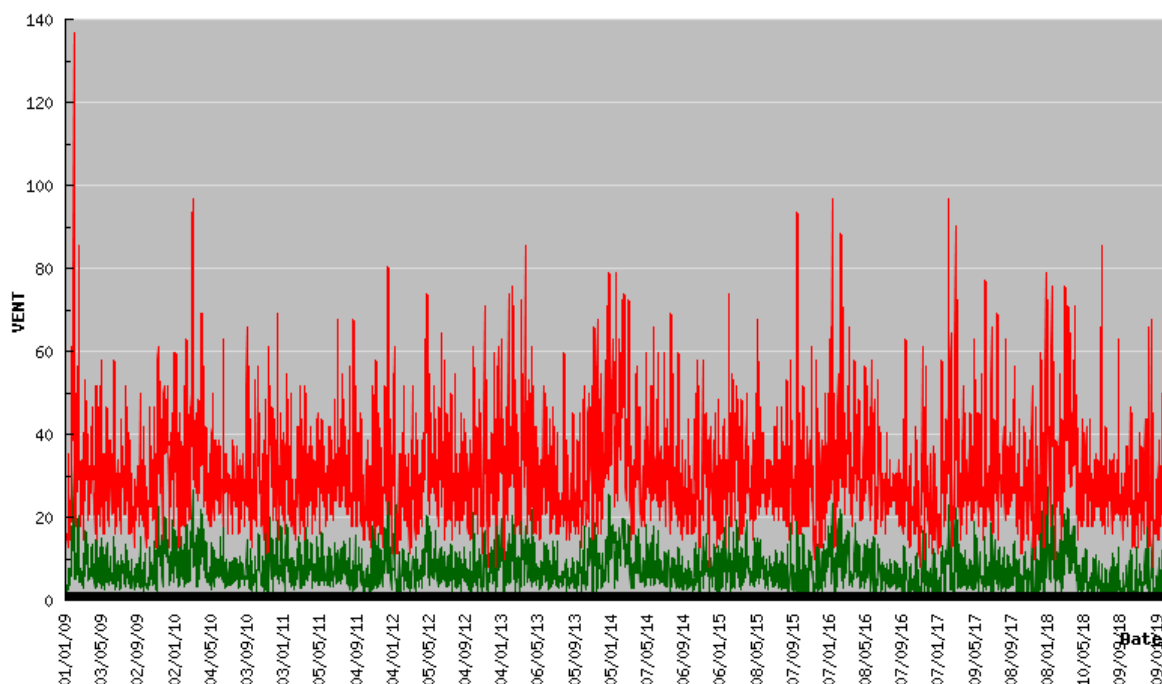


Figure 5-8 : Vitesses moyenne et maximale des vents sur la période 2009 à 2019 (station Yvrac) [26]

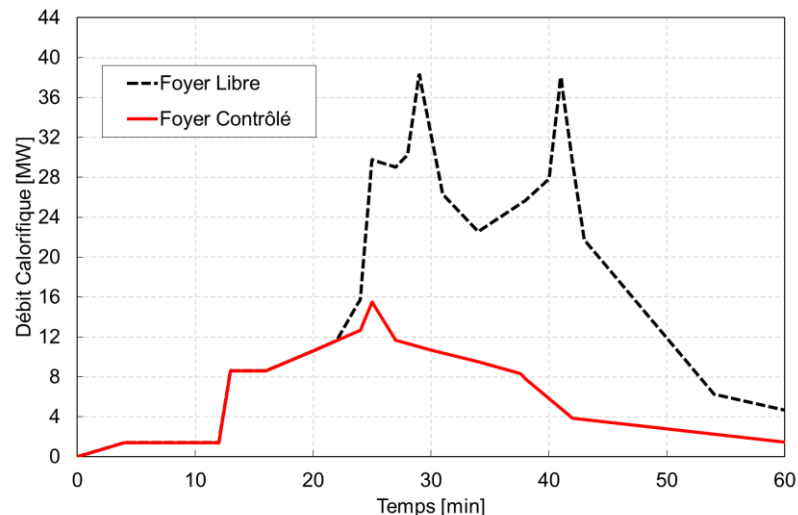
#### 5.4. PRISE EN COMPTE DES EFFETS DE L'EAU SUR LE DEVELOPPEMENT DU FEU

Le développement d'un incendie sous sprinkler est plus délicat à définir car il est dépendant de nombreux paramètres. Des essais de feux de véhicules avec un système d'extinction ont montré l'absence de développement significatif et de propagation pendant toute la durée d'activation du système [19].

La modélisation de l'action des gouttes sur le feu lui-même et l'ambiance nécessite des modèles physiques bien trop complexes et scientifiquement sensibles pour être employés à l'échelle d'une étude d'ingénierie. Un modèle de contrôle de la courbe de libéralisation d'énergie est donc choisi. Le débit calorifique du foyer et la propagation aux véhicules adjacents sont supposés contrôlés par le nombre de têtes de sprinkler actives. Le premier véhicule ne sera pas contrôlé par le système automatique à eau.

Dans la majorité des incendies en présence d'un système d'extinction automatique conforme, le foyer peut être maîtrisé avant qu'il n'ait pu se propager et prendre de l'importance. Une étude menée par le CNPP pour la Fédération Française de l'Assurance (FFA, ex FFSA) a montré que dans près de 95% des cas, un incendie est contrôlé par moins de 5 têtes de sprinkleurs [24][25].

Ce nombre de 5 têtes actives est alors proposé pour signifier le contrôle du développement du feu. Par exemple, si la 5<sup>ème</sup> tête de sprinkler est activée aux environs de 20 minutes, la courbe de débit calorifique total retenue sera la suivante :



**Figure 5-9 : Exemple de courbe de feu contrôlé par le système d'extinction à eau**

Les effets du système de sprinklage sur la puissance du feu seront donc pris en compte dans la modélisation par la réduction de la courbe de puissance. Les effets directs du refroidissement de l'eau sur les gaz et les structures ne seront pas modélisés, car les modèles ne permettent pas de bien reproduire, à cette échelle et pour ce type de foyer, ces phénomènes sur des matériaux solides en combustion (bois).

Cependant, les effets de l'eau sur le refroidissement des gaz chauds et donc sur l'activation du système d'extinction seront modélisés dans une première simulation (sans prise en compte de la contribution du bois) afin de déterminer des délais d'activation des têtes plus pénalisants, car retardés du fait du refroidissement de l'ambiance par l'arrosage en eau.

## 6. SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS

Dans le cadre de l'étude, les scénarios qui ont été proposés sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit des foyers initiaux avant propagation à l'ensemble des véhicules et contribution des éléments en bois.

Scénario	Localisation	Vent	Système d'extinction à eau	Nombre de véhicules au départ du feu	Combustible
1	R+1	Sans	Sans	8	100% Polyuréthane (+ contribution bois)
2	R+1	Avec	Sans	8	
3	R+1	Sans	Avec	Fonction du système d'extinction	

**Tableau 6-1 : Synthèse des scénarios proposés**