



S.C.I. VAILOG FRANCE

Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE
ZAC DE L'AEROPARC - RUE ADOLPHE PEGOUD - RD 60
90150 FONTAINE

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
31 OCTOBRE 2019

Vailog France Société Civile Immobilière
Société sous la direction et la coordination de SEGRO Plc
20 rue Brunel - 75017 Paris
Tél : +33 1 56 89 31 53
RCS Paris 849 936 539
TVA FR20849936539

DEMANDEUR

S.C.I. VAILOG FRANCE

20, Rue Brunel
75017 PARIS
+33 (0)1 56 89 31 53
eric.veron@vailog.com

ASSISTANT MAITRE D'OUVRAGE

ETYO

11, Avenue Déclassé
75008 PARIS
+33 (0)1 74 37 26 86
contact@etyo.com

ARCHI-FACTORY

Espace du Ter - 13 Boulevard Jean Monnet
56260 LARMOR-PLAGE / FRANCE

S.A.R.L. d'Architecture au Capital de 10.000 Euros
R.C.S. LORIENT 522 921 378 - N° de Gestion 2010 B 449
Inscrite à l'ordre des Architectes sous le numéro national S13976
Tableau Régional de l'Ordre des Architectes de Bretagne breS01500

ARCHITECTE

S.A.R.L. d'Architecture **ARCHI-FACTORY**

Espace du Ter
13 Boulevard Jean Monnet
56260 LARMOR-PLAGE
+33 (0)2 97 35 08 80
contact@archi-factory.eu

IV - ANNEXES



IV - ANNEXES

SOMMAIRE

Annexes reliées

- I. SODEB – Attestation d'autorisation de dépôt d'un Permis de Construire
- II. Préfecture de la Région Bourgogne-Franche-Comté / Arrêté de Prescription de Diagnostic Archéologique du 8 Juillet 2019

- III. Engagement du Maître d'Ouvrage à respecter les règles générales de la construction
- IV. PC12 – Engagement du Maître d'Ouvrage à respecter les règles parasismiques
- V. SD ENVIRONNEMENT – Dimensionnement des besoins en eau pour la défense incendie – Règle D9
- VI. SD ENVIRONNEMENT – Dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction – Règle D9A
- VII. SD ENVIRONNEMENT – Extrait du dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter une ICPE / Notice descriptive détaillée du projet
- VIII. SODEREF – Etude Hydraulique – Optimisation Déblais / Remblais
- IX. EFECTIS FRANCE – Etude de flux thermiques
- X. EFECTIS FRANCE – Ingénierie du comportement au feu des structures
- XI. EFECTIS FRANCE – Etude de Désenfumage / Evacuation des Personnes

- XII. PC 16-1 – ARMOEN – Attestation RT2012
- XIII. PC 30 – SODEB – Cahier des Charges de Cession des terrains de la ZAC de l'Aéroparc / Attribution de Surface de Plancher

Annexes hors reliure

PC 11 – SD ENVIRONNEMENT – Etude d'Impact
Cf Cahier V. - PC11 - Etude d'Impact

Annexes hors reliure à transmettre ultérieurement

Ces documents seront transmis en Pièces Complémentaires dès réception par le Maître d'Ouvrage

PC 25 – Récépissé de dépôt du dossier ICPE

I - SODEB - ATTESTATION D'AUTORISATION DE DEPOT D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE



ATTESTATION D'AUTORISATION DE DÉPÔT D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE

Je soussigné **Sylvain CHENU**,

Directeur Général Délégué de la SODEB,

demeurant à *La Jonxion 1 – 1, Avenue de la Gare TGV – CS20601 – 90400 MEROUX-MOVAL*

agissant en qualité de concessionnaire d'aménagement de la ZAC de l'Aéroparc à Fontaine,

atteste que la société **VAILOG France SCI**,

située au *20 rue Brunel – 75017 PARIS*,

qui s'est engagée par courrier en date du 8 octobre 2019 à acquérir un terrain d'environ 184 120 m² pour réaliser la construction d'un entrepôt d'environ 75 889 m²,

est autorisée à déposer un permis de construire dès à présent en Mairie de Fontaine.

Fait à Meroux-Moval, le 22 octobre 2019

Signature :



SODEB La Jonxion 1 - Patio 2 - 1 Avenue de la Gare TGV - CS 20601 - 90400 MEROUX • Tél. 33 (0)3 84 28 54 90 • Fax. 33 (0)3 84 55 06 05 • contact@sodeb-belfort.com
SAEM au capital de 336 600 € • Siège social : Préfecture du Territoire de Belfort • RSC Belfort 8535 920 060 • Trésorerie Générale de Belfort 177742X39 • Siret 535 920 060 00063 • TVA intra-communautaire FR 3353920050

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



II - PREFECTURE DE LA REGION BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE /
ARRETE DE PRESCRIPTION DE DIAGNOSTIC ARCHEOLOGIQUE
DU 8 JUILLET 2019



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



PRÉFET DE LA RÉGION BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

Arrêté n° 2019/404 du 8 juillet 2019

portant prescription et attribution d'un diagnostic d'archéologie préventive

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté du 16 septembre 2004 portant définition des normes d'identification, d'inventaire, de classement et de conditionnement de la documentation scientifique et du mobilier issu des diagnostics et des fouilles archéologiques ;

Vu l'arrêté du 27 septembre 2004 portant définition des normes de contenu et de présentation des rapports d'opérations archéologiques ;

Vu l'arrêté préfectoral n°18-80 BAG du 1 juin 2018 portant délégation de signature à Madame Anne MATHERON, directrice régionale des affaires culturelles ;

Vu l'arrêté du 3 septembre 2018 portant subdélégation de signature de la Directrice régionale des affaires culturelles de Bourgogne-Franche-Comté ;

Vu le dossier relatif au projet de construction d'un bâtiment industriel localisé à FONTAINE (Territoire de Belfort), « ZAC Aéroport » transmis par la SODEB (Société d'équipement du Territoire de Belfort), reçu en préfecture de région, Service régional de l'archéologie, le 15 mars 2019 ;

Vu la demande anticipée de prescription d'archéologie préventive présentée par la SODEB pour le projet de construction d'un bâtiment industriel à FONTAINE (Territoire de Belfort), « ZAC Aéroport », reçue en préfecture de région, Service régional de l'archéologie, le 1^{er} juillet 2019 ;

Considérant que les travaux envisagés sont susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique, en raison de l'existence dans le secteur du projet de construction d'implantations humaines depuis la Préhistoire.

Considérant qu'il est nécessaire de mettre en évidence et de caractériser la nature, l'étendue et le degré de conservation des vestiges archéologiques éventuellement présents afin de déterminer le type de mesures dont ils doivent faire l'objet ;

Considérant que l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP) est le seul opérateur habilité à réaliser un diagnostic sur le territoire concerné par le projet d'aménagement susvisé.

ARRÊTE

Article 1 - Une opération de diagnostic archéologique est mise en œuvre préalablement à la réalisation du projet de construction d'un bâtiment industriel, sis en :

RÉGION : BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE
DEPARTEMENT : TERRITOIRE DE BELFORT
COMMUNE : FONTAINE
Lieu-dit ou adresse : ZAC Aéroport
Cadastre : section CA, parcelle 12 partie

Réalisé par : SODEB – Société d'équipement du Territoire de Belfort

L'emprise soumise au diagnostic, d'une superficie de 176 258 m², est figurée sur le document graphique annexé au présent arrêté.

Le diagnostic archéologique comprend, outre une phase d'exploration du terrain, une phase d'étude qui s'achève par la remise du rapport sur les résultats obtenus.

Article 2 - La réalisation de l'opération de diagnostic prescrite par le présent arrêté est attribuée à l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP).

Article 3 - L'opérateur ainsi désigné soumettra un projet d'intervention élaboré sur la base des objectifs scientifiques et des principes méthodologiques définis par le présent arrêté

Article 4 - Objectifs scientifiques

Environnement archéologique

Le territoire communal de Fontaine est situé dans une zone de contact entre la haute plaine rhénane et les débouchés occidentaux de la Trouée de Belfort. Ce secteur, qui recoupe plusieurs cours d'eau affluents de la Savoureuse, dont le Saint-Nicolas, qui drainent des terrains loessiques, figure parmi les moins documentés, en raison de l'absence de recherches et d'un taux de boisement important. Le potentiel de ce secteur oriental de la Trouée de Belfort est donc mal connu, les découvertes de la Préhistoire à l'époque Moderne étant encore rares.

Pourtant, cette partie du Territoire de Belfort est favorable à la préservation des vestiges. Le secteur se trouve dans une zone loessique, constituant de bonnes terres agricoles exploitées dès le Néolithique, et en bordure de plateaux limoneux. Ce même type de sol a fourni des sites danubiens dans la région de Burnhaupt-Aspach. De même, ces placages de lehms sont présents depuis la rive gauche de la Savoureuse jusqu'à Reiningue et l'on sait que le Paléolithique moyen est potentiellement présent dans ce type de dépôts. Les diagnostics archéologiques réalisés sur le tracé de la LGV Rhin-Rhône – phase 2 ont permis la mise au jour, d'une part à Fontaine, d'une série de bâtiments à poteaux pouvant s'apparenter à un camp romain et, d'autre part à Frais, d'une zone de fabrication de lames de haches polies néolithiques.

La mention la plus ancienne de Fontaine date du XI^e siècle sous le nom de *Fontanis*. Au XV^e siècle, Fontaine faisait partie du fief de Montreux-Château et dépendait du comté de Ferrette et de la Maison d'Autriche.

Objectifs généraux

Le diagnostic doit, dans une même opération, répondre à deux objectifs : détection et caractérisation des vestiges archéologiques. Les éléments de caractérisation du site comportent notamment : son emprise, sa nature, sa datation, son état de conservation, sa profondeur d'enfouissement et son potentiel environnemental, ceci pour chaque phase d'occupation repérée.

Le projet de diagnostic élaboré par l'opérateur désigné pour répondre à ces objectifs comprendra :

- la durée de l'opération (terrain et étude) ;
- la composition de l'encadrement de l'équipe (nature et compétences) ;
- les moyens mécaniques ;
- les moyens spécifiques (spécialistes éventuels...) ;
- ainsi que toute proposition de techniques ou de méthodes aptes à répondre aux objectifs.

Le rapport de diagnostic établi par l'opérateur désigné devra être rendu en 6 exemplaires reliés, dont au moins deux comporteront des photographies de type argentique ainsi qu'une version numérique (PDF). L'opérateur désigné prévoira en outre autant d'exemplaires supplémentaires que de propriétaires fonciers, en cas de prélèvement de mobilier archéologique.

Article 5 - Principes méthodologiques

La phase d'exploration du terrain sera réalisée sous la forme de tranchées à la pelle mécanique, qui feront l'objet d'ajustement en fonction des possibilités techniques et de la nature des vestiges mis au jour. Les sondages seront répartis sur la totalité du terrain à sonder. Le cas échéant, il pourra s'avérer nécessaire d'ouvrir des fenêtres afin de caractériser ponctuellement certains vestiges et/ou de cerner leur extension.

Les ouvertures devront avoir une taille suffisante pour une vision en plan et en coupe représentative de la stratification archéologique sous-jacente, y compris dans ses niveaux profonds susceptibles de contenir des

occupations pré- et protohistoriques. Les vestiges devront être échantillonnés afin de fournir des éléments de chronologie.

D'une manière générale, les précautions nécessaires à la bonne conservation des structures mises au jour lors du diagnostic, face aux intempéries ou au vandalisme, devront être mises en œuvre si besoin. Ces précautions pourront inclure le remblai des surfaces ouvertes.

La phase de rédaction du rapport permettra de remettre en perspective les découvertes réalisées antérieurement dans l'environnement du projet.

Article 6 - Responsable scientifique

Le responsable scientifique du diagnostic, dont la désignation fera l'objet d'un arrêté ultérieur, doit avoir de très bonnes connaissances générales depuis la Préhistoire. Il devra être rompu aux méthodes du diagnostic archéologique et avoir déjà fait partie – y compris pour la phase de rédaction du rapport – de l'encadrement d'une équipe chargée d'un diagnostic.

Article 7 - La Directrice régionale des affaires culturelles est chargée de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à la SODEB – Société d'équipement du Territoire de Belfort et à l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP).

Fait à Besançon, le 8 juillet 2019

Pour le Préfet de la région Bourgogne-Franche-Comté,
et par délégation,
Pour la Directrice régionale des affaires culturelles,
et par délégation,
Le Conservateur régional adjoint de l'archéologie,


Hervé LAURENT

FONTAINE (Territoire de Belfort),
« ZAC Aéroparc »

Construction d'un bâtiment industriel

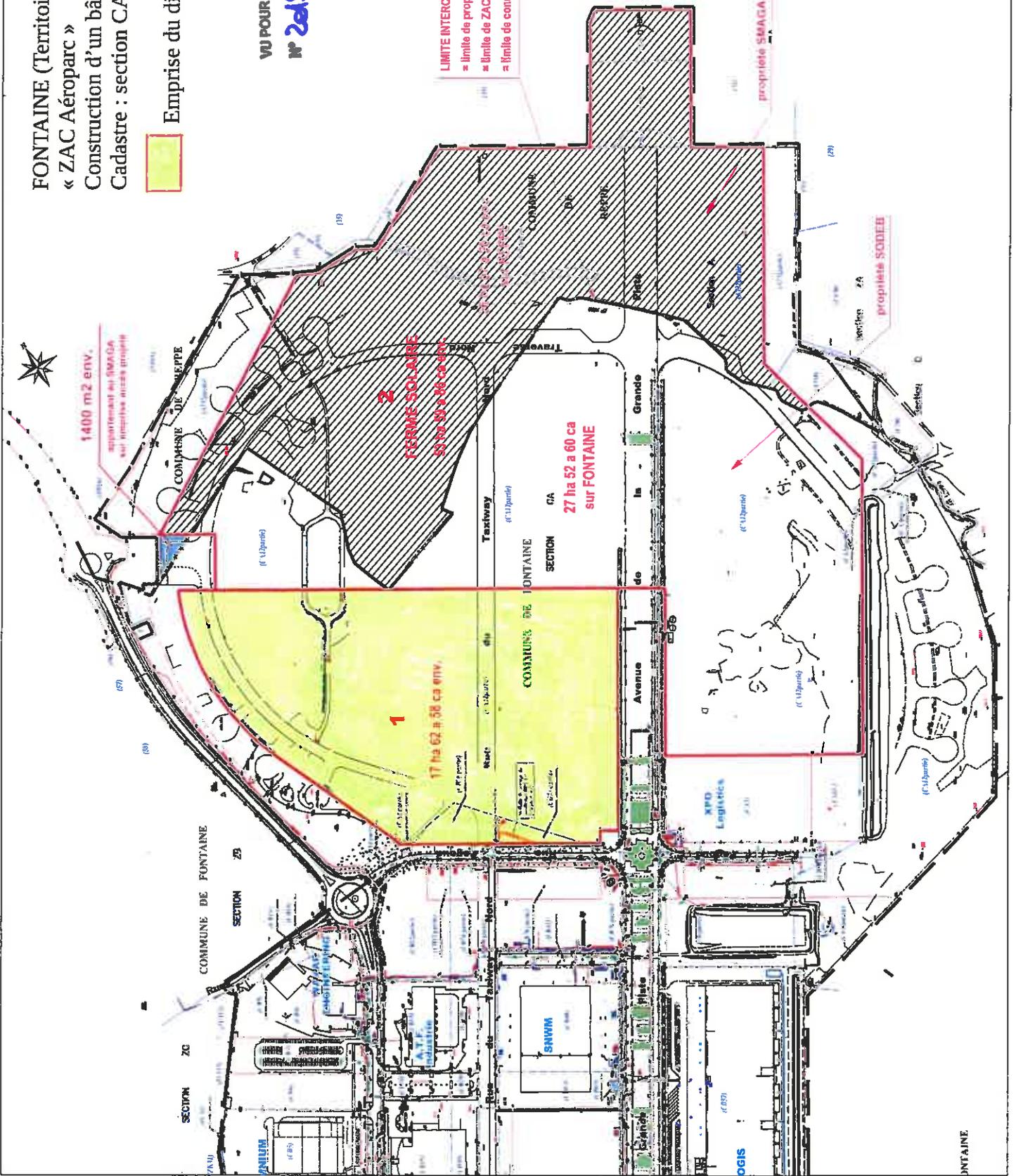
Cadastre : section CA, parcelle n° 12 partie

Emprise du diagnostic

VU POUR ÊTRE ANNEXÉ A L'ARRÊTÉ

N° 2019/404 DU 8 juillet 2019

- LIMITE INTERCOMMUNALE FONTAINE - REPPE
- = limite de propriété SODEB / SMAGA
- = limite de ZAC
- = limite de concession SODEB / SMAGA



III – ENGAGEMENT DU MAITRE D'OUVRAGE A RESPECTER LES REGLES GENERALES DE LA CONSTRUCTION

Etabli conformément à l'article L 421-1 du Code de l'Urbanisme.

Adresse des Travaux ZAC de l'Aéroparc
Rue Adolphe Pégoud – RD60
90150 FONTAINE

Nature de l'opération S.C.I. VAILOG FRANCE – Projet « CITADELLE »
Construction d'une plate-forme logistrieelle

Engagement

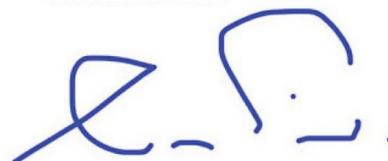
Je, soussigné Eric VERON, représentant le pétitionnaire de la présente demande de Permis de Construire, Maître d'Ouvrage, m'engage à respecter, lors des travaux concernant le projet défini ci-dessus, les règles générales de construction fixées en l'application de l'article L 111-1 et suivants du Code de la Construction et de l'Habitation relatives à la solidité des ouvrages.

Fait à Paris, le 31 Octobre 2019

Le Maître d'Ouvrage

s.c.i. VAILOG FRANCE
M. Eric VERON

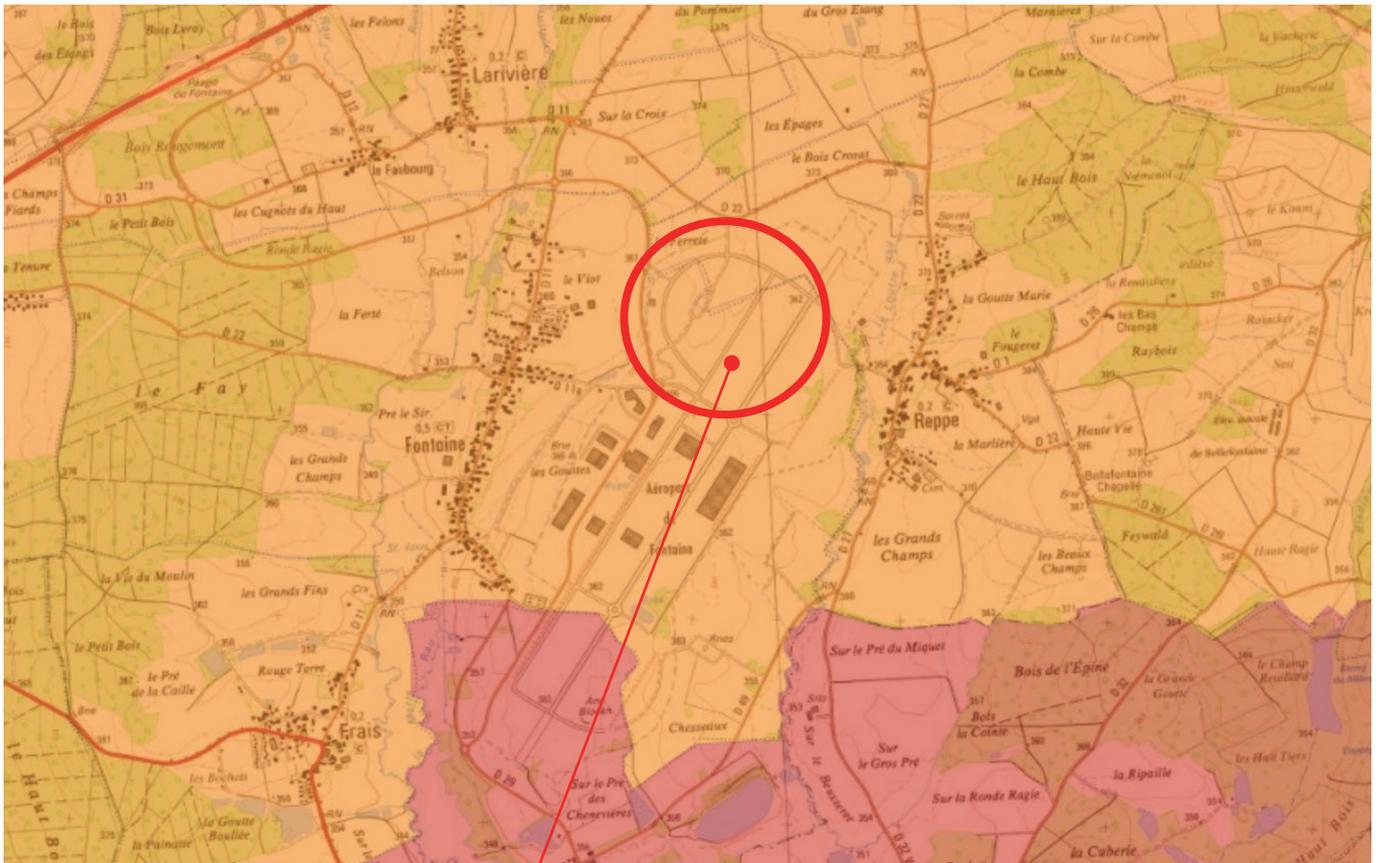
Vailog France Société Civile Immobilière
Société sous la direction et la coordination de SEGRO Plc
20 rue Brunel - 75017 Paris
Tél : +33 1 56 89 31 53
RCS Paris 849 936 539
TVA FR20849936539



IV - PC12 - ENGAGEMENT DU MAITRE D'OUVRAGE A RESPECTER LES REGLES PARASISMQUES

Carte du zonage sismique

Source www.planseisme.fr



S.C.I. VALOG FRANCE

Aléa	Mouvement du sol
 très faible	accélération < 0.7 m/s ²
 faible	0.7 m/s ² ≤ accélération < 1.1 m/s ²
 modéré	1.1 m/s ² ≤ accélération < 1.6 m/s ²
 moyen	1.6 m/s ² ≤ accélération < 3.0 m/s ²
 fort	accélération ≥ 3.0 m/s ²



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
S.C.I. VALOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY

Etabli conformément à l'article R. 431-16b du Code de l'Urbanisme relatif au respect des normes de construction parasismiques et para-cycloniques.

Adresse des Travaux	ZAC de l'Aéroparc Rue Adolphe Pégoud – RD60 90150 FONTAINE
Nature de l'opération	S.C.I. VAILOG FRANCE – Projet « CITADELLE » Construction d'une plate-forme logistriele
Zone de sismicité	3 (zonage sismique aléa modéré) $1,1 \text{ m/s}^2 < a_{gr} < 1,6 \text{ m/s}^2$
Catégorie d'importance	III (Bâtiment industriel pouvant accueillir plus de 300 personnes)
Règles à Appliquer	EUROCODE 8 / $a_{gr} = 1,1 \text{ m/s}^2$

Je, soussigné Eric VERON, représentant le pétitionnaire de la présente demande de Permis de Construire, Maître d'Ouvrage, m'engage à respecter, lors des travaux concernant le projet défini ci-dessus, les règles générales de construction fixées en l'application de l'article L 112-18 du Code de la Construction et de l'Habitation relatif aux zones particulièrement exposées à un risque sismique ou cyclonique.

Fait à Paris, le 31 Octobre 2019

Le Maître d'Ouvrage

s.c.i. VAILOG FRANCE
M. Eric VERON

Vailog France Société Civile Immobilière
Société sous la direction et la coordination de SEGRO Plc
20 rue Brunel - 75017 Paris
Tél : +33 1 56 89 31 53
RCS Paris 849 936 539
TVA FR20849936539

Textes de référence :

- Code de l'Environnement : Article L. 563-1
- Code de la Construction et de l'Habitation : Article L. 112-18
- Code de l'Urbanisme : Articles R. 431-16b
- Arrêté du 22 octobre 2010 Classification et règles de construction parasismique
- Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 / Prévention du risque sismique
- Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 / Délimitation des zones de sismicité du territoire français
- Règles Eurocode 8 - NF EN 1998-1, NF EN 1998-3 et NF EN 1998-5 et annexes nationales associées, septembre 2005

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.i. VAILOG FRANCE – Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE



SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY

V - SD ENVIRONNEMENT - DIMENSIONNEMENT DES BESOINS EN EAU POUR LE DEFENSE INCENDIE - REGLE D9

Note de calcul D9

Description sommaire du risque			
CRITERE	COEFFICIENTS ADDITIONNELS	Coefficients retenus	COMMENTAIRES
Hauteur de stockage : - Jusqu'à 3 mètres - Jusqu'à 8 mètres - Jusqu'à 12 mètres - Au-delà de 12 mètres	0 0,1 0,2 0,5	0,5	La hauteur de stockage sera supérieure à 12 mètres.
Type de construction : - Ossature stable au feu ≥ 1 heure - Ossature stable au feu ≥ 30 minutes - Ossature stable au feu < 30 minutes	-0,1 0 0,1	-0,1	La structure du bâtiment sera SF60
Types d'interventions internes : - Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) - DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance. - Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24)	-0,1 -0,1 -0,3	-0,1	DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance.
Σ des Coefficients		0,3	
1+ Σ des Coefficients		1,3	
Surface de référence (S en m²)		58 527	La surface de référence correspond à la surface de stockage du bâtiment.
$Q_i = 30 * \frac{S}{500} * (1 + \sum coeff)$ m³/h		4565	
Catégorie de risque : Risque 2 : Q2 = Qi x 1,5		6848	La catégorie de risque 2 correspond à la catégorie habituellement admise pour les plastiques.
Risque sprinklé : Q2/2		3424	Le bâtiment sera sprinklé.
Débit requis (Q en m3/h)		720	m³/h



VI - SD ENVIRONNEMENT - DIMENSIONNEMENT DES RETENTIONS DES EAUX D'EXTINCTION - REGLE D9A

Note de calcul D9A

Besoins pour la lutte extérieure		Résultats document D9 (Besoins x 2 heures au minimum)	1440 m ³	Dimensionnement D9 pour 2h	
Moyens de lutte contre l'incendie	Sprinkler	Volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	1090 m ³	Dimensionnement cuve sprinkler	
	Rideaux d'eau	Besoins x 90 mn			
	RIA	A négliger			
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage			
	Brouillards d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis			
Volumes d'eau liés aux intempéries		10 l/m ² de surface de drainage	1348 m ³	S Bâtiment (m ²)	59 361
				S Voiries (m ²)	69 392
				Total (m ²)	128 753
Présence stock de liquides		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume			
Volume total de liquide à mettre en rétention			3878 m³		

VII - ICF ENVIRONNEMENT -
EXTRAIT DU DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER
UNE ICPE / NOTICE DESCRIPTIVE DETAILLEE DU PROJET



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.i. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY

VIII - SODEREF -
ETUDE HYDRAULIQUE - OPTIMISATION DEBLAIS / REMBLAIS



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY

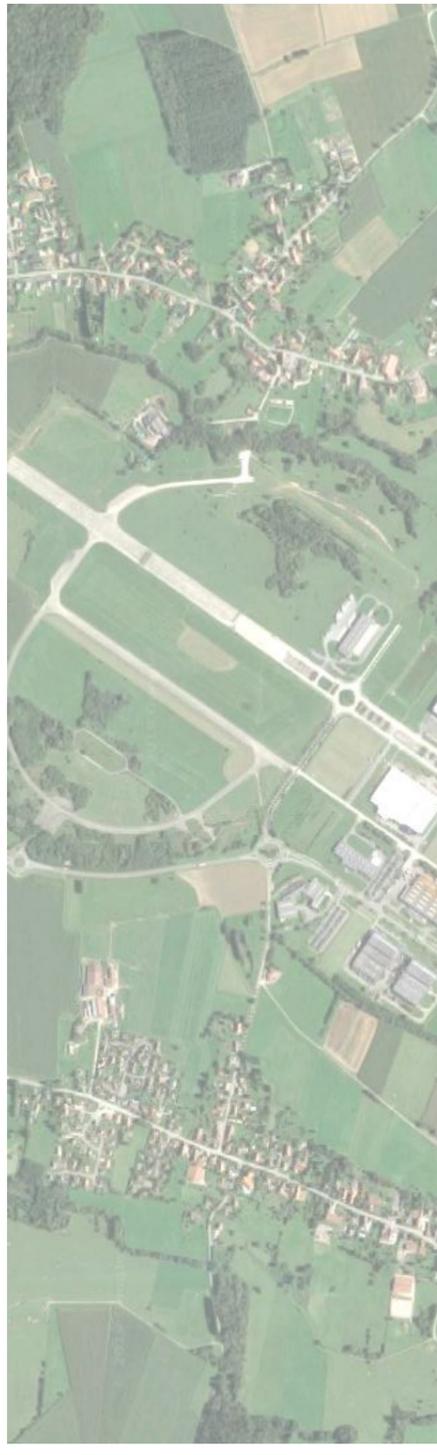
COMMUNE DE FONTAINE
CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT DE STOCKAGE

ETUDE HYDRAULIQUE

OPTIMISATION DEBLAIS/REMBLAIS

PHASE PC

Mémoire Technique



SOMMAIRE

I.	<u>Présentation de l'opération et hypothèses de base</u>	3
A.	Description du projet	3
B.	Documents de base	3
C.	Caractéristiques des sols	3
D.	Obligations réglementaires environnementales	3
II.	<u>Définition et caractéristiques des ouvrages à réaliser</u>	5
A.	Terrassements généraux	5
B.	Plate-forme des bâtiments	5
C.	Structures de voirie retenues	5
III.	<u>Détermination du volume de rétention des eaux de ruissellement</u>	6
A.	Hypothèses de dimensionnement	6
B.	Coefficients de ruissellement	6
C.	Evaluation des surfaces imperméabilisées	6
D.	Méthode de dimensionnement employée	8
E.	Dimensionnement des ouvrages	9
F.	Prise en compte de volume de rétention D9A	11
G.	Fonctionnement des ouvrages pour une pluie de fréquence inférieure	11
IV.	<u>Détermination des cubatures de déblais / remblais et optimisation du niveau de rez de chaussée</u>	12
A.	Proposition de nivellement	12
B.	Profils projet	15

I. Présentation de l'opération et hypothèses de base

A. Description du projet

Le programme, nommé « CITADELLE », consiste en la construction d'une plateforme logistique sur une parcelle de 18,41 ha, ZI de l'Aéroparc - Rue Adolphe Pegoud - RD60 à FONTAINE (90150), pour le compte de SCI VAILLOG France.

Les travaux à réaliser consistent en la création d'un bâtiment logistique destiné à recevoir des cellules de stockage, des voiries d'accès et des zones de stationnement pour poids lourds et véhicules légers.

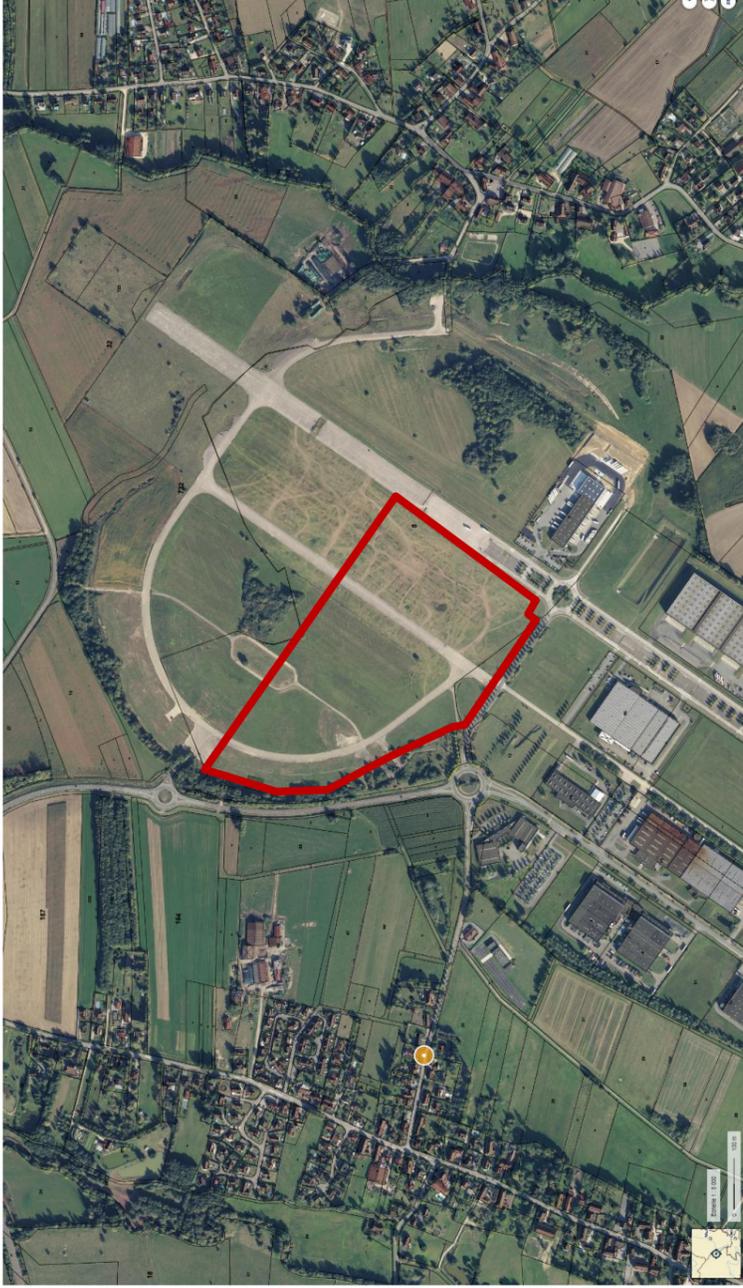


Figure 1 : Photo aérienne du site existant (Source : Géoportail)

B. Documents de base

La présente étude est fondée sur les documents mis à notre disposition :

- Le dossier de demande de modification des prescriptions fixées par l'arrêté d'autorisation au titre de la loi sur l'eau réalisé par le Cabinet CLERGET pour le compte de la S.O.D.E.B. - Avril 2003
- L'étude géotechnique réalisée sur le site par HYDROGÉOTECHNIQUE Est - Mission G2 AVP du 07/01/19.

Les fichiers Autocad ayant servis de fond de plan sont :

- Le plan masse du PROJET " 0981-V06 - 02 - PLAN DE MASSE ET PRINCIPE D'AMENAGEMENT PAYSAGER »
- le lever topographique partiel de la parcelle " AEROPARC-Nivellement général.dwg ",
- le lever topographique partiel de la parcelle " AEROPARC_PLAN TOPO_Parcelle5ha_SecteurNord.dwg ",

C. Caractéristiques des sols

Caractéristique des terrains

La succession des terrains sur le site est la suivante :

- Des limons de 0,2 à 0,3 m d'épaisseur assimilés à de la terre végétale,
- Ponctuellement des remblais d'épaisseur variable (entre 0,0 et 1,0 m),
- Un complexe limono-silto-argileux entre 0,2 et 1,1 m de profondeur,
- Reposant sur des argiles sablo-graveleuse,
- Au-delà de 11,00 m de profondeur se trouvent les marnes grises et beige.

Les matériaux silto-argileux ont été classés de type A1. Ces matériaux demanderont des précautions d'emploi lors des remaniements car ils sont sensibles à l'eau. Un traitement à la chaux pourra être nécessaire.

Au droit d'un des sondages (implanté au niveau du futur bassin) des matériaux classés C1B5 ont été trouvés. Ces matériaux doivent pouvoir être également réutilisés.

NOTA : dans certains sondages des remblais hétérogènes ont été observés. Des purges ponctuelles du sol seront peut-être nécessaires (quantifiées à hauteur de 4 900 m³ dans le présent dossier).

Situation de la nappe

La présence d'eau a été détectée à des profondeurs variables indiquant la présence de 2 nappes :

- L'une superficielle relevée entre 3,30 et 4,90 m le 03/01/2019,
- L'autre plus profonde entre 7,50 m et 8,30 m.

Piézomètre	SP6	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
Prof nappe (m) / TN	3,31	4,91	7,52	8,27	7,62

Le bassin créé sera étanche. Sa profondeur est d'un peu plus de 3 m. Sa réalisation est compatible avec la présence d'une nappe superficielle.

D. Obligations réglementaires environnementales

Détermination du débit de fuite

Les eaux pluviales seront rejetées dans le réseau de collecte de la ZAC de l'Aéroparc. Les rejets d'eaux pluviales collectées sur la ZAC de l'Aéroparc vers le milieu naturel sont régis par un arrêté préfectoral d'autorisation au titre de la Loi sur l'eau en date du 26 septembre 1996 et complété le 21 octobre 2003.

La parcelle d'implantation de l'opération s'inscrit dans le sous-bassin versant n°3 de la ZAC de l'Aéroparc. Les eaux pluviales collectées sur ce sous bassin versant sont dirigées dans un bassin d'orage déjà aménagé et présentant une capacité maximale de stockage de 12 000 m³.

L'arrêté Loi sur l'Eau de la ZAC de l'Aéroparc ne prévoit pas la mise en place de dispositifs de tamponnement des eaux pluviales sur les parcelles des opérateurs privés s'implantant sur la ZAC mais s'appuie sur les cinq bassins de rétention publics mis en place par l'aménageur de la ZAC conformément au dossier loi sur l'eau.

En sortie de la parcelle CITADELLE, les eaux pluviales de voiries et de toitures n'ont pas besoin d'être tamponnées mais peuvent être dirigées directement dans le bassin d'orage n°3 de la ZAC de l'Aéroparc qui assurera le tamponnement de l'orage décennal avant rejet dans la rivière La Louvre.

Dispositifs de traitement des eaux pluviales de voiries

Conformément aux exigences de l'article 1.6.4. de l'Annexe II de l'arrêté ministériel du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, la mise en place d'un séparateur d'hydrocarbures est réglementaire sur le site.

Ainsi, un séparateur d'hydrocarbures sera mis en place sur la canalisation de rejet des eaux pluviales de voiries du site de manière à traiter les eaux pluviales de voiries avant leur rejet dans le bassin d'orage n°3 de la ZAC de l'Aéroparc.

Afin de limiter la taille du séparateur d'hydrocarbures de l'établissement, il a été choisi de limiter le débit de fuite des eaux pluviales de voiries de l'établissement VALLOG à 20 l/s.

Rétention des eaux d'incendie

Le calcul des besoins en rétention d'eau d'incendie nous a été communiqué : calcul D9A pour les besoins de rétention d'eau d'incendie. Le volume de rétention nécessaire pour les eaux d'incendie est de 3 878 m³, géré dans le bassin de rétention des eaux de ruissellement des voiries.

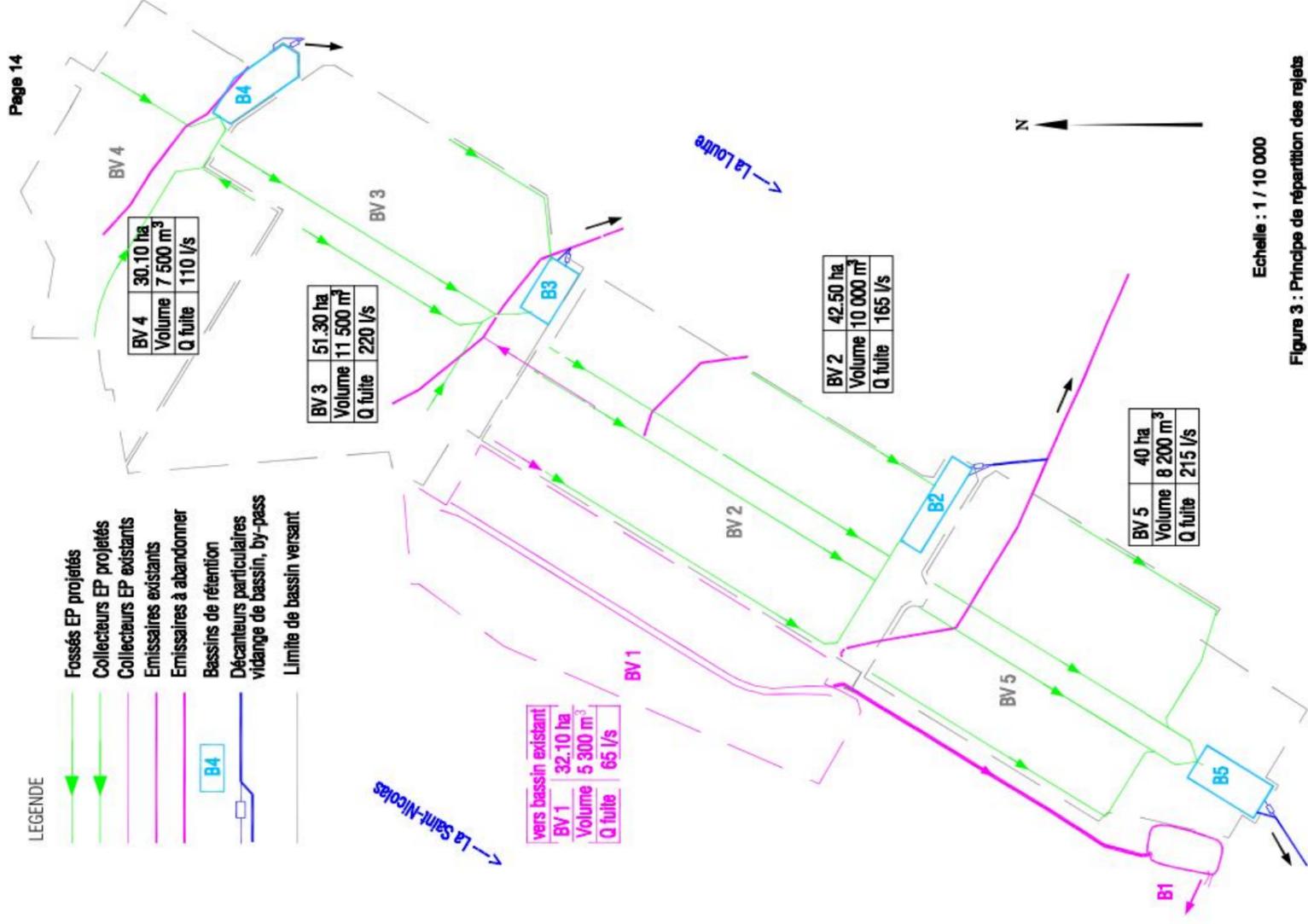


Figure 2 : Bassins versants de la ZAC (Source : Dossier de demande de modification des prescriptions fixées par arrêté d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau - SODEB - janvier 2003)

Figure 3 : Principe de répartition des rejets

II. Définition et caractéristiques des ouvrages à réaliser

A. Terrassements généraux

Les contraintes suivantes sont prises en compte :

- Optimisation des déblais / remblais dans l'hypothèse d'une réutilisation possible des déblais en remblais sous les voiries et la plate-forme sous le bâtiment,
- Décapage terre végétale sur une épaisseur moyenne de 30 cm de la parcelle existante,
- Les talus devront être réalisés avec une pente maximale de 2H/1V. Cette hypothèse sera vérifiée et affinée dans le cadre des études d'Exécution.

B. Plate-forme des bâtiments

Dans le cadre de la présente étude, au vu des possibilités de réutilisation des terres, il est proposé avec l'agence d'architecture en charge du projet de retenir sous le niveau du rez de Chaussé recherché les hauteurs de plateformes suivantes :

- Création d'une plateforme par apport de matériaux de type GNT sur 65 cm,
- Epaisseur du dallage de 15 cm.

C. Structures de voirie retenues

Voirie lourde en enrobés (desserte des quais et gare routière)

Les structures prises en compte pour les calculs de cubatures sont les suivantes :

- GNT 0/31,5 sur 55 cm,
- Grave bitume GB 0/14 sur 19 cm,
- Enrobés BBME 0/10 sur 6 cm.

Voirie lourde en béton balayé (Quais de chargement et de déchargement des matériaux)

- GNT 0/80 sur 25 cm,
- GNT 0/31,5 sur 20 cm,
- béton de ciment armé (avec quadrillage acier) de classe 5 sur 20 cm.

Voirie légère en enrobé (desserte parkings VL)

- GNT 0/31,5 sur 55 cm,
- Enrobés BBSG 0/10 sur 4 cm.

Trottoirs en béton désactivé

- 20 cm de grave non traité 0/31,5,

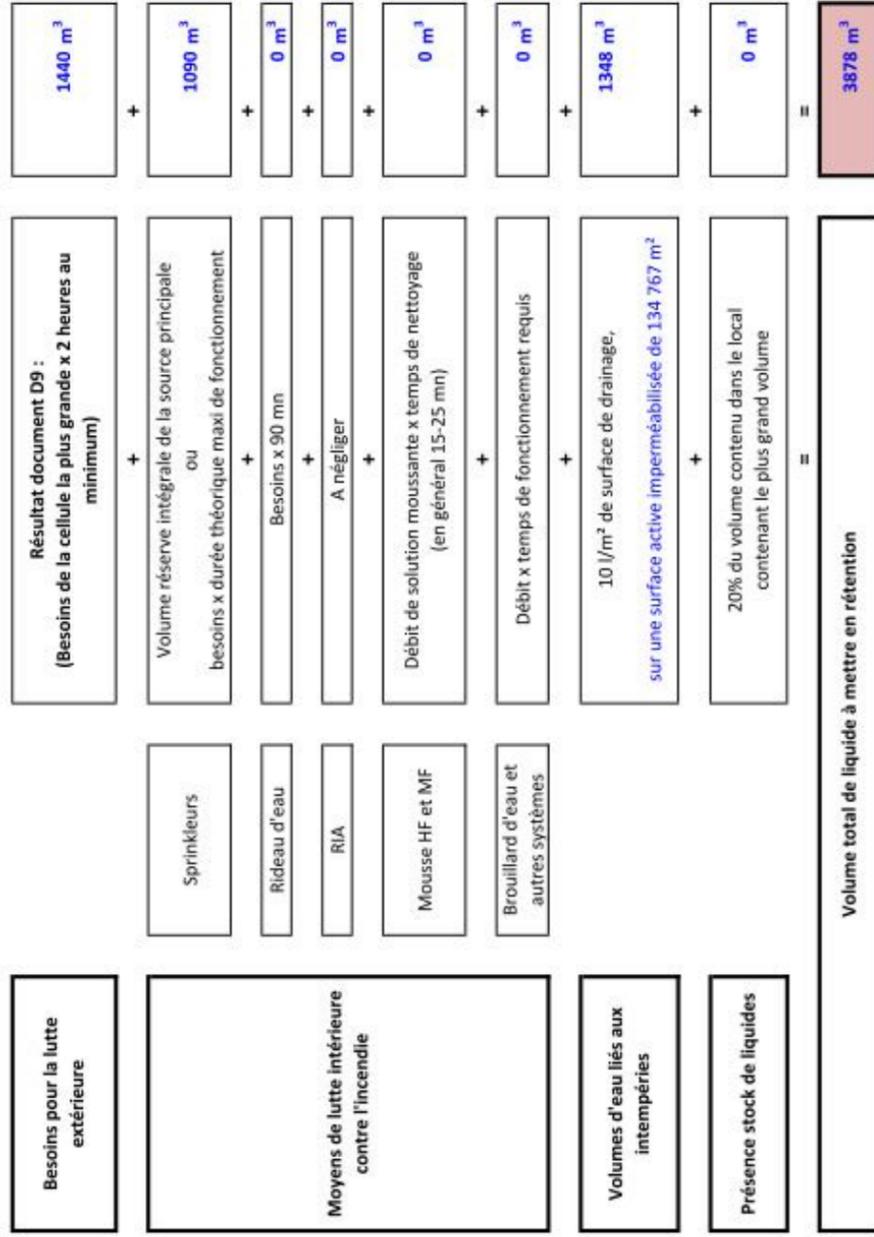


Figure 3 : Calcul D9A (Source : Sdenvironnement / SODEREF)

- Béton désactivé sur 16 cm.

Surfaces en stabilisé (Accès pompiers)

- Sur les terrains remaniés le cas échéant, 30 cm de grave non traité 0/31,5,
- Sablon stabilisé sur 5 cm.

Espaces verts

- Prise en compte d'une épaisseur de terre végétale de 20 cm.

Purge du terrain

- Afin de tenir en compte de remblais potentiellement non réutilisables du site, comme retrouvés dans certains sondages, nous prenons en compte de l'ordre de 10 % des surfaces revêtues en jeu (y compris du bâtiment) à purger sur de l'ordre de 40 cm. Cela représente un excédent de déblais de l'ordre de 4 900 m³.

III. Détermination du volume de rétention des eaux de ruissellement

A. Hypothèses de dimensionnement

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour le calcul des bassins de rétention des eaux de ruissellement :

- Pluie de référence : 10 ans,
- Débit de fuite maximum : 20 l/s

B. Coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellement appliqués à une surface permettent de déterminer les volumes d'eau ruisselés sur cette surface pour des événements pluvieux donnés.

Les coefficients de ruissellement retenus sont les suivants :

Type de surface	Toitures	Voiries, trottoirs	Espaces verts	Stabilisé	Bassin
Coefficient de perméabilité retenu	100%	95%	15%	50%	100%

* le coefficient de perméabilité des bassins et noues est de 100 % (surface au miroir) dans la mesure où cet ouvrage est considéré dans un cas le plus défavorable comme en eau.

C. Evaluation des surfaces imperméabilisées

Le plan masse fournis permet de définir les surfaces traitées sous forme d'ensemble présentant la même perméabilité.

Les eaux pluviales concernant la parcelle sont réparties en plusieurs bassins versant et seront traitées de la manière suivante :

- Le BV1 correspond aux toitures du bâtiment principal dont les eaux sont connectées directement à l'exutoire en aval de la canalisation d'évacuation du bassin de gestion des EP de voirie (en aval du séparateur à hydrocarbures).
- Le BV2 correspond à l'ensemble des voiries, parkings et quais camions. Il se rejette dans le bassin de traitement des eaux pluviales de voiries au sud du site. Bassin équipé d'un limiteur de débit puis et séparateur à hydrocarbures. Ce bassin est également dimensionné pour récupérer les eaux d'incendie.

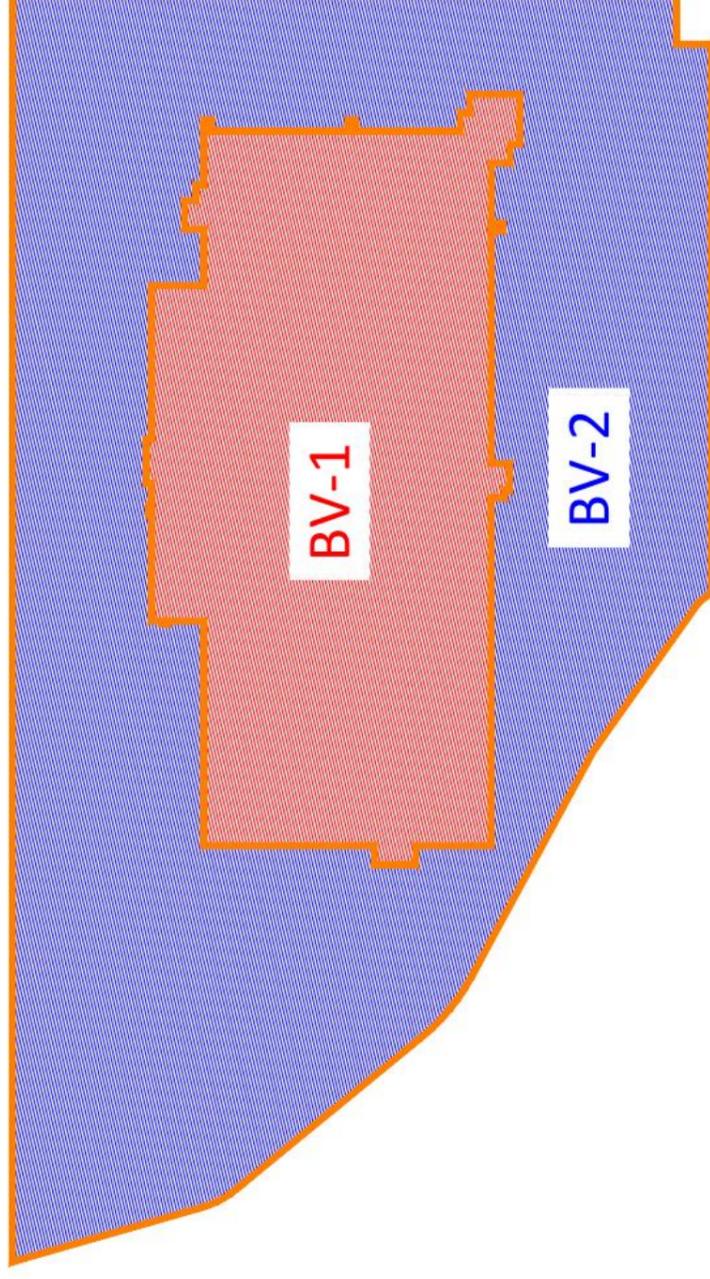


Figure 4 : Plan des bassins versants en fonction des ouvrages de gestion prévus (Source : SODEREF)

L'ensemble des surfaces imperméabilisées en jeu sont définies ci-dessous :

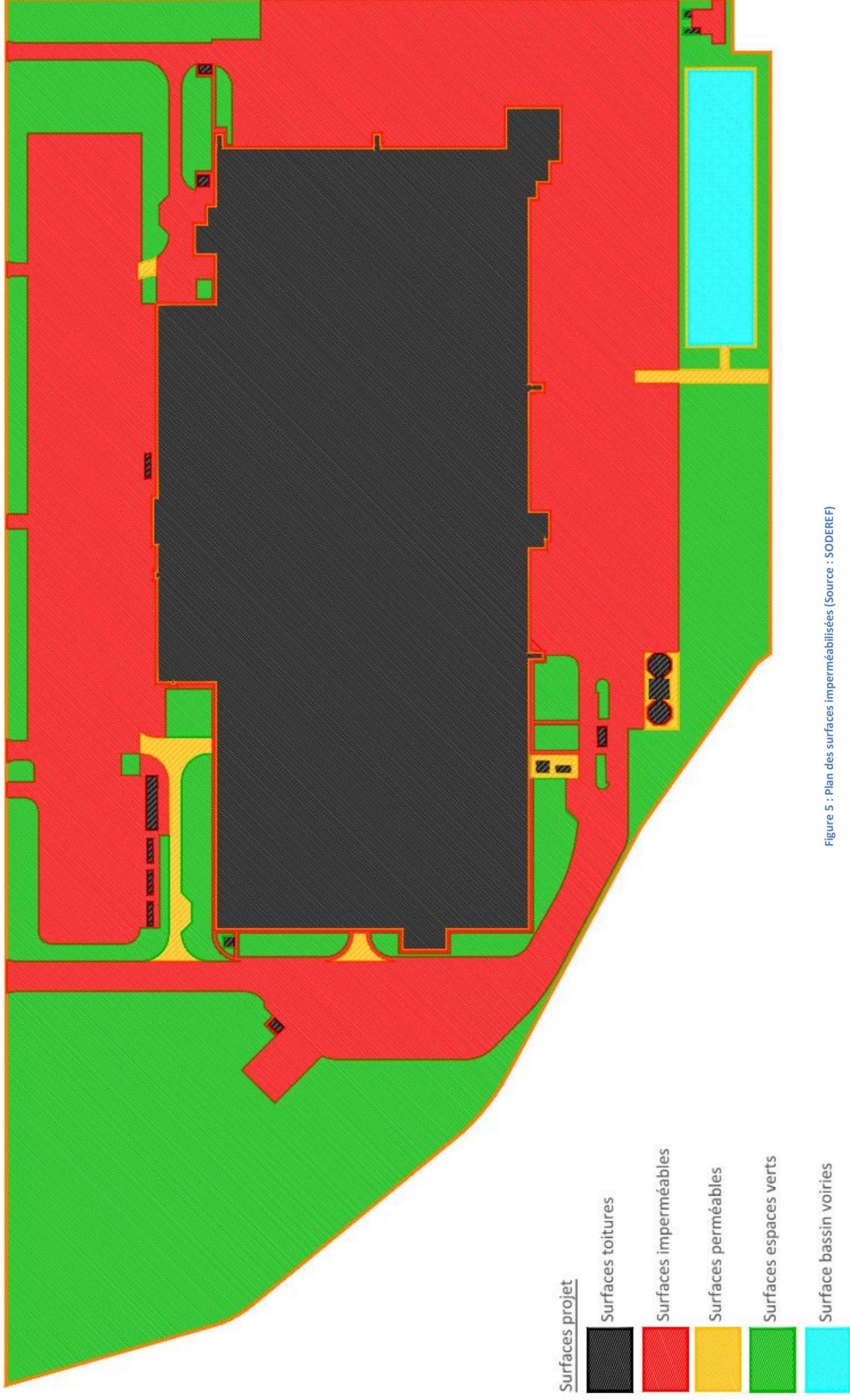


Figure 5 : Plan des surfaces imperméabilisées (Source : SODEREF)

Secteur	Type de surface et surface d'infiltration (m ²)				Surface totale du bassin versant (m ²)	Surface active (m ²)	Coefficient d'imperméabilisation résultant
	Toitures	Voiries, trottoirs	Espaces verts	Stabilisé			
Coef. d'imperméabilisation	100%	95%	15%	50%	100%		
BV total	59656	65457	52801	2578	3718	184210	73,2%
BV voirie		65457	52801	2578	3718	124554	60,3%

D. Méthode de dimensionnement employée

Méthodologie

Le dimensionnement du volume d'eaux pluviales à stocker est réalisé avec la méthode dite « des pluies » explicitée dans l'instruction technique interministérielle relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations – Edition de 1981.

Le volume à gérer calculé dépend du débit de fuite défini. Le débit de fuite est en principe calculé en fonction du débit que peut accepter le milieu récepteur en aval. Dans le présent dossier la gestion des eaux de voirie n'est pas nécessaire sur le site, mais permet le pré-traitement de 100 % du débit de ruissellement des eaux de voirie et de réaliser un ouvrage qui peut également stocker les eaux d'incendie.

Le mode de gestion des eaux pluviales sera défini pour une pluie de fréquence de 10 ans.

Evaluation des débits de fuite

Débit de fuite par infiltration

Sans objet.

Débit de fuite superficiel

Le bassin traitant les eaux de voirie sera étanche dans la mesure où l'ouvrage doit traiter les hydrocarbures et est également susceptible de gérer les eaux d'incendie ou une pollution accidentelle sur le site. Le débit d'infiltration de ce bassin est nul.

Le débit de fuite superficiel retenu pour ce bassin est de 20 l/s.

Evaluation des volumes de rétention

La surface active (Sa) d'une opération est déterminée par la relation :

$$Sa = C \times St$$

dans laquelle :

- C : Coefficient d'imperméabilisation du bassin versant,
- St : Surface totale du bassin versant (ha).

La hauteur équivalente du débit de fuite (Hq en mm) est calculée par la formule :

$$Hq = \frac{360 \times q}{Sa}$$

dans laquelle :

- q : Débit de fuite retenu (m³/s).

La hauteur équivalente précipitée (H pluie), pour une période de retour donnée (20 ans), est calculée par la formule :

$$H_{pluie} = i \times t$$

dans laquelle :

- i : intensité de pluie de période de retour donnée (10 ans) estimée à partir de la formule de Montana en mm/h,
- t : durée de l'évènement pluvieux.

Les coefficients de Montana du secteur sont retenus (station de Luxeuil, proche de la zone d'étude et dans la même région pluviométrique). La pluie ayant un volume maximum est retenue.

La différence entre la hauteur équivalente précipitée (H pluie) et la hauteur équivalente du débit de fuite (Hq) correspond à la hauteur à stocker pour une durée t déterminée.

Le volume d'eau à stocker se détermine alors par la relation suivante :

$$Vr = 10 \times \Delta H \max \times Sa$$

Où ΔH max est la hauteur totale à stocker.

Le temps de vidange de l'ouvrage (Tv) est directement dépendant du débit de fuite de l'ouvrage :

$$Tv = \frac{Vr}{3600 \times q}$$

E. Dimensionnement des ouvrages

Bassin affecté à la gestion des eaux de ruissellement des voiries et aux eaux d'incendie

1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

Détermination de la surface active :

Bassins versants BV voirie	Surface totale (ha)	C	Surface active (ha)
	12,455	0,603	7,510

Bilan	Surface totale (ha)	C moyen	Surface active (ha)
	12,455	0,603	7,510

Pluviométrie :

Période de retour Station météorologique	10 Luxeuil
---	---------------

$$i(t) = a.t^b$$

Pas de temps	Coefficients de Montana retenus	
	a	b
6-120min	10,490	-0,772
120-360 min	10,490	-0,772
360-1440 min	5,850	-0,671

2. MODELE DE CALCUL

Débit de fuite :

Débit spécifique (l/s/ha)	
Surface (ha)	
SUPERficiel (l/s) maximum calculé	20,00
SUPERficiel (l/s) maximum retenu	0,00
SURface d'INFiltration	0,00
INFiltration (l/s)	0,00
Fuite totale (l/s)	20,00

Détermination du volume de stockage et temps de vidange :

temps (h)	1	2	3	4	5	6	8
i (mm/h)	26,6805	15,6242	11,4250	9,1496	7,6412	6,7613	5,5744
H pluie (mm)	26,6805	31,2484	34,2750	36,5984	38,2050	40,5678	44,5952
Hfuite (mm)	0,9587	1,9174	2,8762	3,8349	4,7936	5,7523	7,6698
Volume à stocker (m3)	1931,7072	2202,7581	2358,0499	2460,5389	2509,2712	2614,6441	2773,0975
temps (h)	10	12	14	16	18	20	22
i (mm/h)	4,5102	3,9180	3,4784	3,1377	2,8650	2,6412	2,4538
H pluie (mm)	45,1020	47,0160	48,6976	50,2032	51,5700	52,8240	53,9836
Hfuite (mm)	9,5872	11,5047	13,4221	15,3395	17,2570	19,1744	21,0919
Volume à stocker (m3)	2667,1615	2666,8986	2649,1901	2618,2639	2576,9063	2527,0850	2470,1667
temps (h)	24	26	28	30	32	34	36
i (mm/h)	2,2944	2,1569	2,0370	1,9313	1,8375	1,7534	1,6778
H pluie (mm)	55,0656	56,0794	57,0360	57,9390	58,8000	59,6156	60,4008
Hfuite (mm)	23,0093	24,9268	26,8442	28,7617	30,6791	32,5965	34,5140
Volume à stocker (m3)	2407,4281	2339,5603	2267,4042	2191,2152	2111,8796	2029,1344	1944,0987

Volume utile de la rétention (m3)	2774,00
Volume de rétention D9/D9A	2530,00
Volume de rétention totale en cas d'incendie	5304,00
Temps de vidange en jour	1,61

- Surface totale : 3 712 m²
- Volume utile calculé : 2 774 m³ (à la cote 363,34 m, pour la pluie décennale)
- Miroir d'eau calculé : 2 600 m²
- Temps de vidange : moins de 2 jours (pour la pluie décennale)

Principes de gestion des eaux pluviales

Le volume global nécessaire de stockage des eaux pluviales est de 2 774 m³ pour les eaux de ruissellement des voiries.

Le calcul D9A est évalué à 3 878 m³ dont 1 348 m³ liées à un évènement pluvieux.

Le volume total nécessaire du bassin est donc de 5 304 m³. Ce volume est atteint pour une cote de mise en charge de 364,25 m.

Détails des ouvrages connexes

Limitation de débit

La limitation de débit pourra être réalisée en aval du bassin par des ouvrages très simples de type tôle perforée afin de créer une réduction du passage de l'eau et amener une mise en charge dudit ouvrage lors de pluies intenses.

Traitement des eaux pluviales avant rejet

En sortie du bassin de stockage des eaux pluviales issues des voiries sera installé un séparateur à hydrocarbures dimensionné sur 100 % du débit de fuite du bassin, soit 20 l/s permettant d'atteindre les niveaux de rejet exigés.

Le séparateur hydrocarbure se trouvera en aval du bassin de rétention des eaux pluviales.

Vanne d'isolement

En aval du bassin étanche sera également implantée une vanne permettant d'isoler le volume de stockage en cas d'incendie ou de pollution accidentelle. Cette vanne pourra être motorisée et asservie aux alarmes incendie.

Trop plein du réseau d'évacuation des eaux de toitures vers le bassin

Dans la mesure où la canalisation de raccordement des réseaux est de diamètre 500 mm (selon le levé topographique), nous préconisons la possibilité d'un trop-plein de la canalisation de rejet des eaux de toitures vers le bassin. Un clapet anti-retour sera alors mis en place en aval immédiat du séparateur à hydrocarbures.

Schéma de fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales

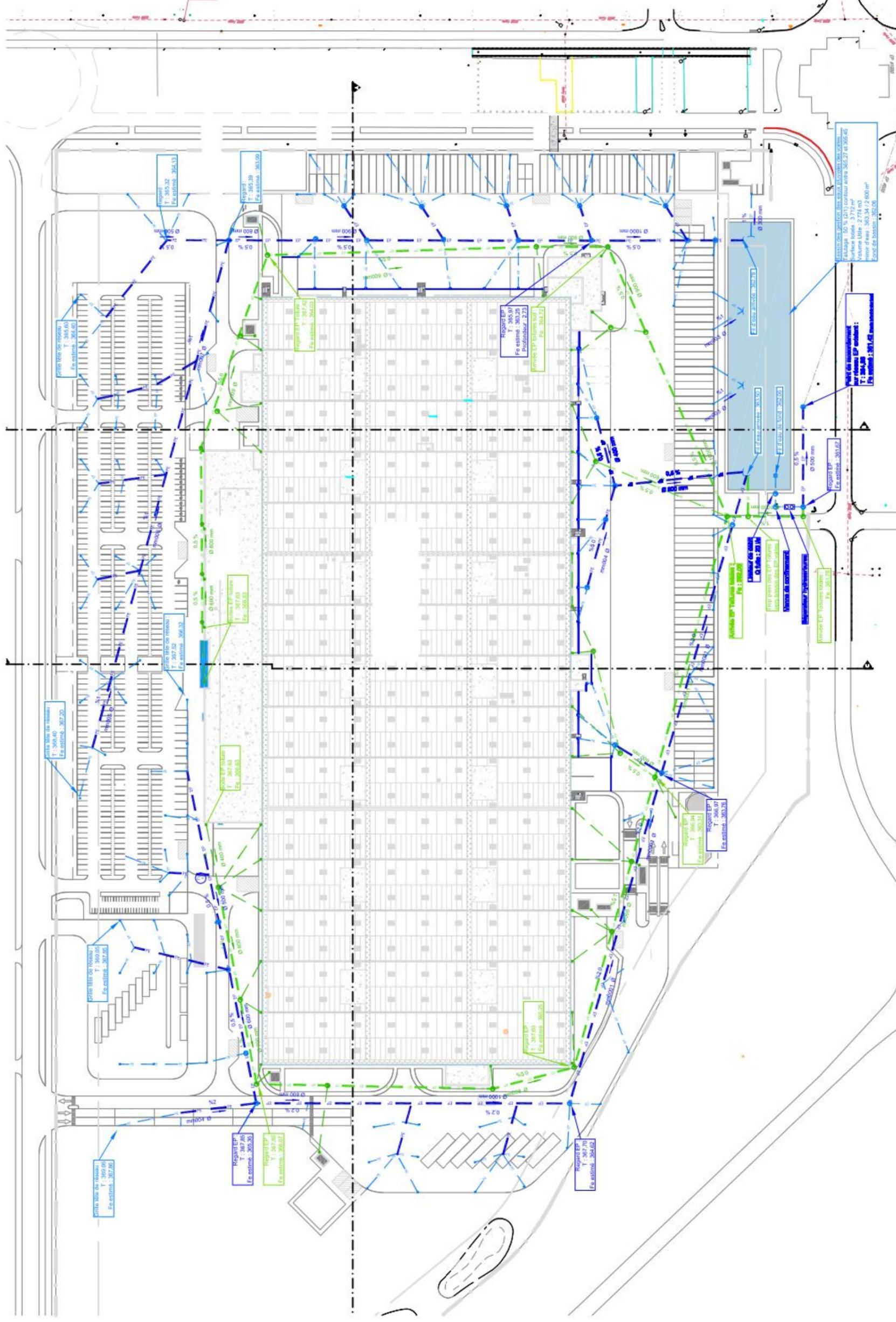


Figure 6.1 : Plan de gestion des eaux pluviales (Source : SODEREF)

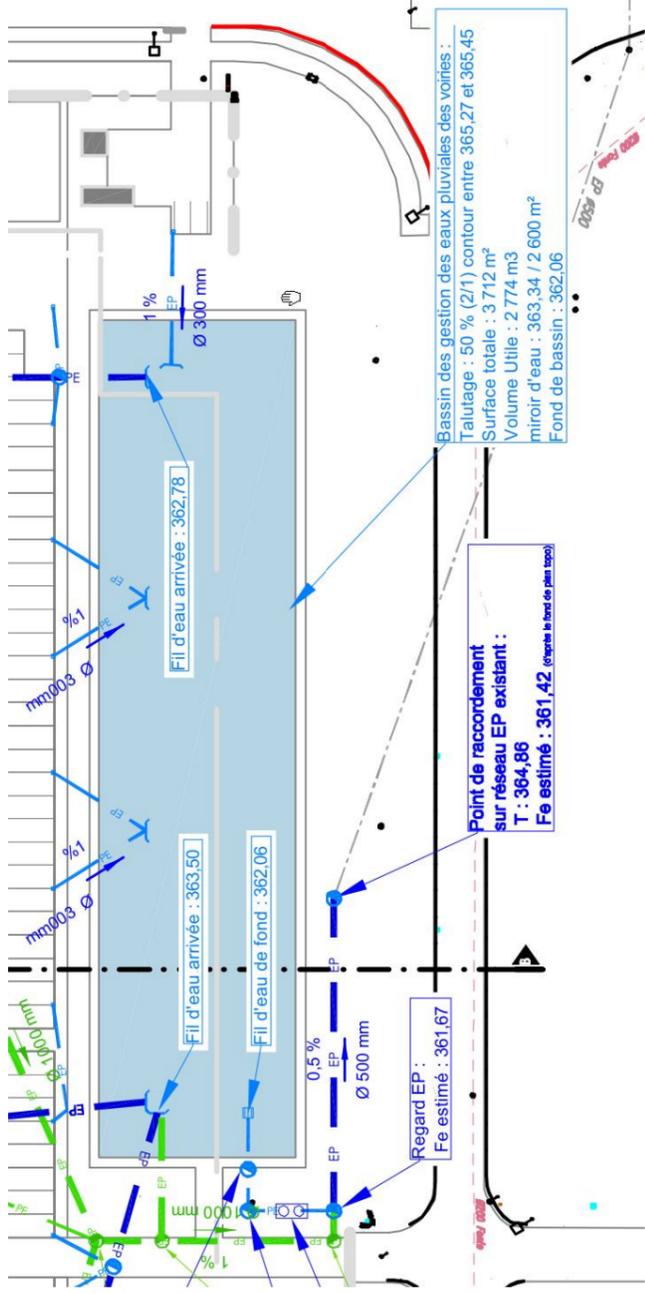


Figure 6.2 : Détail au droit du bassin (Source : SODEREF)

F. Prise en compte de volume de rétention D9A

Principes généraux

Le bassin de rétention des eaux pluviales de voiries doit pouvoir stocker également les eaux d'incendie en cas de feu sur le site. Le volume calculé total est de 5 304 m3.

Les eaux d'extinction d'un incendie représentent une pollution potentielle, une vanne sera mise en place en aval du bassin afin de fermer la canalisation de rejet. Elle pourra être reliée au système de sécurité incendie.

Fonctionnement du bassin de stockage des eaux d'incendie

Lors d'un incendie, la vanne du réseau d'évacuation des eaux pluviales se ferme. Le bassin se remplit en mettant en charge également une partie des réseaux d'assainissement le cas échéant. (Le volume utile total du bassin calculé reste supérieur au volume D9A).

La cote de mise en charge du système pour permettre le stockage de 5 304 m³ dans le bassin est de 364,25 m NGF.

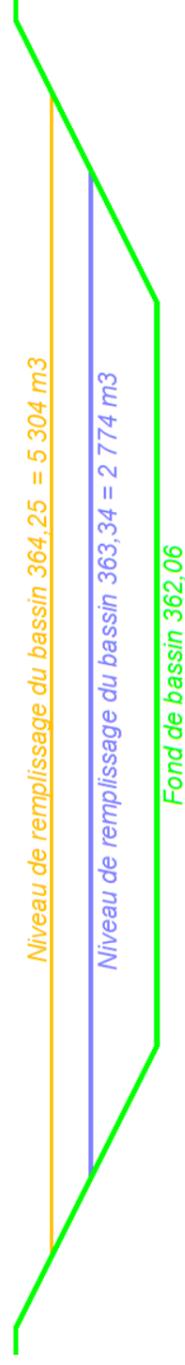


Figure 7 : Principe de mise en charge du bassin en cas d'incendie (Source : SODEREF)

Un traitement des eaux d'extinctions d'incendie devra être réalisé suite à chaque feu par un organisme spécialisé. La vidange du réseau devra être réalisée au plus vite afin de limiter la décantation des eaux polluées dans les canalisations et permettre au réseau de retrouver sa fonction première de gestion des eaux pluviales.

G. Fonctionnement des ouvrages pour une pluie de fréquence inférieure

Volume de rétention nécessaire pour une pluie centennale

1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

Détermination de la surface active :

Bassins versants	Surface totale (ha)	C	Surface active (ha)
BV voirie	18,421	0,732	13,484
Bilan	18,421	0,732	13,484

Pluviométrie :

Période de retour	100
Station météorologique	Luxeuil

$$i(t) = a.t^b$$

Pas de temps	Coefficients de Montana retenus	
	a	b
6-120min	26,230	-0,853
120-360 min	26,230	-0,853
360-1440 min	2,450	-0,500

2. MODELE DE CALCUL

Débit de fuite :

Surface (ha)	20,00
Debit spécifique (l/s/ha)	
SUPERficiel (l/s) maximum calculé	20,00
SUPERficiel (l/s) maximum retenu	0,00
SURface d'INFILTRATION	0,00
INFILTRation (l/s)	0,00
Fuite totale (l/s)	20,00

Détermination du volume de stockage et temps de vidange :

temps (h)	1	2	3	4	5	6	8	
i (mm/h)	47,8836	26,5099	18,7587	14,6767	8,4870	7,7476	6,7096	
H pluie (mm)	47,8836	53,0198	56,2761	58,7068	42,4350	46,4856	53,6768	
Hfuite (mm)	0,5340	1,0679	1,6019	2,1359	2,6698	3,2038	4,2717	
Volume à stocker (m3)	6384,6201	7005,1942	7372,2691	7628,0202	5361,9396	5836,1179	6661,7837	
temps (h)	10	12	14	16	18	20	22	
i (mm/h)	6,7172	5,7497	5,0413	4,4985	4,0685	3,7188	3,4285	
H pluie (mm)	67,1720	68,9964	70,5782	71,9760	73,2330	74,3760	75,4270	
Hfuite (mm)	5,3397	6,4076	7,4755	8,5435	9,6114	10,6793	11,7473	
Volume à stocker (m3)	8337,4673	8439,4738	8508,7681	8553,2383	8578,7365	8588,8630	8586,5707	
temps (h)	24	26	28	30	32	34	36	
i (mm/h)	3,1832	2,9731	2,7910	2,6315	2,4905	2,3650	2,2525	
H pluie (mm)	76,3968	77,3006	78,1480	78,9450	79,6960	80,4100	81,0900	
Hfuite (mm)	12,8152	13,8831	14,9511	16,0190	17,0869	18,1549	19,2228	
Volume à stocker (m3)	8573,3429	8551,2157	8521,4700	8484,9418	8442,2110	8394,4777	8342,1732	
Volume utile de la rétention (m3)								8589,00
Temps de vidange en jour								4,97

Le volume de rétention nécessaire en cas d'une pluie centennale (dans le cas d'un débit de fuite imité à 20 l/s vers les réseaux de la ZI), est de 8 589 m³ (pour l'ensemble du site, voirie et bâtiment). Le volume total du bassin construit est de 7 400 m³, correspondant à une cote de mise en charge de l'ouvrage de 364,90 m.

Au-delà les réseaux déborderont au droit de l'accès camion au nord - est du site.

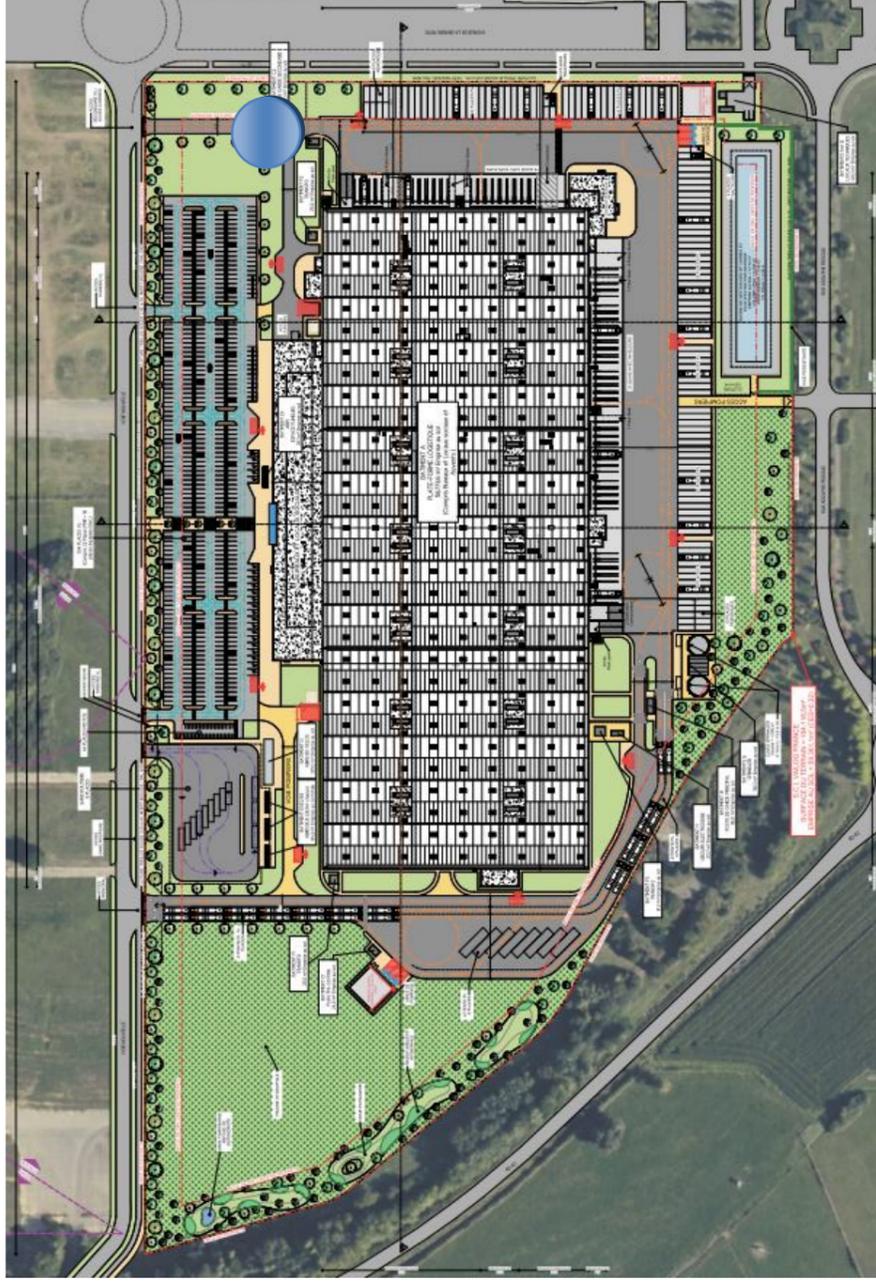


Figure 8 : Point bas correspondant à la zone de débordement attendu en cas de pluie centennale
(Source : SODEREF)

Cette zone de débordement correspond à un point bas de la voirie.

En cas de débordement, les eaux seront stockées sur la voirie et les espaces verts immédiatement adjacents.

IV. Détermination des cubatures de déblais / remblais et optimisation du niveau de rez de chaussée

Les cubatures suivantes sont calculées à partir du terrain actuel décapé de la terre végétale existante sur une épaisseur moyenne de 30 cm.

Les pentes des talus sont fixées à :

- 2/1 pour les pentes des terres en déblais,
- 2/1 pour les pentes des talus en remblais.
- 2/1 pour les pentes de profilage du bassin,

A. Proposition de nivellement

En tenant compte du terrain naturel, des structures de voiries et de trottoirs et de la plateforme du bâtiment, une cote de rez-de-chaussée des bâtiments à 367,65 m NGF permet d'optimiser les déblais / remblais en tenant compte d'une part de purge liés aux incertitudes de qualité des terres en jeu.

Zonage des déblais / remblais

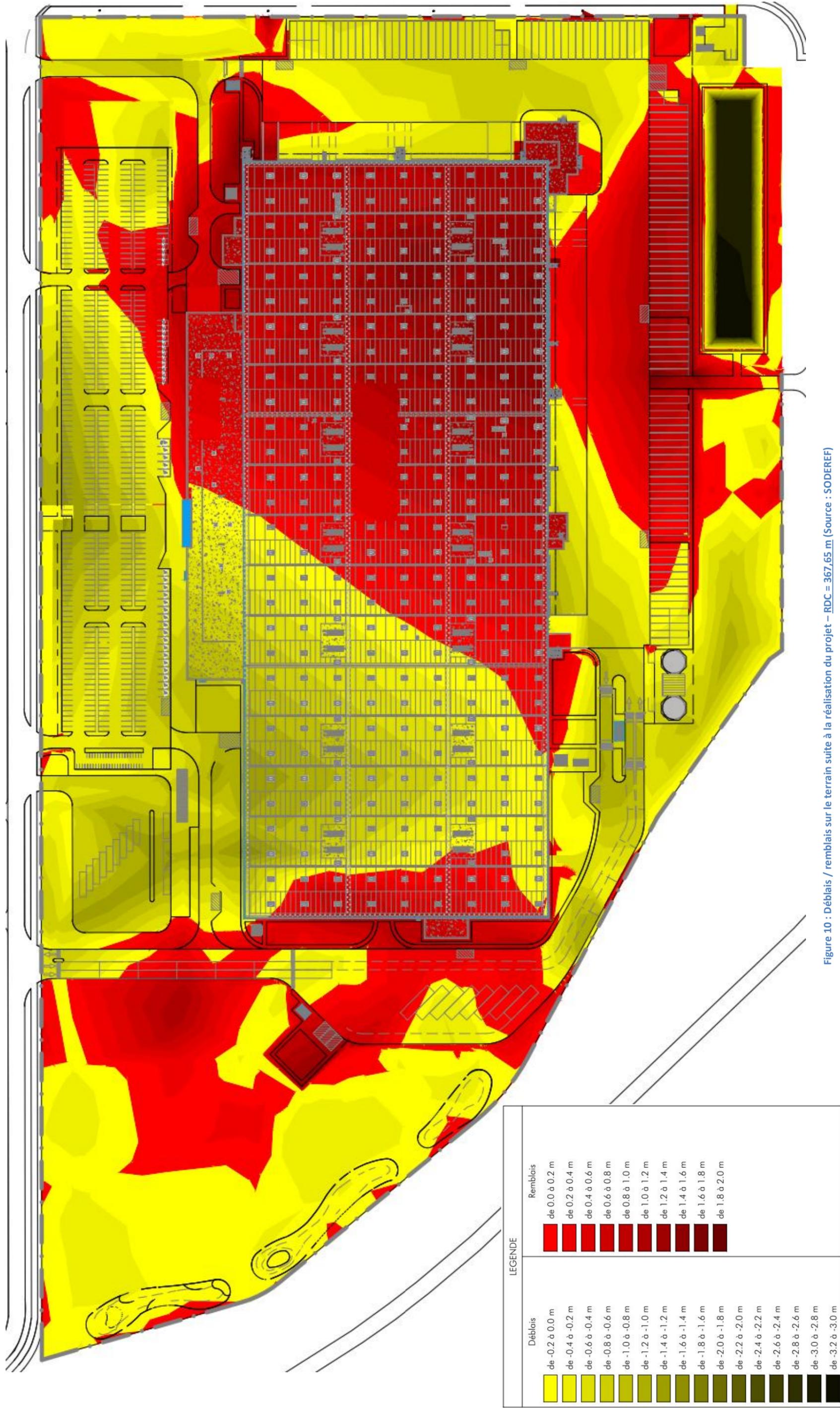


Figure 10 : Déblais / remblais sur le terrain suite à la réalisation du projet – RDC = 367.65 m (Source : SODEREF)

Les principes suivants sont retenus : calage altimétrique du niveau fini du bâtiment à 367,65 m NGF, nivellement des quais de chargement à partir de la cote 366,35 m avec forme de pente en toit inversée sur la partie béton et remontée vers les voiries extérieures. Les cotes des voiries d'accès pour les poids-lourds et des véhicules légers sont calées en fonction du terrain naturel afin de ne pas produire de remblais excédentaires. Les déblais en terre du site sont considérés comme réutilisables dans leur majorité et peuvent même bénéficier d'un traitement afin de parfaire leur stabilisé.

On obtient alors des volumes suivants :

Terre végétale à évacuer ou remise en œuvre	50 079 m ³ dont 10 073 m ³ réutilisée
Cubature de déblais des structures d'aménagements modélisés :	51 479 m ³
Cubature de déblais non réutilisables (estimation) :	4 900 m ³
Cubature de remblais des structures des voiries et bâtiments :	46 570 m ³

B. Profils projet

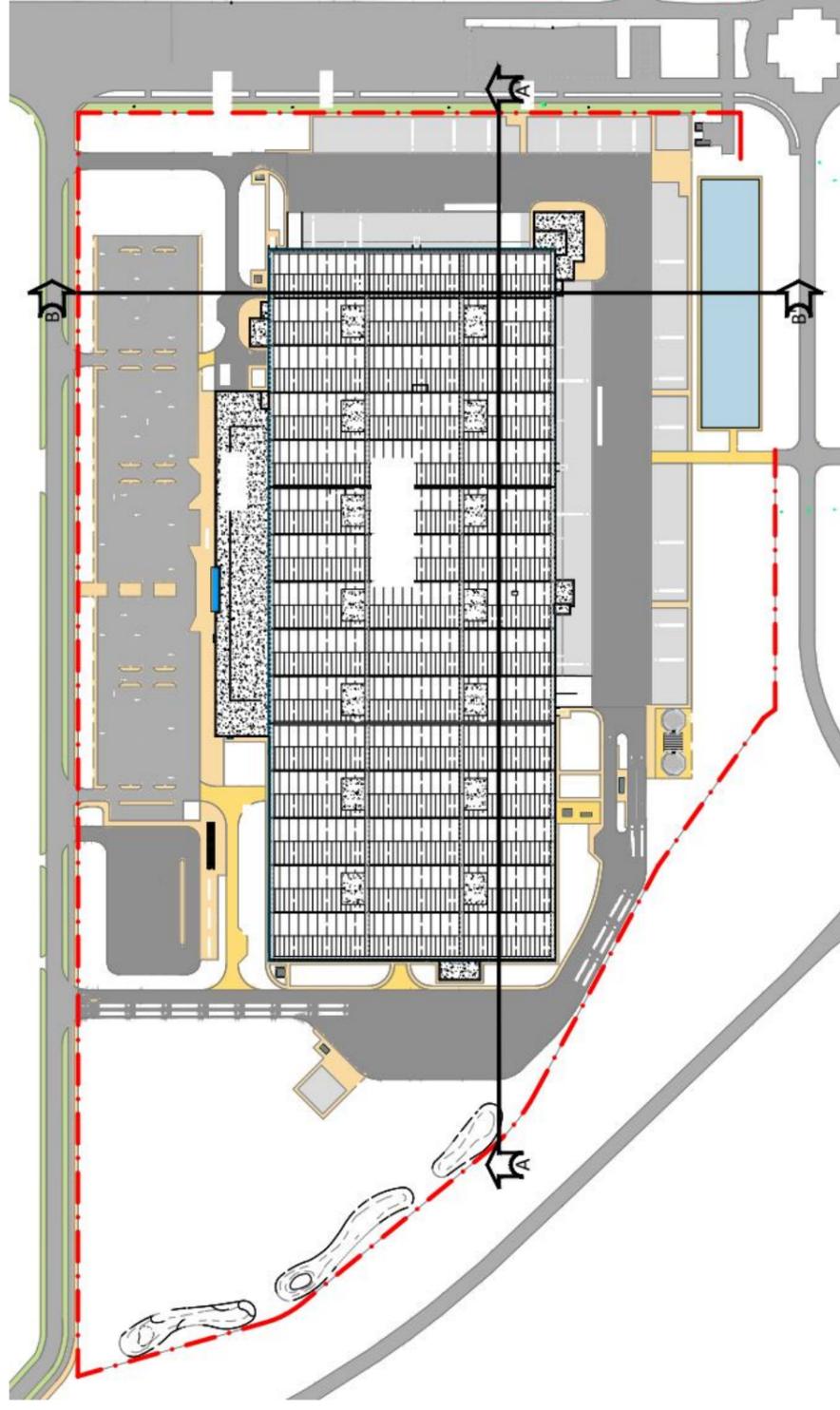
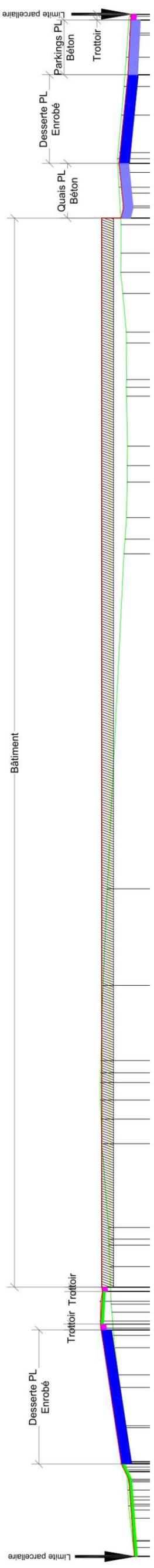
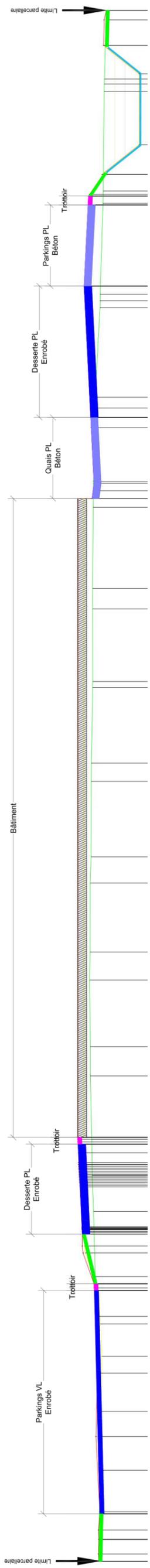


Figure 11 : Positionnement des coupes (Source : SODEREF)

Coupe A-A' : (longueurs/altitudes = 500/100) — sans échelle



Coupe B-B' (longueurs/altitudes = 250/100) — sans échelle



IX - EFACTIS FRANCE -
ETUDE DE FLUX THERMIQUES

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE



SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



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'ETUDE

Référence : 19-002293-AMat
Affaire : 19-003152-ME

ETUDE D'INGENIERIE DANS LE CADRE DE L'INSTALLATION D'UNE BASE LOGISTIQUE SUR LE SITE DE FONTAINE (90)

ETUDE DE FLUX THEMIQUES – RAPPORT D'ETUDE

Client demandeur	VAILOG
Référence et date de commande	
Projet	CITADELLE

Date : 24 octobre 2019
Indice de révision : A

Auteurs :
Amandine WILHELM

Efectis France est laboratoire agréé en résistance et réaction au feu par le Ministère de l'Intérieur (Arrêté du 5 février 1959 modifié, Arrêtés du 24 avril 1972 et 29 décembre 2016).
Efectis France est un organisme reconnu compétent par le ministère de l'intérieur depuis 2006 (Journal Officiel n° 182 du 8 août 2006, texte n° 54).
Pour plus de renseignements : www.effectis.com

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	24/10/2019	Version initiale

Ce document annule et remplace toutes les versions précédentes

SOMMAIRE

0. Préambule	4
1. Introduction.....	5
2. Documents de référence	6
3. Description du bâtiment concerné par l'étude	6
4. Méthodologie adoptée pour l'étude.....	8
4.1. Dimensions supérieures à 200 m	8
4.2. Gestion des cas à plusieurs niveaux de stockage	9
4.3. Combinaison de la diversité de stockage et des niveaux	10
5. Hypothèses retenues pour l'étude de flux thermiques	12
5.1. Cible	12
5.2. Caractéristiques des parois	12
5.3. Modélisation de la charge combustible	14
5.3.1. Modélisation de la zone process	14
5.3.2. Modélisation de la zone racks	14
5.3.3. Modélisation de la zone VNA	15
5.3.4. Modélisation de la zone PKT	15
6. Résultats	16
6.1. Façades Nord et Ouest	16
6.2. Façades Sud et Est	17
6.3. Synthèse.....	20
7. Conclusion	22

0. PREAMBULE

L'entrepôt couvert développé dans le cadre du projet CITADELLE est soumis à la rubrique 1510 et entre dans le périmètre de l'arrêté du 11 avril 2017 [1].

Cet arrêté a pour objectif d'assurer **(1)** la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts, **(2)** de protéger l'environnement, **(3)** d'assurer la maîtrise des effets létaux ou irréversibles sur les tiers, **(4)** de prévenir les incendies et leur propagation à l'intégralité des bâtiments ou aux bâtiments voisins, et **(5)** de permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours.

Cet arrêté prescrit dans son Annexe II un certain nombre de dispositions constructives applicables pour des projets de dimensions courantes. L'entrepôt couvert développé dans le cadre du projet CITADELLE a des dimensions atypiques pour lesquelles certaines de ces règles prescriptives ne sont pas adaptées et/ou ne peuvent être respectées compte tenu de sa conception. Sont identifiés :

- La taille des cellules supérieure à 12 000 m² ;
- Le système de désenfumage avec gestion spécifique du fait de l'activité de la présence d'une mezzanine et de pick towers ;
- Les conditions d'évacuation des travailleurs en cas d'incendie.

Dans le respect de l'article 1^{er} de cet arrêté et de l'article 5 relatif aux installations soumises à autorisation, il est nécessaire de démontrer que les adaptations spécifiques envisagées permettent d'assurer un niveau de sécurité au moins équivalent à celui résultant des prescriptions du présent arrêté (notamment en matière de risque incendie). Dans ce contexte, des études spécifiques d'ingénierie de sécurité incendie peuvent être réalisées afin de s'assurer que le niveau de sécurité global pour le est équivalent à celui résultant des prescriptions de l'arrêté du 11 avril 2017.

Pour rappel,

- l'article 1^{er} indique: « *Le présent arrêté s'applique aux entrepôts couverts déclarés, enregistrés ou autorisés au titre de la rubrique no 1510 de la nomenclature des installations classées. Cet arrêté a pour objectif d'assurer la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts, de protéger l'environnement, d'assurer la maîtrise des effets létaux ou irréversibles sur les tiers, de prévenir les incendies et leur propagation à l'intégralité des bâtiments ou aux bâtiments voisins, et de permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours. Toutefois, le service d'incendie et de secours peut, au regard des caractéristiques de l'installation (dimensions, configuration, dispositions constructives...) ainsi que des matières stockées (nature, quantités, mode de stockage...), être confronté à une impossibilité opérationnelle de limiter la propagation d'un incendie...* »
- l'article 5 indique que : « *Le préfet peut, dans les conditions prévues par l'article R. 181-54 du code de l'environnement (installations soumises à autorisation), au vu des circonstances locales et en fonction des caractéristiques de l'installation et de la sensibilité du milieu, adapter par arrêté préfectoral les prescriptions du présent arrêté. A cet effet, le pétitionnaire fournit au préfet une étude d'ingénierie incendie précisant les mesures justifiant la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, et permettant, dans le respect des objectifs fixés à l'article 1er, d'assurer un niveau de sécurité au moins équivalent à celui résultant des prescriptions du présent arrêté, notamment en matière de risque incendie. Pour l'application de cet article: – le préfet peut demander une tierce expertise en application de l'article L. 181-13 du code de l'environnement. Au vu des conclusions de cette tierce-expertise, il peut solliciter l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques; – il sollicite en tout état de cause l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques sur les demandes portant sur un volume maximum de matières susceptibles d'être stockées supérieur à 600 000 m³; – il sollicite en tout état de cause l'avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques sur le projet d'arrêté d'autorisation.* »

Ce rapport d'étude fait donc partie du lot d'études d'ingénierie spécifiques permettant d'évaluer le niveau de sécurité global du bâtiment. Plus précisément, s'agissant de l'évaluation des flux thermiques autour du site, elle concerne les objectifs suivants :

- (2)** protéger l'environnement,
- (3)** assurer la maîtrise des effets létaux ou irréversibles sur les tiers.

1. INTRODUCTION

A la demande de son client, Efectis France a été sollicité pour réaliser des études d'ingénierie dans le cadre de l'installation d'un entrepôt couvert sur le site de Fontaine (90). Ce document présente la synthèse de l'analyse des distances d'effets thermiques issus de ce bâtiment, au regard des limites de propriété.

Il s'agit d'un bâtiment de stockage de grande surface (52 000 m²) non compartimenté disposant d'une mezzanine et de pick towers, classé en rubriques 1510, 1511, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2 et soumis à autorisation.

Conformément à l'arrêté du 11 avril 2017, les parois extérieures de l'entrepôt sont éloignées des limites du site d'a minima 1,5 fois la hauteur, sans être inférieure à 20 m, à moins qu'un dispositif séparatif EI120 soit mis en place, et que l'exploitant justifie que les effets létaux (seuil des effets thermiques de 5kW/m²) restent à l'intérieur du site. Les distances sont au minimum soit celles calculées pour chaque cellule en feu prise individuellement par la méthode Flumilog, si les dimensions du bâtiment sont dans son domaine de validité, soit celles calculées par des études spécifiques dans le cas contraire.

Ce bâtiment étant spécifique en termes de dimensions, il n'entre pas dans le domaine de validité des outils de calcul standard tels que FLUMilog. C'est pourquoi, Efectis est sollicité pour réaliser l'étude spécifique des flux thermiques, en tant que co-développeur de l'outil et étant conscient des limites réelles de l'outil car détenant les connaissances pour s'en affranchir.

La figure suivante présente les limites de propriété (en rouge) du site dans lesquelles les flux à 5 kW/m² doivent être contenus.

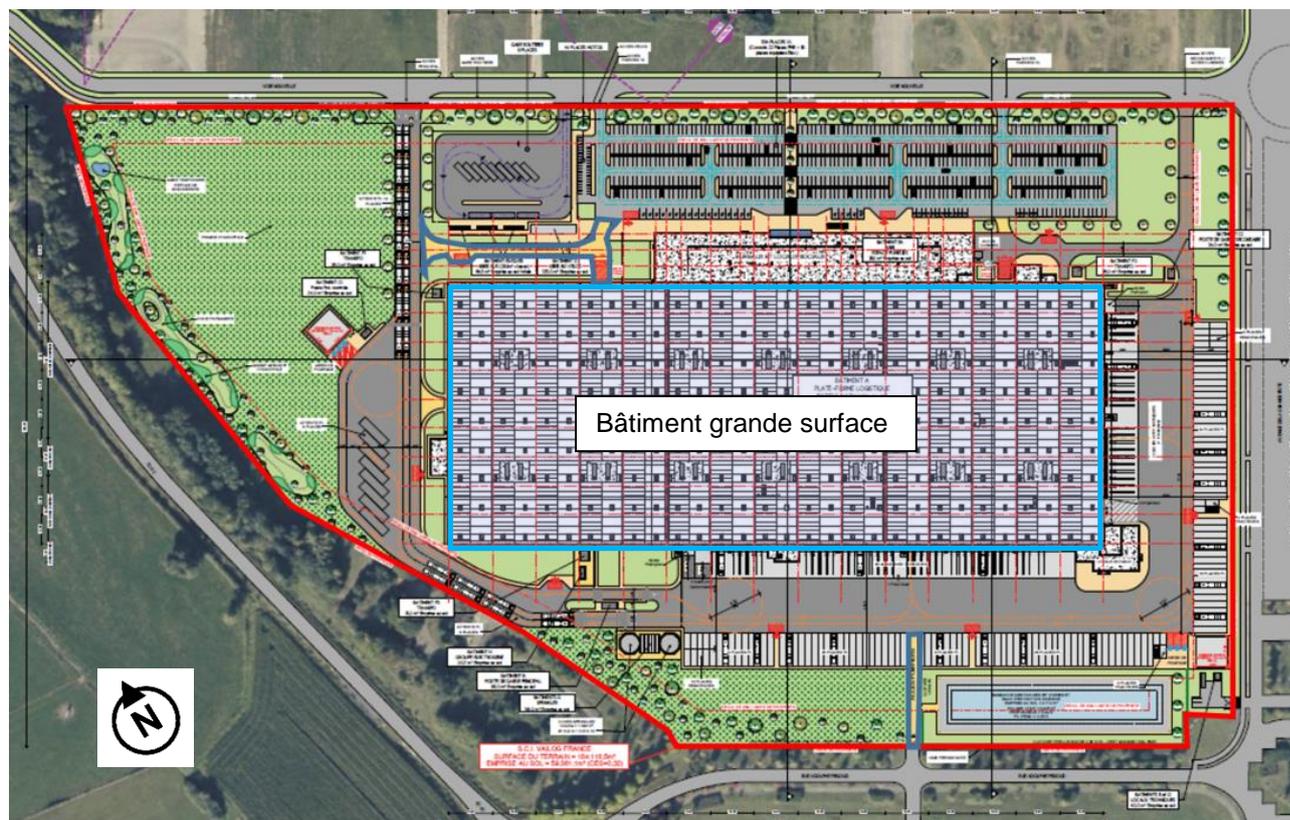


Figure 1-1 : Plan de masse du site – limites de propriété en rouge

Il peut être souligné que les flux thermiques sont étudiés sur la base d'un incendie généralisé intégrant des hypothèses permettant de conduire à des résultats sécuritaires. L'étude de désenfumage et d'évacuation réalisée en parallèle peut intégrer des hypothèses différentes toujours dans la logique de conduire à des scénarios de feu réalistes et majorants en fonction des objectifs fixés pour chaque type d'étude.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. NOR: DEVP1706393A
- [2] Plans du projet, version du 14/10/2019 :
 - 0981-V06-02- plan masse
 - 0981-V06-03- niveau P1
 - 0981-V06-03- niveau P2
 - 0981-V06-03- niveau P3
- [3] FLUMILOG - Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt – Partie A - Rapport final 04/08/2011 DRA-09-90977-14553A Version 2
- [4] Rapport Efectis – Réf. 19-00 – Etude de désenfumage – Note d'hypothèses – Version B – 30/08/2019

3. DESCRIPTION DU BATIMENT CONCERNE PAR L'ETUDE

Les dimensions du bâtiment entrepôt sont les suivantes :

- Longueur : 361,00 m ;
- Largeur : 145,00 m ;
- Surface : 52 168 m² ;
- Hauteur moyenne : 15,50 m.

L'entrepôt peut être divisé en plusieurs zones d'exploitation particulières, repérées sur les figures ci-dessous :

- Une mezzanine (en violet) à une hauteur de 6 m représentant une surface totale de 17 871 m² et comprenant :
 - o une zone de process sous son emprise
 - o trois niveaux de pick towers sur la mezzanine
- Une zone de pick towers (en vert) de cinq niveaux accolée à la mezzanine
- Un stockage en racks denses de type VNA
- Un stockage en racks classiques

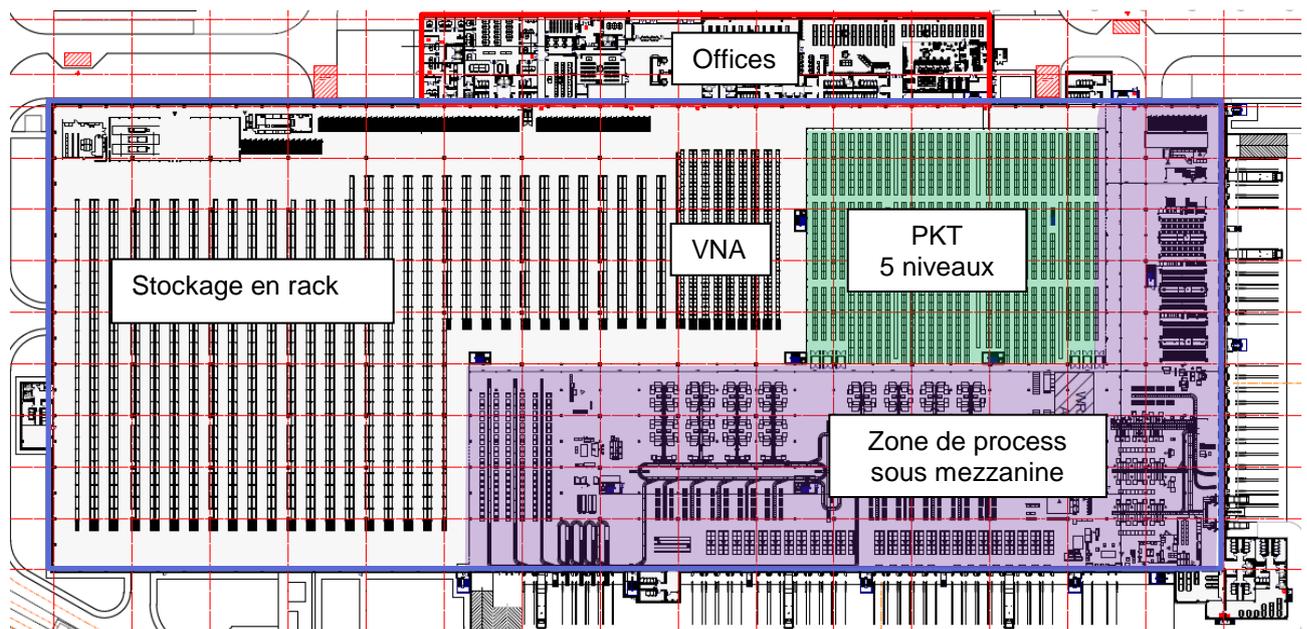


Figure 3-1 : Plan du niveau RDC – P1 (+0,00 m)

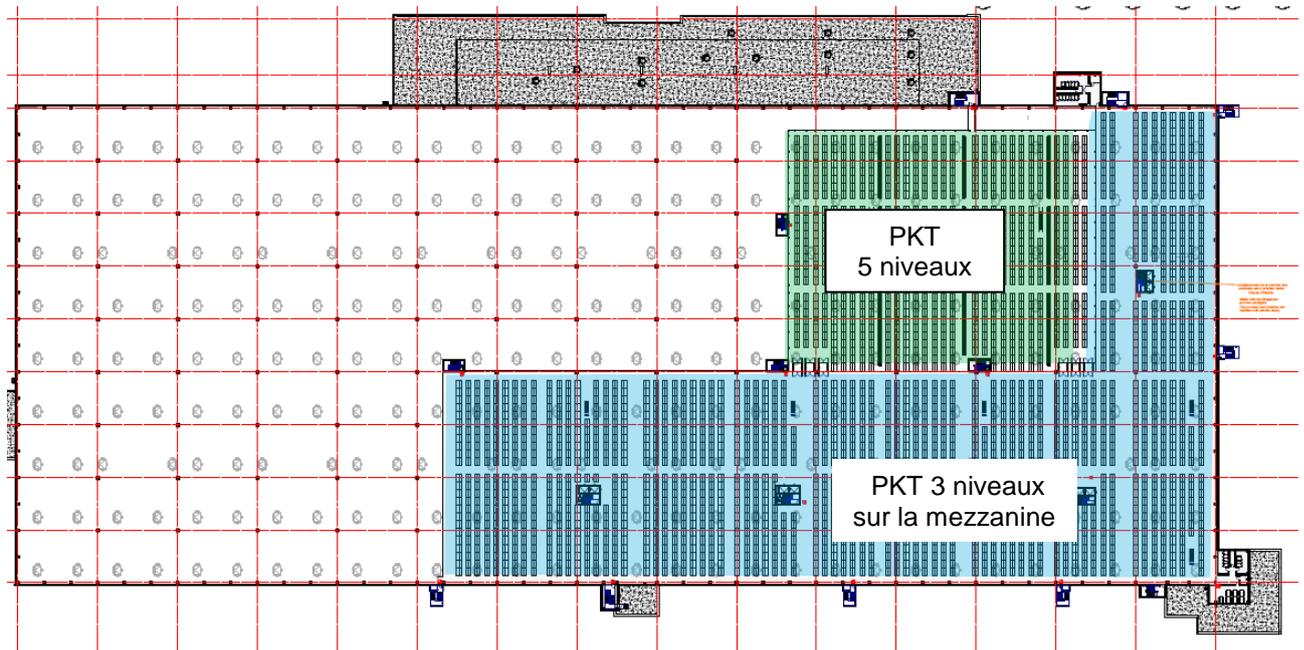


Figure 3-2 : Plan du niveau sur mezzanine – P2 (+6,00 m)

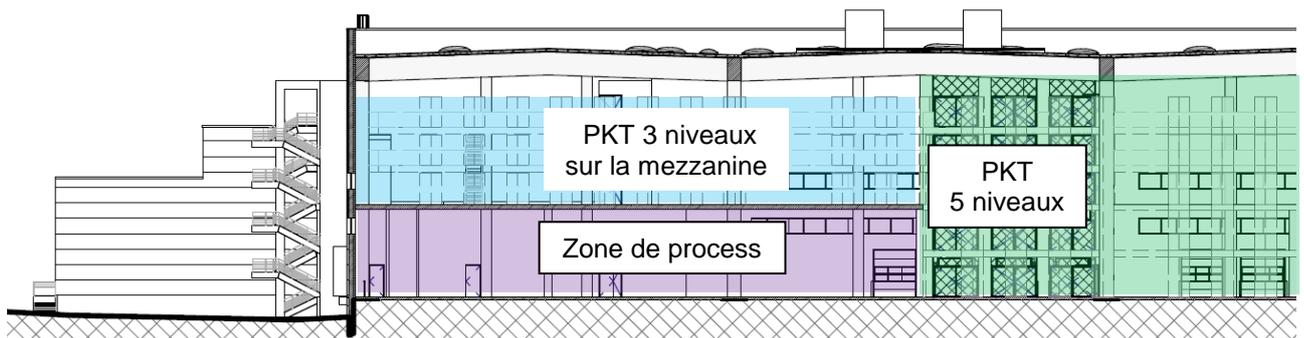


Figure 3-3 : Coupe dans l'entrepôt au niveau de la mezzanine

La mezzanine est réalisée en béton et présente une performance coupe-feu 1h (REI60). La toiture est réalisée en bac acier, sans résistance au feu.

La structure réalisée en poteaux béton est au minimum stable au feu 1 h (R60).

La façade sera constituée par un bardage métallique double peau, excepté dans la zone des quais de chargement/déchargement où une paroi béton sera mise en œuvre sur une hauteur de 4 m environ.

La zone de bureaux située au Nord du bâtiment sera traitée par une paroi REI120.

Efectis France, faisant partie des co-développeurs de l'outil FLUMilog, est conscient des différents enjeux liés aux cellules de grande hauteur, et a la possibilité de débloquer cette limite d'utilisation de hauteur de l'outil.

Ainsi, dans le cadre de cette prestation, Efectis France intervient afin d'étendre le domaine d'utilisation de l'outil FLUMilog à une cellule de plus de 200 m avec stockage hétérogène et présence d'une mezzanine et de pick towers.

4. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR L'ETUDE

L'utilisation de l'outil FLUMilog ou d'autres méthodes type murs de flamme présente des limites qui sont atteintes dans le cas du bâtiment du site de Fontaine :

1. Les dimensions sont limitées à 200 m : le bâtiment mesure 361 m de long environ ;
2. Un seul niveau de stockage ne peut être étudié à la fois : le bâtiment possède une mezzanine ;
- Un seul type de stockage ne peut être étudié à la fois : le bâtiment dispose de stockage racks, VNA, process et picktowers.

On présente la méthodologie permettant de s'affranchir des limites de l'outil, tout en proposant une approche sécuritaire.

Note : Efectis France, faisant partie des co-développeurs de l'outil FLUMilog, est conscient des différents enjeux liés aux limites de l'outil et a la possibilité d'adapter les hypothèses pour les débloquer.

4.1. DIMENSIONS SUPERIEURES A 200 M

De façon à contrer les limites concernant les dimensions de l'entrepôt, on propose de procéder à un découpage de l'entrepôt en plusieurs tronçons.

Le bâtiment possède des dimensions sortant du champ d'application FLUMilog ou d'autres outils du même type. Il est donc proposé d'étudier le bâtiment à l'aide de cellules moins longues, qui permettront par ailleurs de représenter plus justement les différentes catégories de stockage.

On présente sur la figure ci-dessous le découpage proposé. On constate ainsi que :

- La cellule virtuelle 1 est destinée au stockage rack ;
- La cellule virtuelle 2 contient à la fois du stockage rack et VNA sur toute sa hauteur dans une zone et ailleurs du process au P1 et des PKT à partir du P2 ;
- La cellule virtuelle 3 comporte les 5 niveaux de PKT ainsi que le process au P1 et les PKT à partir du P2.

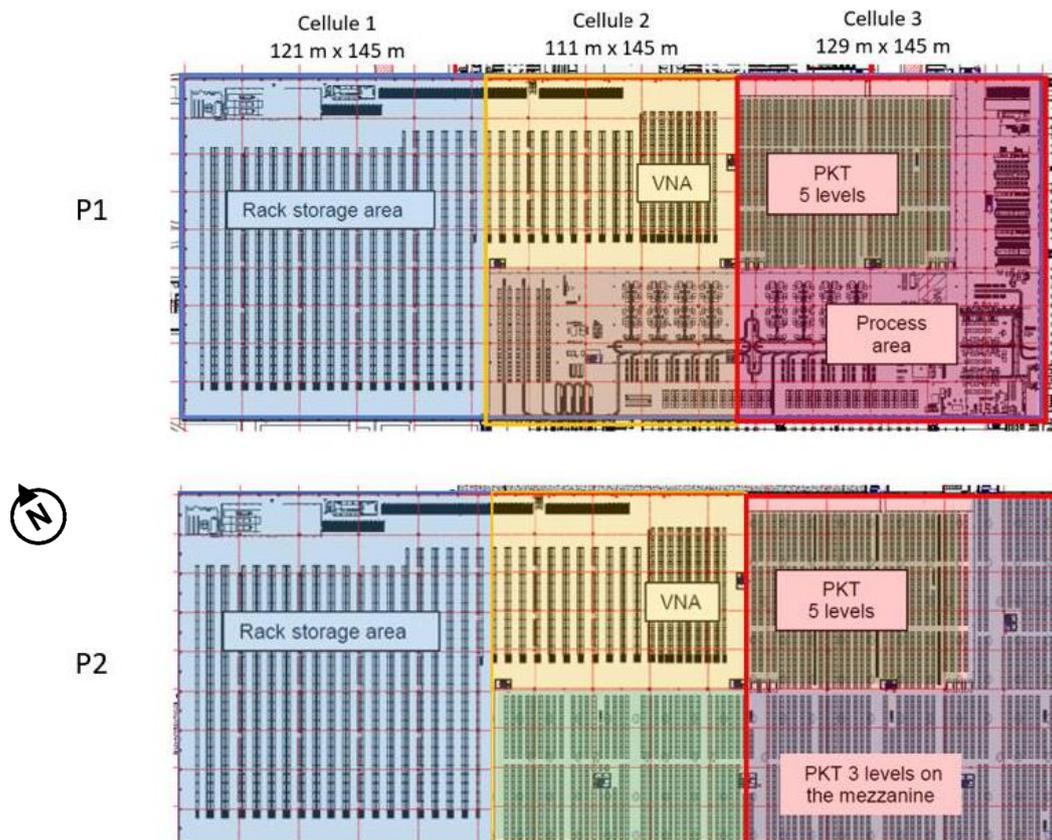


Figure 4-1 : Découpage du bâtiment en 3 cellules et représentation du stockage aux niveaux P1 et P2

4.2. GESTION DES CAS A PLUSIEURS NIVEAUX DE STOCKAGE

Dans la méthodologie FLUMilog, un seul de niveau de stockage peut être étudié à la fois. Deux solutions s'offrent généralement à l'utilisateur :

- Solution n°1 : Modéliser uniquement le dernier niveau de stockage, la durée de l'incendie étant inférieure au degré de résistance au feu du plancher ;
- Solution n°2 : Modéliser le stockage sur l'ensemble des niveaux.

Dans le cadre de l'étude du bâtiment de Fontaine, qui dispose d'une mezzanine REI60, la première solution n'apparaît pas réaliste. En effet, la propagation du feu entre niveaux apparaît possible en rive de mezzanine.

D'autre part, la seconde solution apparaît très pénalisante :

- Dans le cas d'une propagation entre niveaux, ceux-ci risquent de s'effondrer et donc de réduire la surface en feu, contrairement à un stockage toute hauteur ;
- Une quantité de matière combustible non négligeable est ajoutée au calcul lorsque l'on considère les racks toute hauteur par rapport à la quantité de matière équivalente sur chacun des niveaux, d'autant plus que la zone sous la mezzanine étant consacrée à du process, le stockage y est très limité.

Ainsi, on propose d'adopter la méthodologie suivante (solution n°3), qui apparaît comme le meilleur compromis entre les options présentées précédemment :

- Calculer les distances d'effets pour chacun des niveaux (P1 et P2), en tenant compte de leur éloignement par rapport au sol en modifiant la hauteur de cible ;
- Additionner la totalité des flux issus de chacun des niveaux, qui sont des flux maximums et majorants.

Ainsi, pour le bâtiment étudié, les caractéristiques retenues (hauteur de cellule et hauteur de cible) pour chacun des niveaux sont synthétisées dans le tableau suivant. On nomme zone 1 la représentation du niveau P1 utile aux calculs de flux thermiques et zone 2 la représentation du niveau P2 utile aux calculs de flux thermiques.

	Zone 1 (0 m)	Zone 2 (6 m)
Hauteur de cellule	6 m	9,5 m
Hauteur de cible	1,8 m	-4,2 m

Tableau 4-1 : Synthèse des caractéristiques retenues pour une cellule 2 niveaux

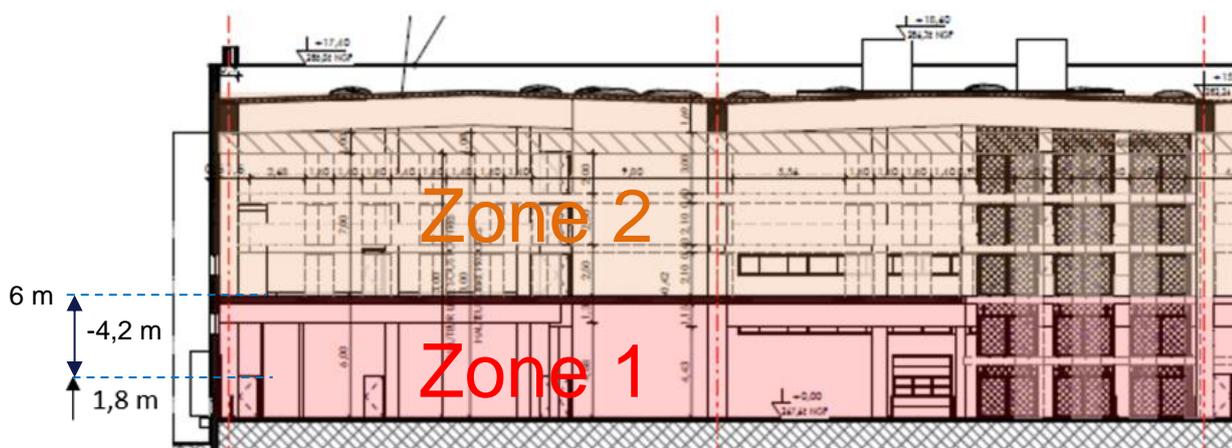


Figure 4-2 : Calcul des flux à chaque niveau tenant compte de la hauteur de stockage réelle

Les flux issus de chacun des niveaux sont ensuite additionnés à l'aide d'une addition arithmétique qui permet de considérer l'incendie généralisé à chaque niveau simultanément.

Cette méthode permet de ne pas considérer de stockage fictif dans l'espace entre les planchers et la hauteur réelle de stockage à chaque niveau. Par exemple, considérer du stockage sur toute la hauteur entre le niveau P1 et P2 (6 m) est beaucoup trop pénalisant au regard de la zone process située sous la mezzanine.

4.3. COMBINAISON DE LA DIVERSITE DE STOCKAGE ET DES NIVEAUX

Nous avons ainsi proposé précédemment de :

- Découper le bâtiment en 3 cellules ;
- Réaliser une addition des flux issus indépendamment des niveaux P1 et P2.

Toutefois, la mezzanine n'étant pas présente sur toute la surface de l'entrepôt, il est alors proposé de calculer les flux distinctement sur les différentes façades, selon que le stockage se fait toute hauteur ou non dans la cellule.

Ainsi, le calcul des flux sur les façades Nord et Ouest sera réalisé en considérant des cellules toute hauteur avec un stockage toute hauteur. Pour les façades Sud et Est, on distinguera les cellules 2 et 3 qui intègrent la mezzanine avec une addition des flux sur les niveaux P1 et P2 de la cellule 1 qui sera modélisée sur toute sa hauteur compte tenu du stockage rack sur toute la hauteur de la cellule.

On rappelle sur les figures ci-dessous la disposition du stockage en lien avec le calcul des flux sur les différentes façades.

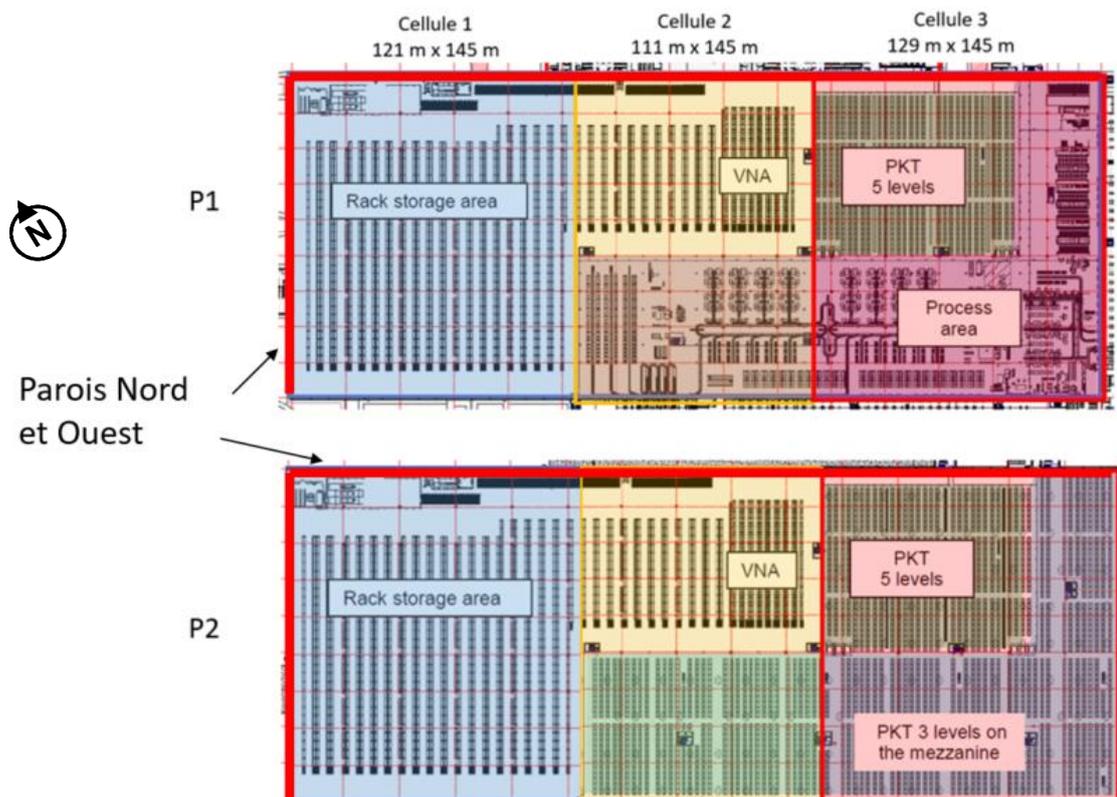


Figure 4-3 : Façades Nord et Ouest : stockage toute hauteur

Pour les façades Sud et Est, seront donc calculés indépendamment :

- Les flux issus des cellules 2 et 3 de la zone 1 (P1) ;
- Les flux issus des cellules 2 et 3 de la zone 2 (P2) ;
- Les flux issus de la cellule 1 sur toute la hauteur.

Puis, on additionnera les flux des zones 1 et 2 et enfin les flux des cellules 2 et 3 à ceux de la cellule 1.

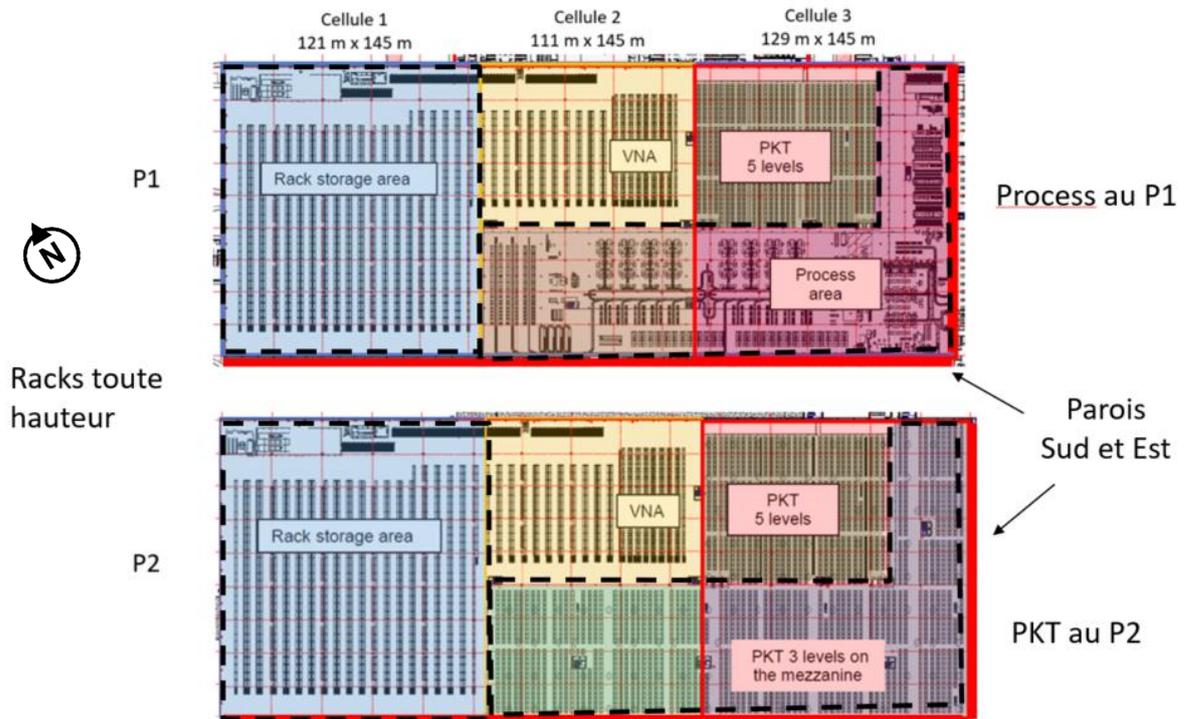


Figure 4-4 : Façades Sud et Est : addition des flux sur les niveaux P1 et P2 pour les cellules 2 et 3 – calcul des flux sur toute la hauteur de la cellule 1

5. HYPOTHESES RETENUES POUR L'ETUDE DE FLUX THERMIQUES

Ce paragraphe décrit les hypothèses détaillées retenues dans le cadre de l'étude.

5.1. CIBLE

De manière générale, on étudie les flux thermiques à hauteur d'homme, 1,8 m depuis le sol. Comme indiqué dans le Tableau 4-1, la hauteur de cible a été adaptée pour l'étude du niveau P2.

5.2. CARACTERISTIQUES DES PAROIS

On présente dans le tableau ci-dessous les caractéristiques des cellules :

- dans le cas d'une modélisation toute hauteur (flux issus des parois Nord et Ouest) ;
- dans le cas d'une modélisation sur 2 niveaux (flux issus des parois Sud et Est).

Notons que la toiture de la cellule lorsque l'on considère la zone 1 indépendamment a été considérée en fibrociment. En effet, la mezzanine ne recouvrant pas toute la surface de la zone, il a été considéré de manière sécuritaire que le combustible était très peu recouvert par la chute du plancher, d'où le choix d'une toiture fibrociment.

Par ailleurs, le niveau sous la mezzanine étant désenfumé mécaniquement, ce type de désenfumage ne peut pas être pris en compte dans l'outil FLUMilog. Ainsi, il a été considéré l'absence de désenfumage pour la zone 1.

		Cellule 1	Cellule 2	Cellule 3
Dimensions de la cellule	Longueur (m)	145	145	145
	Largeur (m)	121	111	129
	Hauteur (m)	15.5	15.5	15.5
Caractéristiques de la toiture	Résistance au feu des poutres (min.)	1	1	1
	Résistance au feu des pannes (min.)	1	1	1
	Matériau constituant la couverture	Bac acier	Bac acier	Bac acier
	% d'exutoires en surface utile	2 %	2 %	2 %
Nature et résistance des structures supports de façade	Structure support	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton
	Résistance au feu de la structure support (min.)	60	60	60
	Matériau	Bardage panneaux sandwich	Bardage panneaux sandwich	Bardage panneaux sandwich
	Etanchéité aux gaz chauds (min.)	1	1	1
	Critère d'isolation de paroi (min.)	1	1	1
	Résistance des fixations (min.)	1	1	1

Tableau 5-1 : Synthèse des données concernant la partie entrepôt – cellules toute hauteur

Pour les cas où les cellules 2 et 3 sont découpées sur 2 niveaux, la nature et résistance des structures supports et façades restent identiques. On détaille en revanche les autres hypothèses qui évoluent ci-dessous.

			Cellule 2	Cellule 3
Zone 1	Dimensions de la cellule	Longueur (m)	145	145
		Largeur (m)	111	129
		Hauteur (m)	6	6
	Caractéristiques de la toiture	Résistance au feu des poutres (min.)	1	1
		Résistance au feu des pannes (min.)	1	1
		Matériau constituant la couverture	Fibrociment	Fibrociment
	% d'exutoires en surface utile	0 %	0 %	
Zone 2	Dimensions de la cellule	Longueur (m)	145	145
		Largeur (m)	111	129
		Hauteur (m)	9.5	9.5
	Caractéristiques de la toiture	Résistance au feu des poutres (min.)	1	1
		Résistance au feu des pannes (min.)	1	1
		Matériau constituant la couverture	Bac acier	Bac acier
	% d'exutoires en surface utile *	2 %	2 %	

Tableau 5-2 : Synthèse des données concernant la partie entrepôt – zones 1 et 2

5.3. MODELISATION DE LA CHARGE COMBUSTIBLE

Le bâtiment contient 4 types de stockage distincts :

- Zone process ;
- Zone racks ;
- Zone VNA ;
- Zone PKT.

On décrit ci-dessous la prise en compte de chacun de ces stockages avec le logiciel FLUMilog.

Concernant le type de combustible, on propose de retenir un stockage de type 1510 ou 2662, les entrepôts étant classés sous cette rubrique. Par ailleurs, on notera que la rubrique 2662 est sécuritaire vis-à-vis du stockage réellement effectué, qui ne sera jamais composé à 100 % de 2662.

Le fait de considérer les rubriques 1510 et 2662 à l'aide de l'outil FLUMilog permet de couvrir également les rubriques 2663 (identique à la 2662) et les rubriques 1530 et 1532 qui sont couvertes par la rubrique 1510.

5.3.1. Modélisation de la zone process

Bien que cette zone ne représente pas un volume de stockage important au regard des autres niveaux, on propose de déterminer l'impact d'un feu dans cette partie sur la cartographie des flux et de modéliser cette zone de process à l'aide de stockage masse, avec une hauteur de stockage de 1,5 m.

Selon que la densité de stockage est plus moins importante, les distances d'effets ont plus ou moins d'emprise sur le terrain. On choisit donc de considérer de manière sécuritaire une emprise du stockage d'environ 67 % de la surface totale du niveau.

Ce taux d'occupation a été choisi relativement à l'implantation des zones de travail qui est inférieur au 2/3 de la surface du niveau concerné. La taille des îlots a été déterminée de façon à obtenir le taux d'occupation souhaité.

Les hypothèses retenues pour la modélisation sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Stockage	Stockage Process
Largeur des îlots	5 m
Longueur des îlots	5 m
Hauteur des îlots	1,5 m
Largeur d'allées	1 m

Tableau 5-3 : Synthèse du stockage process

5.3.2. Modélisation de la zone racks

Dans la cellule 1, qui reçoit uniquement du stockage racks, il s'agit d'une modélisation classique avec les hypothèses suivantes.

Stockage	Stockage Racks – cellule 1
Longueur de stockage	107 m
Nombre de doubles racks	18 m
Largeur d'un double rack	2,5 m
Nombre de simples racks	2
Largeur d'allées entre les racks	3,5 m
Hauteur maximum de stockage	13 m

Tableau 5-4 : Synthèse du stockage racks

5.3.3. Modélisation de la zone VNA

Ce type de stockage n'est présent que dans la cellule 2. A surface équivalente, ce type de stockage représente une quantité de combustible plus importante que le stockage PKT qui est également présent dans cette cellule.

N'étant possible de représenter qu'un type de stockage par cellule, c'est le stockage de type VNA qui est considéré dans cette cellule, sur toute la surface de stockage (VNA + PKT).

Stockage	Stockage VNA – cellule 2
Longueur de stockage	128 m
Nombre de doubles racks	30 m
Largeur d'un double rack	2,3 m
Largeur d'allées entre les racks	1,5 m
Hauteur maximum de stockage	13 m / 7 m*

Tableau 5-5 : Synthèse du stockage racks

*Dans le cas de la cellule toute hauteur, le stockage considéré est de 13 m de hauteur, dans le cas de la modélisation de la zone 2 uniquement, il est considéré une hauteur de stockage de 7 m.

5.3.4. Modélisation de la zone PKT

Il s'agit du stockage présent dans la cellule 3, pour lequel les hypothèses suivantes sont retenues.

Stockage	Stockage PKT – cellule 3
Longueur de stockage	140 m
Nombre de doubles racks	139 m
Largeur d'un double rack	1,4 m
Largeur d'allées entre les racks	1,7 m
Hauteur maximum de stockage	13 m / 7 m*

Tableau 5-6 : Synthèse du stockage racks

*Dans le cas de la cellule toute hauteur, le stockage considéré est de 13 m de hauteur, dans le cas de la modélisation de la zone 2 uniquement, il est considéré une hauteur de stockage de 7 m.

6. RESULTATS

On présente ci-après les résultats des calculs de flux à une hauteur cible de 1,8 m au niveau du sol.

6.1. FAÇADES NORD ET OUEST

Pour rappel, il s'agit ici des calculs sur les cellules toute hauteur. Il est considéré une résistance au feu des parois nulle entre cellules, qui correspond ainsi à un incendie généralisé de tout le bâtiment.

Les flux issus de cet incendie sont implantés sur le plan de masse du site, pour les cas de stockage en rubrique 1510 et 2662.

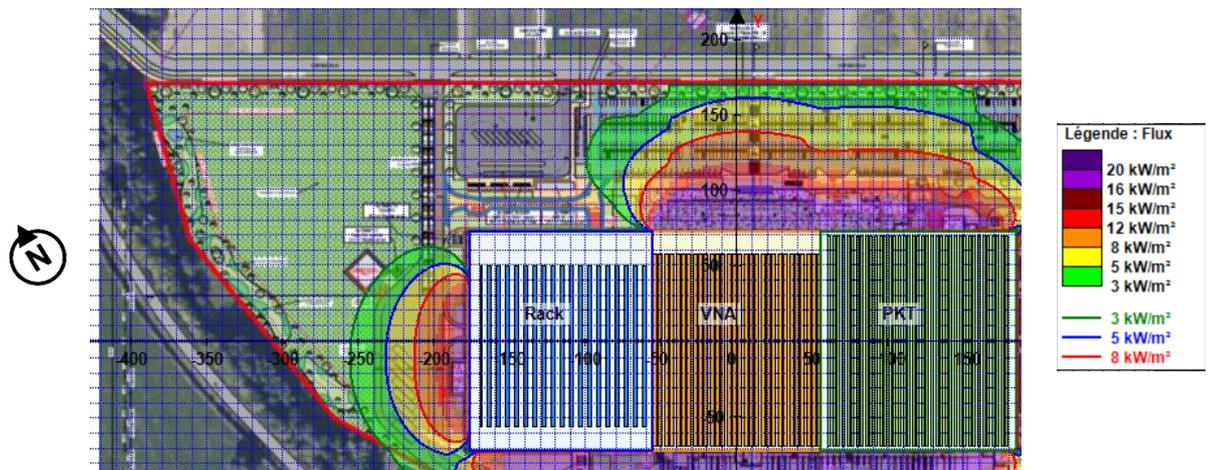


Figure 6-1 : Flux issus d'un incendie de stockage 1510 au niveau des parois Nord et Ouest

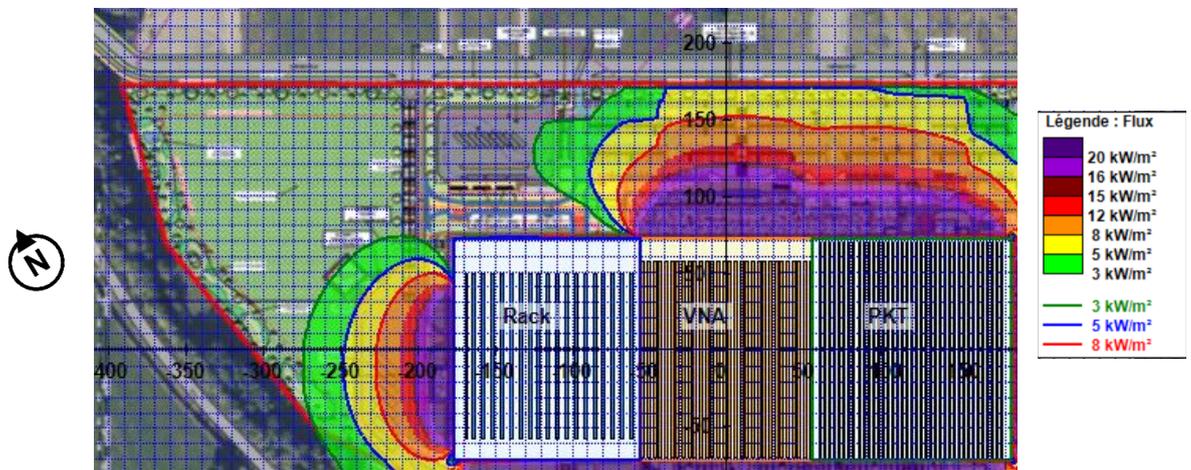


Figure 6-2 : Flux issus d'un incendie de stockage 2662 au niveau des parois Nord et Ouest

On constate que les flux supérieurs à 5 kW/m² sont contenus dans les limites de propriétés pour le stockage de type 1510 mais pas pour le stockage de type 2662.

Dans ces conditions, il est proposé de considérer des parois REI60 au Nord et à l'Ouest à la place des parois sans caractère coupe-feu initialement prévues. Les résultats correspondant à cette configuration sont présentés ci-dessous.

Comme le montrent les figures ci-dessous, le fait de considérer des parois REI60 permet d'atteindre l'objectif recherché, à savoir un maintien des flux supérieurs à 5 kW/m² dans les limites de propriété.

En ce qui concerne le morceau de façade Nord au niveau du stockage rack, il n'a pas besoin d'être traité, le déport entre la paroi et le stockage étant suffisamment important pour que la paroi ne soit pas sollicitée en cas d'incendie.

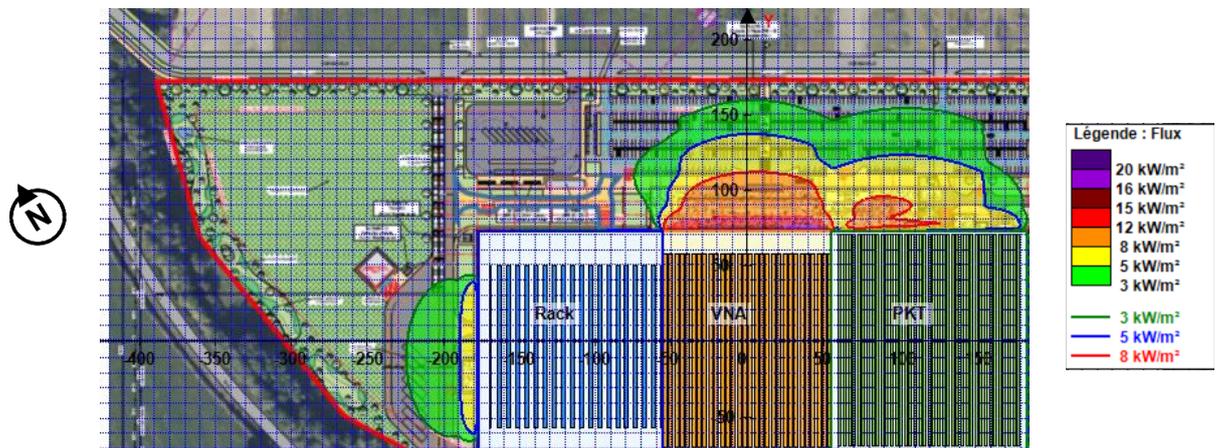


Figure 6-3 : Flux issus d'un incendie de stockage 1510 au niveau des parois Nord et Ouest
- parois REI60

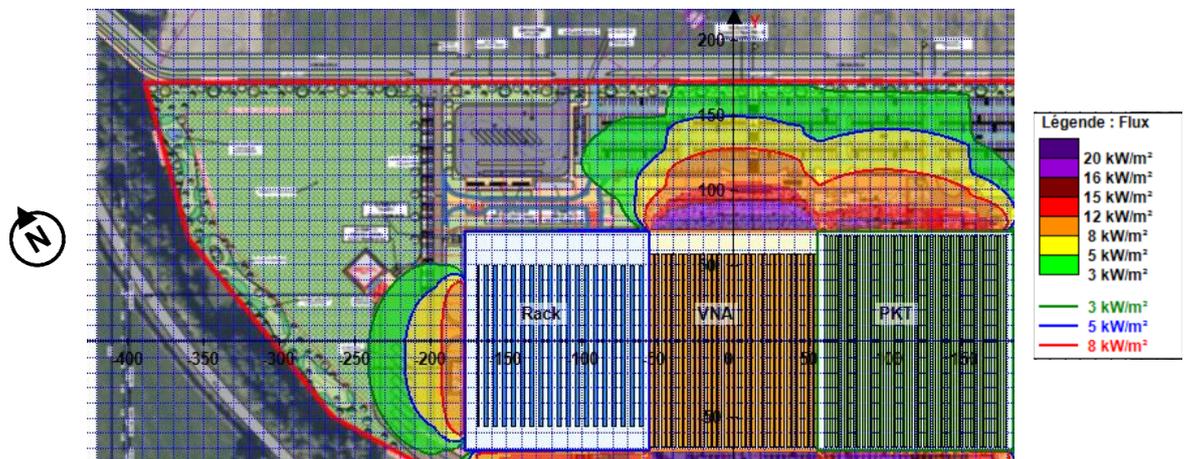


Figure 6-4 : Flux issus d'un incendie de stockage 2662 au niveau des parois Nord et Ouest
- parois REI60

6.2. FAÇADES SUD ET EST

Pour rappel dans le cas des façades Sud et Est, sont calculés indépendamment :

- Les flux issus des cellules 2 et 3 de la zone 1 ;
- Les flux issus des cellules 2 et 3 de la zone 2 ;
- Les flux issus de la cellule 1 sur toute la hauteur.

On présente ci-dessous les résultats de calcul de ces cellules prises indépendamment les unes des autres.

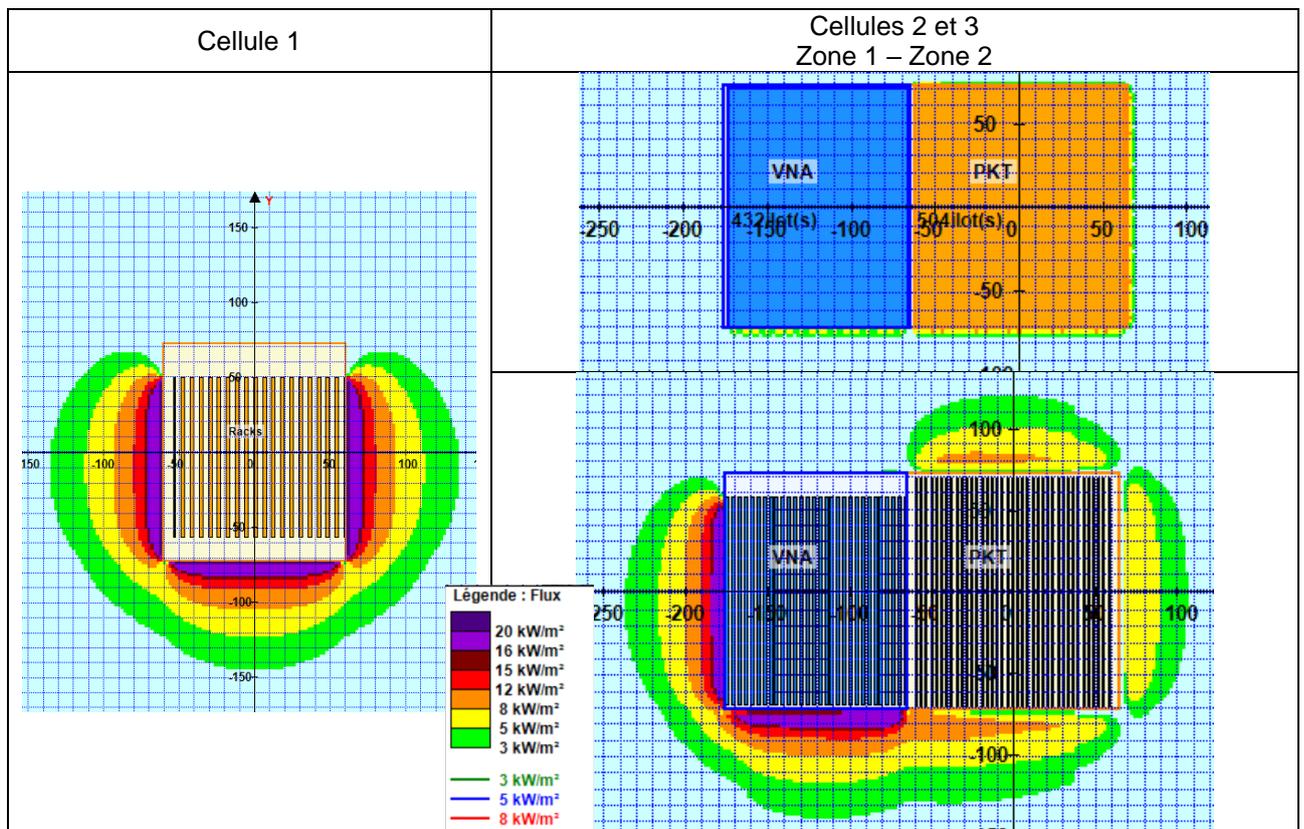


Figure 6-5 : Flux thermiques issus des cellules seules – stockage 1510

Ensuite, on somme les flux des zones 1 et 2 entre eux puis ces derniers sont additionnés à ceux de la cellule 1. On obtient alors la cartographie suivante pour les façades Sud et Est.



Figure 6-6 : Flux issus d'un incendie de stockage 1510 au niveau des parois Sud et Est

De la même façon, on présente les résultats pour un stockage de type 2662.

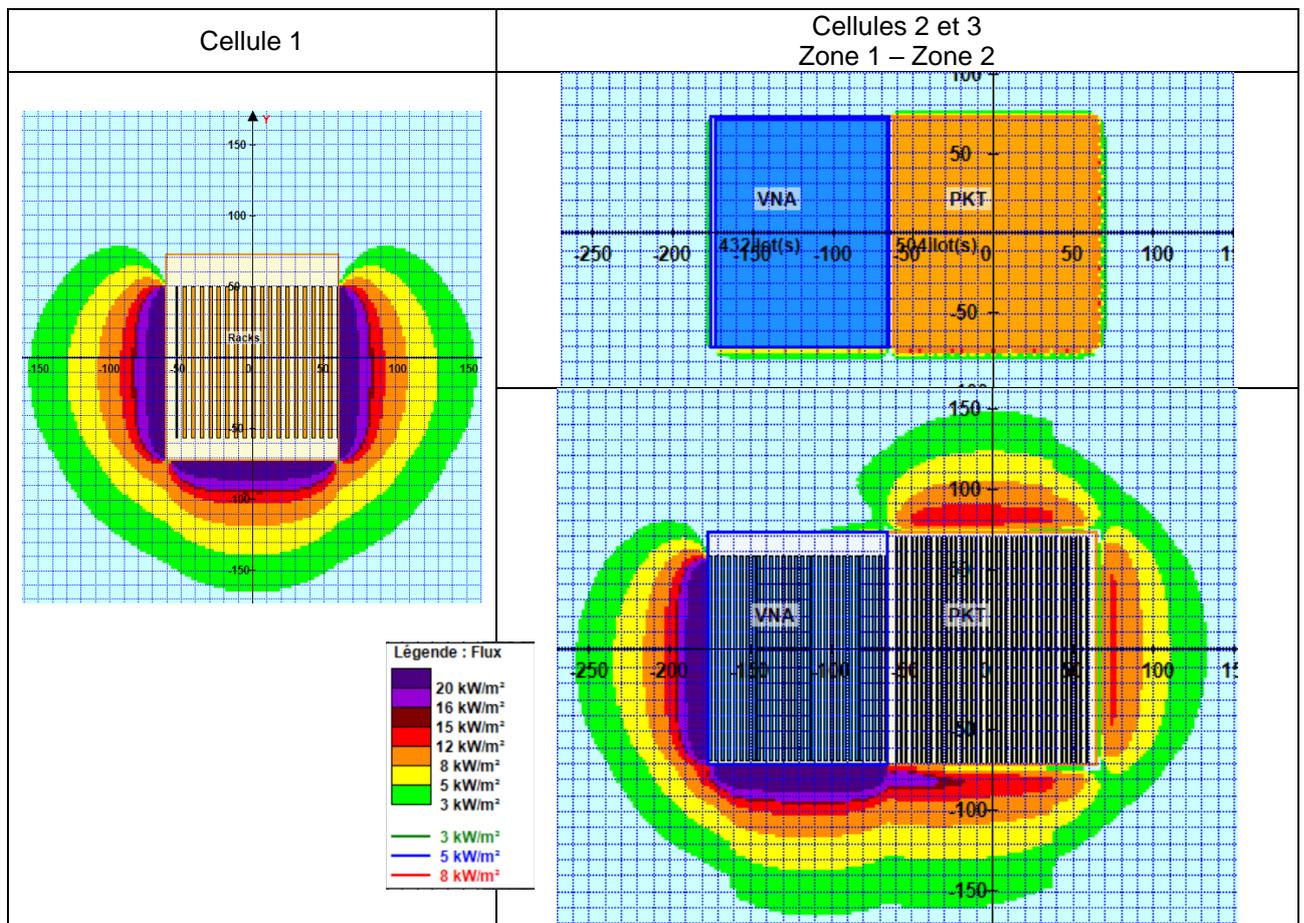


Figure 6-7 : Flux thermiques issus des cellules seules – stockage 2662

Ensuite, on somme les flux des zones 1 et 2 entre eux puis ces derniers sont additionnés à ceux de la cellule 1. On obtient alors la cartographie suivante pour les façades Sud et Est.



Figure 6-8 : Flux issus d'un incendie de stockage 2662 au niveau des parois Sud et Est

Pour les deux configurations de stockage, on observe que l'objectif n'est pas atteint au niveau de la paroi Sud. On propose donc de modifier la paroi Sud de la cellule 1 avec une caractéristique REI60.

On présente sur les figures ci-dessous les résultats associés à cette nouvelle configuration, implantés sur le plan de masse.



Figure 6-9 : Flux issus d'un incendie de stockage 1510 au niveau des parois Sud et Est
- paroi Sud cellule 1 REI60



Figure 6-10 : Flux issus d'un incendie de stockage 2662 au niveau des parois Sud et Est
- paroi Sud cellule 1 REI60

On conclut d'après ces images que les flux supérieurs à 5 kW/m² sont contenus dans les limites de propriété ou les affleurent selon le cas. Ainsi, cette solution permet d'atteindre l'objectif recherché.

6.3. SYNTHÈSE

D'après l'analyse des résultats précédents, il apparaît nécessaire de mettre en œuvre des bardages EI60 sur certaines façades du bâtiment de façon à contenir les flux supérieurs à 5 kW/m² dans les limites de propriété.

Il convient a minima de mettre en œuvre les linéaires de façade suivant EI60, tel que représenté sur la Figure 6-11 :

- 240 m sur la façade Nord depuis le bord Est ;
- 145 m sur la façade Sud depuis le bord Ouest ;
- Toute la façade Ouest.

Note : les baies présentes dans les murs EI60 pourront être conservées sans performance au feu.



Figure 6-11 : Localisation des façades devant être REI60 sur toute la hauteur

Dans cette configuration, les flux issus d'un incendie généralisé du bâtiment pour un stockage 1510 ou 2662 sont ceux représentés sur le plan de masse suivant.

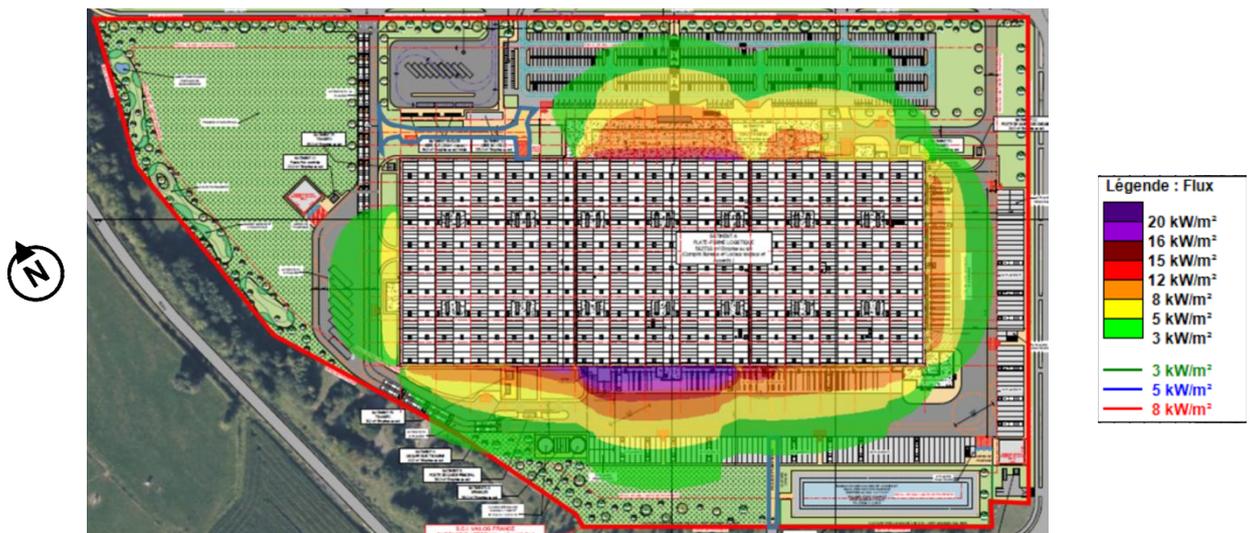


Figure 6-12 : Flux thermiques issus de l'incendie généralisé du bâtiment – stockage 1510

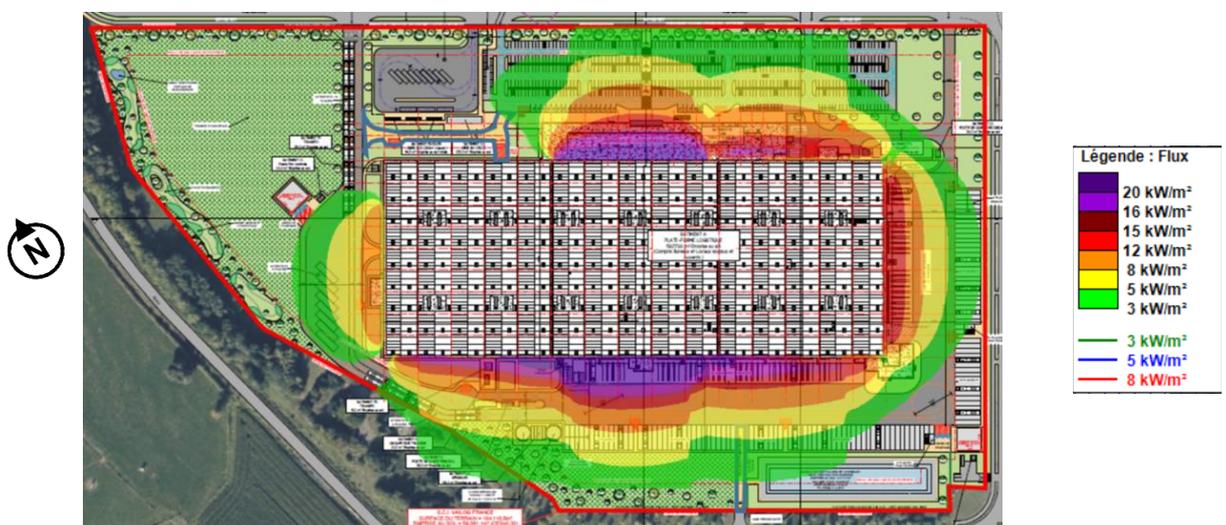


Figure 6-13 : Flux thermiques issus de l'incendie généralisé du bâtiment – stockage 2662

7. CONCLUSION

Ce rapport s'est attaché à présenter les hypothèses et résultats relatifs à l'évaluation des flux thermiques issus d'un incendie généralisé dans le bâtiment de grande surface du site de Fontaine.

L'étude a montré que les flux supérieurs à 5 kW/m² étaient contenus dans les limites de propriété du site en considérant les paramètres suivants :

- Hauteur de stockage en zone process : 1,5 m ;
- Densité de la zone process : 67 % ;
- Hauteur de stockage des zones racks, VNA et PKT : 13 m ;
- Structure R60 et parois REI60 telles que localisées sur la Figure 6-11, à savoir :
 - o 240 m sur la façade Nord depuis le bord Est ;
 - o 145 m sur la façade Sud depuis le bord Ouest ;
 - o Toute la façade Ouest.

X - EFECTIS FRANCE -
INGENIERIE DU COMPORTEMENT AU FEU DES STRUCTURES

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE



SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



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

Note Technique
Principes structuraux
Mode de ruine

Référence : 19-002237-XDU
Affaire : 19-003152-ME

ETUDE D'INGENIERIE DANS LE CADRE DE L'INSTALLATION D'UNE PLATEFORME LOGISTIQUE SUR LE SITE DE FONTAINE (90)

**INGENIERIE DU COMPORTEMENT AU FEU DES STRUCTURES :
NOTE TECHNIQUE SUR LES PRINCIPES STRUCTURAUX ET LES ETUDES DE MODE DE RUINE**

Client demandeur ARCHI FACTORY

Référence et date de commande /

Projet VAILOG CITADELLE

Date : 18 octobre 2019
Indice de révision : A
Nombre de pages : 17

Auteur(s) :
Xavier DUPONCHEL

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	18/10/2019	Version initiale

Ce document annule et remplace toutes les versions précédentes

SOMMAIRE

1. Introduction.....	4
2. Documents de référence	5
3. Objectifs de sécurité et critères associés aux exigences réglementaires.....	6
4. Méthodologie associée aux objectifs de sécurité	7
5. Description du bâtiment.....	7
5.1.Généralités	7
5.2.Description de la structure.....	9
5.3.Exploitation et stockage.....	11
6. Comportement au feu de la structure du bâtiment.....	12
6.1.Rappel des phénomènes	12
6.2.Principes constructifs du bâtiment projet pour satisfaire les objectifs de résistance au feu	13
6.3.Synthèse.....	16
7. Conclusion	17

1. INTRODUCTION

A la demande de son client, Efectis France a été sollicité pour réaliser des études d'ingénierie dans le cadre de l'installation d'une plateforme logistique sur le site de FONTAINE (90).

En accord avec l'arrêté du 11 avril 2017 [6], Efectis France est sollicité sur le bâtiment de stockage de grande surface (52 000 m² environ) non compartimentée disposant de plusieurs modes de stockage intérieur (racks, mezzanine, pick towers...).

Cet arrêté a pour objectif d'assurer la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts, de protéger l'environnement, d'assurer la maîtrise des effets létaux ou irréversibles sur les tiers, de prévenir les incendies et leur propagation à l'intégralité des bâtiments ou aux bâtiments voisins, et de permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours.

Dans le cadre de la construction de la plateforme logistique sur le site de FONTAINE (90), les études d'ingénierie suivantes sont réalisées par Efectis :

- Etude de flux thermiques au voisinage ;
- Etude d'ingénierie de désenfumage ;
- Etude d'ingénierie d'évacuation ;
- Etude d'ingénierie du comportement au feu des structures.

Ce bâtiment étant spécifique en termes de dimensions, il n'entre pas dans le périmètre de certaines des dispositions prescriptives de l'annexe II de l'arrêté du 11 avril 2017 [6]. Des adaptations sont par conséquent nécessaires.

Ce document présente, pour la partie concernant le comportement au feu des structures, les principes structuraux retenus ainsi que les objectifs recherchés.

Cette note sera complétée, avant mise en service de l'installation, par le rapport d'étude d'ingénierie du comportement au feu des structures démontrant l'atteinte des objectifs de sécurité. En fonction des résultats obtenus, les principes constructifs proposés dans la présente note de principe pourront être adaptés pour répondre aux exigences.

Enfin, il peut être souligné que les hypothèses prises en compte dans le cadre de cette étude qui concerne la partie comportement au feu des structures peuvent être différentes de celles retenues pour les autres études (désenfumage et évacuation des personnes, flux thermiques) ainsi que celles mentionnées dans l'étude de dangers car elles constituent les hypothèses les plus pénalisantes à retenir vis-à-vis des objectifs recherchés pour ce sujet spécifique.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Plans du projet du 14/10/2019 :
 - a. 0981-V06-S-EXT-TOTAL
 - b. 0981-V06-ST-SP-TOTAL
 - c. 0981-V06-02-Plan Masse
 - d. 0981-V06-03-Niveau P1
 - e. 0981-V06-04-Niveau P2
 - f. 0981-V06-05-Niveau P3
 - g. 0981-V06-07 - LOCAUX SOCIAUX P1-P2
 - h. 0981-V06-08 – COUPES
 - i. 0981-V06-09 – FACADES
 - j. 0981-V06-10 - BATIMENTS ANNEXES - BATIMENTS B - C1 - C2 – D
 - k. 0981-V06-11 - BATIMENTS ANNEXES - BATIMENTS E - F – G
 - l. 0981-V06-12 - BATIMENTS ANNEXES - BATIMENTS H – I
 - m. 2020_TNS_TEMPLATE_EU80_05_ELEVATION_09_23_2019
 - n. FMDS 08-01 COMMODITY CLASSIFICATION
- [2] 0567_VAILOG_CITADELLE_FOUNDATIONS MEMO_ind0 – 07/10/2019
- [3] 0567_VAILOG_CITADELLE_MEZZANINE STRUCTURAL PRINCIPLE MEMO_ind0 – 07/10/2019
- [4] User's manual for SAFIR 2019. A computer program for analysis of structures subjected to fire by J.M. Franssen & T. Gernay - User's manual for SAFIR 2019 – January 2019
- [5] Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide. K.B. McGrattan, H.R. Baum, R.G. Rehm, G.P. Forney, J.E. Floyd, K. Prasad, and S. Hostikka –Technical Report NISTIR 6783, 2007.
- [6] Arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. NOR: DEVP1706393A
- [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] Règles FB – Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton – P92-701 Décembre 1993

3. OBJECTIFS DE SECURITE ET CRITERES ASSOCIES AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES

L'étude a pour objectif de vérifier si la configuration du bâtiment respecte des niveaux de sécurité satisfaisants vis-à-vis de l'évacuation des personnes et de l'intervention des services de secours.

Les prescriptions techniques associées à respecter en ce qui concerne la résistance au feu des éléments sont décrites dans l'annexe II de l'arrêté du 11 avril 2017 (dispositions constructives). Parmi les dispositions prescrites on retrouve des exigences concernant la structure et notamment ce que l'on peut appeler les modes de ruines de la structure en cas d'incendie. Le paragraphe 4 de l'annexe II de l'arrêté indique :

« Les dispositions constructives visent à ce que la cinétique d'incendie soit compatible avec l'évacuation des personnes, l'intervention des services de secours et la protection de l'environnement. Elles visent notamment à ce que la ruine d'un élément de structure (murs, toiture, poteaux, poutres par exemple) suite à un sinistre n'entraîne pas la ruine en chaîne de la structure du bâtiment, notamment les cellules de stockage avoisinantes, ni de leurs dispositifs de recoupement, et ne conduit pas à l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu. »

Dans les cas d'adaptation de la réglementation demandée par le pétitionnaire, dans le cadre de l'article 5 pour les installations soumises à autorisation, la justification des dispositions envisagées peut être réalisée par le biais d'une étude d'ingénierie spécifique précisant et justifiant les mesures permettant l'atteinte de ces objectifs généraux de sécurité.

En termes de résistance au feu des structures, il est donc nécessaire de démontrer que la cinétique de l'incendie est compatible avec l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours et que les principes constructifs retenus évitent la ruine d'éléments de structure vers l'extérieur et la ruine en chaîne des dispositifs de recoupement.

Ces objectifs peuvent se traduire, pour le bâtiment du projet CITADELLE sous la forme de plusieurs exigences fonctionnelles :

- Critère de non effondrement prématuré et non ruine en chaîne : la ruine d'un élément structurel du bâtiment suite à un sinistre a lieu après l'évacuation du personnel et n'engendre pas de ruine en chaîne (effondrement dans des zones où les conditions de tenabilité autorisent encore la présence de personnel où des services de secours).
- Critère de non effondrement vers l'extérieur : La ruine des éléments structurels ne conduit pas à l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu, ce qui conduirait à des risques pour les personnels d'intervention au cours de leur lutte à l'extérieur du bâtiment.
- Critère sur le compartimentage : La ruine d'un élément structurel n'entraîne pas la ruine prématurée du dispositif de recoupement (mur séparatif entre zone bureau et stockage).

La structure objet de la présente note comprend l'ensemble de l'ossature béton du bâtiment de stockage, mezzanine comprise. L'examen du mode de ruine des éléments de stockage intérieur, picktowers notamment, ne fait pas l'objet de la présente note. Toutefois, ces éléments pouvant reposer sur le plancher intermédiaire de la mezzanine, le concepteur de l'ouvrage devra s'assurer que l'effondrement des picktowers n'entraîne pas la ruine du plancher béton qui les supporte.

La vérification des critères dépend, entre autres, de la durée d'évacuation du personnel, des conditions de tenabilité dans les volumes, des scénarios de feu envisagés et de la réponse de la structure aux sollicitations thermiques.

On s'attachera dans cette note à présenter les spécificités des phénomènes en jeu vis-à-vis des exigences à vérifier. Seront également détaillés les principes constructifs retenus dans le but de vérifier ces critères.

4. METHODOLOGIE ASSOCIEE AUX OBJECTIFS DE SECURITE

Concernant les objectifs de sécurité présentés au §3 et leurs critères associés, il s'agira de réaliser les étapes suivantes :

- Identifier les scénarios incendie les plus probables et défavorables vis-à-vis des éléments structuraux. Les scénarios de feu étudiés pour analyser les conditions d'enfumage dans le bâtiment pourront être utilisés dans le cadre des études concernant le comportement au feu des structures.
- Modéliser ces scénarios avec le logiciel FDS [5]. Cela permettra de déterminer les actions thermiques sur les éléments structurels avec une répartition temporelle et spatiale.
- Modéliser les éléments de structure de l'entrepôt en deux ou trois dimensions à l'aide du logiciel thermo-élasto-plastique aux éléments finis SAFIR [4], en considérant les lois de comportement définies dans l'Eurocode 2 partie 1.2 [7] (structures en béton) :
 - o Réaliser les calculs de transfert thermique en prenant en compte la nature des éléments structurels et les actions thermiques déterminées précédemment ;
 - o Réaliser les calculs de déformation de la structure à chaud afin d'analyser le comportement thermomécanique de la structure et de s'assurer que les critères de performance définis au §3 sont bien vérifiés.

5. DESCRIPTION DU BATIMENT

5.1. GENERALITES

Le projet est divisé en deux bâtiments, un bâtiment entrepôt comportant le stockage et les zones de process et un bâtiment de bureaux. La zone de bureaux est séparée par une paroi REI 120 de la zone « process ». Cette zone de bureaux ne fait pas partie des études confiées à Efectis.

Les dimensions du bâtiment entrepôt sont les suivantes :

- longueur : 361 m ;
- largeur : 145 m ;
- surface : environ 52 000 m² ;
- hauteur moyenne : 17,4 m à l'acrotère, hauteur moyenne 15,9 m.

La figure suivante présente le niveau rez-de-chaussée du bâtiment. On distingue le bâtiment principal de la zone bureaux et locaux sociaux (BLS)

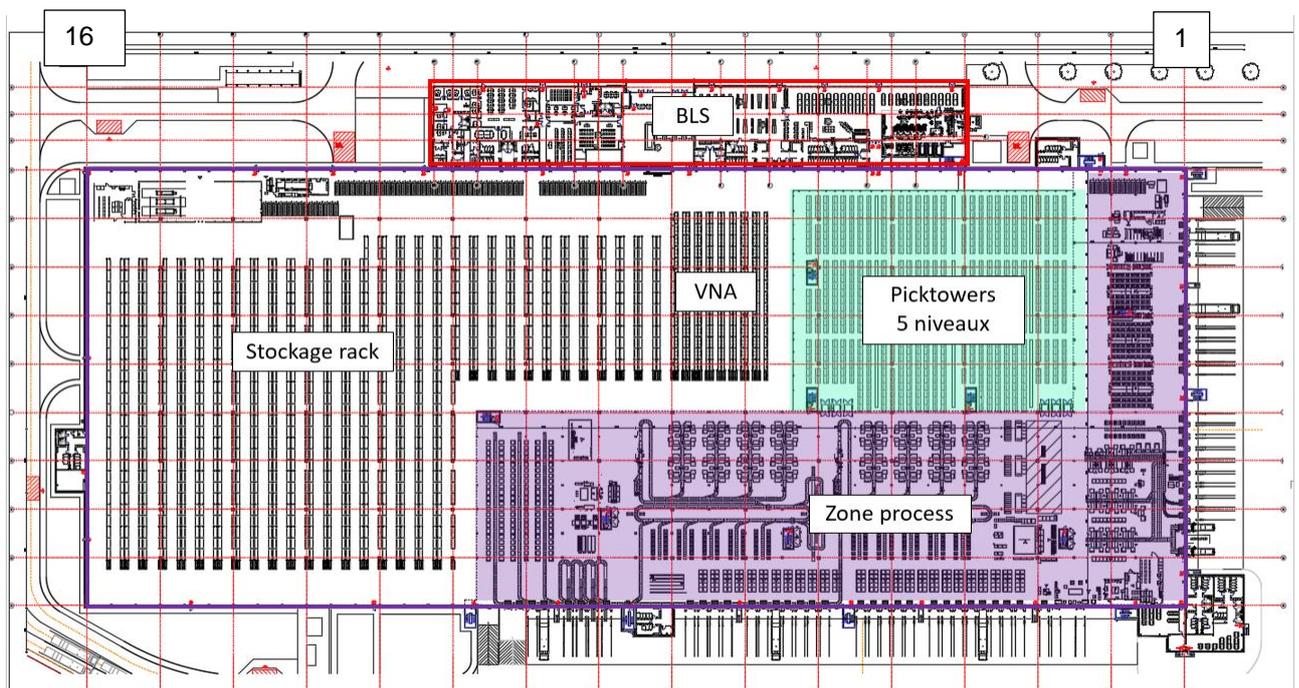


Figure 5-1 : Plan du rez-de-chaussée (niveau P1)

Le bâtiment comporte une mezzanine en béton, située au-dessus de la zone process repérée sur la Figure 5-1. Le plancher béton de cette mezzanine se trouve au même niveau qu'un des planchers intermédiaires des picktowers et forme le niveau P2, comme illustré à la figure suivante.

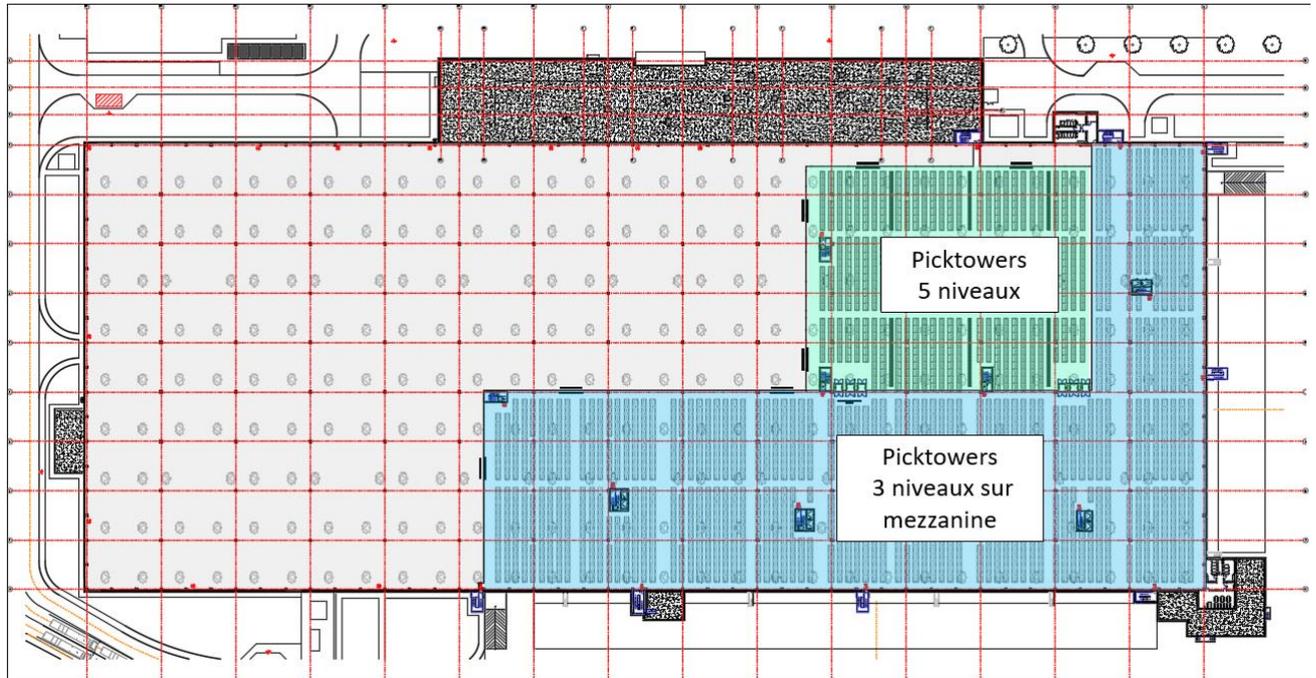


Figure 5-2 : Plan du niveau P2.

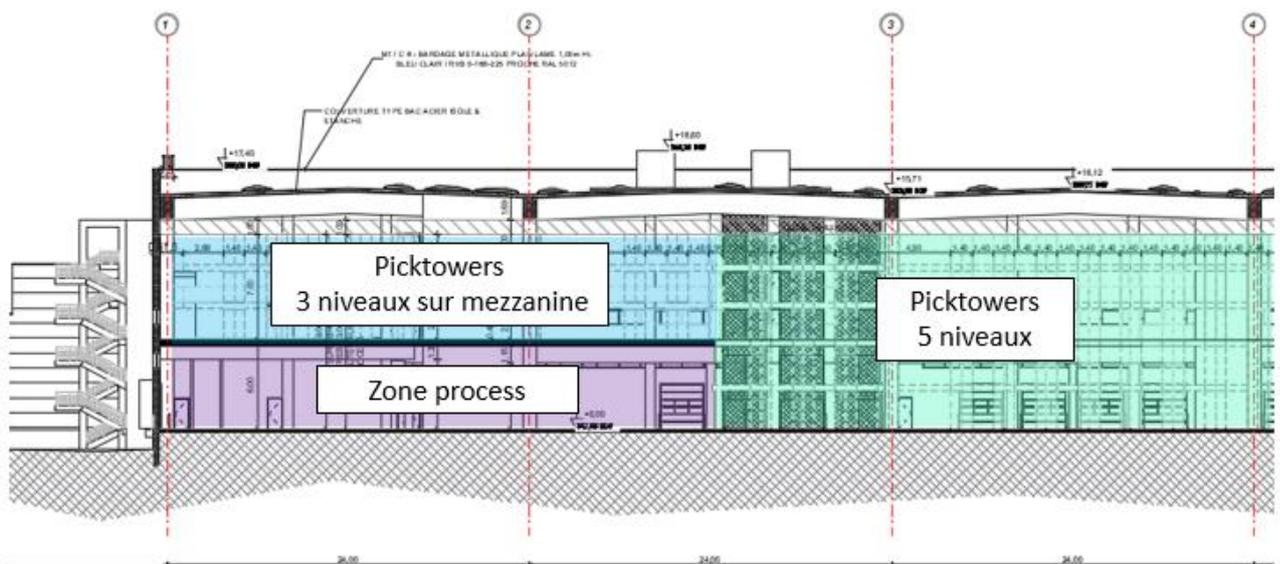


Figure 5-3 : Coupe longitudinale entre les files 1 et 4.

5.2. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE

La structure principale du bâtiment sera réalisée en béton armé ou précontraint. Des poteaux béton encastrés en pieds seront disposés tous les 24 m longitudinalement et tous les 16 m dans le sens transversal en zone courante.

La couverture sera de type toiture terrasse non accessible composée d'un complexe étanchéité / isolation mis en œuvre sur des tôles d'acier nervurés. Cette toiture repose sur des pannes et poutres en béton précontraint.

La mezzanine au-dessus de la partie process, sur laquelle repose une partie des picktowers, est en béton. Des éléments de plancher (dalles alvéolaires précontraintes) portent entre poutres reposant sur les poteaux principaux du bâtiment ou sur des poteaux béton spécifiques. Les espacements des poteaux en sous face de la mezzanine varient de 12 m à 16 m dans le sens longitudinal et de 8 m à 16 m dans le sens transversal. Plusieurs cages d'escaliers en béton sont également disposées au centre du plancher béton de la mezzanine afin de permettre l'évacuation du personnel dans les niveaux de picktowers ou depuis la mezzanine vers le rez-de-chaussée. Le plancher béton de la mezzanine sera régulièrement fractionné (joints de dilatation).

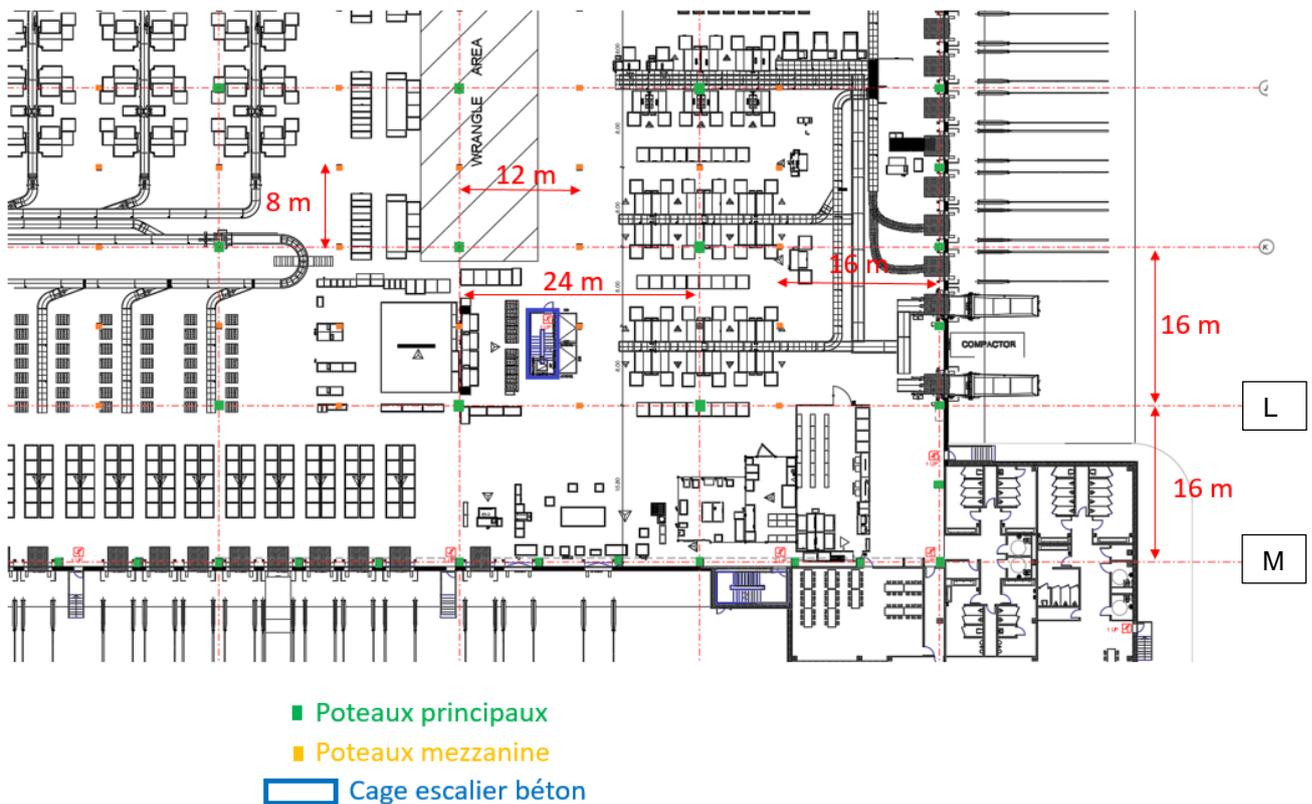


Figure 5-4 : Position des poteaux dans la zone mezzanine.

La charge d'exploitation de la mezzanine béton est de 2 t/m². Les figures suivantes illustrent les solutions de poutraison retenue pour supporter la mezzanine à ce stade des réflexions.

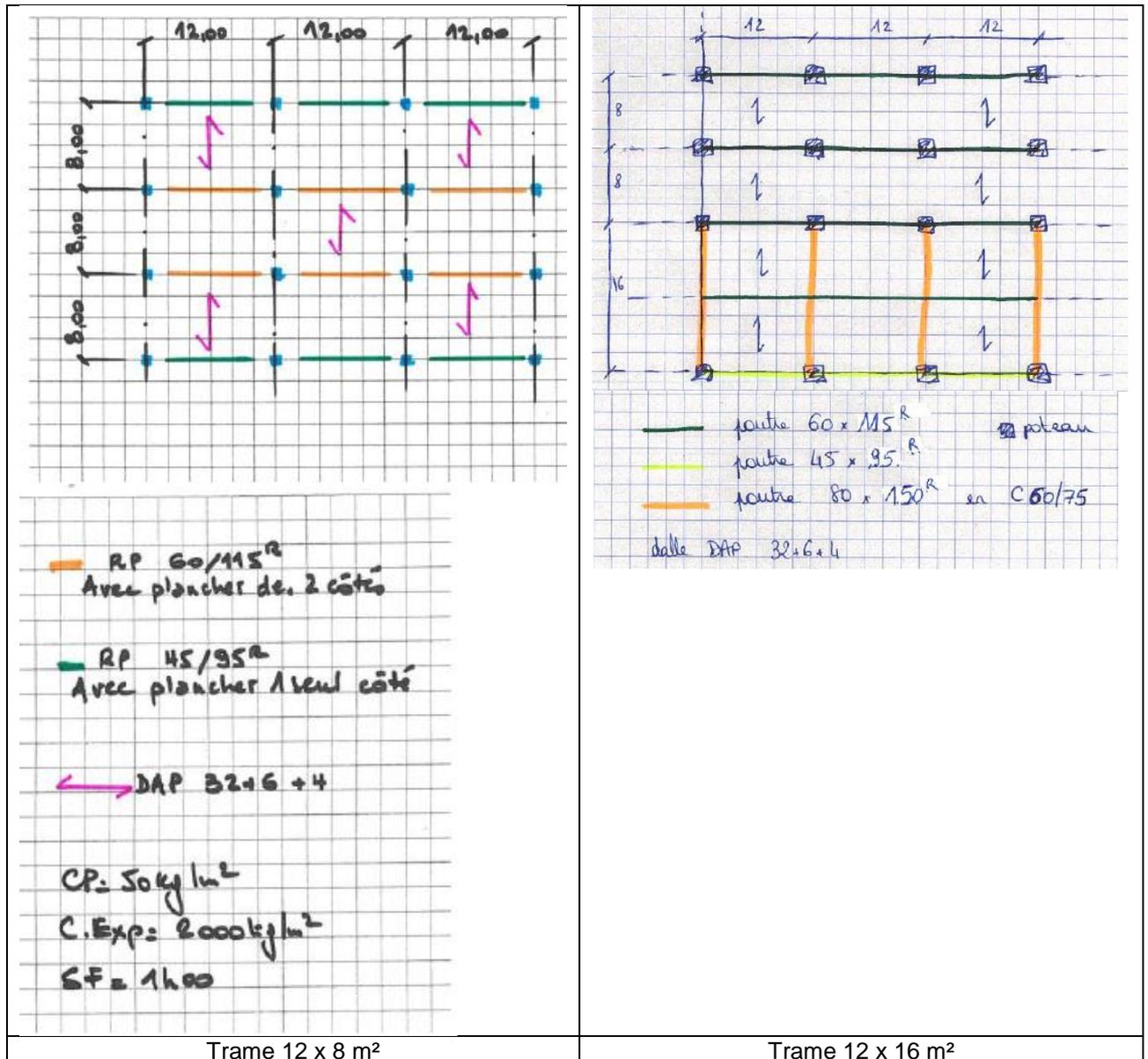


Figure 5-5 : Poutraison de la mezzanine.

La façade sera constituée par un bardage métallique double peau, excepté dans la zone des quais de chargement/déchargement où une paroi béton sera mise en œuvre sur une hauteur de 4 m environ. La figure suivante présente une vue de la façade SUD

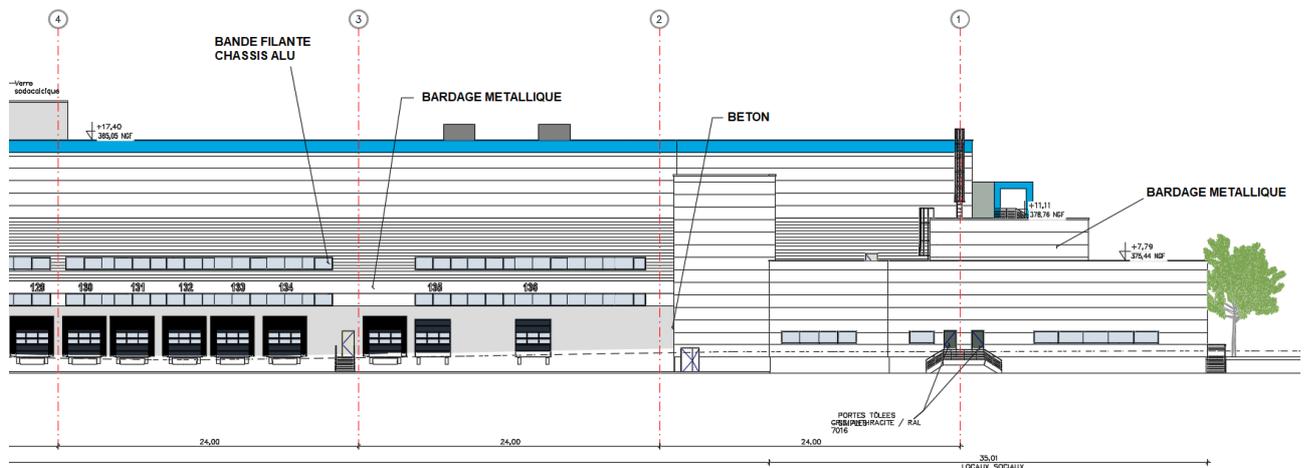


Figure 5-6 : Vue sur la façade Sud entre les files 1 et 4.

5.3. EXPLOITATION ET STOCKAGE

Le niveau rez-de-chaussée (niveau P1) est dédié à plusieurs activités :

- Stockage sur rack conventionnel de 10 m de hauteur.
- Stockage sur rack de type VNA de 10 m de hauteur, situé entre la zone picktower et la zone rack conventionnel.
- Stockage de type picktower sur 5 niveaux.
- Zone de process située sous la mezzanine.

Les niveaux supérieurs sont ceux des planchers des picktowers et de la mezzanine :

- 1^{er} niveau de picktower - niveau P0.
- 2^{ème} niveau de picktower - hauteur + 3 m.
- 3^{ème} niveau de picktower et plancher de la mezzanine béton - niveau P1 : hauteur + 6 m.
- 4^{ème} niveau de picktower - hauteur + 8,5 m.
- 5^{ème} niveau de picktower - hauteur +11 m.

Le stockage dans les picktowers se fait sur une hauteur de 2 m.

6. COMPORTEMENT AU FEU DE LA STRUCTURE DU BATIMENT

6.1. RAPPEL DES PHENOMENES

La tenue au feu des éléments en béton est principalement assurée par la protection thermique apportée par le béton aux éléments de renforts en acier (enrobage des armatures pour les éléments en béton armé ou des torons pour les éléments en béton précontraint). La capacité portante des éléments décroît lorsque les armatures ou les torons s'échauffent et peut être remise en cause au-delà de 500°C pour les armatures des éléments en béton armé et 350°C pour les torons des éléments précontraints. Concomitamment à ces pertes de capacité portante, l'échauffement des éléments entraîne des variations dimensionnelles importantes des sections générant des dilatations et courbures des éléments.

Ainsi, lorsqu'une structure en béton est soumise à l'incendie, son comportement mécanique peut être schématisé en plusieurs phases distinctes :

- Phase de poussée : Au début de l'incendie, l'échauffement de la structure demeure relativement faible pour ne pas affaiblir de manière significative les caractéristiques mécaniques des éléments. Dans cette première phase, l'augmentation de la température des éléments se traduit principalement par un déplacement vers l'extérieur de la structure exposée au feu et par une augmentation des efforts de poussée sur les parties restées froides. Ce phénomène se poursuit jusqu'à l'apparition des premières ruines d'éléments structuraux (plastification ou instabilité de section).
- Phase de traction ou ruine des éléments : Lorsque l'échauffement des éléments de structure dans les zones les plus exposées est tel que l'on observe les premières ruines, les efforts transmis à la partie de structure non échauffée passent progressivement d'une force de poussée à une force de traction. Cette phase de traction dépendra principalement du mode de rupture des éléments béton et des liaisons entre éléments. Dans le cas de rupture brutale ou de ruine des assemblages entre éléments, la phase de traction peut être très brève.

Les figures suivantes illustrent ces phénomènes :

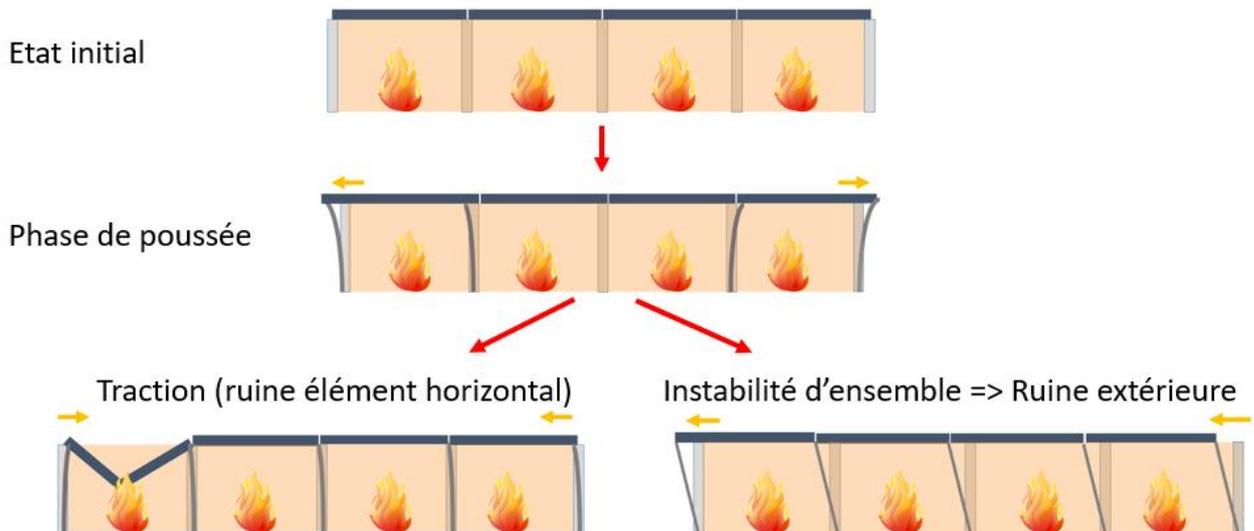


Figure 6-1 : Cinématique de ruine – Dilatation et poussée et ruines possibles

Lorsqu'il y a ruine d'un élément horizontal, si le poteau béton n'a pas été entraîné par la ruine de la poutre, il se retrouve alors libre en tête, soulagé d'une partie des efforts verticaux (couverture, plancher...) mais pouvant toujours être sollicité par les efforts sur les façades ou par les effets thermiques (effet bilame notamment). Il convient alors de s'assurer de sa tenue au feu avec ces nouvelles conditions aux limites.

Il est donc nécessaire que ces phases de poussée liées à la dilatation n'entraînent pas de ruines prématurées d'éléments d'ossature, de désordres sur les murs coupe-feu en périphérie du bâtiment et de risques d'effondrement vers l'extérieur.

A noter également dans le cas du projet CITADELLE la présence de picktowers. Ces structures sont réalisées en acier à l'aide de profilés minces de faibles épaisseurs et pliés à froid. La tenue au feu de ces structures est très faible (entre 5 et 10 minutes en général). Il conviendra de s'assurer que ces structures respectent les exigences de l'arrêté du 11 avril 2017 en termes de mode de ruine et de durée de stabilité. Par ailleurs, afin de s'affranchir de toute ruine en chaîne « verticale », il est nécessaire de prendre en compte les efforts dynamiques dus à l'effondrement des picktowers pour dimensionner la mezzanine béton.

6.2. PRINCIPES CONSTRUCTIFS DU BATIMENT PROJET POUR SATISFAIRE LES OBJECTIFS DE RESISTANCE AU FEU

Comme décrit dans le paragraphe précédent, un des phénomènes fondamentaux à appréhender pour s'assurer d'un mode de ruine correct du bâtiment, et notamment de son effondrement vers l'intérieur, est la dilatation thermique des planchers et éléments horizontaux (poutres et pannes). En effet, les dimensions du bâtiment (360 m x 145 m environ) vont générer des dilatations importantes des éléments et donc des déplacements importants en rive du bâtiment. Il en est de même pour le plancher de la mezzanine (en forme de « L ») dont les plus grandes longueurs sont de 144 m et 232 m.

A titre informatif (anciennes règles de calcul au feu des éléments béton remplacées par les Eurocodes), et afin de mieux apprécier les ordres de grandeur liés à ce phénomène, nous rappelons quelques valeurs, données notamment dans les règles Feu- Béton [8] :

« Sollicitations dues aux effets de dilatation d'ensemble :

- La dilatation d'un élément est calculée à partir du coefficient de dilatation linéaire d'environ 10^{-5} m/m et de la température moyenne atteinte par cet élément après une durée au feu fixée par le critère d'exigence requis. Les valeurs suivantes peuvent être admises :

SF	1/2h	1h	1h1/2	2h
Plancher exposé 1 face	100°C	200°C	300°C	350°C
Dilatation linéaire associée	1 mm/m	2 mm/m	3mm/m	3,5mm/m
Dilatation totale sur 230 m	230 mm	460 mm	690 mm	805 mm

Dilatation des planchers soumis au feu »

Les variations dimensionnelles des éléments seront calculées conformément aux référentiels en vigueur (NF EN 1992-1-2 [7] notamment). En fonction de la dilatation thermique maximale des différents éléments composant la structure horizontale (planchers, poutres et pannes), des dispositions constructives seront à mettre en place afin de limiter les poussées sur les files de rive (joints permettant de dissiper une partie de ces déplacements).

Ainsi, compte tenu des dimensions et de la configuration atypique du bâtiment, les concepts suivants sont proposés afin de tendre à satisfaire aux objectifs de sécurité rappelés au § 3 :

- Une tenue au feu minimale des éléments de structure en béton R60 (poteaux, poutres, planchers, pannes...).
- Une tenue au feu améliorée (au moins R90) des poteaux et des premières files des poutres/pannes permettant de favoriser la ruine des éléments intérieurs avant celle des éléments de rive (voir Figure 6-2).
- Un fractionnement régulier du plancher de la mezzanine permettant de dissiper tout ou partie de la dilatation thermique des éléments à raison d'une expansion thermique de l'ordre de 2 mm/m.
- La mise en place régulièrement de joints de dilatation en toiture, permettant d'absorber tout ou partie de la dilatation thermique des poutres et pannes de toiture. La dilatation de ces éléments étant très influencée par leur forme et leur nature, il n'est pas possible à ce stade de fournir de valeur de dilatation prévisionnelle. Elle sera calculée numériquement une fois le détail des éléments connu.
- La mise en œuvre de cage d'escaliers en béton REI60 desservant les niveaux des mezzanines et picktowers (voir Figure 6-3). La présence de ces cages d'escalier en béton formant des noyaux durs est de nature à limiter le risque de ruine vers l'extérieur et à mettre en sécurité le personnel au moment de la ruine des picktowers.

- Dans le cas où des panneaux de façade en applique extérieure en béton sont mis en œuvre sur les 4 premiers mètres de façade, leurs fixations doivent permettre de les maintenir en place pendant la même durée que la stabilité au feu du bâtiment (stabilité au feu des fixations et tenue au feu des panneaux R90).
- La mise en œuvre de liaisons entre poutres et poteaux permettant d'éviter un cisaillement de ces fixations par dilatation des éléments et donc de favoriser une ruine des poutres et pannes par formation d'une rotule à mi-portée. La Figure 6-4 illustre cela.
- Une distance suffisante entre les poteaux de la zone entrepôt et les murs de compartimentage en périphérie (zone « bureaux », escaliers...) afin de ne pas dégrader l'intégrité des murs coupe-feu REI120.
- Un dimensionnement à froid du plancher intermédiaire béton de la mezzanine et de ses poteaux tenant compte du potentiel effondrement des picktowers qu'il supporte.

Les principales dispositions constructives sont résumées dans les figures suivantes. En fonction des résultats des calculs thermomécaniques sous scénarios de feu réel, elles seront adaptées afin de vérifier les objectifs de sécurité.

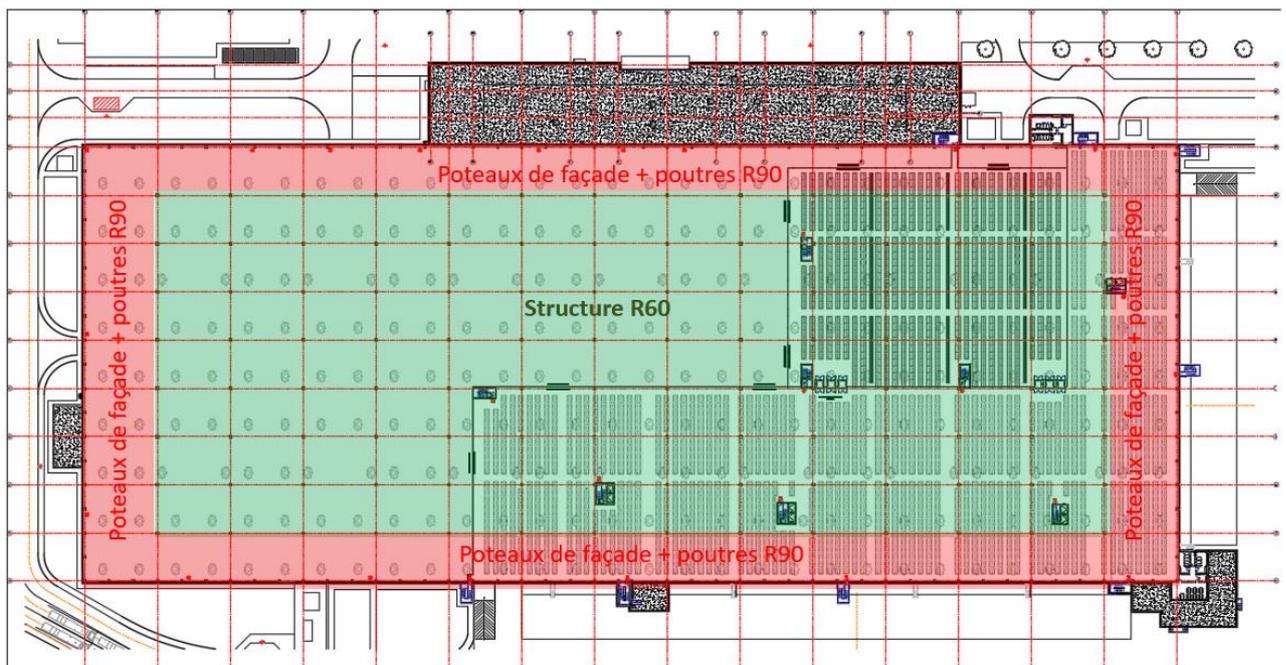


Figure 6-2 : Zonage de la résistance au feu des structures.



Figure 6-3 : Cages d'escaliers intérieures en béton.

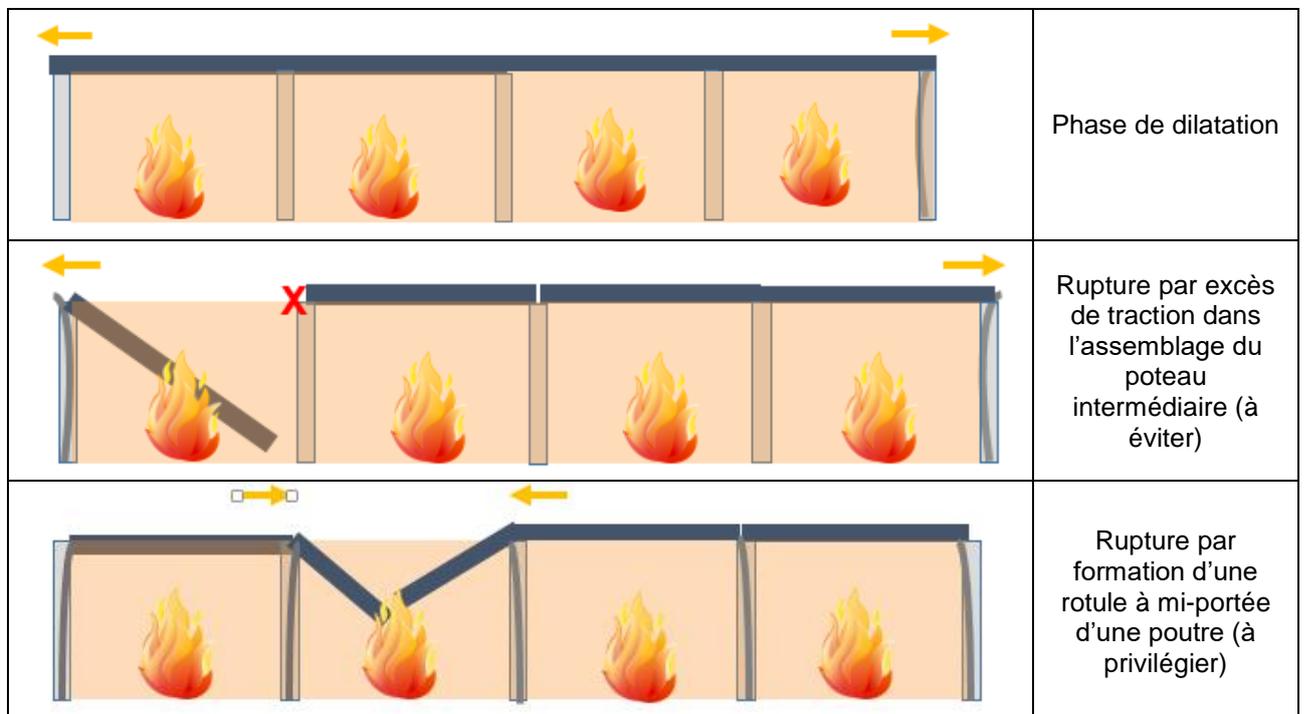


Figure 6-4 : Mode de ruine des éléments à favoriser.

6.3. SYNTHÈSE

L'ensemble des dispositions décrites au paragraphe précédent doit permettre de satisfaire les objectifs de sécurité rappelés au § 3, à savoir :

- Le non effondrement vers l'extérieur de la structure du bâtiment.
- Le non effondrement en chaîne prématuré de la structure.
- Le maintien de l'intégrité des murs CF séparatifs pendant sa durée de compartimentage.

Concernant le non effondrement en chaîne prématurée de la structure, il conviendra de prendre en compte pour le dimensionnement à froid du plancher des mezzanines les actions dynamiques liées à l'effondrement des picktowers.

Sur la base du dimensionnement définitif du bâtiment, ces objectifs et critères seront vérifiés par calcul thermomécanique des éléments structuraux selon les méthodes avancées des Eurocodes. Si nécessaire, des adaptations des principes constructifs pourront être proposées.

7. CONCLUSION

Cette note fait partie du lot d'études d'ingénierie spécifiques permettant d'évaluer le niveau de sécurité global du bâtiment. Plus précisément, s'agissant des principes structuraux du bâtiment visant le mode de ruine de la structure et résistance au feu, elle concerne les objectifs suivants :

- la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts,
- la prévention des incendies et leur propagation à l'intégralité des bâtiments ou aux bâtiments voisins,
- permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours.

Cette note sera complétée par les études techniques associées au point 7 de l'annexe II de l'arrêté (« Avant la mise en service de l'installation, l'exploitant intègre au dossier prévu au point 1.2 de la présente annexe, la démonstration que la construction réalisée permet effectivement d'assurer que la ruine d'un élément (murs, toiture, poteaux, poutres, mezzanines) suite à un sinistre n'entraîne pas la ruine en chaîne de la structure du bâtiment, notamment les cellules de stockage avoisinantes, ni de leurs dispositifs de compartimentage, ni l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu. ») qui permettront de s'assurer que pour les trois objectifs précités, les caractéristiques du bâtiment conduisent à atteindre l'ensemble des objectifs identifiés en ce qui concerne la stabilité au feu et le mode de ruine au regard de ce qui peut être atteint pour des bases logistiques en règle générale afin de s'assurer que le niveau de sécurité global pour le projet CITADELLE est équivalent au niveau de sécurité global atteint dans le respect des règles prescriptives pour une base logistique usuelle.

XI - EFECTIS FRANCE -
ETUDE DE DESENFUMAGE / EVACUATION DES PERSONNES

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE



SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY

Référence : 19-002318-ABO/AMat

Affaire : 19-003152-ME

ETUDE D'INGENIERIE DANS LE CADRE DE L'INSTALLATION D'UNE BASE LOGISTIQUE SUR LE SITE DE FONTAINE (90)

ETUDE DE DESENFUMAGE ET D'EVACUATION – RAPPORT D'ETUDE

Client demandeur VAILOG

Référence et date de commande Bon pour commande du 14/07/2019

Projet CITADELLE

Date : 28 octobre 2019

Indice de révision : A

Nombre de pages : 92

Auteurs :

Antoine BOUJU

Amandine WILHELM

Efectis France est laboratoire agréé en résistance et réaction au feu par le Ministère de l'Intérieur (Arrêté du 5 février 1959 modifié, Arrêtés du 24 avril 1972 et 29 décembre 2016).

Efectis France est un organisme reconnu compétent par le ministère de l'intérieur depuis 2006 (Journal Officiel n° 182 du 8 août 2006, texte n° 54).

Pour plus de renseignements : www.efectis.com

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	28/10/2019	Version initiale

Ce document annule et remplace toutes les versions précédentes

SOMMAIRE

0. Préambule	6
1. Introduction.....	7
2. Documents de référence	8
3. Objectifs de sécurité et critères associés aux exigences réglementaires.....	9
3.1.Introduction.....	9
3.2.Sécurité du personnel.....	10
3.3.Intervention des services de secours à l'intérieur du bâtiment	10
4. Méthodologie associée aux objectifs de sécurité	10
5. Critères d'analyse	11
5.1.Vis-à-vis de la sécurité du personnel	11
5.2.Vis-à-vis de l'intervention des services de secours à l'intérieur du bâtiment.....	14
6. Description du bâtiment.....	15
6.1.Généralités	15
6.2.Exploitation et stockage.....	16
6.3.Répartition des personnes dans le bâtiment	17
6.4.Issues de secours.....	17
6.5.Détection incendie et alarme	18
6.6.Sprinkler	18
6.7.Désenfumage	19
6.7.1.Choix du système de désenfumage	19
6.7.2.Désenfumage sous toiture.....	19
6.7.3.Désenfumage des pick towers	19
6.7.4.Désenfumage sous la mezzanine	20
6.7.5.Amenées d'air	22
6.7.6.Stratégie de désenfumage	22
7. Présentation des scénarios incendie étudiés.....	24
7.1.Cas particulier de la prise en compte d'un système d'extinction automatique généralisé	24
7.2.Description des scénarios	25
7.2.1.Scénario 1 : Feu de process au niveau P1.....	25
7.2.2.Scénario 2 : Feu de stockage de type pick tower au 1er étage	25
7.2.3.Scénarios 3 et 4 : Feu de stockage de type pick tower au 3 ^{ème} étage	26
7.2.4.Scénarios 5 et 6 : Feu de stockage de type pick tower non maîtrisé par le sprinkler	27
7.2.5.Scénario 7 : Feu dans la VNA avec maîtrise par le sprinkler	27
7.2.6.Scénario 8 : Feu dans la VNA sans maîtrise par le sprinkler	28
7.3.Combustible.....	28
7.4.Position des scénarios.....	29
7.5.Synthèse des scénarios étudiés.....	30
8. Estimation du temps d'évacuation	31
8.1.Calcul analytique	31
8.2.Simulations avancées avec Pathfinder	34
8.3.Synthèse.....	36
9. Modélisation de l'incendie	37
9.1.Code de calcul utilisé.....	37

9.2.Géométrie.....	37
9.3.Amenées d'air et système de désenfumage	39
9.4.Modélisation des foyers.....	39
10. Résultats de modélisation.....	41
10.1.Scénario 1 – Feu de process sous la mezzanine avec maîtrise par le sprinkler	42
10.1.1.Rappel du scénario étudié	42
10.1.2.Scénario 1 : Feu de process sous la mezzanine avec un désenfumage naturel	43
10.1.2.1. Coefficient d'extinction.....	43
10.1.2.2. Température	44
10.1.2.3. Concentration en CO	44
10.1.2.4. Synthèse des résultats	44
10.1.3.Scénario 1 : Feu de process sous la mezzanine avec un désenfumage mécanique	45
10.1.3.1. Coefficient d'extinction.....	45
10.1.3.2. Température	46
10.1.3.3. Concentration en CO	47
10.1.3.4. Synthèse des résultats	47
10.1.4.Synthèse.....	47
10.2.Scénario 2 – Feu au 1 ^{er} étage dans la pick tower de 5 niveaux avec maîtrise par le système de sprinkler48	
10.2.1.Rappel du scénario étudié	48
10.2.2.Coefficient d'extinction.....	49
10.2.3.Température	51
10.2.4.Concentration en CO	52
10.2.5.Synthèse des résultats	52
10.3.Scénario 3 – Feu en pick tower sur le plancher de la mezzanine avec maîtrise par le système de sprinkler – Localisation 1.....	53
10.3.1.Rappel du scénario étudié	53
10.3.2.Coefficient d'extinction.....	54
10.3.3.Température	56
10.3.4.Concentration en CO	57
10.3.5.Synthèse des résultats	57
10.4.Scénario 4 – Feu en pick tower sur le plancher de la mezzanine avec maîtrise par le sprinkler– Localisation 2.....	58
10.4.1.Rappel du scénario étudié	58
10.4.2.Coefficient d'extinction.....	59
10.4.3.Température	61
10.4.4.Concentration en CO	62
10.4.5.Synthèse des résultats	62
10.5.Scénario 5 – Feu au 1 ^{er} étage de la pick tower de 5 niveaux sans maitrise par le sprinkler	63
10.5.1.Rappel du scénario étudié	63
10.5.2.Coefficient d'extinction.....	64
10.5.3.Température	68
10.5.4.Concentration en CO	69
10.5.5.Synthèse des résultats	69
10.6.Scénario 6 – Feu sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux sans maitrise par le sprinkler	70
10.6.1.Rappel du scénario étudié	70
10.6.2.Coefficient d'extinction.....	71
10.6.3.Température	75
10.6.4.Concentration en CO	76

10.6.5.Synthèse des résultats	77
10.7.Scénario 7 – Feu dans la VNA avec maîtrise par le sprinkler	78
10.7.1.Rappel du scénario étudié	78
10.7.2.Coefficient d'extinction	79
10.7.3.Température	80
10.7.4.Concentration en CO	81
10.7.5.Synthèse des résultats	81
10.8.Scénario 8 – Feu dans la VNA sans maîtrise de la puissance par le sprinkler	82
10.8.1.Rappel du scénario étudié	82
10.8.2.Coefficient d'extinction	83
10.8.3.Température	84
10.8.4.Concentration en CO	85
10.8.5.Synthèse des résultats	85
10.9.Synthèse de l'analyse des scénarios	86
11. Conclusions	87
ANNEXE A puissance développée avec activation du sprinklage.....	88
A.1 Contrôle de l'incendie par le sprinkler	88
A.2 Calcul de la température du jet de plafond	88
A.3 Calcul de la vitesse du jet de plafond	88
A.4 Calcul du temps de détection.....	89
ANNEXE B Comparaison entre les solutions avec 1% et 2 % de porosité dans les pick towers 90	
ANNEXE C Détermination de la puissance de l'incendie dans les VNA en cas de maîtrise par le sprinkler 92	

0. PREAMBULE

L'entrepôt couvert développé dans le cadre du projet CITADELLE est soumis à la rubrique 1510 et entre dans le périmètre de l'arrêté du 11 avril 2017 [1].

Cet arrêté a pour objectif d'assurer **(1)** la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts, **(2)** de protéger l'environnement, **(3)** d'assurer la maîtrise des effets létaux ou irréversibles sur les tiers, **(4)** de prévenir les incendies et leur propagation à l'intégralité des bâtiments ou aux bâtiments voisins, et **(5)** de permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours.

Cet arrêté prescrit dans son Annexe II un certain nombre de dispositions constructives applicables pour des projets de dimensions courantes. L'entrepôt couvert développé dans le cadre du projet CITADELLE a des dimensions atypiques pour lesquelles certaines de ces règles prescriptives ne sont pas adaptées et/ou ne peuvent être respectées compte tenu de sa conception. Sont identifiés :

- La taille des cellules supérieure à 12 000 m² ;
- Le système de désenfumage avec gestion spécifique du fait de l'activité de la présence d'une mezzanine et de pick towers ;
- Les conditions d'évacuation des travailleurs en cas d'incendie.

Dans le respect de l'article 1^{er} de cet arrêté et de l'article 5 relatif aux installations soumises à autorisation, il est nécessaire de démontrer que les adaptations spécifiques envisagées permettent d'assurer un niveau de sécurité au moins équivalent à celui résultant des prescriptions du présent arrêté (notamment en matière de risque incendie). Dans ce contexte, des études spécifiques d'ingénierie de sécurité incendie peuvent être réalisées afin de s'assurer que le niveau de sécurité global pour le est équivalent à celui résultant des prescriptions de l'arrêté du 11 avril 2017.

Pour rappel,

- l'article 1^{er} indique: « *Le présent arrêté s'applique aux entrepôts couverts déclarés, enregistrés ou autorisés au titre de la rubrique no 1510 de la nomenclature des installations classées. Cet arrêté a pour objectif d'assurer la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts, de protéger l'environnement, d'assurer la maîtrise des effets létaux ou irréversibles sur les tiers, de prévenir les incendies et leur propagation à l'intégralité des bâtiments ou aux bâtiments voisins, et de permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours. Toutefois, le service d'incendie et de secours peut, au regard des caractéristiques de l'installation (dimensions, configuration, dispositions constructives...) ainsi que des matières stockées (nature, quantités, mode de stockage...), être confronté à une impossibilité opérationnelle de limiter la propagation d'un incendie...* »
- l'article 5 indique que : « *Le préfet peut, dans les conditions prévues par l'article R. 181-54 du code de l'environnement (installations soumises à autorisation), au vu des circonstances locales et en fonction des caractéristiques de l'installation et de la sensibilité du milieu, adapter par arrêté préfectoral les prescriptions du présent arrêté. A cet effet, le pétitionnaire fournit au préfet une étude d'ingénierie incendie spécifique précisant les mesures justifiant la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, et permettant, dans le respect des objectifs fixés à l'article 1er, d'assurer un niveau de sécurité au moins équivalent à celui résultant des prescriptions du présent arrêté, notamment en matière de risque incendie. Pour l'application de cet article: – le préfet peut demander une tierce expertise en application de l'article L. 181-13 du code de l'environnement. Au vu des conclusions de cette tierce-expertise, il peut solliciter l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques; – il sollicite en tout état de cause l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques sur les demandes portant sur un volume maximum de matières susceptibles d'être stockées supérieur à 600 000 m³; – il sollicite en tout état de cause l'avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques sur le projet d'arrêté d'autorisation.*

Ce rapport d'étude fait donc partie du lot d'études d'ingénierie spécifiques permettant d'évaluer le niveau de sécurité global du bâtiment. Plus précisément, **s'agissant des études de désenfumage et d'évacuation**, elle concerne les objectifs suivants :

- (1)** la mise en sécurité des personnes présentes à l'intérieur des entrepôts,
- (5)** de permettre la sécurité et les bonnes conditions d'intervention des services de secours.

Ce rapport permet de répondre à l'objectif (1). Des calculs étant en cours, il sera mis à jour pour vérifier l'objectif (5).

1. INTRODUCTION

A la demande de son client, Efectis France a été sollicité pour réaliser des études d'ingénierie dans le cadre de l'installation d'un entrepôt couvert sur le site de Fontaine (90).

Il s'agit d'un bâtiment de stockage de grande surface (52 000 m²) non compartimenté disposant d'une mezzanine et de pick towers, classé en rubriques 1510, 1511, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2 et soumis à autorisation.

Dans le cadre de la construction du bâtiment de stockage de Fontaine (90), les études d'ingénieries suivantes sont menées par Efectis :

- Etude d'ingénierie de désenfumage ;
- Etude d'ingénierie d'évacuation ;
- Etude d'ingénierie du comportement au feu des structures ;
- Etude de flux thermiques.

Ce rapport présente les hypothèses liées à l'incendie, les scénarios pris en compte dans l'étude d'ingénierie de désenfumage de la partie entrepôt ainsi que les résultats et leurs analyses vis-à-vis des conditions d'évacuation du personnel. Des calculs étant en cours, il sera mis à jour pour vérifier les conditions d'intervention des services de secours.

Les scénarios présentés dans ce document pourront être utilisés dans le cadre des études de stabilité sous feu réel qui seront réalisées ultérieurement conformément au point 7 de l'annexe II de l'arrêté du 11 avril 2017 [1] (« Avant la mise en service de l'installation, l'exploitant intègre au dossier prévu au point 1.2 de la présente annexe, la démonstration que la construction réalisée permet effectivement d'assurer que la ruine d'un élément (murs, toiture, poteaux, poutres, mezzanines) suite à un sinistre n'entraîne pas la ruine en chaîne de la structure du bâtiment, notamment les cellules de stockage avoisinantes, ni de leurs dispositifs de compartimentage, ni l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu. »).

L'étude du comportement au feu des structures ainsi que l'étude de flux thermiques ne font pas l'objet du présent document.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. NOR: DEVP1706393A
- [2] Arrêté du 22 mars 2004 portant approbation de dispositions complétant et modifiant l'arrêté du 25 juin 1980 sur le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (dispositions relatives au désenfumage) et Instruction Technique n°246 annexée. NOR : INTE0400223A
- [3] Arrêté du 24 décembre 2007 portant approbation des règles de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les gares. NOR: IOCE0804299A
- [4] Arrêté du 5 août 1992 pris pour l'application des articles R. 235-4-8 et R. 235-4-15 du code du travail et fixant des dispositions pour la prévention des incendies et le désenfumage de certains lieux de travail. NOR : TEFT9205115A
- [5] Décret n° 2008-244 du 7 mars 2008 et annexe associée
- [6] Ordonnance n°2018-937 du 30 octobre 2018 visant à faciliter la réalisation de projets de construction et à favoriser l'innovation. NOR : TERL1824356R
- [7] Décret n° 2019-184 du 11 mars 2019 relatif aux conditions d'application de l'ordonnance n°2018-937 du 30 octobre 2018 visant à faciliter la réalisation de projets de construction et à favoriser l'innovation. NOR : LOGL1834278D
- [8] The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. National Fire Protection Association. 3ème Édition. 2002
- [9] 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
- [10] Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide. K.B. McGrattan, H.R. Baum, R.G. Rehm, G.P. Forney, J.E. Floyd, K. Prasad, and S. Hostikka –Technical Report NISTIR 6783, 2007.
- [11] Document d'étude (synthèse) à l'usage des participants du groupe de travail - EP 03-09, projet : systèmes sprinklers résidentiels, Youcef OUAMMOU, CNPP, le 29/10/03
- [12] « Guide de bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage dans les établissements recevant du public » par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police
- [13] Fiche de toxicité aiguë – Acide cyanhydrique – réf : INERIS-DRC-08-94398-12722A
- [14] Fiche de toxicité aiguë – Monoxyde de carbone – réf : INERIS-DRC-09-103128-05616A
- [15] Fiche de toxicité aiguë – Dioxyde d'azote – réf : INERIS-DRC-08-94398-13333A
- [16] INC-99/378-DJ/IM « Contribution expérimentale à l'estimation de la propagation d'un feu entre stands », 1999
- [17] 13751 (NF ISO 13571 Nov12) – Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible avant que les conditions de tenabilité ne soient compromises
- [18] CITADELLE_MLH_2GRID, VAILOG, 8/10/2019
- [19] Sprinkler Memo, VAILOG, 11/10/2019
- [20] Thunderhead Engineering – Technical reference – Pathfinder 2018

3. OBJECTIFS DE SECURITE ET CRITERES ASSOCIES AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES

3.1. INTRODUCTION

L'étude a pour objectif de vérifier si la configuration du bâtiment et le système de désenfumage mis en place respectent des niveaux de sécurité satisfaisants vis-à-vis de l'évacuation des personnes et de l'intervention des services de secours.

Pour cela, l'étude va consister à analyser les conditions de l'évacuation du personnel et de l'intervention des services de secours en prenant en compte les différentes phases de développement d'un incendie depuis sa phase d'ignition, son développement et dans le pire des cas sa généralisation à l'ensemble du bâtiment. Le tableau ci-dessous synthétise les différentes phases de feu et les points d'intérêt propre à chaque étape.

Phases du feu	phénomène	sujet à traiter	dispositions
0	Le feu est initié dans le bâtiment	Points chauds	Procédures et matériel
		Ignition	Réaction au feu - moyen d'extinction manuel
1	Le feu est identifié dans le bâtiment	Evacuation du personnel	Alerte
			Aide à l'évacuation : consignes et procédures
			Mise en sécurité
2	Le feu se développe et est contrôlé par les moyens actifs ou n'est pas encore trop développé première intervention des services internes ou des services externes	Moyens de lutte	Accès, dispositions sapeurs-pompiers - extinction automatique
		Désenfumage	Système de désenfumage et automatisation
		Comportement au feu des structures	Schéma structurel - protection
3	Le feu se développe et la lutte à l'intérieur n'est plus possible et elle se poursuit à l'extérieur	Comportement au feu des structures et enveloppes du bâtiment	Schéma structurel
		Limitation de la propagation	Garantir l'efficacité des éléments séparatifs
		Modalités d'intervention	Moyens de lutte et conditions d'intervention
4	Le feu est généralisé	Modalités d'intervention	Moyens de lutte et conditions d'intervention
		Limitation de la propagation autre cellules	Garantir l'efficacité des éléments séparatifs
		Tiers	Flux thermiques
		Environnement	Dispersion atmosphérique et rétention des eaux

Tableau 3-1 : Différentes étapes de la phase de feu

On précise ci-après les objectifs recherchés suivant le type de personne considéré et suivant le stade du développement du feu auquel l'analyse est associée.

Dans la suite du document, le référentiel temps est défini à partir d'un t0 correspondant au départ de feu.

3.2. SECURITE DU PERSONNEL

Dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées, les objectifs vis-à-vis de la sécurité du personnel sont liés à leur évacuation et sont les suivants :

- Evacuation du personnel compatible avec l'enfumage du bâtiment ;
- Evacuation du personnel compatible avec le temps de ruine.

Ainsi ces objectifs sont à analyser pendant la première phase de l'incendie, à partir de l'instant où il a été initié dans le bâtiment. La compatibilité avec le temps de ruine sera analysée ultérieurement lors de l'étude de comportement au feu des structures.

3.3. INTERVENTION DES SERVICES DE SECOURS A L'INTERIEUR DU BATIMENT

Dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées, différents objectifs vis-à-vis de l'intervention des services de secours sont recherchés. Ces objectifs de sécurité concernent principalement le comportement au feu de la structure [1], compte tenu des conditions de tenabilité dans les volumes.

D'après la réglementation, les services de secours peuvent être présents dans le bâtiment afin de rechercher du personnel, faire une reconnaissance des lieux ou lutter contre un incendie si celui-ci n'est pas trop développé. Il s'agit donc également d'analyser les conditions de tenabilité pour les services de secours au sein du bâtiment pendant la première phase de l'incendie, à partir de l'instant où il a été initié dans le bâtiment.

4. METHODOLOGIE ASSOCIEE AUX OBJECTIFS DE SECURITE

Concernant l'objectif d'évacuation du personnel et d'intervention des services du secours (par l'intérieur) compatible avec l'enfumage du bâtiment, il s'agira de réaliser les étapes suivantes :

- Identifier les scénarios incendie les plus probables et défavorables vis-à-vis de l'évacuation des personnes et d'intervention des secours ;
- Modéliser ces scénarios avec le logiciel FDS. Cela permettra de déterminer le temps disponible pour le personnel pour évacuer le bâtiment et pour les services des secours en intervention à l'intérieur du bâtiment avant que les conditions dans l'entrepôt ne soient dégradées. Les critères d'analyse sont présentés au § 5 ;
- Comparer les temps d'atteinte des critères avec le temps nécessaire à l'évacuation afin de statuer sur la sécurité des personnes au cours de l'évacuation et des services de secours lors de leur intervention.

5. CRITERES D'ANALYSE

5.1. VIS-A-VIS DE LA SECURITE DU PERSONNEL

De manière à évaluer les conditions ambiantes au cours de l'incendie, il est nécessaire de définir des critères à partir desquels il est jugé que les personnes ne peuvent plus circuler pour atteindre les issues de secours.

Les simulations qui seront réalisées pour chacun des scénarios retenus permettront de déterminer :

- la visibilité (concentration en suies) atteinte dans l'ensemble des volumes modélisés,
- les températures,
- les concentrations en gaz toxiques (CO, ...).

Les simulations permettent de définir ainsi une cartographie des conditions en chaque point du volume et en fonction du temps afin de déterminer les délais de perte des conditions de tenabilité. Les conditions seront ainsi examinées au regard des délais d'évacuation.

L'analyse des simulations sera effectuée pour les différents scénarios retenus et les conclusions seront données pour chacun de ces scénarios.

Afin de vérifier l'atteinte des objectifs pour la sécurité des personnes, des critères quantitatifs leur seront associés pour l'évaluation de chacun d'eux.

Critère pour la visibilité (coefficient d'extinction)

La visibilité est une conséquence sur les personnes de l'opacité des fumées en fonction de ce que l'on cherche à voir. L'opacité se mesure sous forme de densité optique ou de coefficient d'extinction (paramètre de perte de lumière transmise ou diffusée provoquée par la présence de particules). La valeur du coefficient d'extinction (ou de la visibilité) à retenir dépend fortement de l'ouvrage et des conditions d'évacuation (balisage de sécurité, etc.). Une visibilité de 15 mètres correspond à un coefficient d'extinction de 0.53 m^{-1} en considérant des signaux directs¹.

Cependant, en présence de fumées, l'atmosphère étant viciée et irritante pour les yeux, le coefficient d'extinction est ramené à $0,4 \text{ m}^{-1(2)}$, soit une visibilité pour des signaux directs de 20 mètres, ce critère étant pour le personnel lors de son évacuation.

¹ SFPE HANDBOOK - Section1/Chapter 25 - G. Mulholland - Smoke production and properties

² SFPE HANDBOOK - Section2/Chapter 4 - Tadahisa Jin - Visibility and Human Behavior in Fire Smoke

Critère pour la température des gaz

Des gênes respiratoires chez les personnes restent « supportables » pendant 30 minutes si elles sont à moins de 60°C³. Par ailleurs, un retour d'expérience d'un feu dans une école montre que le passage d'une pièce protégée vers un couloir contenant une atmosphère hostile est réalisable jusqu'à une température de 65°C⁴. On retiendra une température seuil de 40°C pour le personnel de l'entrepôt [12].

Critère pour le flux critique

Pour les personnes, un flux critique admissible de 2 kW/m² peut être retenu, correspondant à des niveaux de températures de la couche chaude de l'ordre de 175°C.

Critère pour la concentration en espèce gazeuse

Dans le cadre des études, en supposant un mélange constitué à parts égales de polyuréthane (C_{6.3}H_{7.1}O_{2.1}N) et de cellulosique (C_{3.4}H_{6.2}O_{2.5}), cela permet de considérer l'équation de réaction suivante :



La production de suies et de CO est prise en compte en considérant respectivement 5,5% de suies et 0,21% de CO de production massique.

En fonction de la nature du combustible qui participe au développement du feu, différentes espèces toxiques peuvent être dégagées. Néanmoins, l'espèce prépondérante généralement produite pour la plupart des combustibles est le monoxyde de carbone (CO). Celui-ci étant une variable calculée par les modèles, il est possible de caractériser la toxicité d'un mélange de fumées sur la base de la concentration en monoxyde de carbone. Ainsi, si une concentration en CO de 1 200 ppm représente la plus forte concentration qu'un être humain est susceptible de respirer pendant 30 minutes sans risquer d'effet irréversible pour la santé⁵, une concentration en CO de 150 ppm permet de caractériser les premiers effets irréversibles du mélange des fumées en prenant en compte le cumul des espèces toxiques issues de la combustion d'un matériau de type plastique (combustion du polyuréthane) et cellulosique comme cela est démontré ci-dessous.

Les seuils de toxicité des différents constituants sont issus des fiches de toxicité établies par l'INERIS [13], [14],[15] au bout de 30 min d'exposition.

Polluants	CO	CO ₂	HCN	NO ₂
Taux de production	1,25	1,97	0,12	0,21
SEI (mg/m ³)	1725	2152	44	94

Tableau 5-1 : Concentration maximale théorique des polluants émis lors de la combustion et seuils des effets irréversibles associés

En prenant en compte les données ci-dessus et en suivant uniquement le CO dans les calculs (la production de HCN n'est pas prise en compte dans l'équation de combustion), on retient de manière sécuritaire une valeur seuil de 150 ppm pour le CO. Cette valeur relativement basse prend en compte l'effet cumulé des différents toxiques présents dans les fumées.

³ Le sapeur pompier magazine - Hors série Accidents ferroviaires de Septembre 2008

⁴ Fire Protection Handbook - Section3/Chapter 1 - G. E. Hartzell - Combustion products and their affects on life safety

⁵ SFPE HANDBOOK - Section1/Chapter 14 - D. Purser - Toxicity assessment of combustion products

On peut également noter que :

- aucune valeur n'est mentionnée dans le « Guide de bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage dans les établissements recevant du public » rédigé par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police [12] et dédié aux établissements recevant du public qui est de plus en plus pris en référence par les DREAL/SDIS concernant les ICPE et les établissements recevant des travailleurs.
- en proposant une approche par concentration effective fractionnelle (FEC) permettant d'évaluer les effets des gaz irritants en fonction de leurs concentrations dans les fumées et en retenant un critère de seuil de 0,3, ce qui se traduit statistiquement par 11,4 % de la population susceptible de subir des conditions de tenabilité compromises, la concentration en CO équivalente est de 220 ppm pour ce type de combustible. Le critère de 150 ppm est donc sécuritaire (sur le même principe, l'approche par dose effective fractionnelle (FED) permettant d'évaluer les effets asphyxiants des fumées toxiques sur l'organisme humain en fonction du temps d'exposition conduirait à une concentration en CO équivalente de 1 200 ppm) ; ces notions de doses et de valeurs étant introduites dans la norme ISO 13571 [17] relative aux « Composants dangereux du feu — Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible avant que les conditions de tenabilité ne soient compromises » et plus particulièrement au § A.5.2 s'agissant de la « prise en compte des sous-populations sensibles ».

Synthèse des critères retenus

Les critères proposés sont résumés dans le tableau ci-dessous. Ces critères seront analysés pour tous les niveaux à hauteur d'homme (2 m).

Critères	Personne
Visibilité (m) coefficient d'extinction (m^{-1})	20 0,4
Température (°C)	40
Flux thermique (kW/m^2)	2
Toxicité [CO] (ppm)	150

Tableau 5-2 : Synthèse des critères retenus pour l'atteinte des objectifs vis-à-vis du personnel

Remarque : ces critères sont également ceux qui sont retenus lorsque des études de désenfumage sont réalisées dans des établissements recevant du public afin d'évaluer les critères de tenabilité pour le public [12].

5.2. VIS-A-VIS DE L'INTERVENTION DES SERVICES DE SECOURS A L'INTERIEUR DU BATIMENT

Ce paragraphe présente les critères de tenabilité pour les services de secours.

Critère pour la visibilité (coefficient d'extinction)

Pour les services de secours, il pourra être retenu le critère de 0,8 à 1,6 m⁻¹ pour le coefficient d'extinction, correspondant à une visibilité allant de 10 à 5 mètres dans le cas d'un signal direct ; les services de secours sachant se déplacer dans des milieux hostiles en intervention.

Critère pour la température des gaz

Pour les services de secours, on pourra retenir une température ambiante de 100°C⁶ [12].

Critère pour le flux critique

Pour les services de secours, un flux critique admissible de 5 kW/m² (couche chaude à 270°C) peut être retenu. Ce critère est en adéquation avec celui présenté dans le « Guide de bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage dans les établissements recevant du public » rédigé par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police [12]. **A noter qu'au vu des résultats de l'étude, ce critère n'est pas dimensionnant quel que soit le temps d'exposition auquel il est associé.**

Critère pour la concentration en espèce gazeuse

Pour les services de secours, aucun critère n'est retenu pour la toxicité compte tenu de leur équipement (ARI)

Synthèse des critères retenus

Les critères proposés sont résumés dans le tableau ci-dessous. Ces critères seront analysés pour tous les niveaux à hauteur d'homme (2 m).

Critères	Services d'intervention
Visibilité (m) coefficient d'extinction (m ⁻¹)	5 1,6
Température (°C)	100
Flux thermique (kW/m ²)	5
Toxicité [CO] (ppm)	-

Tableau 5-3 : Synthèse des critères retenus pour l'atteinte des objectifs vis-à-vis des services de secours

Remarque : comme précédemment, ces critères sont également ceux qui sont retenus lorsque des études de désenfumage sont réalisées dans des établissements recevant du public afin d'évaluer les critères de tenabilité pour les secours [12] ou dans d'autres bâtiments comme les bâtiments industriels, les installations classées, etc. depuis la parution de ce guide.

⁶ Ce seuil est généralement validé par les pompiers dans les études d'ingénierie du désenfumage dans les ERP.

6. DESCRIPTION DU BATIMENT

6.1. GENERALITES

Les dimensions du bâtiment entrepôt sont les suivantes :

- Longueur : 361,00 m ;
- Largeur : 145,00 m ;
- Surface : 52 168 m² ;
- Hauteur moyenne : 15,50 m.

L'entrepôt peut être divisé en plusieurs zones d'exploitation particulières, repérées sur les figures ci-dessous :

- Une mezzanine (en violet) à une hauteur de 6 m représentant une surface totale de 17 871 m² et comprenant :
 - o une zone de process sous son emprise
 - o trois niveaux de pick towers sur la mezzanine
- Une zone de pick towers (en vert) de cinq niveaux accolée à la mezzanine
- Un stockage en racks denses de type VNA
- Un stockage en racks classiques

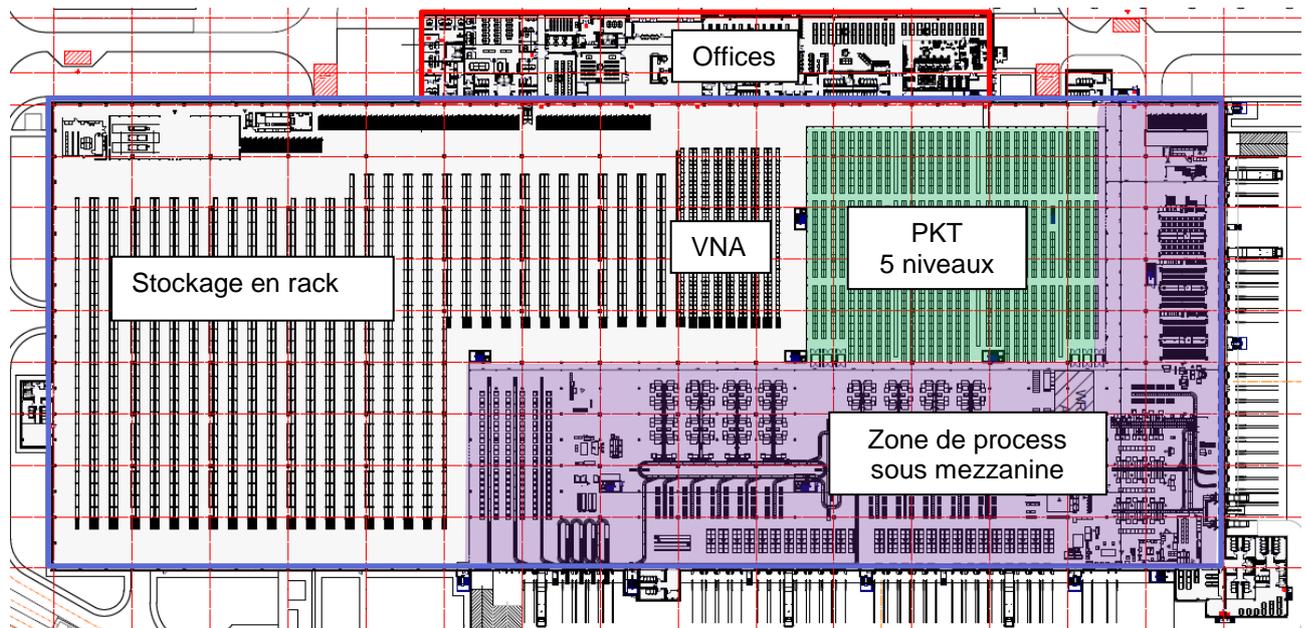


Figure 6-1 : Plan du niveau RDC – P1 (+0,00 m)

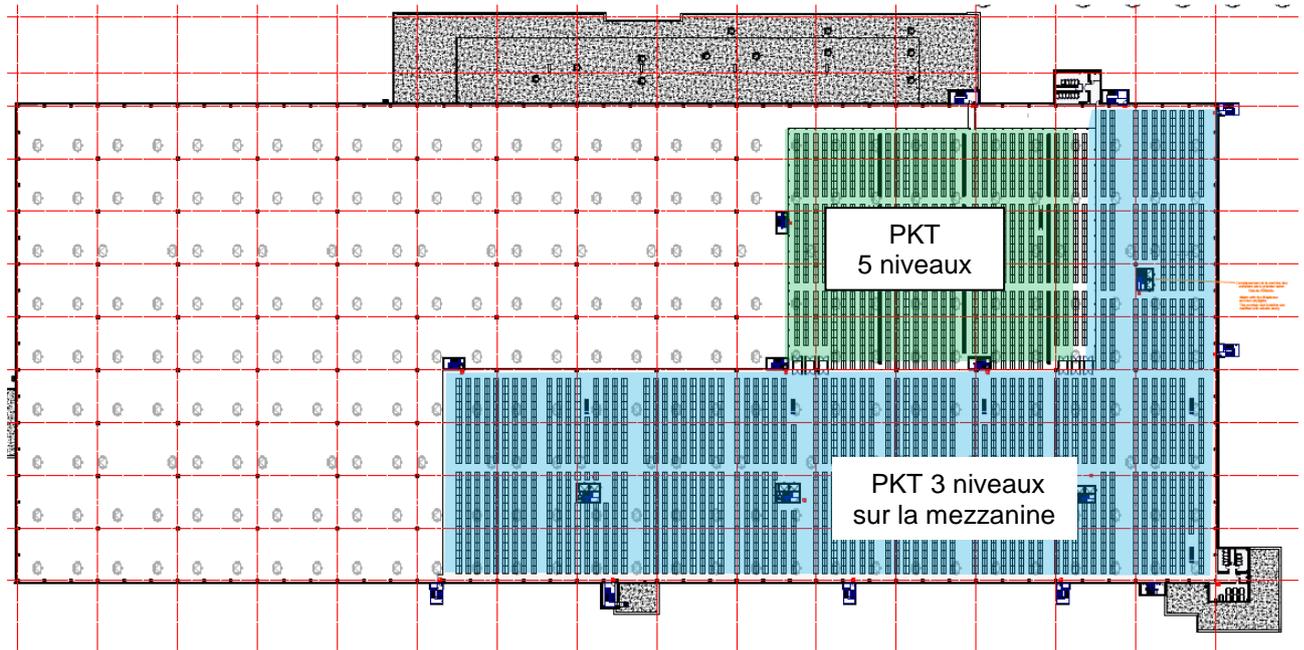


Figure 6-2 : Plan du niveau sur mezzanine – P2 (+6,00 m)

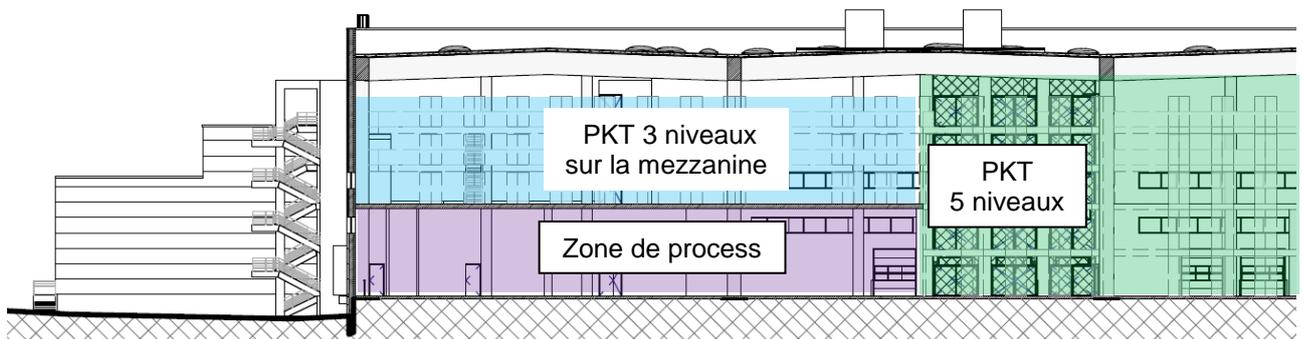


Figure 6-3 : Coupe dans l'entrepôt

La mezzanine est réalisée en béton et présente une performance coupe-feu 1h (REI60). La toiture est réalisée en bac acier, sans résistance au feu.

La structure réalisée en poteaux béton est au minimum stable au feu 1 h (R60).

La façade sera constituée par un bardage métallique double peau, excepté dans la zone des quais de chargement/déchargement où une paroi béton sera mise en œuvre sur une hauteur de 4 m environ.

La zone de bureaux située au Nord du bâtiment sera traitée par une paroi REI120.

6.2. EXPLOITATION ET STOCKAGE

Le niveau rez-de-chaussée (niveau P1) est dédié à plusieurs activités :

- Stockage sur rack conventionnel de 13 m de hauteur.
- Stockage sur rack de type VNA de 13 m de hauteur, situé entre la zone pick tower et la zone rack conventionnel.
- Stockage de type pick tower sur 5 niveaux.
- Zone de process située sous la mezzanine.

Les niveaux supérieurs sont ceux des planchers des pick towers et de la mezzanine :

- 1^{er} étage de pick tower - niveau P1.
- 2^{ème} étage de pick tower - hauteur + 3 m.
- 3^{ème} étage de pick tower et plancher de la mezzanine béton - niveau P2 : hauteur + 6 m.
- 4^{ème} étage de pick tower - hauteur + 8,5 m.
- 5^{ème} étage de pick tower - hauteur +11 m.

Le stockage dans les pick towers se fait sur une hauteur de 2 m.

6.3. REPARTITION DES PERSONNES DANS LE BATIMENT

L'effectif maximal pouvant être présent dans l'entrepôt en période de pointe est de 534 personnes. Dans les étages de pick towers et mezzanine qui cumulent une superficie totale de 24 700 m², l'effectif est de 60 personnes par étage. Le deuxième étage de pick towers (zone verte sur la Figure 6-1) qui présente une surface de 6 700 m² compte un effectif de 17 personnes.

Ainsi, la répartition du personnel dans l'entrepôt est la suivante :

- Niveau P1 : 337 personnes
- 2^{ème} étage de pick tower : 17 personnes
- Niveau P2 : 60 personnes ;
- 4^{ème} étage de pick tower : 60 personnes ;
- 5^{ème} étage de pick tower : 60 personnes.

6.4. ISSUES DE SECOURS

Il est prévu au niveau P1 un total de 29 issues de secours totalisant 47 unités de passages (UP). L'effectif des niveaux supérieurs dispose quant à lui de 16 escaliers représentant un total de 30 UP. Huit escaliers situés à cœur de la mezzanine et du stockage pick tower sont enclouonnés (avec un exutoire de 1 m² en toiture) et présentent une résistance au REI60 de façon à permettre l'évacuation du personnel dans un espace protégé.

Les figures ci-dessous présentent la localisation des issues de secours.

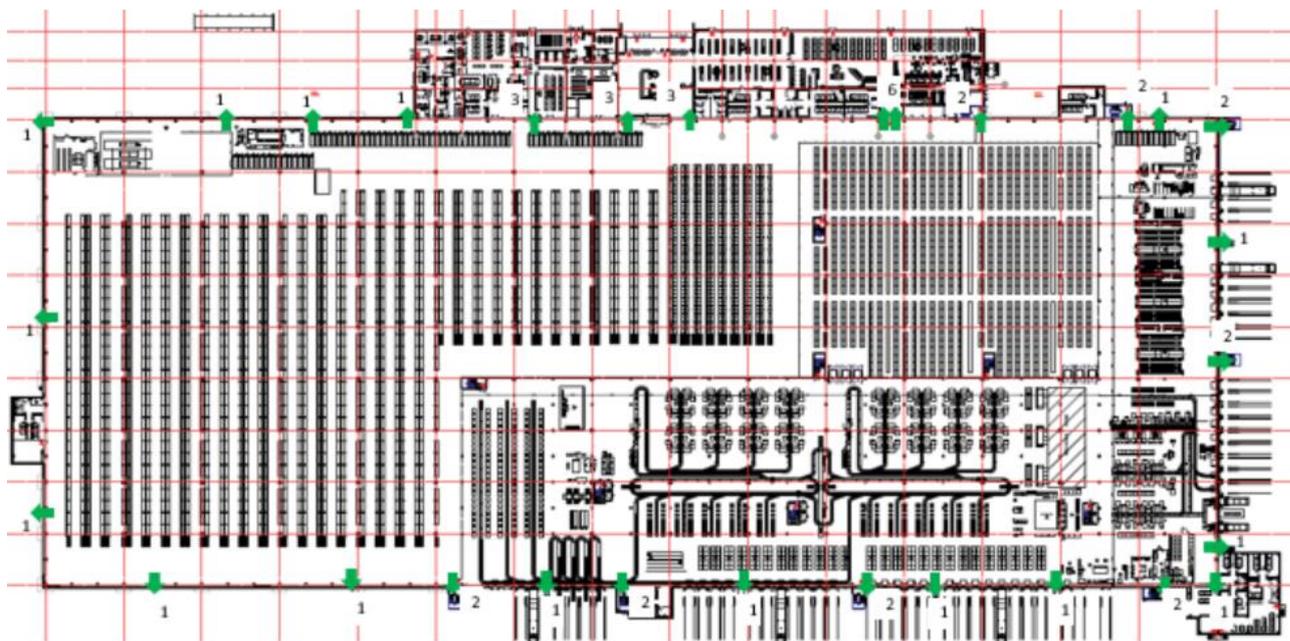


Figure 6-4 : Localisation des issues de secours au niveau P1

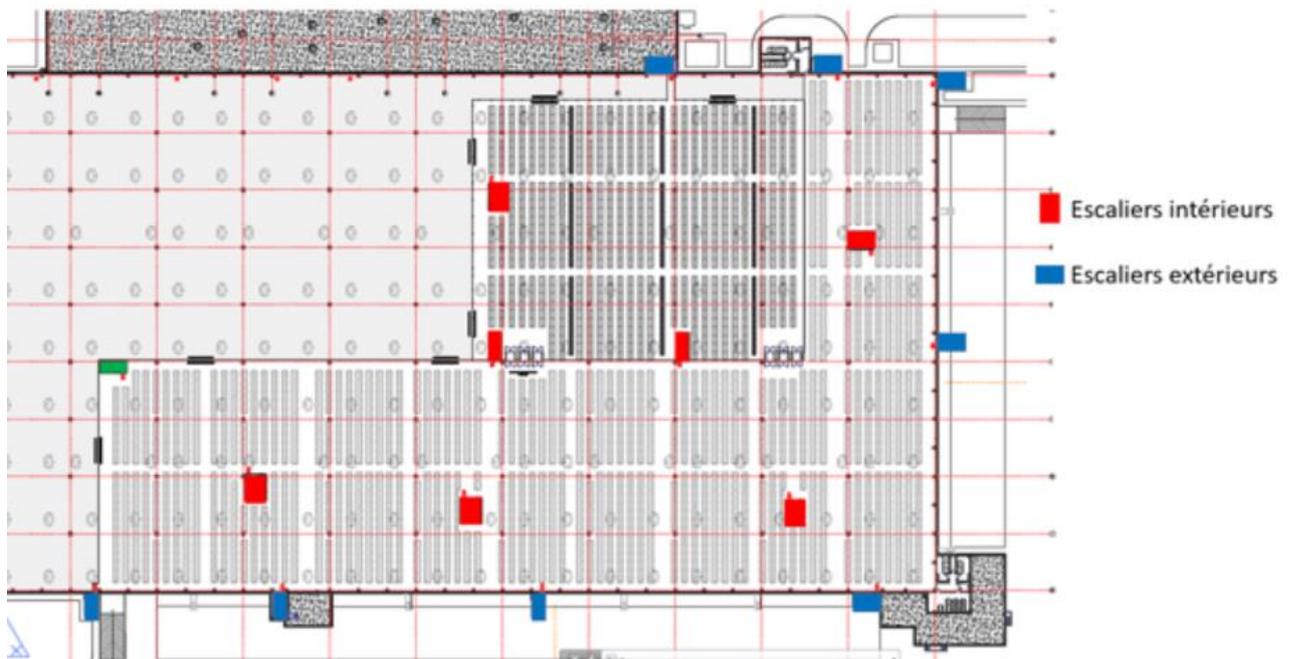


Figure 6-5 : Localisation des issues de secours dans les niveaux supérieurs

6.5. DETECTION INCENDIE ET ALARME

Le bâtiment sera équipé d'un système d'alarme. Le système sera conçu pour activer des alarmes sonores et visuelles sur activation du sprinkler ou dans le cas d'un déclenchement manuel de l'alarme.

L'entrepôt sera également équipé de détecteurs de fumées par prélèvement d'air (détection par aspiration haute sensibilité). Ces détecteurs seront répartis à tous les niveaux de mezzanine et picktower. Pour rappel, ce type de détecteur permet une détection très rapide des fumées. Une temporisation de 3 minutes est mise en place avant le déclenchement de l'alarme d'évacuation.

6.6. SPRINKLER

L'entrepôt sera protégé avec un système d'extinction à eau de type sprinklage.

Les spécificités techniques sont adaptées aux risques liés au stockage, plusieurs systèmes sont mis en œuvre suivant le risque associé. Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques des différents systèmes

Position	Sous mezzanine	Sous pick tower	Rack	VNA	Sous plafond
Type de système	Traditionnel – CMDA – K160	Traditionnel – CMDA – K115	Aucun sprinkler en rack dans cette zone	ESFR – K200	ESFR – K404
Maillage horizontal	3,6 m	2,4 m		2,6 m	3,6 m
Hauteur de la tête	Sous le plancher de la mezzanine	Sous le plancher de chaque niveau de la pick tower		9 m au-dessus du sol	Sous plafond
RTI	50	50		50	50
Température d'activation	68	68		68	68

Tableau 6-1 : Synthèse du système de sprinkler dans le bâtiment [19]

6.7. DESENFUMAGE

6.7.1. Choix du système de désenfumage

Le bâtiment est désenfumé à partir de plusieurs systèmes :

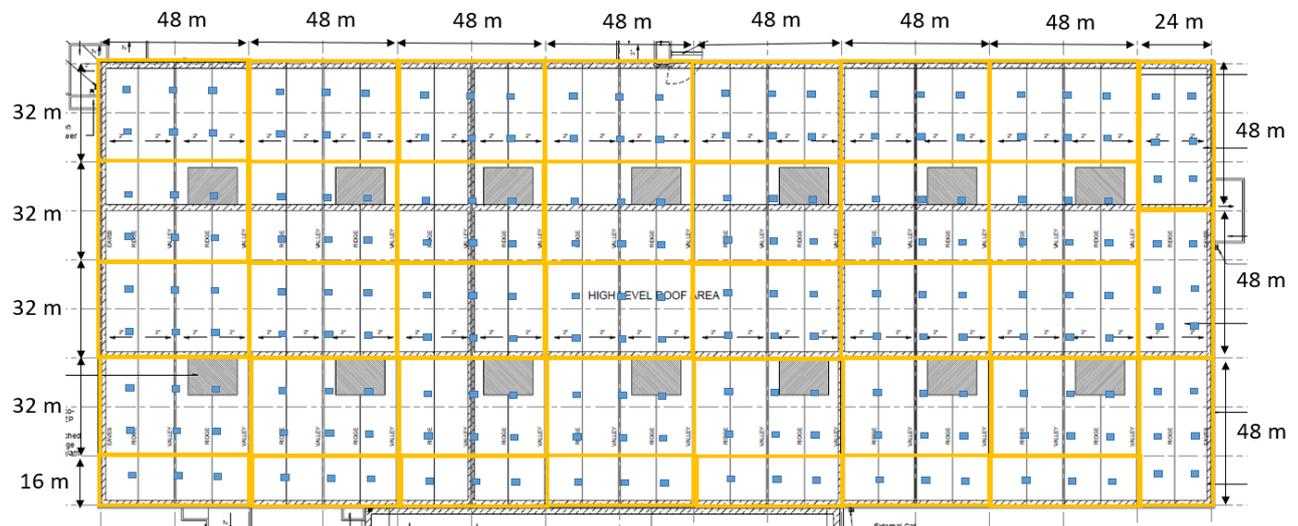
- Sous toiture
- Sous mezzanine

6.7.2. Désenfumage sous toiture

L'entrepôt est désenfumé à l'aide d'exutoires se trouvant en toiture du bâtiment. Ces exutoires représentent une surface utile de 2% de la surface au sol de l'entrepôt, soit 1 042 m².

Un cantonnement est réalisé à partir de la poutraison du bâtiment d'une hauteur de 1,5 m.

Le plan ci-dessous présente la position des exutoires (en bleu) et le cantonnement représenté par certaines des poutres principales (en jaune).



6.7.3. Désenfumage des pick towers

Pour permettre l'évacuation des fumées dans les pick towers vers les exutoires présents en toiture, des caillebotis sont répartis uniformément dans les allées principales. La surface de ces caillebotis est de 2 % de la surface des pick towers. A titre informatif, une comparaison du désenfumage avec 1% de caillebotis est présentée en ANNEXE B (1% correspondant au pourcentage initialement envisagé pour les caillebotis).

La figure ci-dessous présente la répartition des caillebotis (en violet) dans les pick towers.



Figure 6-7 : Position des trémies dans les pick towers

6.7.4. Désenfumage sous la mezzanine

La mezzanine disposant d'un plancher plein, il est nécessaire de mettre en place un désenfumage spécifique sous celle-ci pour évacuer l'accumulation potentielle de fumées tout en limitant leur propagation au reste du bâtiment.

Deux configurations de désenfumage pour la mezzanine sont étudiées dans ce rapport :

- Désenfumage naturel par des exutoires se trouvant accolés aux cages d'escalier à raison de 2 x 4 m² de surface utile par bloc d'escalier soit 40 m² de surface utile au total.
- Désenfumage mécanique par des points d'extractions se trouvant accolés aux cages d'escalier, le débit d'extraction est de 81 000 m³/h par point d'extraction.

Dans les deux cas, les fumées sont extraites par des conduits verticaux qui courent depuis le plancher de la mezzanine jusqu'en toiture.

De plus :

- Des écrans de cantonnement sont présents en bordure de mezzanine, côté intérieur pour éviter la propagation des fumées vers les pick tower.
- La poutraison de la mezzanine peut canaliser les fumées ;
- La mezzanine n'est pas en contact avec le bardage en façade. Les vides entre poteaux sont néanmoins calfeutrés afin d'éviter la propagation de fumées depuis le dessous de la mezzanine vers ces espaces, ce qui conduirait à accélérer la propagation des fumées vers les pick towers.

Les figures ci-dessous présentent la répartition de ce désenfumage (en vert) et des poutres sous la mezzanine.

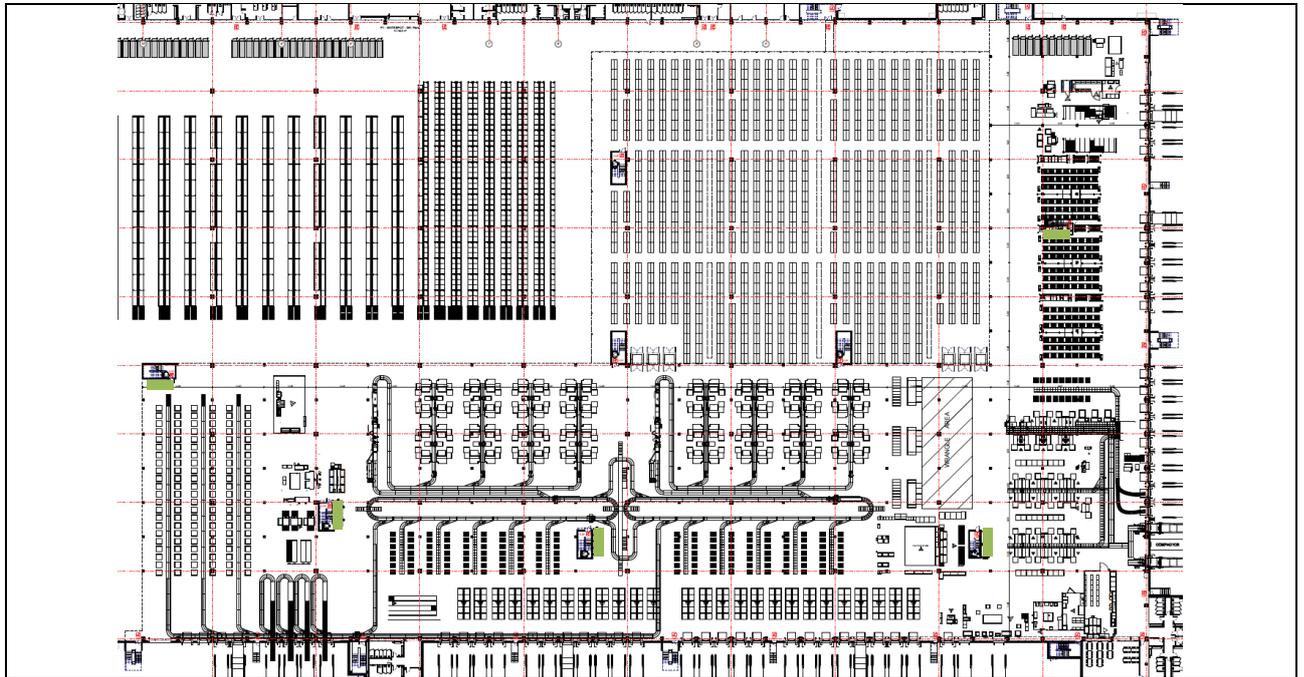


Figure 6-8 : Position du désenfumage sous mezzanine (rectangles verts)

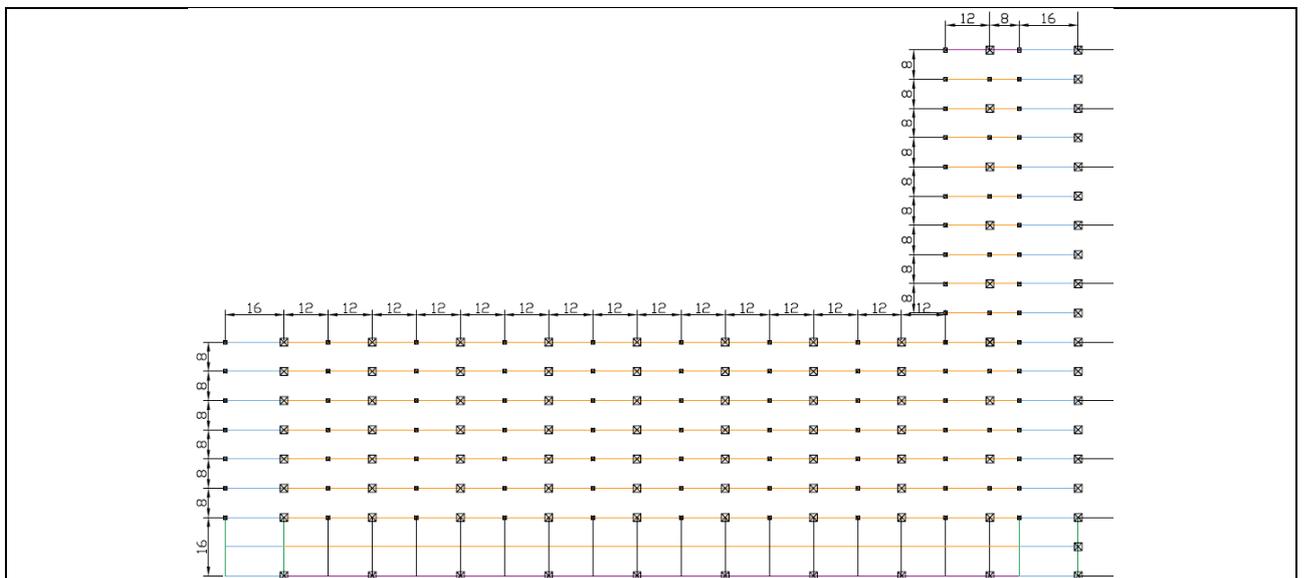


Figure 6-9 : Poutraison de la mezzanine[18]

6.7.5. Amenées d'air

Les amenées d'air sont réalisées par les portes de quai se trouvant réparties sur deux façades du bâtiment. Il est considéré qu'au moins 50% des portes de quai peuvent être utilisées pour réaliser l'apport d'air. La figure ci-dessous présente la répartition de ces amenées d'air (encadré en vert).

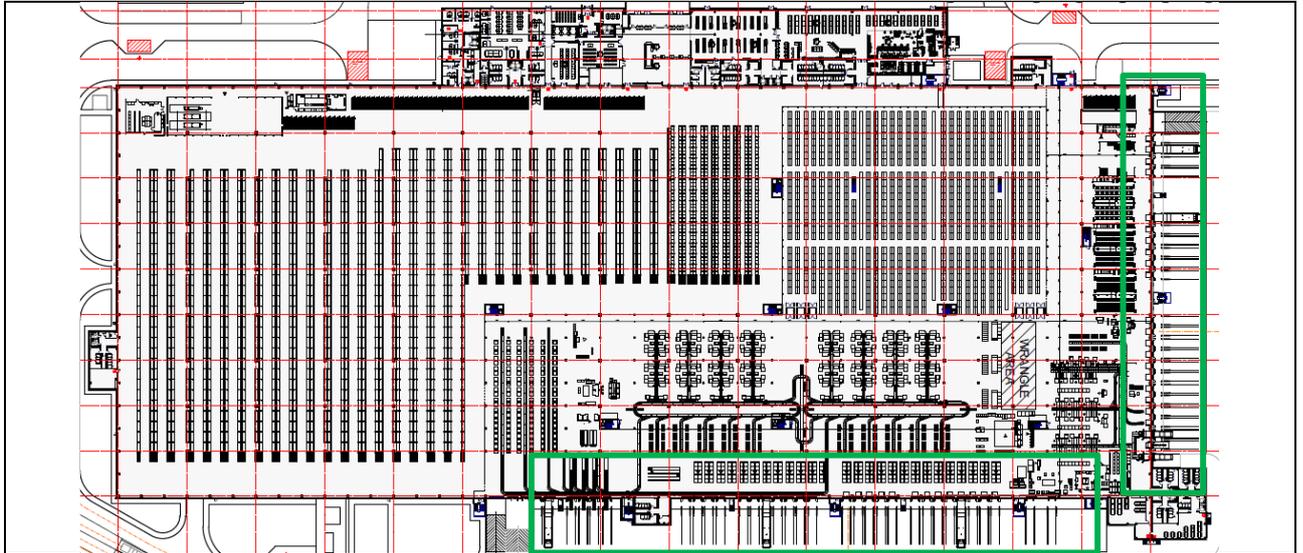


Figure 6-10 : Position des portes de quai servant d'amenées d'air

6.7.6. Stratégie de désenfumage

Suivant la position de l'incendie différentes stratégies de désenfumage seront adoptées. La stratégie de désenfumage suivante est proposée.

Si le feu démarre dans la zone de stockage rack ou VNA :

- **Désenfumage** : Activation des exutoires se trouvant au-dessus des racks/VNA 5 minutes après le départ de feu. Cette temporisation permet une activation du système de sprinklage préalablement au désenfumage. Le reste des exutoires en toiture est activé progressivement en fonction de la propagation des fumées dans le niveau par détection ou manuellement depuis le PC de sécurité.
- **Amenée d'air** : Ouverture des portes de chargement par action manuelle du personnel de sécurité après déclenchement de l'alarme.

Si le feu démarre sous la mezzanine :

- **Désenfumage** : Activation du désenfumage (mécanique ou naturel suivant la configuration) 5 minutes après le départ de feu. Cette temporisation permet encore une fois une activation du système de sprinklage préalablement au désenfumage. Les exutoires en toiture sont activés manuellement depuis le PC si les conditions d'enfumages le nécessitent.
- **Amenée d'air** : Ouverture des portes de chargement par action manuelle du personnel de sécurité après déclenchement de l'alarme.

Si le feu démarre dans les pick towers :

- **Désenfumage** : Activation du désenfumage naturel dans tous les cantons au-dessus des pick towers 5 minutes après le départ de feu. Cette temporisation permet encore une fois une activation du système de sprinklage préalablement au désenfumage. Le reste des exutoires en toiture sont activés progressivement en fonction de la propagation des fumées dans le niveau par détection ou manuellement depuis le PC de sécurité.
- **Amenée d'air** : Ouverture des portes de chargement par action manuelle du personnel de sécurité après déclenchement de l'alarme.

La figure ci-dessous présente les cantons à activer en fonction de la position du départ de feu

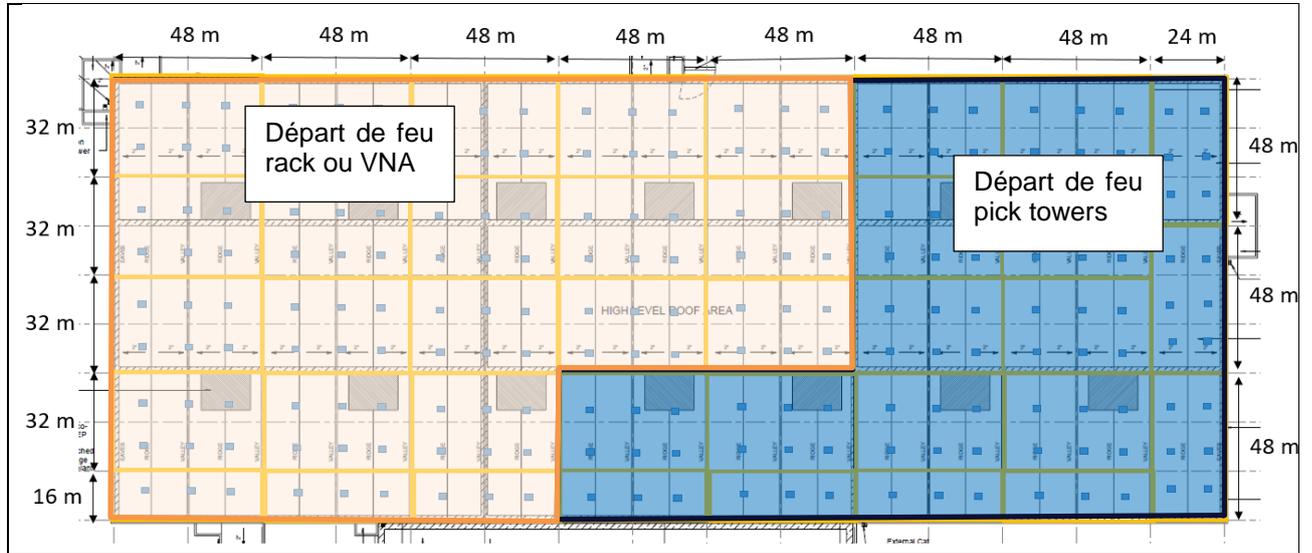


Figure 6-11 : Zone de désenfumage à activer en fonction du départ de feu

7. PRESENTATION DES SCENARIOS INCENDIE ETUDIES

Cette partie consiste à identifier les scénarios d'incendie les plus critiques vis à vis des différents objectifs investigués lors des phases 0 à 2 identifiées au § 3.1 Ces feux sont définis sur la base des potentiels calorifiques présents dans le bâtiment et des moyens de protection mis en place.

Le niveau sous mezzanine, étant une zone de process, il ne dispose pas d'une densité de combustible importante. Néanmoins, le désenfumage mis en œuvre nécessite la vérification des conditions d'évacuation. Un scénario sur une zone de process avec maîtrise du feu par système de sprinklage sera prospecté.

Le stockage en pick tower entraine une concentration importante de combustible dans le bâtiment, cinq scénarios dans les pick towers seront prospectés :

- Un scénario au RDC dans la pick tower de 5 niveaux avec maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Un scénario au RDC dans la pick tower de 5 niveaux sans maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Deux scénarios sur la mezzanine à deux positions différentes ;
- Un scénario sur la mezzanine sans maîtrise du feu par système de sprinklage.

En dehors des mezzanines et pick tower, du stockage traditionnel en rack et densifié en VNA peuvent également représenter une source de départ de feu. Il est proposé d'étudier deux scénarios au niveau des VNA qui se trouvent proches de mezzanines :

- Feu de VNA avec maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Feu de VNA sans maîtrise du feu par système de sprinklage.

7.1. CAS PARTICULIER DE LA PRISE EN COMPTE D'UN SYSTEME D'EXTINCTION AUTOMATIQUE GENERALISE

Quand on souhaite prendre en compte l'impact du système de sprinklage sur l'incendie, il est considéré habituellement que le feu est maîtrisé (si non éteint) dès lors que la 5^{ème} tête de sprinkler est activée (la référence [11] indique que des statistiques du Comité Européen des Assurances montrent que 75 % des feux sont contrôlés par l'activation d'au plus 5 têtes et des statistiques de Nouvelle Zélande montrent que 93 % des feux sont contrôlés par l'activation d'au plus 6 têtes). Ainsi, l'hypothèse que la propagation est arrêtée lorsque la 5^{ème} tête de sprinkler est activée sera utilisée. Cette hypothèse est conservative, dans la plupart des incendies, le feu est contrôlé avec moins de 5 têtes de sprinkler.

Afin de connaître le temps à partir duquel le feu est maîtrisé par les sprinklers et le débit calorifique correspondant, les corrélations d'Alpert sont utilisées, ainsi qu'un modèle prenant en compte le RTI (Response Time Index) des sprinklers. Les corrélations d'Alpert permettent d'évaluer les flux et températures obtenus au niveau du plafond d'un local en feu. Les formules utilisées sont présentées en ANNEXE A.

7.2. DESCRIPTION DES SCENARIOS

7.2.1. Scénario 1 : Feu de process au niveau P1

S'agissant d'une zone « process », le niveau P1 ne comprend pas de fortes densités de matériaux. Sous la mezzanine la hauteur est de 5,5 m, d'une manière sécuritaire on considérera que le sprinkler se trouve à cette hauteur.

Pour ce scénario, une cinétique de développement « Rapide » sera utilisée. Celle-ci correspond à une puissance de 1 MW après 2 min 30 s d'incendie. Cette hypothèse constitue une approche sécuritaire au regard de l'environnement rencontré en zone « process ».

Pour ce scénario, il est considéré que le déclenchement du système de sprinkler permet de contrôler l'incendie. La puissance de l'incendie est donc déterminée à partir du temps d'activation du système de sprinkler. On considère une température d'activation du sprinkler de 68 °C et un maillage de 3,6 m x 3,6 m. La corrélation d'Alpert permet de calculer la température sous un plafond et de déterminer ainsi à quel temps la température d'activation de 68 °C est atteinte à la 5^{ème} tête de sprinkler. Cette formule a été utilisée pour déterminer que le sprinkler stoppe la propagation du feu après 371 secondes (en prenant en compte le RTI du sprinkler).

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 6,1 MW. En ordre de grandeur, cette puissance est équivalente à la propagation d'un incendie pleinement développé dans une zone de bureau ou de process de 25 m².

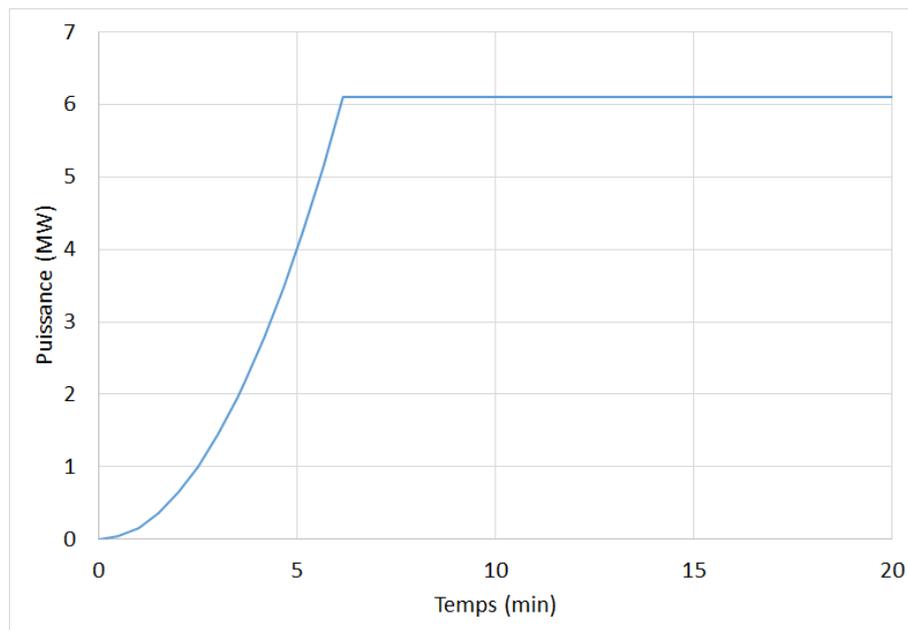


Figure 7-1 : Puissance de l'incendie pour le scénario 1

7.2.2. Scénario 2 : Feu de stockage de type pick tower au 1er étage

Pour ce scénario on considère que l'incendie débute à un rayonnage de pick tower et se propage progressivement le long de celui-ci. Une cinétique de développement « Rapide » sera utilisée, représentative du combustible pouvant se trouver dans les entrepôts de type 1510.

Un système de sprinklage est installé dans chaque niveau de pick tower permettant ainsi de considérer qu'en cas de départ de feu, l'incendie est maîtrisé par le sprinkler.

On considère une température d'activation du sprinkler de 68 °C et un maillage de 2,4 m x 2,4 m et une hauteur de 3 m (correspondant à la hauteur de pick tower au 1er étage). A partir de la corrélation d'Alpert le temps de maîtrise de l'incendie par le sprinkler a été estimé à 227 secondes (en prenant en compte le RTI du sprinkler).

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 2,3 MW. En ordre de grandeur, cette puissance est équivalente à la propagation d'un incendie pleinement développé dans une zone de bureau ou de process de 9 m².

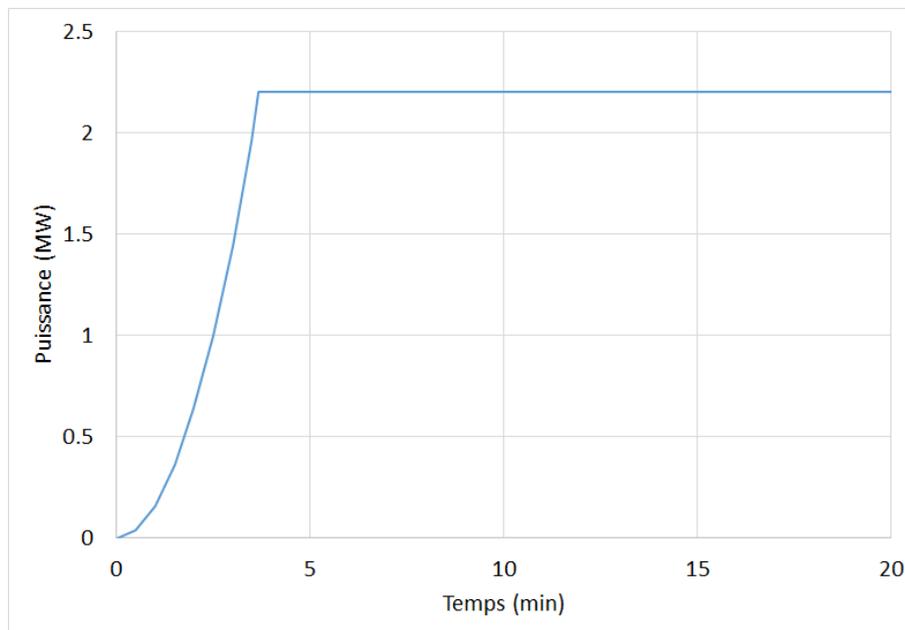


Figure 7-2 : Puissance de l'incendie pour le scénario 2

7.2.3. Scénarios 3 et 4 : Feu de stockage de type pick tower au 3^{ème} étage

Les étages supérieurs des pick towers (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} étages), disposent d'un stockage semblable aux niveaux inférieurs (P1 et 1^{er} étage) avec une hauteur sous niveau plus faible (2,5 m). Il est proposé d'étudier un scénario dans ce niveau pour quantifier l'impact de cette différence.

La cinétique de développement est identique à celle proposée pour le scénario 2, à savoir « Rapide ».

On considère une température d'activation du sprinkler de 68 °C, un maillage de 3 m x 3 m et une hauteur de 2,5 m (correspondant à la hauteur de pick tower au 3^{ème} étage). A partir de la corrélation d'Alpert le temps de maîtrise de l'incendie par le sprinkler a été estimé à 200 secondes (en prenant en compte le RTI du sprinkler).

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 1,9 MW. En ordre de grandeur, cette puissance est équivalente à la propagation d'un incendie pleinement développé dans une zone de bureau ou de process de 7,6 m².

Ce scénario sera étudié pour deux positions.

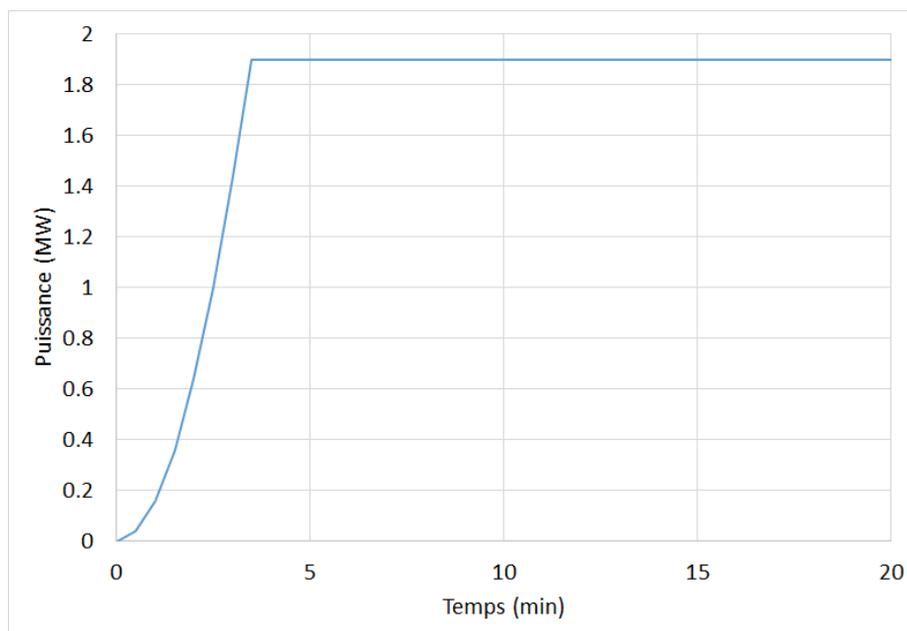


Figure 7-3 : Puissance de l'incendie pour les scénarios 3 et 4

7.2.4. Scénarios 5 et 6 : Feu de stockage de type pick tower non maîtrisé par le sprinkler

Ces scénarios consistent à reprendre le même développement de feu que pour les scénarios 2 et 4 mais sans limitation de leur développement par le système d'extinction automatique à eau de type sprinkler afin de conduire à une situation dégradée. Une limitation de la puissance de l'incendie liée à la modélisation pourra néanmoins être prise en compte en fonction des hypothèses liées aux extractions de fumées et aux amenées d'air en dépassant toutefois largement les débits calorifiques maîtrisés par le sprinkler.

Les positions de départ de feu sont identiques à celles proposées pour les scénarios 2 et 4.

7.2.5. Scénario 7 : Feu dans la VNA avec maîtrise par le sprinkler

Un feu dans un rack de grande hauteur a la capacité de se développer rapidement verticalement avant l'activation du sprinkler et le contrôle de l'incendie. Dans cette situation, une cinétique de développement de feu Ultra-Fast est utilisée, celle-ci induit une puissance de 1,0 MW après 75 secondes d'incendie.

Un système de sprinkler est installé dans les VNA à une hauteur de 9 m, il est considéré dans ce scénario que ce système de sprinkler permet de maîtriser la puissance du feu.

Pour déterminer à quelle puissance cet incendie est maîtrisé, un modèle numérique simplifié a été réalisé au niveau de la zone VNA (Cf. ANNEXE C). En prenant en compte une température d'activation de 68 °C, un maillage de 2,6 m x 2 m et une hauteur de 9 m, l'incendie est maîtrisé par le système de sprinkler après 270 secondes.

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 13 MW.

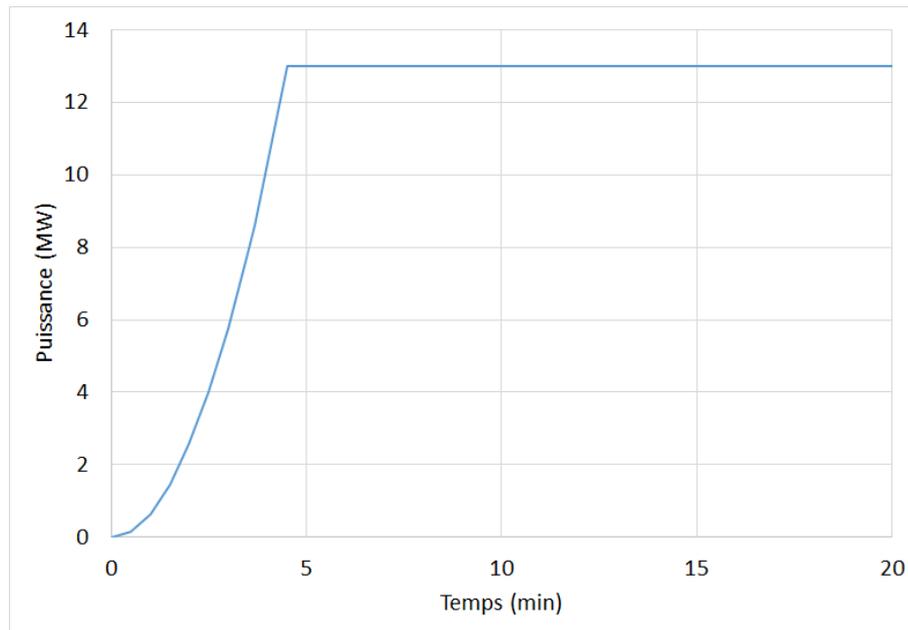


Figure 7-4 : Puissance de l'incendie pour le scénario 7

7.2.6. Scénario 8 : Feu dans la VNA sans maîtrise par le sprinkler

Ce scénario consiste à reprendre le même développement de feu que pour le scénario 7 mais sans limitation de son développement par le système d'extinction automatique à eau de type sprinkler afin de conduire à une situation dégradée. Une limitation de la puissance de l'incendie liée à la modélisation pourra néanmoins être prise en compte en fonction des hypothèses liées aux extractions de fumées et aux amenées d'air en dépassant toutefois largement les débits calorifiques maîtrisés par le sprinkler.

7.3. COMBUSTIBLE

Les combustibles utilisés sont représentatifs des produits pouvant se trouver dans les entrepôts de stockage. On considèrera donc un combustible hétérogène composé à 50 % de matériaux cellulosique (bois, carton...) et à 50 % de matériaux à base de polyuréthane (plastiques). Ce combustible produit une quantité importante de fumées et de gaz toxiques.

7.4. POSITION DES SCENARIOS

Les figures suivantes présentent les positions retenues pour les différents scénarios présentés dans les paragraphes précédents.

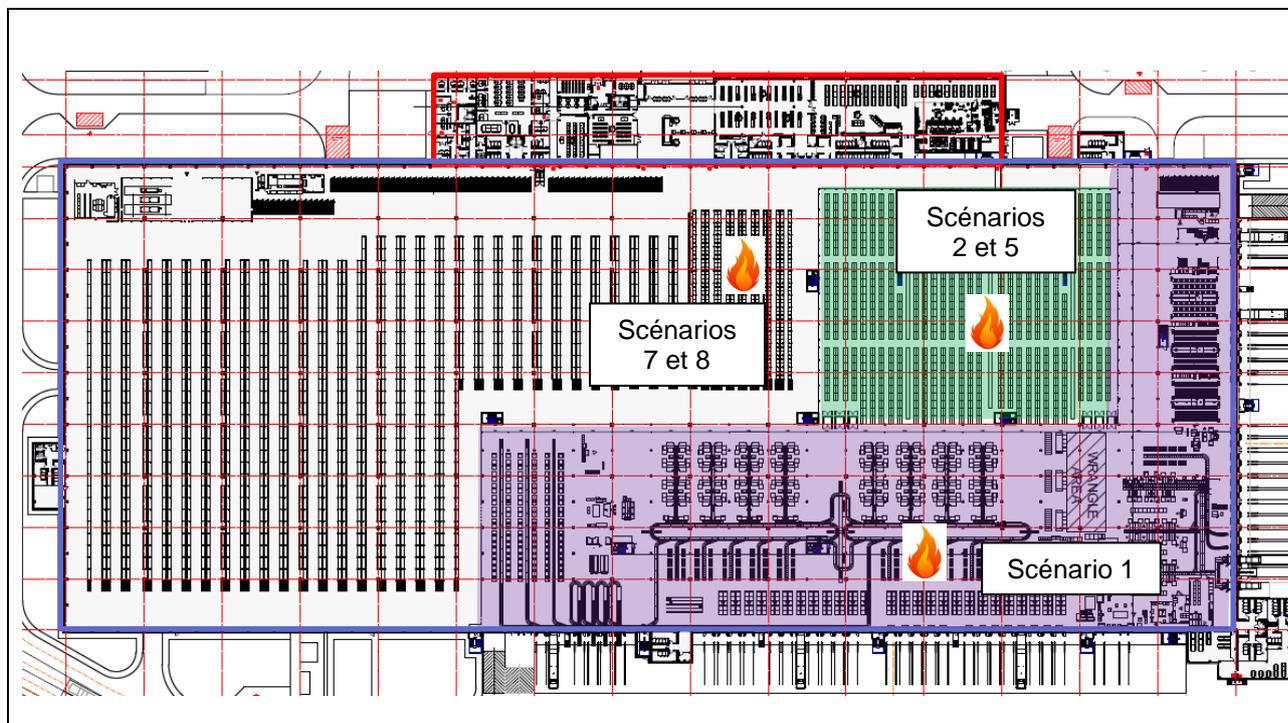


Figure 7-5 : Position des scénarios au niveau P1

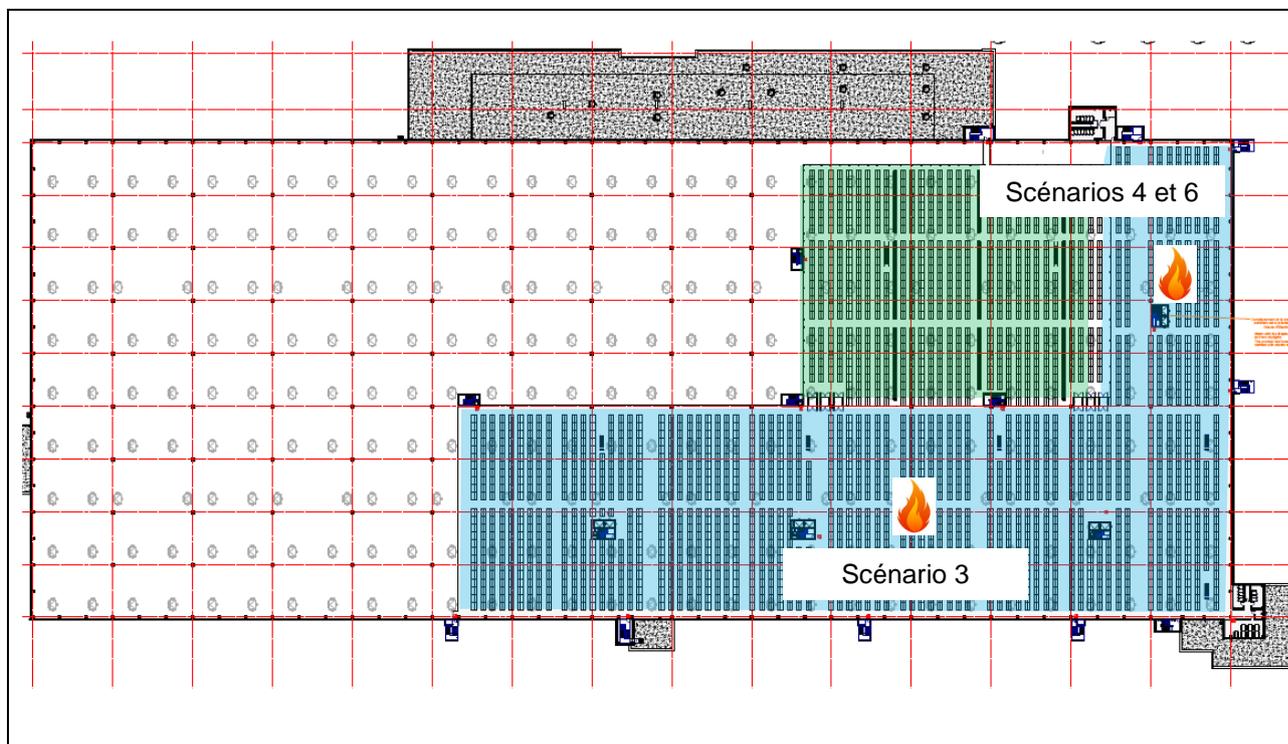


Figure 7-6 : Position des scénarios sur la mezzanine (3^{ème} étage)

7.5. SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ETUDIÉS

Le tableau ci-dessous résume les propriétés des scénarios incendie proposés :

Scénario	Maîtrise par le système sprinkler	Cinétique	Puissance maximale de l'incendie (MW)	Position
1*	Oui	Rapide	6,1	Sous la mezzanine
2	Oui		2,3	P1 dans la pick tower de 5 niveaux
3	Oui		1,9	Sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux
4	Oui		1,9	Sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux
5	Non		Pas de limitation	P1 dans la pick tower de 5 niveaux
6	Non		Pas de limitation	Sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux
7	Oui	Très Rapide	13	Dans la VNA
8	Non		Pas de limitation	

Tableau 7-1 : Synthèse des scénarios étudiés

**Ce scénario est étudié avec deux configurations de désenfumage.*

Pour rappel, dans la suite du document, le référentiel temps est défini à partir d'un t0 correspondant au départ de feu.

8. ESTIMATION DU TEMPS D'EVACUATION

Dans cette partie, on s'attache à calculer les temps d'évacuation de façon analytique ainsi qu'à l'aide d'outils avancés afin de pouvoir proposer une approche robuste. Lorsque les deux approches sont mises en œuvre pour calculer les temps d'évacuation, les résultats donnant des temps d'évacuation les plus longs seront retenus par la suite pour les analyses afin de proposer une démarche sécuritaire.

Le comportement humain ou l'environnement du lieu de travail est pris en compte de manière indépendante dans chaque temps élémentaire décrit par la suite. Chaque durée est estimée de façon sécuritaire, ainsi, il n'est pas retenu de coefficient de pondération global sur le temps d'évacuation final.

Les temps d'évacuation calculés sont les temps nécessaires pour que les personnes franchissent un élément de compartimentage permettant aux personnes d'être en sécurité des effets de l'incendie. Pour les niveaux supérieurs, on considère que le personnel n'est en sécurité qu'une fois qu'il a atteint une issue du niveau RDC dans le cas où il emprunterait les escaliers encloués intérieurs.

8.1. CALCUL ANALYTIQUE

L'évaluation de la durée d'évacuation est déterminée sur la base d'une addition de durées élémentaires d'évacuation déterminées par une méthode simplifiée. Cette approche prend en compte une durée sécuritaire pour chaque durée élémentaire et permet d'obtenir le temps auquel la dernière personne quitte le bâtiment.

La durée nécessaire à l'évacuation des personnes présentes dans le bâtiment peut être décomposée en plusieurs temps élémentaires (dont les dénominations sont reprises du document [12]) :

- Le temps de détection et de mise en alerte (Δt alarme) : c'est le temps nécessaire à la détection de l'incendie et au déclenchement de l'alerte sonore. En moyenne, on considère **4 minutes** en prenant en compte une durée de 1 minute pour la détection et 3 minutes avant l'activation de l'alarme correspondant à la levée de doute. La valeur de 1 minute pour la détection est sécuritaire sachant que la détection est réalisée par un système de détection par aspiration et que son activation sera quasi immédiate du fait des quantités importantes de fumées produites en se basant sur les scénarios retenus dans le cadre de cette étude. **La temporisation de 3 minutes correspondant à la levée de doute pourra faire l'objet d'une adaptation en fonction des résultats de simulation.**
- Le temps de prise de conscience et de réaction (Δt pré-mouvement) : c'est le temps nécessaire aux occupants pour comprendre la situation, réagir et décider de se mettre en mouvement. Des formations spécifiques étant réalisées et des exercices réguliers d'évacuation du personnel étant effectués, on estime cette durée autour de **1 minute**. Des personnes à proximité du feu (contact visuel ou odeur de fumées) réagiront plus rapidement (**30 secondes**).
- Le temps de parcours (Δt mouvement) : c'est le temps nécessaire pour atteindre une issue de secours. Il est fonction des distances de parcours pour atteindre les différentes sorties. On se base sur une vitesse de déplacement des personnes de 1 m/s⁷, ce qui est une valeur usuelle généralement prise en compte par Efectis France.

Au niveau RDC, la distance à parcourir en considérant les cheminements d'évacuation disponibles est inférieure à 150 m au maximum pour atteindre une issue, soit un temps de parcours de 150 secondes.

Dans les niveaux supérieurs, on distingue :

- Le temps de parcours horizontal pour atteindre une issue (escaliers intérieurs ou extérieur), qui est de 60 secondes, la distance de parcours maximal étant de 60 m ;
- Le temps de parcours vertical pour les personnes empruntant un escalier intérieur, avec une vitesse de déplacement de 0,5 m/s ;
- Le temps de parcours horizontal au RDC pour atteindre une issue de secours.

⁷ Arrêté du 24 décembre 2007 portant approbation des règles de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les gares
NOR : IOCE0804299A

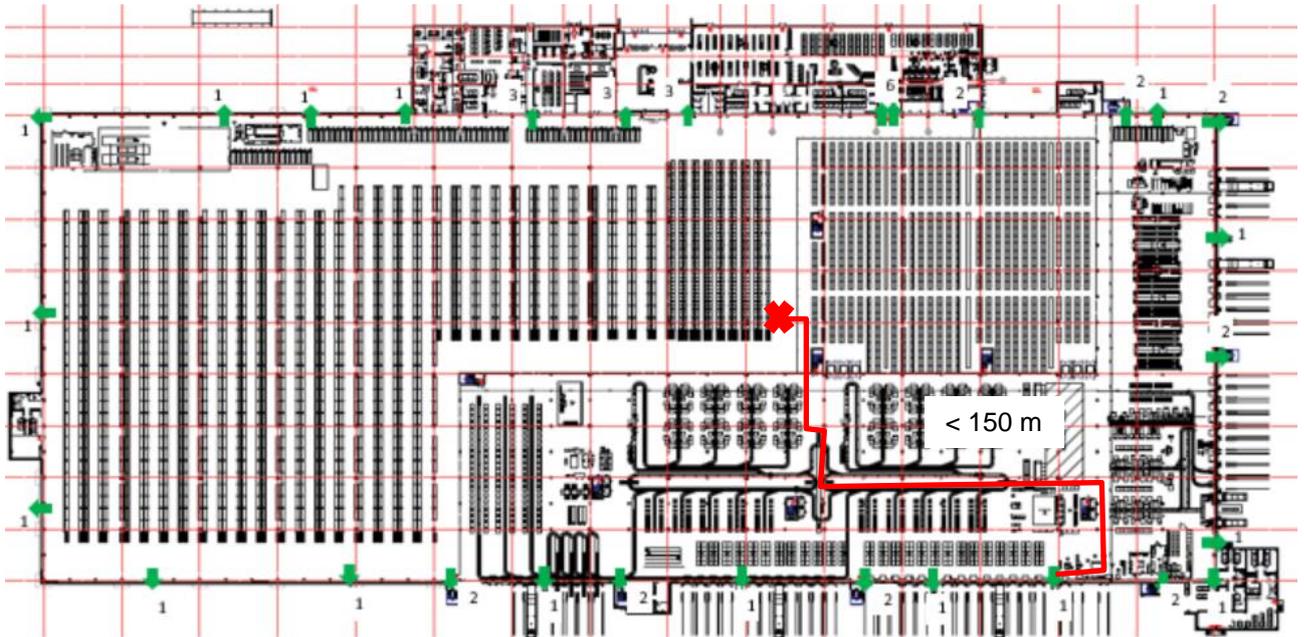


Figure 8-1 : Localisation des issues de secours et cheminement d'évacuation au P1

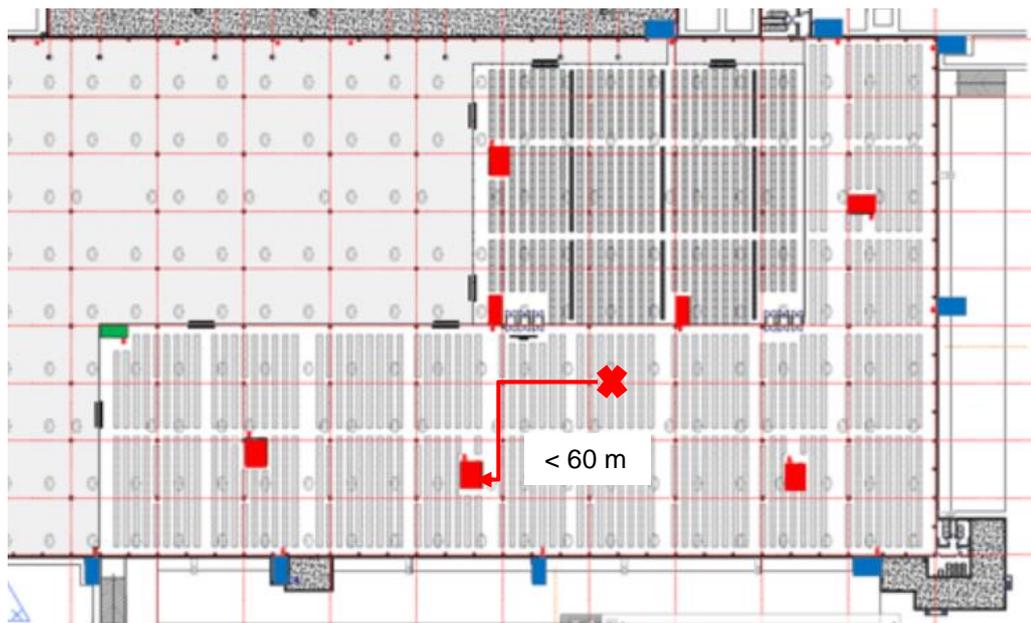


Figure 8-2 : Localisation des issues de secours et cheminement d'évacuation dans les étages supérieurs

Nota : des chariots utiles à la manutention seront présents dans les niveaux de pick towers, il conviendra de rédiger des procédures spécifiques de sorte à ce que les travailleurs puissent se déplacer dans les étages sans être bloqués par la présence de ces chariots en cas d'évacuation suite à détection et alarme.

- Le temps de sortie : c'est le temps nécessaire au passage des portes. Ce temps est fonction de l'effectif présent à chaque niveau et du nombre de sorties disponibles pour l'évacuation. On considère une valeur usuelle de 50 personnes/UP/min (soit 0,8 p/UP/sec).

Compte tenu des 30 UP disponibles dans les niveaux supérieurs pour un effectif de 60 personnes, le temps de sortie est négligeable.

Au niveau RDC, les 337 personnes disposent de 47 UP pour évacuer, ce qui représente un temps de passage de 10 secondes.

Les temps élémentaires pour chaque niveau sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous. On distingue dans deux tableaux distincts les personnes proches du départ de feu qui auront un temps de réaction et de détection plus rapide que des personnes sans visibilité directe sur le départ de feu et qui attendraient la diffusion de l'alarme d'évacuation pour réagir.

Durées élémentaires					
Niveau	P1 1 ^{er} niveau PKT	2 ^{ème} niveau PKT	P2 3 ^{ème} niveau PKT	4 ^{ème} niveau PKT	5 ^{ème} niveau PKT
Détection et mise en alerte	60 s + 180 s				
Réaction	60 s				
Parcours en étage	/	60 s			
Sortie en étage	/	0 s			
Temps intermédiaire de mise à l'abri dans les niveaux	/	360 s (6 min)			
Parcours vertical (escaliers intérieurs)	/	30 s	60 s	90 s	120 s
Parcours au RDC	150 s	90 s			
Sortie	10 s	/*			
Total	460 s (7 min 40 s)	480 s (8 min)	510 s (8 min 30 s)	540 s (9 min)	570 s (9 min 30 s)

Tableau 8-1 : Synthèse de la durée d'évacuation dans les différents niveaux de départ de feu avec temporisation de 3 min

*Le temps de passage des issues au niveau RDC pour les personnes venant des niveaux supérieurs est considéré nul, leur évacuation à ce niveau étant différé par rapport au personnel situé au RDC au moment du départ de feu.

Ainsi, on constate que pour des personnes n'ayant pas de visibilité directe du départ de feu et attendant la diffusion de l'alarme sonore d'évacuation après une levée de doute, le temps d'évacuation est compris entre 7 min 40 s (pour les personnes du RDC) et 9 min 30 s (pour les personnes venant des niveaux supérieurs).

Si l'on considère en revanche que l'alarme est diffusée sans temporisation sur détection, on obtient les durées d'évacuation suivantes, comprises entre 4 min 40 s et 6 min 30 s (voir tableau ci-dessous).

Durées élémentaires					
Niveau	P1 1 ^{er} niveau PKT	2 ^{ème} niveau PKT	P2 3 ^{ème} niveau PKT	4 ^{ème} niveau PKT	5 ^{ème} niveau PKT
Détection et mise en alerte	60 s				
Réaction	60 s				
Parcours en étage	/	60 s			
Sortie en étage	/	0 s			
Temps intermédiaire de mise à l'abri dans les niveaux	/	180 s (6 min)			
Parcours vertical (escaliers intérieurs)	/	30 s	60 s	90 s	120 s
Parcours au RDC	150 s	90 s			
Sortie	10 s	/*			
Total	280 s (4 min 40 s)	300 s (5 min)	330 s (5 min 30 s)	360 s (6 min)	390 s (6 min 30 s)

Tableau 8-2 : Synthèse de la durée d'évacuation dans les différents niveaux de départ de feu sans temporisation

8.2. SIMULATIONS AVANCEES AVEC PATHFINDER

De façon à calculer de manière plus précise le temps d'évacuation en fonction de la position des personnes, un logiciel d'évacuation nommé Pathfinder [20] est utilisé, dans sa version 2018. Ce modèle représente le flux de personnes dans un bâtiment et permet de visualiser leur déplacement jusqu'aux issues pendant l'évacuation.

La géométrie du bâtiment (position des issues de secours, obstacles...) et la répartition des personnes à l'intérieur peuvent être modifiées dans le but d'être représentatif de la réelle occupation du bâtiment.

On propose de retenir des hypothèses similaires à celles décrites pour le calcul analytique en ce qui concerne le pré-mouvement du personnel. Ainsi, cette phase ne sera pas liée à l'utilisation du logiciel, qui a pour objectif dans ce cas précis de déterminer le temps de déplacement total en prenant en compte une position aléatoire du personnel dans les différentes zones de la cellule. L'utilisation du logiciel d'évacuation permettra principalement de prendre en compte l'interaction de l'évacuation de chacune des personnes, en limitant leur vitesse de déplacement ou en ralentissant leur passage aux issues, ce type de phénomène étant difficilement modélisable dans le cadre d'une approche analytique et simplifiée.

On présente des vues de la géométrie ci-dessous, qui prend en compte les obstacles au déplacement, ainsi que les escaliers et l'effectif décrit au § 6.3.

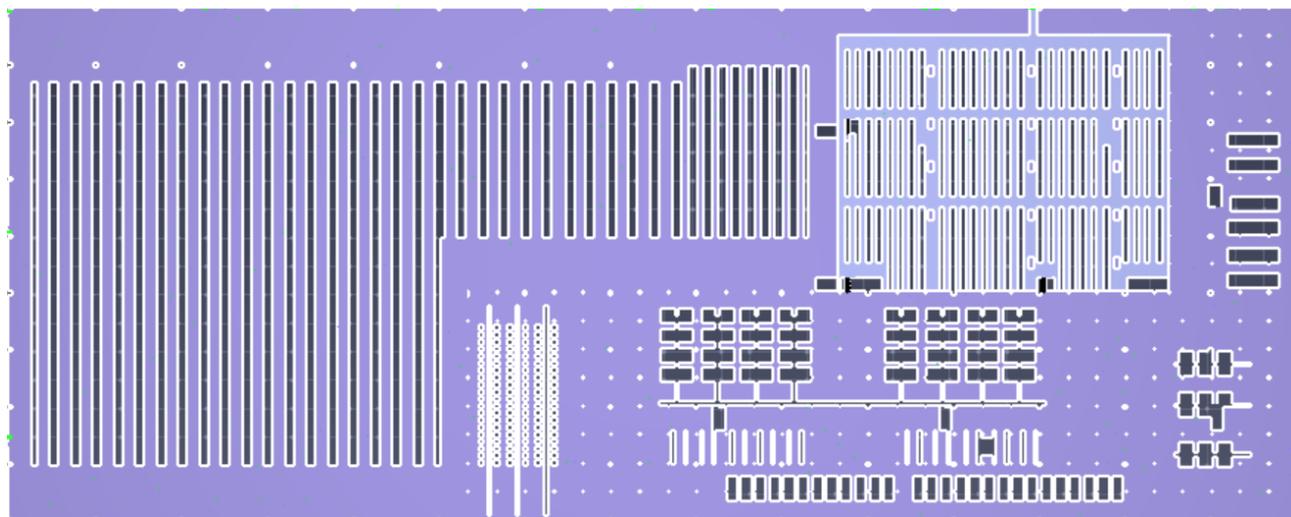


Figure 8-3 : Modélisation du niveau RDC

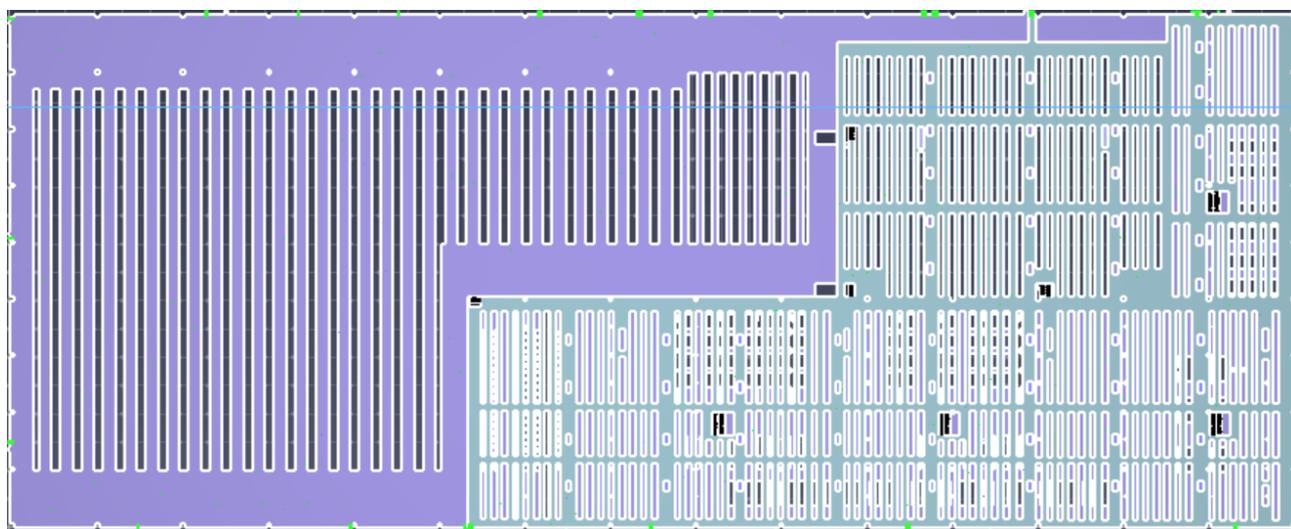


Figure 8-4 : Modélisation des niveaux supérieurs

Le logiciel indique un temps de parcours maximal de 196 secondes pour évacuer l'ensemble des 534 personnes présentes dans le bâtiment. La figure ci-dessous présente l'évolution du nombre de personnes dans le bâtiment au cours du temps.

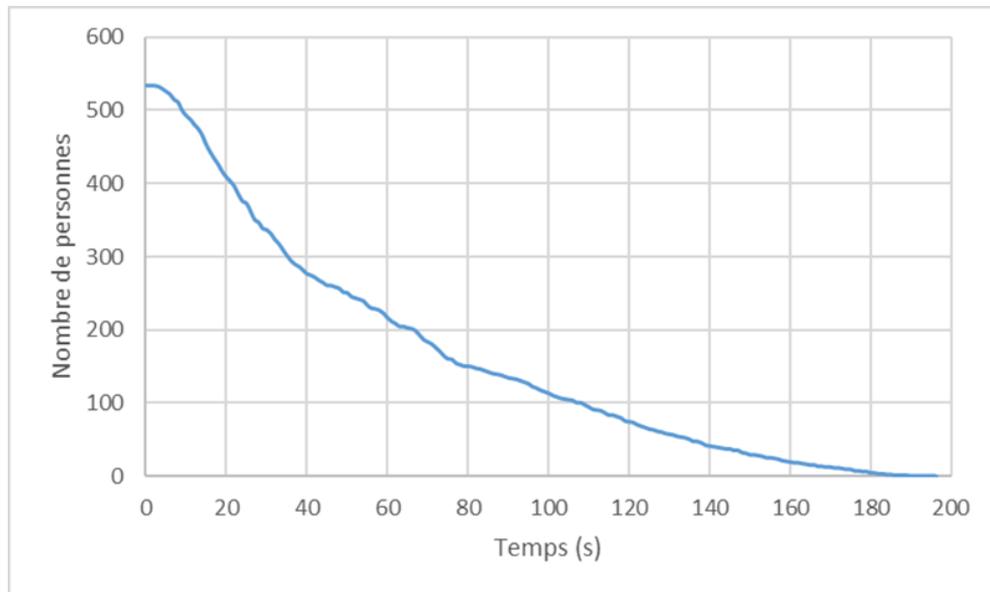


Figure 8-5 : Evolution du nombre de personnes dans le bâtiment au cours du temps

Par ailleurs, le logiciel indique le temps d'évacuation de chaque niveau, c'est-à-dire le temps à partir duquel plus aucune personne ne transite par le niveau. Pour des raisons de modélisation, le personnel empruntant les escaliers à cœur de mezzanine et pick towers repasse par les niveaux inférieurs, ainsi les temps donnés ci-dessous ne correspondent pas au temps d'évacuation des personnes propres au niveau au moment du départ de feu, mais des dernières personnes venant des niveaux supérieurs et transitant par les escaliers encloisonnés.

Le tableau ci-dessous présente les temps maximums observés parmi les 30 simulations effectuées.

	P1 1 ^{er} étage PKT	2 ^{ème} étage PKT	P2 3 ^{ème} étage PKT	4 ^{ème} étage PKT	5 ^{ème} étage PKT
Dernier passage au niveau	196 s	106 s	92 s	75 s	61 s

Tableau 8-3 : Dernier temps de passage aux étages (durée maximale)

Enfin, on présente dans le tableau ci-dessous les temps de parcours maximum pour atteindre une issue à chaque étage (données issues de la simulation se rapprochant des temps maximums obtenus sur les 30 simulations analysées).

	P1 1 ^{er} étage PKT	2 ^{ème} étage PKT	P2 3 ^{ème} étage PKT	4 ^{ème} étage PKT	5 ^{ème} étage PKT
Temps d'évacuation du niveau	196 s	64 s	47 s	46 s	61 s

Tableau 8-4 : Temps d'évacuation du niveau pour une simulation donnée

On constate ainsi que le temps de parcours dans les étages supérieurs est de l'ordre de la minute. Au niveau P1 en revanche, il faut compter presque 200 s pour que toutes les personnes aient évacué.

8.3. SYNTHÈSE

A l'aide du tableau suivant, on effectue la comparaison entre la méthode analytique et la méthode avancée. Comme expliqué précédemment, les temps de détection, mise en alerte et réaction sont considérés identiques pour les deux méthodes, on compare alors seulement le temps de déplacement total, comprenant le temps de parcours et de sortie.

	P1 1 ^{er} étage PKT	2 ^{ème} étage PKT	P2 3 ^{ème} étage PKT	4 ^{ème} étage PKT	5 ^{ème} étage PKT
Méthode analytique	270 s	150 s	120 s	90 s	60 s
Méthode avancée Pathfinder	196 s	106 s	92 s	75 s	61 s

Tableau 8-5 : Dernier temps de passage aux étages - comparatif

Enfin, on présente dans le tableau ci-dessous les temps de parcours maximum pour atteindre une issue à chaque étage (données issues de la simulation se rapprochant des temps maximums obtenus sur les 30 simulations analysées).

	P1 1 ^{er} étage PKT	2 ^{ème} étage PKT	P2 3 ^{ème} étage PKT	4 ^{ème} étage PKT	5 ^{ème} étage PKT
Méthode analytique	270 s	60 s	60 s	60 s	60 s
Méthode avancée Pathfinder	196 s	64 s	47 s	46 s	61 s

Tableau 8-6 : Temps de parcours du niveau - comparatif

On constate que la durée maximale est obtenue avec la méthode analytique, ce sera donc la durée retenue pour l'analyse par la suite dans ce rapport.

9. MODELISATION DE L'INCENDIE

9.1. CODE DE CALCUL UTILISE

Compte tenu de la volumétrie, on utilise le modèle de champ tridimensionnel FDS dans sa version 6.7.0 [10] développé par le National Institute of Standards and Technology (NIST) et utilisé par Efectis France depuis de nombreuses années. Il intègre un modèle de combustion par suivi de la fraction de mélange et un modèle à grandes échelles (LES) pour la description des écoulements turbulents. Il permet de prédire le déplacement des fumées en prenant en compte la nature des combustibles, celle des parois, les effets aérauliques réels (ventilations, exutoires, ...) et des géométries complexes.

Ce code de calcul en dynamique des fluides fournit, en fonction du temps et en tous points, les principaux paramètres suivants :

- Les conditions de visibilité (associée à la présence de suies) ;
- La température des gaz (pour les sollicitations thermiques et les conditions d'évacuation) ;
- La teneur en espèces toxiques.

9.2. GEOMETRIE

Le modèle Fire Dynamics Simulator (FDS) mis en place pour effectuer les simulations est basé sur un maillage cartésien qui a été optimisé du fait de la grande taille de la cellule. Pour représenter au mieux la géométrie du bâtiment et les phénomènes aérauliques, deux tailles de maillages ont été utilisés :

- Maillage de 0,5 x 0,5 x 0,5 m dans les zones de rack et VNA ;
- Maillage de 0,5 x 0,5 x 0,25 m dans les zones avec mezzanines et pick tower.

L

e nombre total de mailles est ainsi de 10 millions.

Pour que le maillage représente correctement les différents phénomènes physiques liés à l'incendie, il est nécessaire de vérifier les équations suivantes [10] :

$$4 < \frac{D^*}{\Delta} < 16$$

Où le diamètre caractéristique du foyer D^* est fourni par la relation suivante :

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} C_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{2/5}$$

\dot{Q} : Débit calorifique total (kW)

$\rho_{\infty} = 1,2 \text{ kg/m}^3$: masse volumique de l'air à température ambiante

$C_p = 1,012 \text{ kJ/kgK}$: capacité thermique à pression constante du gaz

$T_{\infty} = 293,3 \text{ K}$: Température ambiante

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$: accélération de la gravité

Et Δ est la taille du maillage choisi

En prenant en compte la plus petite puissance de feu développée dans les différents scénarios (1,9 MW), le coefficient D^*/Δ est de 4,9 ce qui est dans le domaine de validité proposé dans la littérature [10].

Du fait du maillage, certaines adaptations de la géométrie ont été réalisées. La modélisation prend en compte la forme générale du bâtiment ainsi que tous les éléments de structure pouvant représenter des obstacles significatifs aux écoulements (poutres, poteaux...).

De même, la position générale du stockage (rack et rayonnages dans les pick towers) a été représentée de manière simplifiée.

La poutraison a été représentée dans la modélisation comme visible sur les figures ci-dessous.

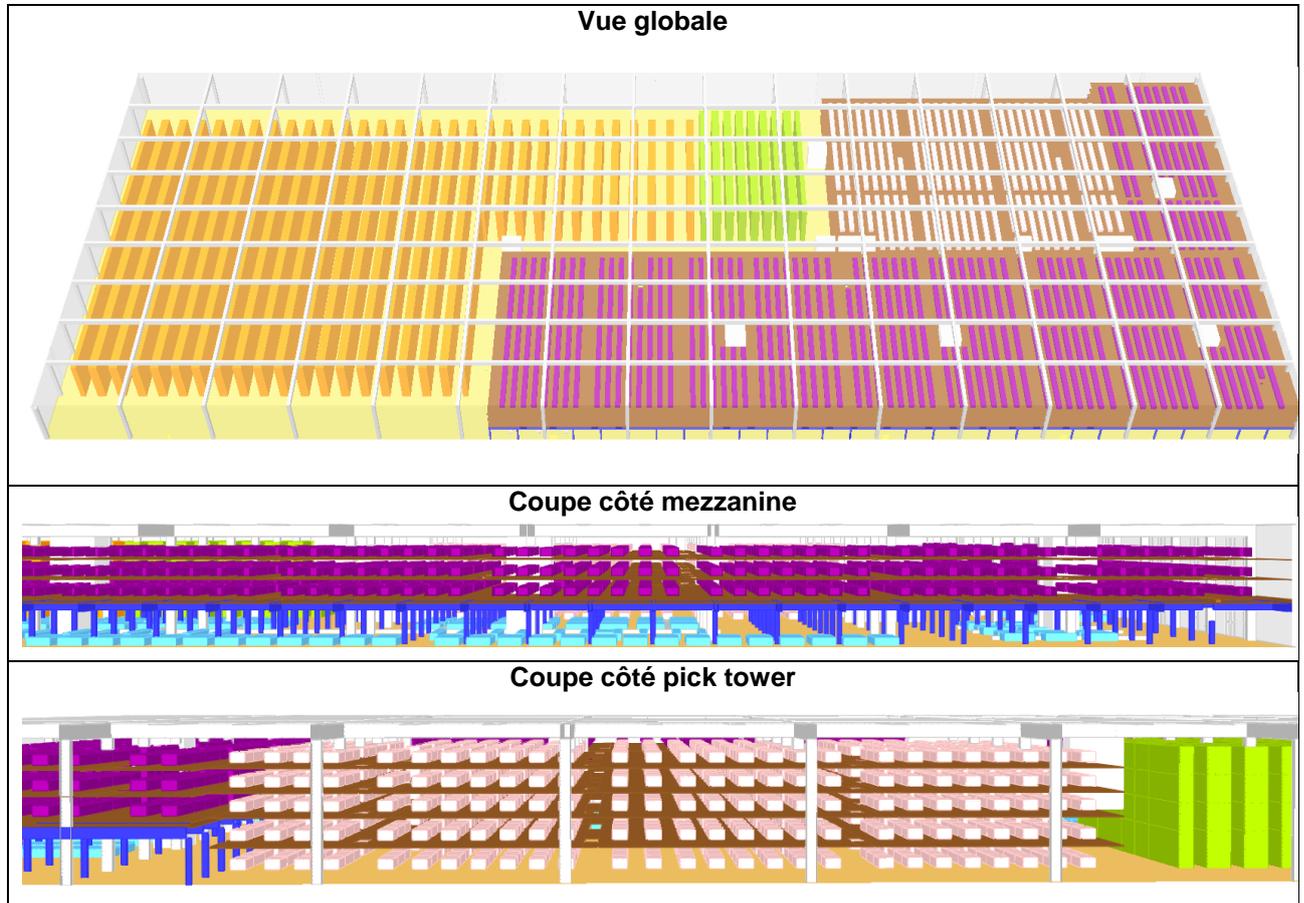


Figure 9-1 : Vue 3D de la modélisation

9.3. AMENEES D'AIR ET SYSTEME DE DESENFUMAGE

Le désenfumage présenté au § 6.7 est pris en compte dans la modélisation, les exutoires sont répartis uniformément en toiture ou sous mezzanine suivant le scénario.

Pour les amenées d'air, les ouvertures sont réalisées comme indiqué au § 6.7 sur les façades du bâtiment.

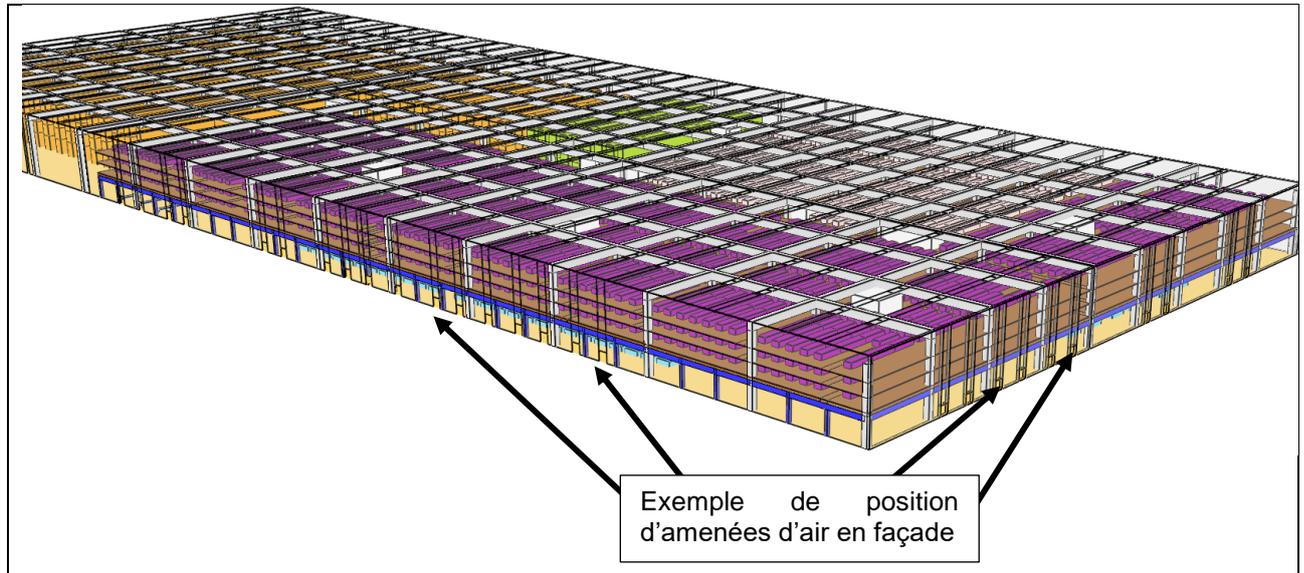


Figure 9-2 : Vue des amenées d'air réparties sur deux façades

La mise en service du désenfumage a lieu à 5 minutes pour le canton au-dessus du départ de feu et de manière successive dans les cantons adjacents avec un délai de 10 secondes. Ce délai est mis en œuvre pour une problématique de convergence numérique.

9.4. MODELISATION DES FOYERS

La puissance de l'incendie est une donnée d'entrée de la modélisation, elle est prise en compte de manière à suivre les courbes présentées au § 7.

Pour les différents scénarios, les foyers sont représentés comme un bloc avec une puissance surfacique de 250 kW/m². Cette puissance surfacique est représentative d'un combustible mixte comprenant des matériaux cellulosiques et plastiques.

Pour le scénario ne prenant pas en compte l'activation du système de sprinkler, la propagation de l'incendie entre rayonnage ou rack sera réalisée au cours de la simulation sous la condition que le combustible voisin reçoit un flux supérieur à 12 kW/m² [16]. Le développement de ces foyers secondaires suivra la même cinétique que le foyer initial.

Pour faciliter la résolution numérique en cas de feu fortement développé, la modélisation ne représentera pas les 50 cm inférieurs des rayonnages pour permettre à l'air frais de passer en dessous de celles-ci et alimenter le foyer en oxygène. Cette hypothèse est sécuritaire car elle permet de développer une puissance incendie importante.

L'activation du sprinkler ne sera pas modélisée dans les simulations, seul son effet sur la limitation de la puissance totale de l'incendie est pris en compte.

Le combustible utilisé pour les différents scénarios, composé à parts égales de polyuréthane et de bois, a les caractéristiques suivantes :

- Composition : $C_{4,9}H_{6,7}N_{0,5}O_{2,3}$;
- Réaction stochiométrique : $C_{4,9}H_{6,7}N_{0,5}O_{2,3} + 5,425 O_2 \longrightarrow 4,9 CO_2 + 3,35 H_2O + 0,25 N_2$;
- Taux de production massique de suies : 5,5 % ;
- Taux de production massique de CO : 2,1 % ;
- Chaleur de combustion prise en compte dans les simulations : 20 MJ/kg.

Cette hypothèse, bien que pouvant être différente de celle prise dans les autres éléments du dossier, permet de représenter un combustible fumigène enveloppe (et donc dimensionnant) du type de stockage présent dans l'entrepôt (et notamment des rubriques 1510, 2262 et 2663), que ce soit en termes de production de fumées ou de suies. Ceci est sécuritaire vis-à-vis des objectifs recherchés dans l'étude d'ingénierie du désenfumage.

Ce combustible est également du même type que celui proposé dans le guide de désenfumage du LCPP [12] avec une aggravation du pouvoir fumigène dans le cadre du combustible retenu pour cette étude. Par ailleurs, précisons que le pouvoir fumigène du caoutchouc et celui du polyuréthane sont relativement proches.

Concernant la fraction d'énergie rayonnée par la flamme, c'est celle utilisée par défaut dans FDS qui est conservée soit 0,35.

10. RESULTATS DE MODELISATION

Les simulations sont réalisées pour chacun des scénarios définis précédemment. Leurs analyses permettent de déterminer à chaque instant la visibilité, les températures et la concentration en gaz toxiques (CO) atteinte dans le volume. Ces critères seront principalement analysés à une hauteur de 2 m qui correspond, de manière sécuritaire, à la hauteur d'homme.

Ce chapitre présente les résultats de simulations et les temps d'atteinte des différents critères. Dans le cadre de ces analyses, les temps indiqués ont pour t_0 le départ du feu.

10.1. SCENARIO 1 – FEU DE PROCESS SOUS LA MEZZANINE AVEC MAITRISE PAR LE SPRINKLER

10.1.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu dans la zone de process sous la mezzanine avec un désenfumage naturel sous la mezzanine.

Les figures ci-dessous rappellent la courbe de montée en puissance et la localisation du scénario dans la cellule. Il est considéré que le système de sprinkler permet de maîtriser le développement du feu.

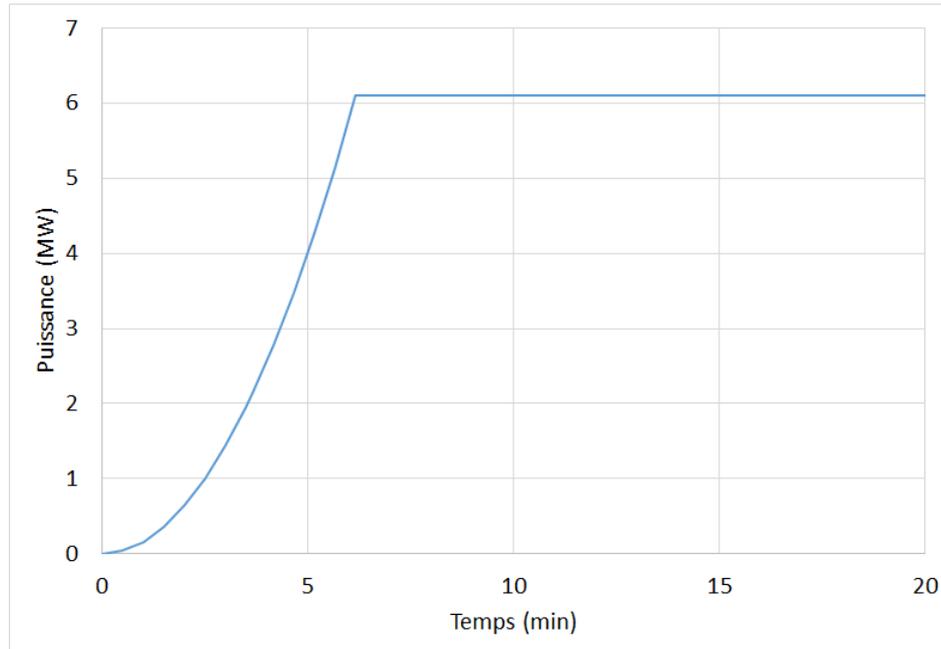


Figure 10-1 : Puissance de l'incendie pour le scénario 1

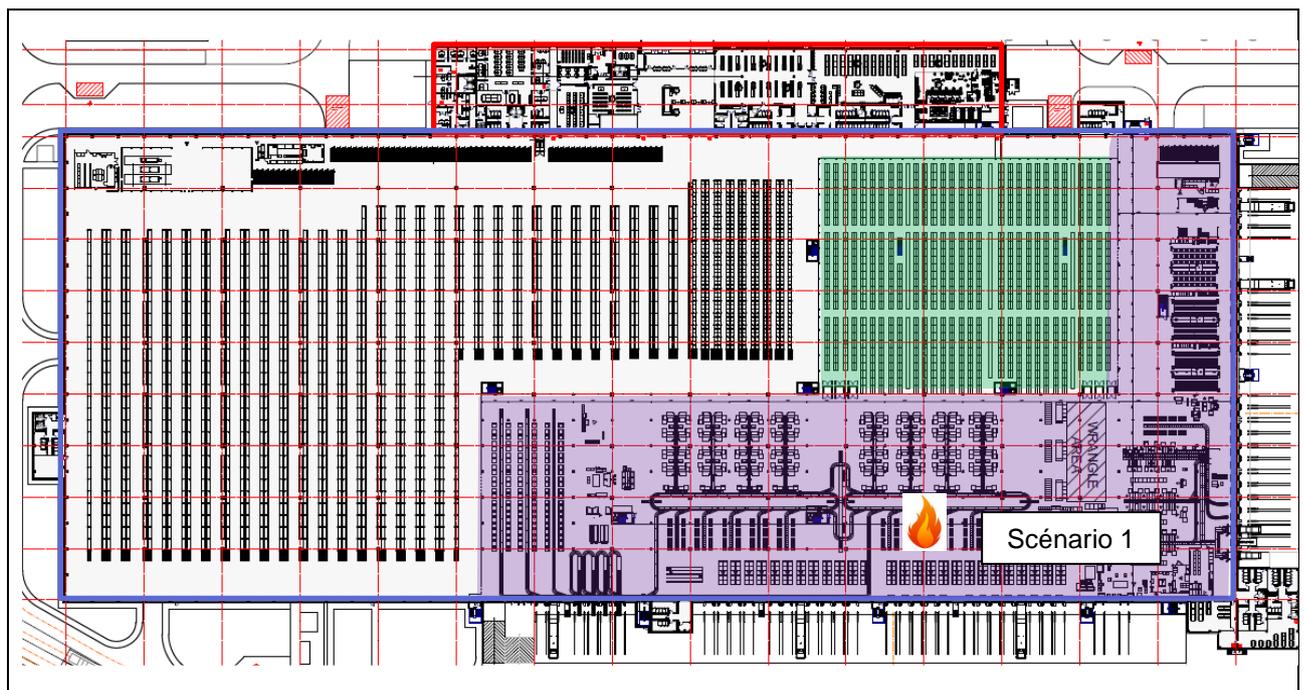


Figure 10-2 : Position du scénario 1 au RDC

10.1.2. Scénario 1 : Feu de process sous la mezzanine avec un désenfumage naturel

10.1.2.1. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent une coupe du critère de visibilité dans l'axe du foyer. Les fumées restent localisées sous le plafond de la mezzanine et ne retombent pas au niveau P1. Les personnes peuvent donc circuler et rejoindre les sorties de secours.

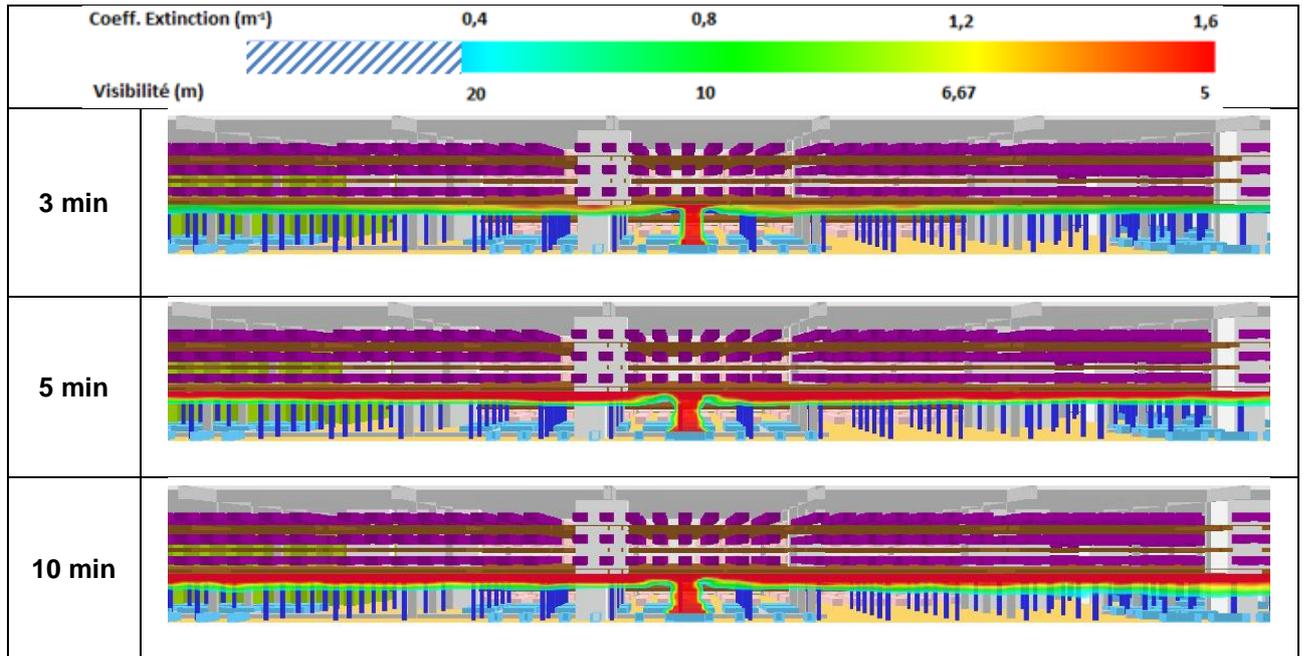


Figure 10-3 : Coupe du critère de visibilité pour le scénario 1

La figure ci-dessous présente le critère de visibilité à hauteur d'homme dans le 2^{ème} étage de la pick tower (+3,00 m). On constate que les fumées produites par le feu sous la mezzanine ne se propagent pas de façon significative dans la pick tower 10 minutes après le départ de feu (elles arrivent en rive de mezzanine et commencent à déborder vers la pick tower et vers la zone des racks). Les personnes peuvent évacuer celle-ci dans de bonnes conditions.

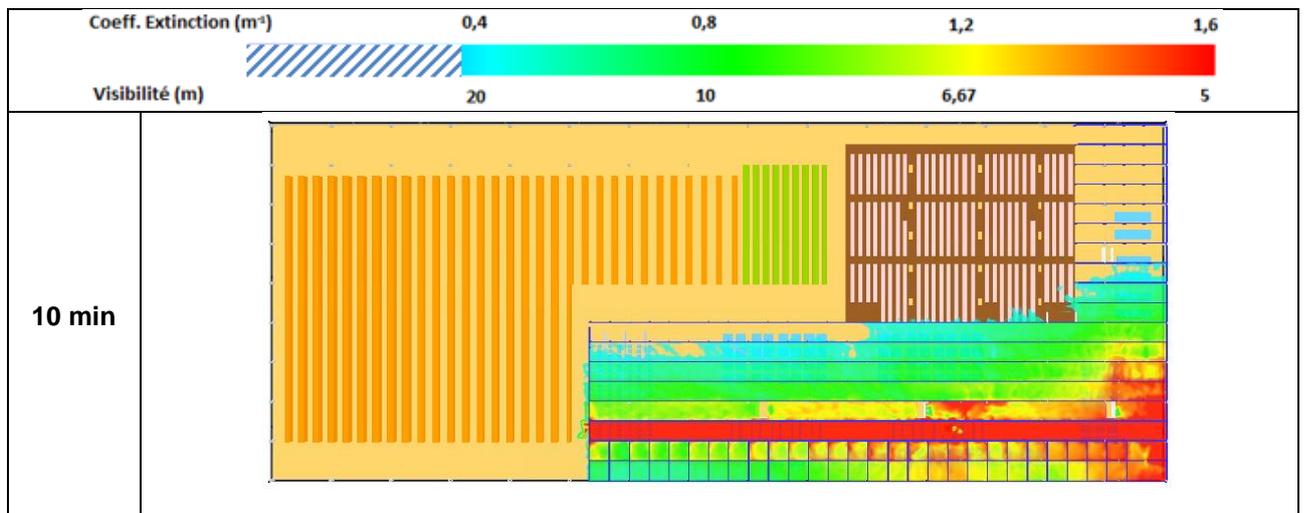


Figure 10-4 : Critère de visibilité dans le 2^{ème} étage de la pick tower

10.1.2.2. Température

La figure ci-dessous présente une coupe verticale de la température après 5 et 10 minutes d'incendie. Le critère de 40 °C pour les personnes n'est pas atteint à hauteur d'homme. Les fumées chaudes restent localisées sous le plafond de la mezzanine.

Les conditions de température sont ainsi compatibles avec l'évacuation du public et l'intervention des secours.

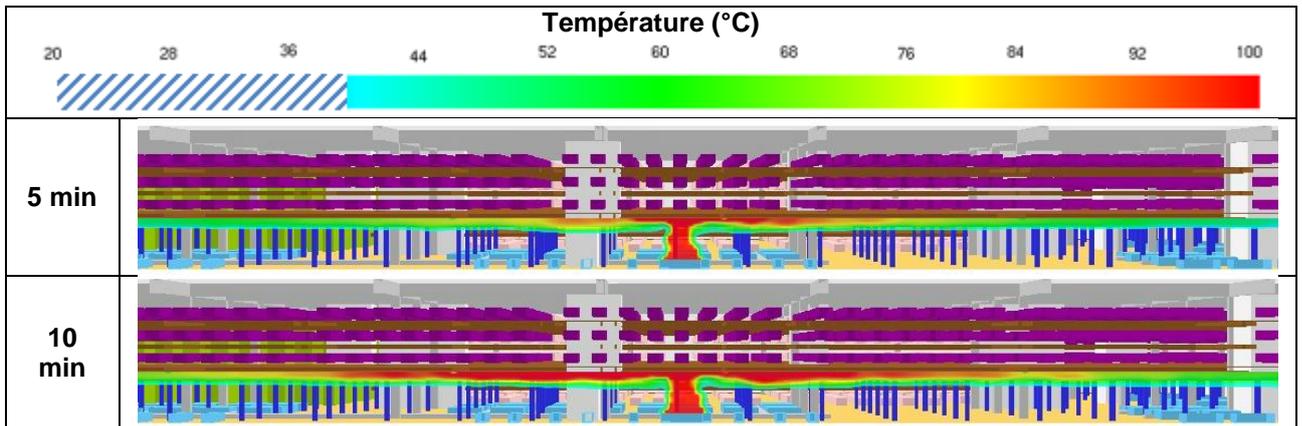


Figure 10-5 : Critère de température à 20 minutes pour le scénario 1

10.1.2.3. Concentration en CO

La figure ci-dessous présente une coupe de concentration en monoxyde de carbone après 10 minutes d'incendie. Le seuil de 150 ppm pour les personnes n'est pas atteint en dehors du panache de fumées.

Les concentrations en CO atteintes sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

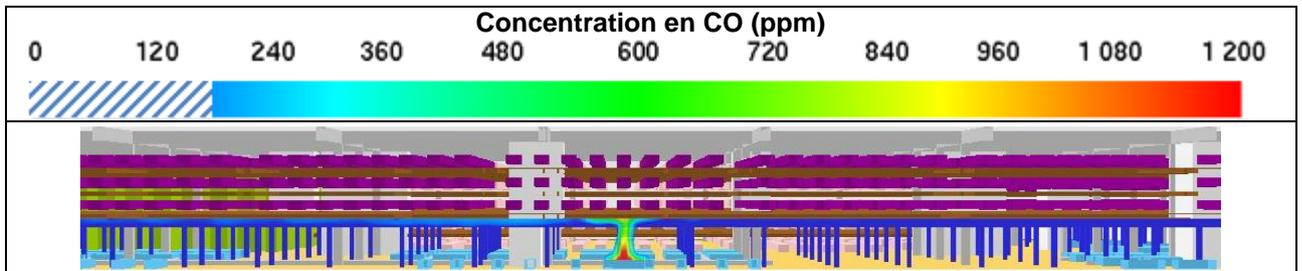


Figure 10-6 : Critère de concentration en CO à 10 minutes pour le scénario 1

10.1.2.4. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité. Aucun critère n'est atteint au niveau du sol, les personnes peuvent évacuer pendant 10 minutes sans être gênées par les fumées, ce qui est compatible avec le temps d'évacuation estimé à moins de 10 minutes au niveau P1.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Tous niveaux	> 10 min	> 10 min	> 10 min

Tableau 10-1 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.1.3. Scénario 1 : Feu de process sous la mezzanine avec un désenfumage mécanique

Ce scénario prend en compte un feu dans la zone de process sous la mezzanine avec un désenfumage mécanique sous la mezzanine. La figure ci-dessous rappelle la localisation du scénario dans la cellule.

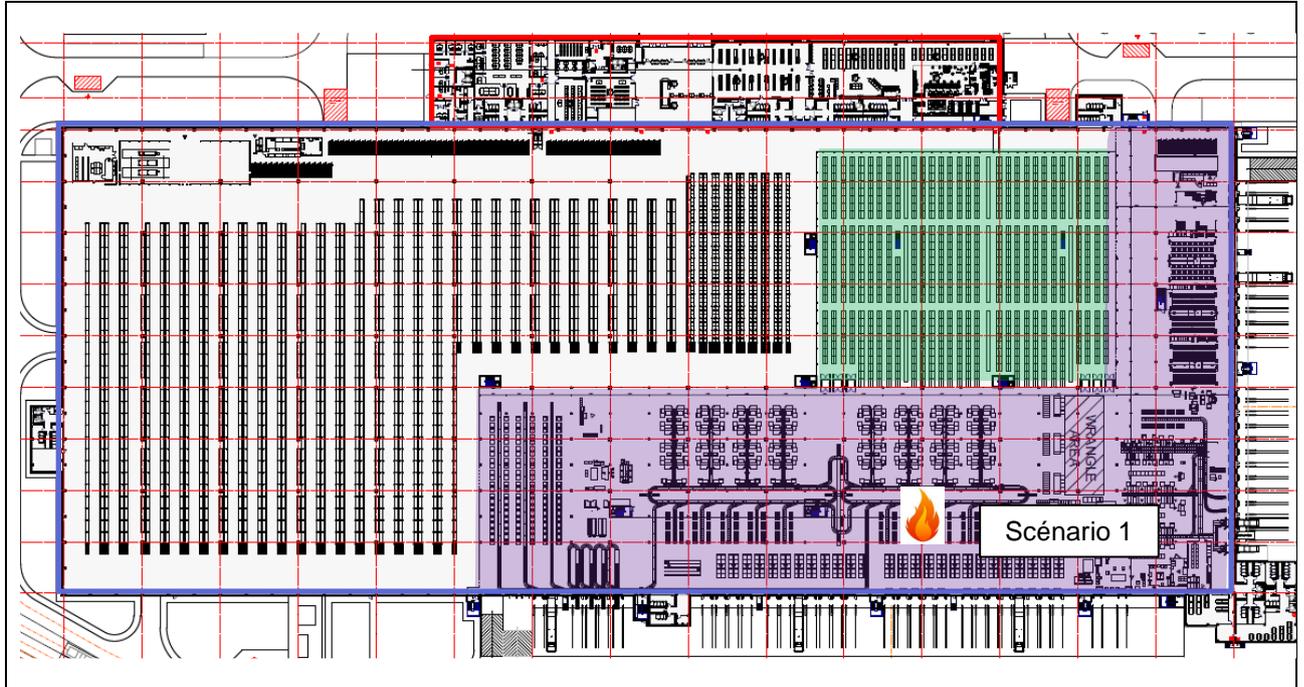


Figure 10-7 : Position du scénario 1bis au RDC

10.1.3.1. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent une coupe du critère de visibilité dans l'axe du foyer. Les fumées restent localisées sous le plafond de la mezzanine et ne retombent pas au niveau P1. Les personnes peuvent donc circuler et rejoindre les sorties de secours. Les résultats obtenus sont proches de ceux obtenus pour la configuration avec un désenfumage naturel.

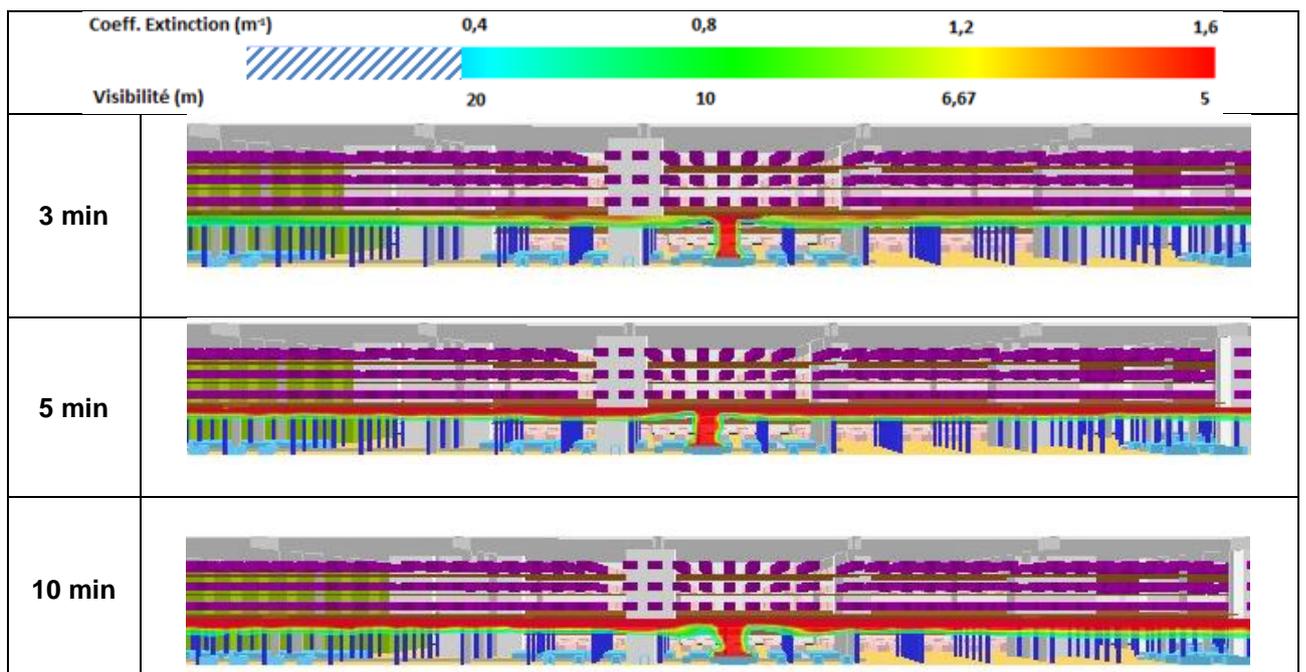


Figure 10-8 : Coupe du critère de visibilité pour le scénario 1bis

La figure ci-dessous présente le critère de visibilité à hauteur d'homme dans le 2^{ème} étage de la pick tower (+3,00 m). On constate que les fumées produites par le feu sous la mezzanine ne se propagent pas dans la pick tower 10 minutes après le départ de feu (elles arrivent en rive de mezzanine et commencent à déborder vers la zone des racks). Les personnes peuvent évacuer celle-ci dans de bonnes conditions.

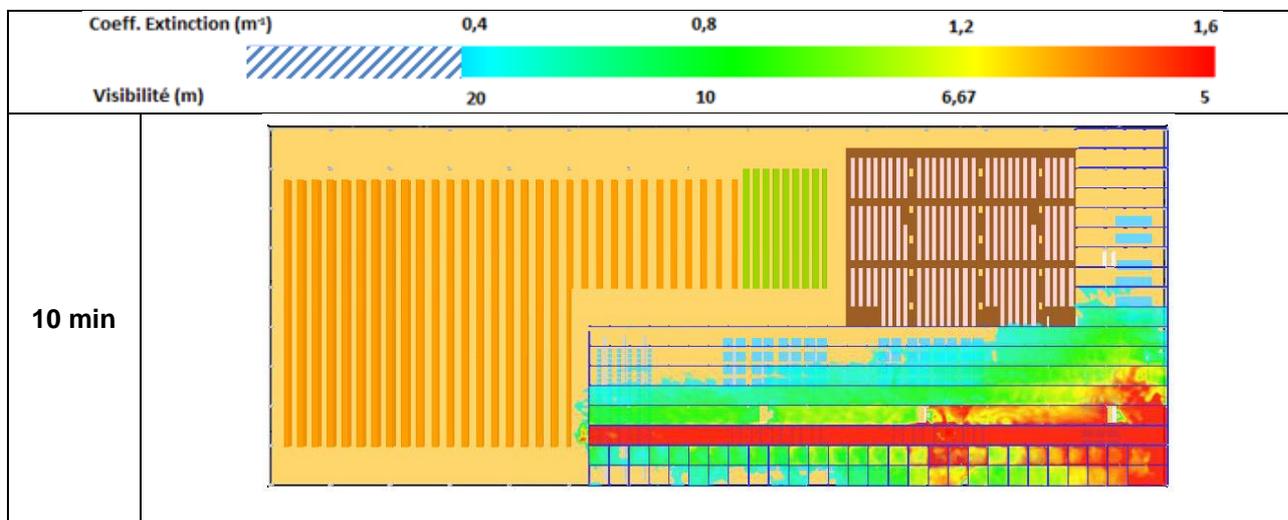


Figure 10-9 : Critère de visibilité dans le 2^{ème} étage de la pick tower

10.1.3.2. Température

La figure ci-dessous présente une coupe verticale de la température après 5 et 10 minutes d'incendie. Le critère de 40 °C pour les personnes n'est pas atteint à hauteur d'homme. Les fumées chaudes restent localisées sous le plafond de la mezzanine.

Les conditions de température sont ainsi compatibles avec l'évacuation du public et l'intervention des secours.

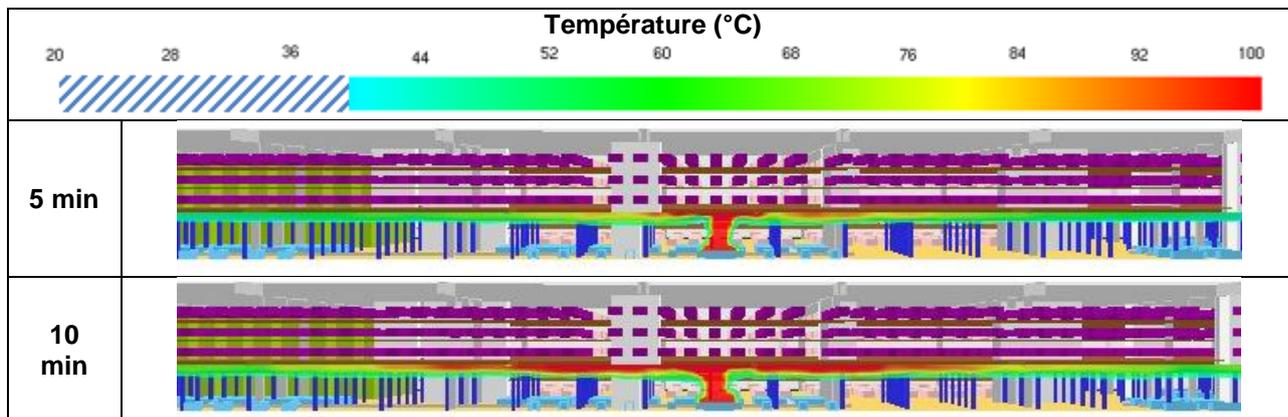


Figure 10-10 : Critère de température à 10 minutes pour le scénario 1bis

10.1.3.3. Concentration en CO

La figure ci-dessous présente une coupe de concentration en monoxyde de carbone après 10 minutes d'incendie. Le seuil de 150 ppm pour les personnes n'est pas atteint en dehors du panache de fumées.

Les concentrations en CO atteintes sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

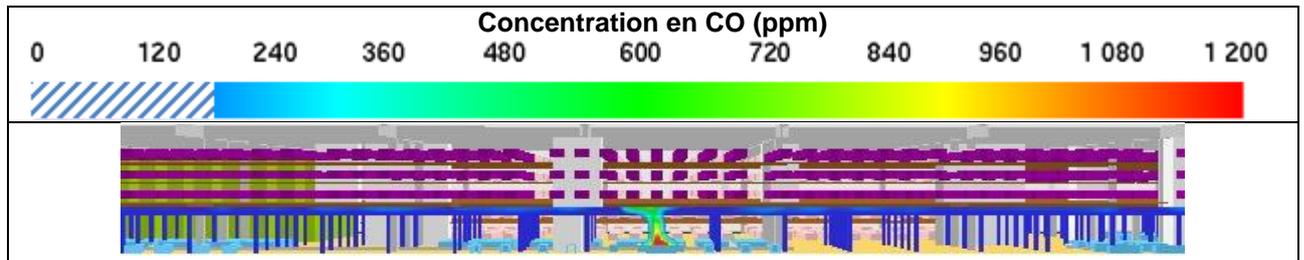


Figure 10-11 : Critère de concentration en CO à 10 minutes pour le scénario 1bis

10.1.3.4. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité. Aucun critère n'est atteint au niveau du sol, les personnes peuvent évacuer pendant 10 minutes sans être gênées par les fumées, ce qui est compatible avec le temps d'évacuation estimé.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Tous niveaux	> 10 min	> 10 min	> 10 min

Tableau 10-2 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.1.4. Synthèse

Les résultats montrent que les conditions de tenabilité pour le personnel sont satisfaisantes quel que soit le système de désenfumage sous la mezzanine (naturel ou mécanique). Chacun d'entre eux offre des avantages et inconvénients :

- Un désenfumage naturel sous mezzanine permettra d'avoir un désenfumage naturel sur l'ensemble du compartiment, ce qui simplifie la gestion de l'ouverture des équipements de désenfumage quelle que soit la zone de départ de feu. Cependant pour des feux de faibles puissances, l'effet « cheminée » offert par les conduits verticaux sera limité et des fumées froides pourront envahir les espaces.
- Un désenfumage mécanique sous mezzanine permettra d'évacuer des fumées même si elles sont « froides ». Cependant, il conviendra de gérer intelligemment le désenfumage mis en œuvre sur détection ainsi qu'en intervention car dans ce cas de figure le désenfumage mécanique sous mezzanine devra cohabiter avec le désenfumage naturel sous toiture et ce, dans un même compartiment.

10.2. SCENARIO 2 – FEU AU 1^{ER} ETAGE DANS LA PICK TOWER DE 5 NIVEAUX AVEC MAITRISE PAR LE SYSTEME DE SPRINKLER

10.2.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu au 1^{er} étage dans la pick tower de 5 niveaux. Il est considéré que le système de sprinkler permet de maîtriser le développement du feu.

Les figures ci-dessous rappellent la courbe de montée en puissance et la localisation du scénario dans la cellule

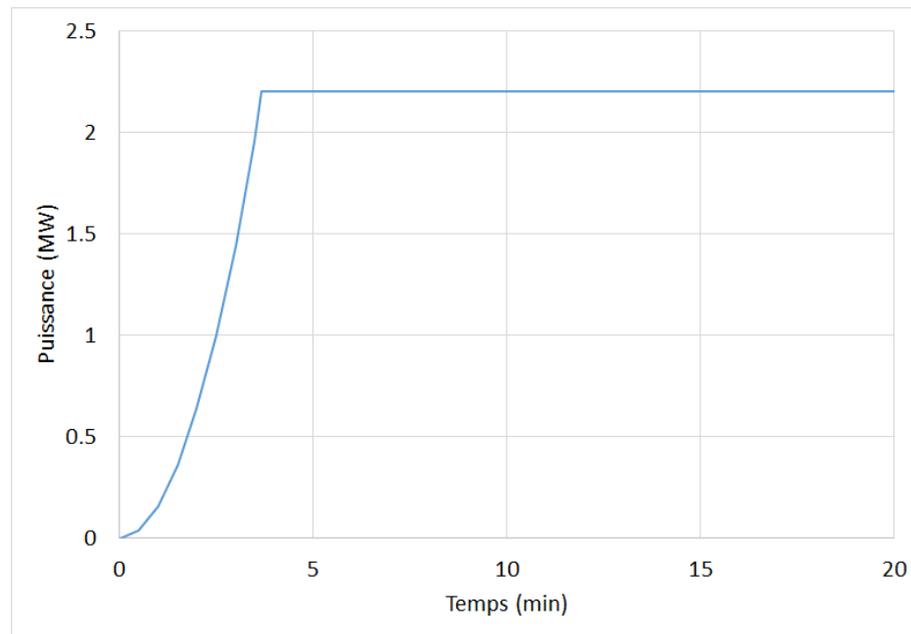


Figure 10-12 : Evolution de la puissance de l'incendie pour le scénario 2

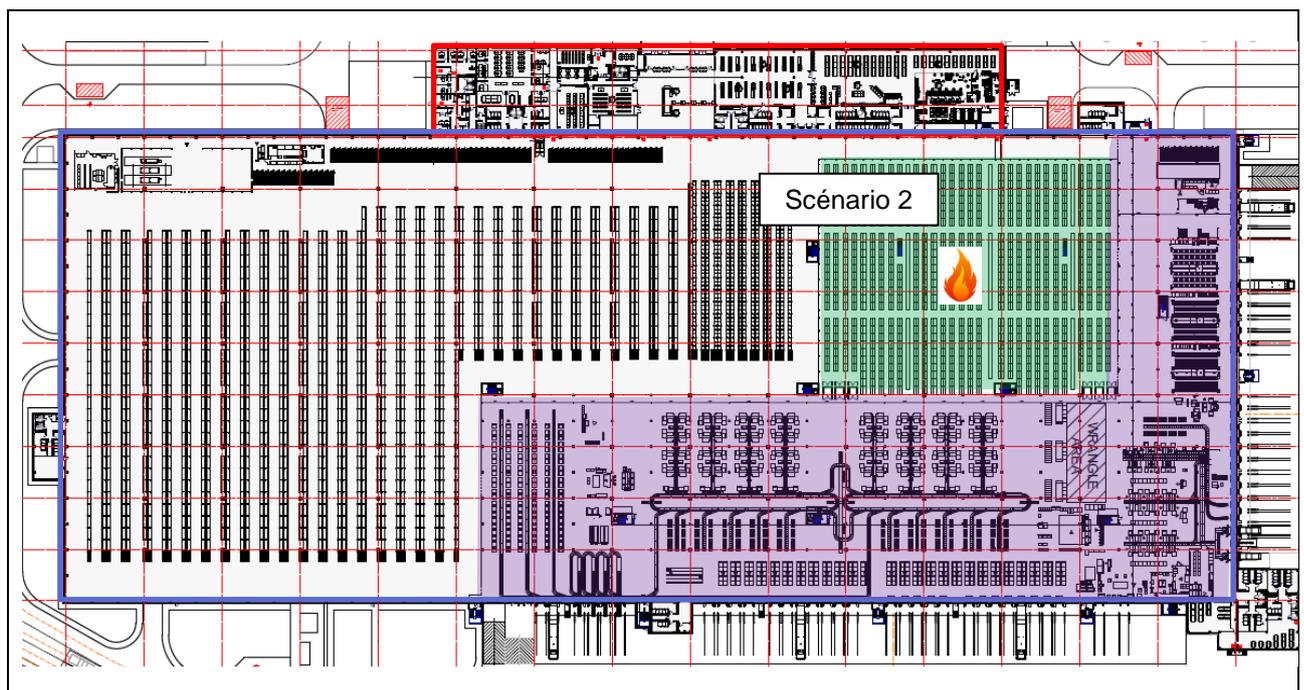


Figure 10-13 : Position du scénario 2

10.2.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent des coupes de visibilité dans l'axe du foyer. La visibilité reste acceptable pendant au moins 10 minutes dans les niveaux où le feu n'a pas lieu, néanmoins, dans le niveau sinistré le seuil de 20 m est partiellement atteint avant 10 minutes.

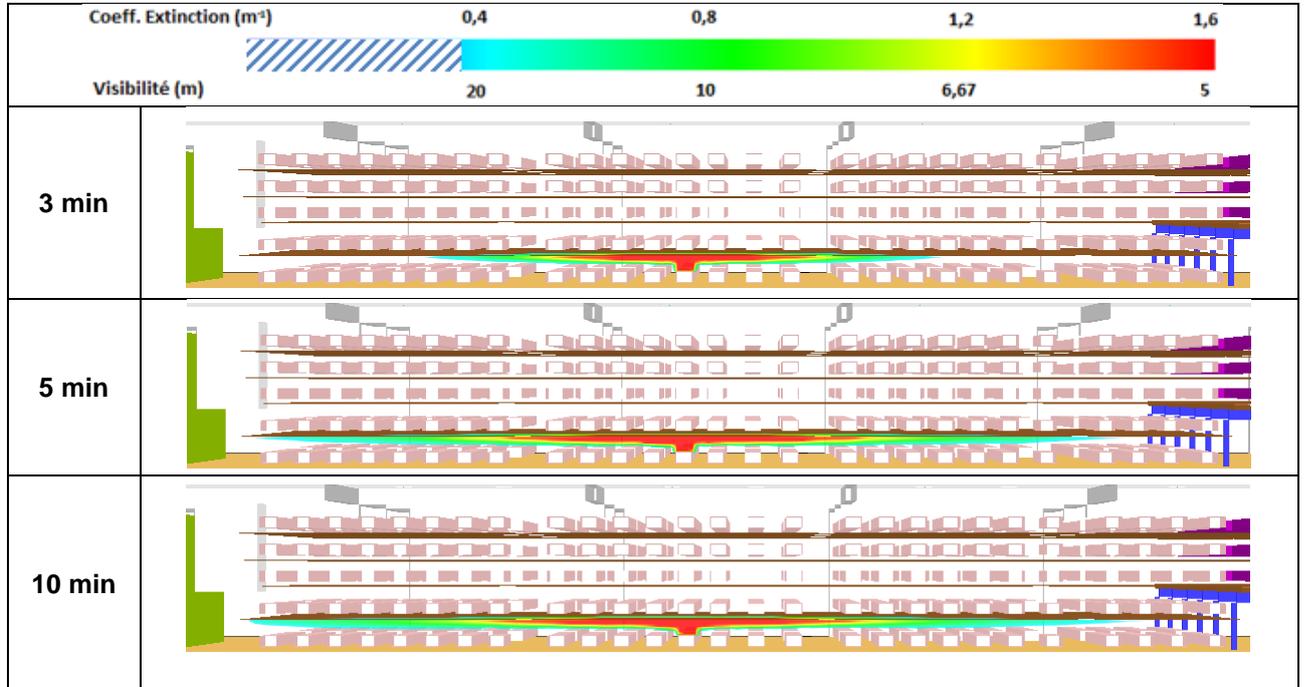
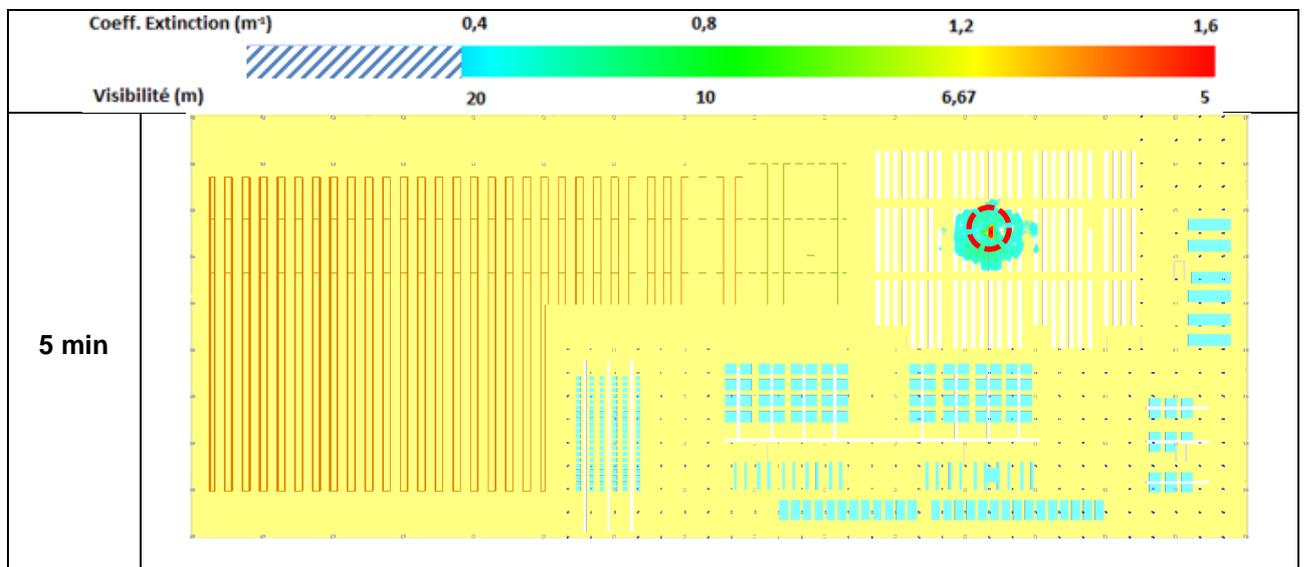


Figure 10-14 : Coupe du critère de visibilité pour le scénario 2

Les figures ci-dessous présentent la visibilité à hauteur d'homme sur le niveau le plus critique (1^{er} étage, niveau où le feu débute). La visibilité est réduite dans les rayonnages autour du départ de feu en moins de 5 minutes, sur une surface d'environ 20 x 20 m. Les personnes dans cette zone ont une perception directe du départ de feu (flammes ou fumées), leur temps de pré mouvement sera fortement réduit. Ce temps est donc compatible avec leur évacuation.

Le reste du niveau est praticable pendant plus de 10 minutes, les personnes peuvent évacuer dans de bonnes conditions.



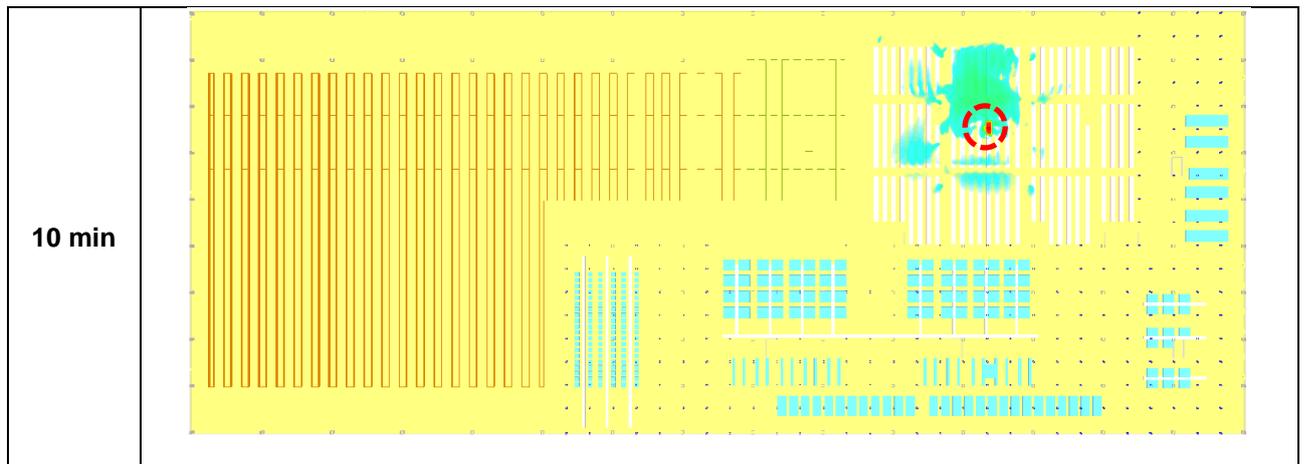
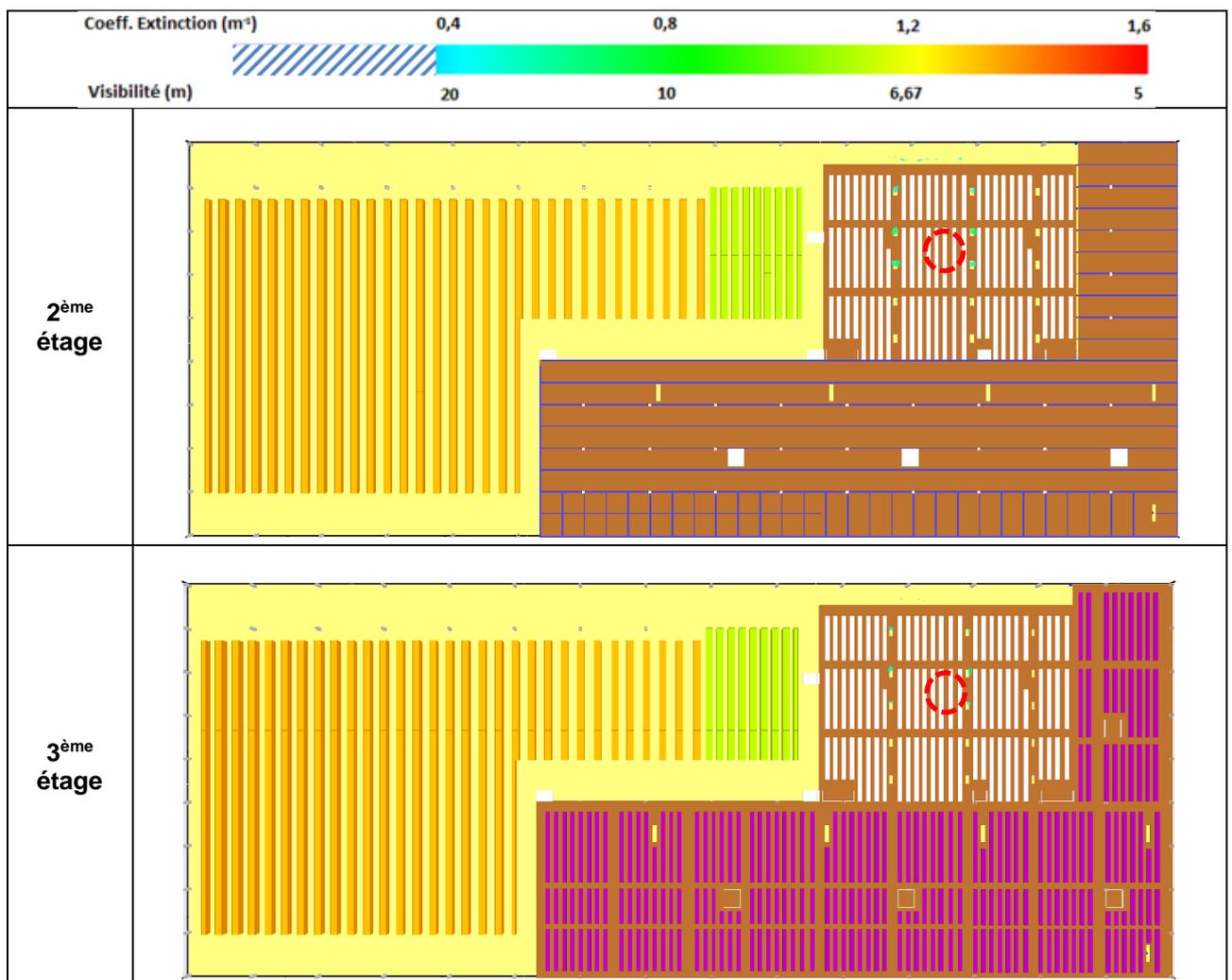


Figure 10-15 : Evolution du critère de visibilité sur la mezzanine pour le scénario 2

Les figures ci-dessous présentent le critère de visibilité à hauteur d'homme pour les niveaux supérieurs, la position du feu au P1 est indiquée par un cercle rouge. Les fumées restent limitées à la zone des trémies, toutes les circulations sont praticables.



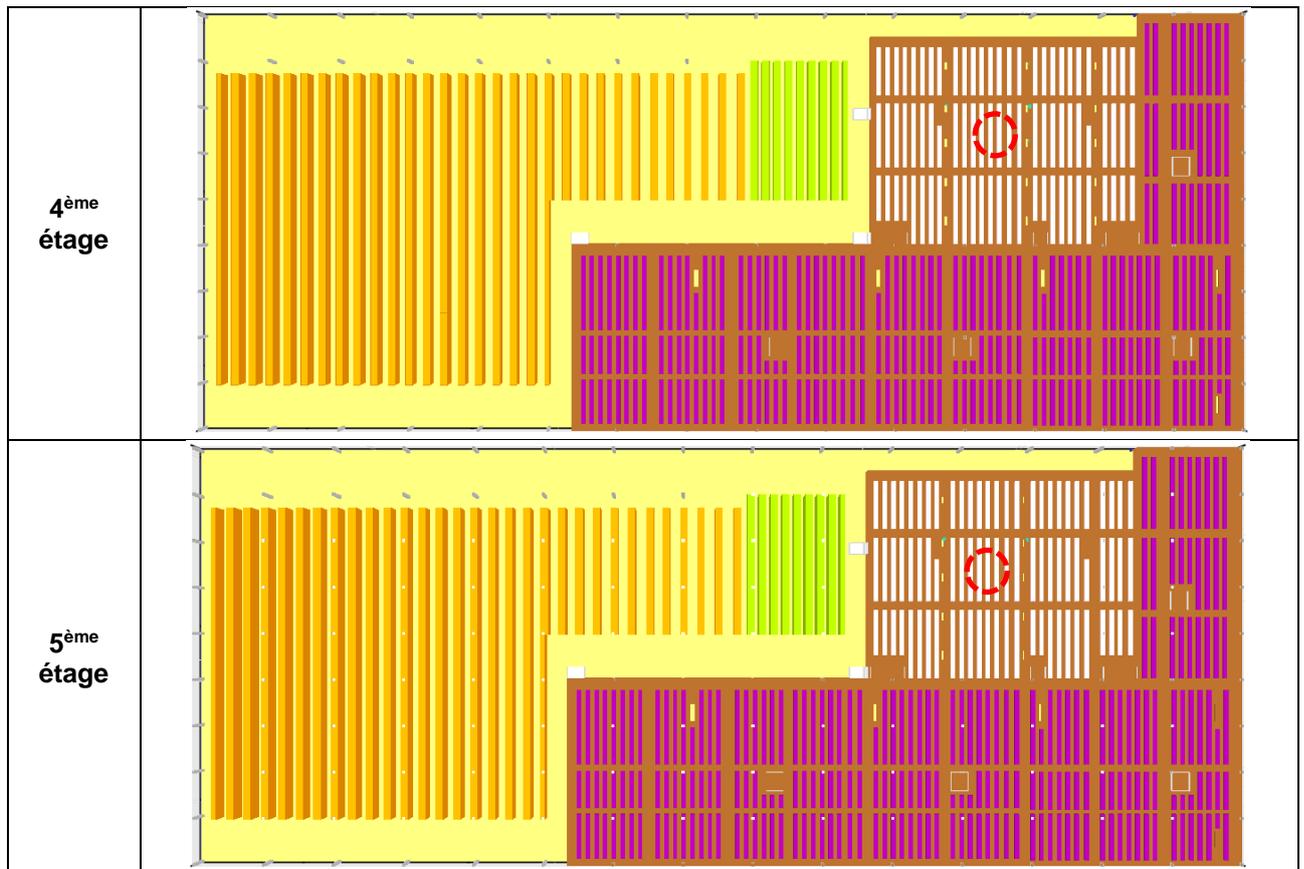


Figure 10-16 : Critère de visibilité dans les niveaux supérieur

10.2.3. Température

Les figures ci-dessous présentent une coupe de température dans l'axe du foyer. En dehors de la zone à proximité du départ de feu les températures restent inférieures à 40 °C.

Les conditions de températures sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

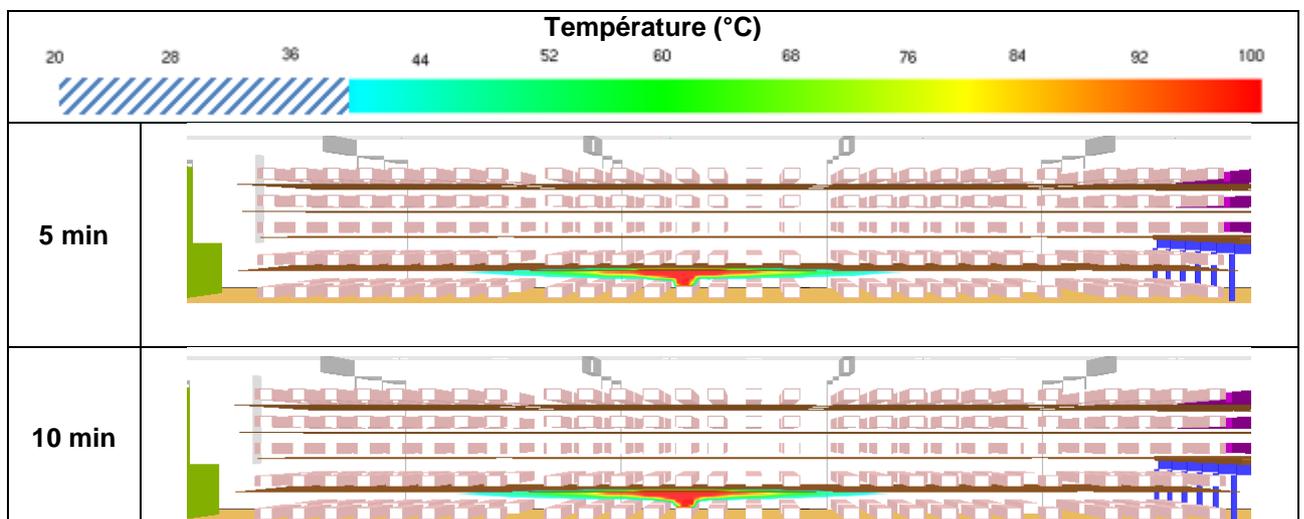


Figure 10-17 : Coupe du critère de température pour le scénario 2

10.2.4. Concentration en CO

La figure ci-dessous présente le critère de concentration en monoxyde de carbone à 20 minutes. Le critère de 150 ppm pour les personnes n'est pas atteint en dehors du panache de fumées, la concentration en CO est inférieure à 60 ppm au maximum.

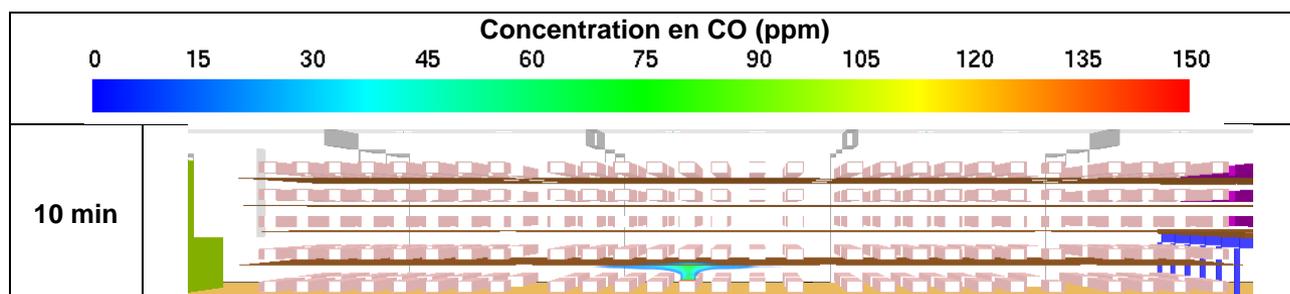


Figure 10-18 : Coupe du critère de concentration en CO pour le scénario 2

10.2.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité. En dehors de la zone de l'entrepôt où le feu débute, les critères de tenabilité restent acceptables dans tous les niveaux de circulation sur les 10 premières minutes.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Niveau P1 et 1^{er} étage	5 min sur une surface de 20 m x 20 m autour du foyer > 10 min pour le reste du niveau	5 min autour du foyer > 10 min pour le reste du niveau	> 10 min
2^{ème} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
3^{ème} étage			
4^{ème} étage			
5^{ème} étage			

Tableau 10-3 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.3. SCENARIO 3 – FEU EN PICK TOWER SUR LE PLANCHER DE LA MEZZANINE AVEC MAITRISE PAR LE SYSTEME DE SPRINKLER – LOCALISATION 1

10.3.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu dans la pick tower sur la mezzanine. Il est considéré que le système de sprinkler permet de maîtriser le développement du feu.

Les figures ci-dessous rappellent la courbe de montée en puissance et la localisation du scénario dans la cellule

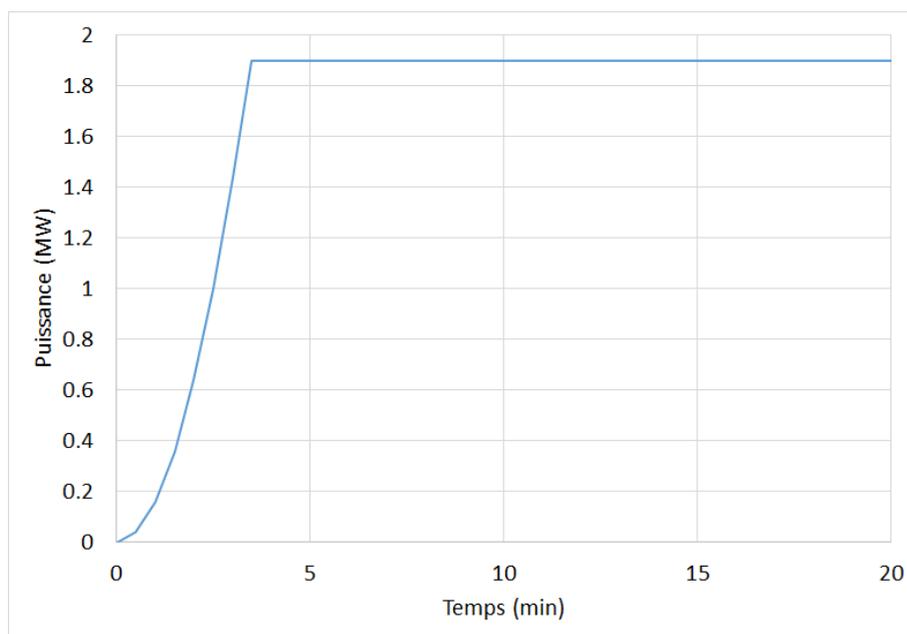


Figure 10-19 : Puissance de l'incendie pour le scénario 3

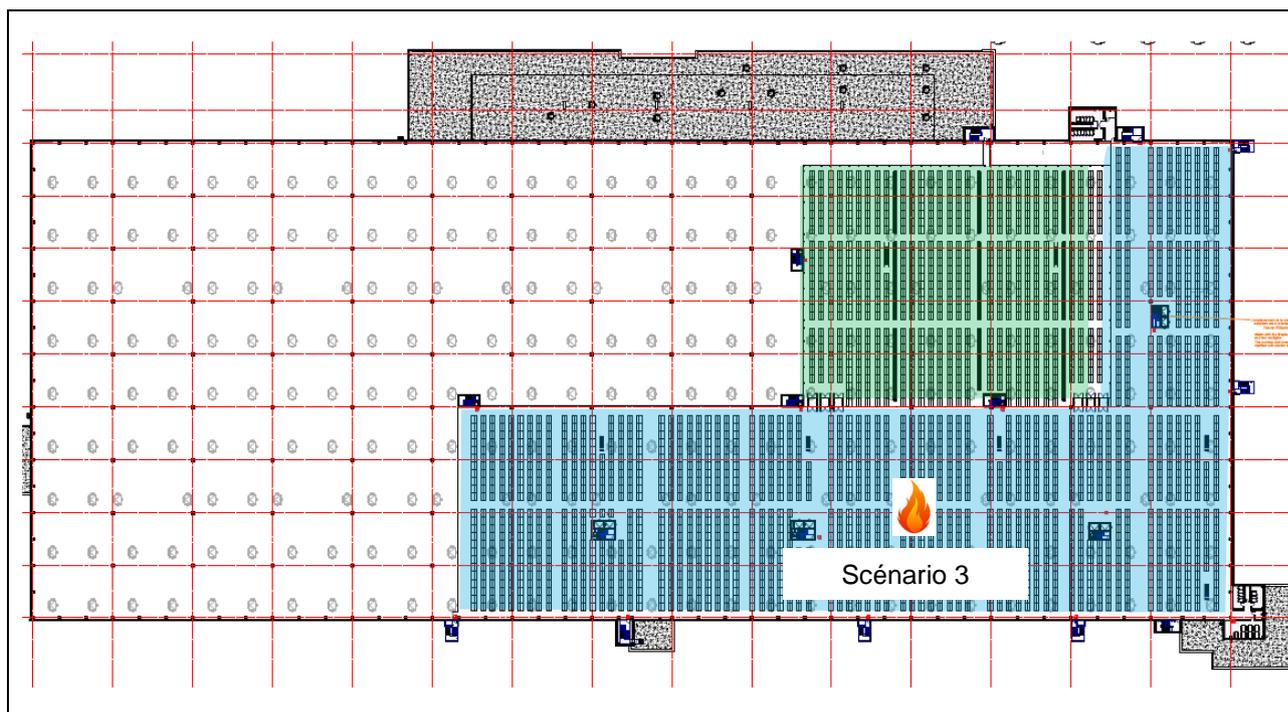


Figure 10-20 : Position du scénario 3 dans la pick tower sur la mezzanine

10.3.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent des coupes de visibilité dans l'axe du foyer. La porosité dans les pick towers permet d'évacuer une partie des fumées vers le haut de la cellule et les exutoires en toiture. La visibilité reste acceptable pendant au moins 10 minutes dans les niveaux où le feu n'a pas lieu, néanmoins, dans le niveau sinistré le critère de 20 m est partiellement atteint avant 10 minutes.

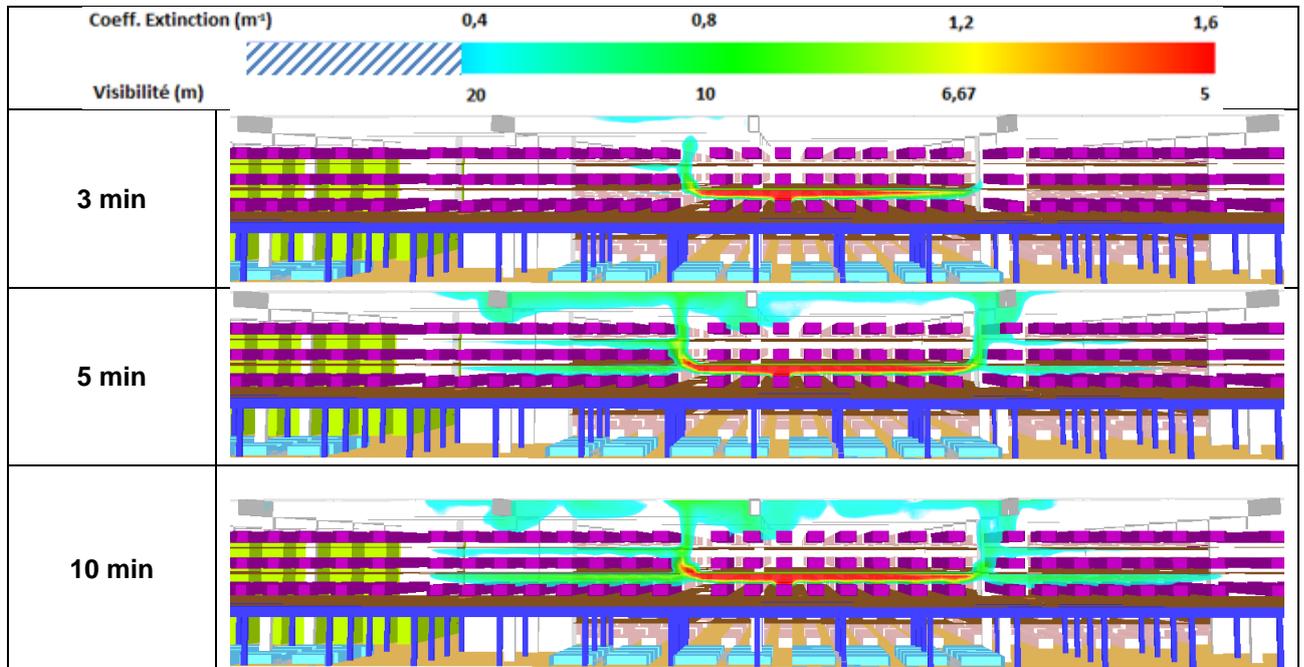
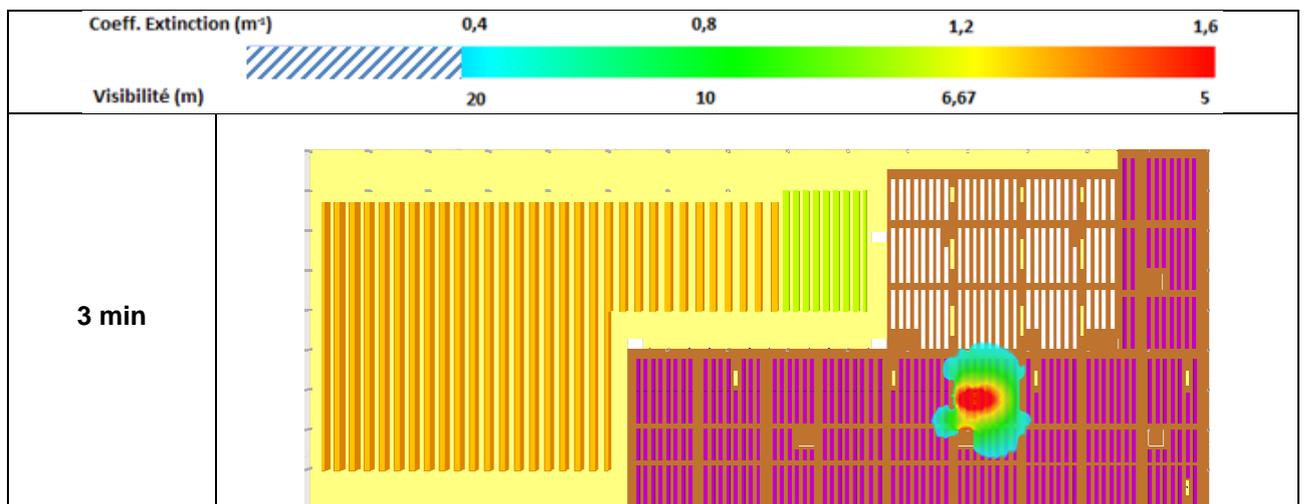


Figure 10-21 : Coupe du critère de visibilité pour le scénario 3

Les figures ci-dessous présentent la visibilité à hauteur d'homme sur le niveau le plus critique (3^{ème} étage, niveau où le feu débute). Du fait de la faible hauteur de la pick tower (2,5 m), la visibilité est réduite rapidement au proche du foyer. En effet, les fumées redescendent à hauteur d'homme et viennent obscurcir le milieu. A 5 minutes, une zone d'environ 50 m x 50 m est impactée par les fumées. Les personnes dans cette zone ont une perception directe du départ de feu (flammes ou fumées), leur temps de pré mouvement sera fortement réduit. **En prenant en compte l'absence de temporisation sur le déclenchement de l'alarme, les personnes peuvent évacuer avant que les conditions de visibilité soient dégradées.**

De plus, après cet instant un état stationnaire est observé, un équilibre s'établit entre les fumées générées par l'incendie et les fumées évacuées par les trémies dans les pick towers. La zone dégradée n'est que faiblement modifiée entre 5 et 10 minutes ce qui permet aux personnes au loin du départ de feu d'évacuer vers les escaliers encoignés.



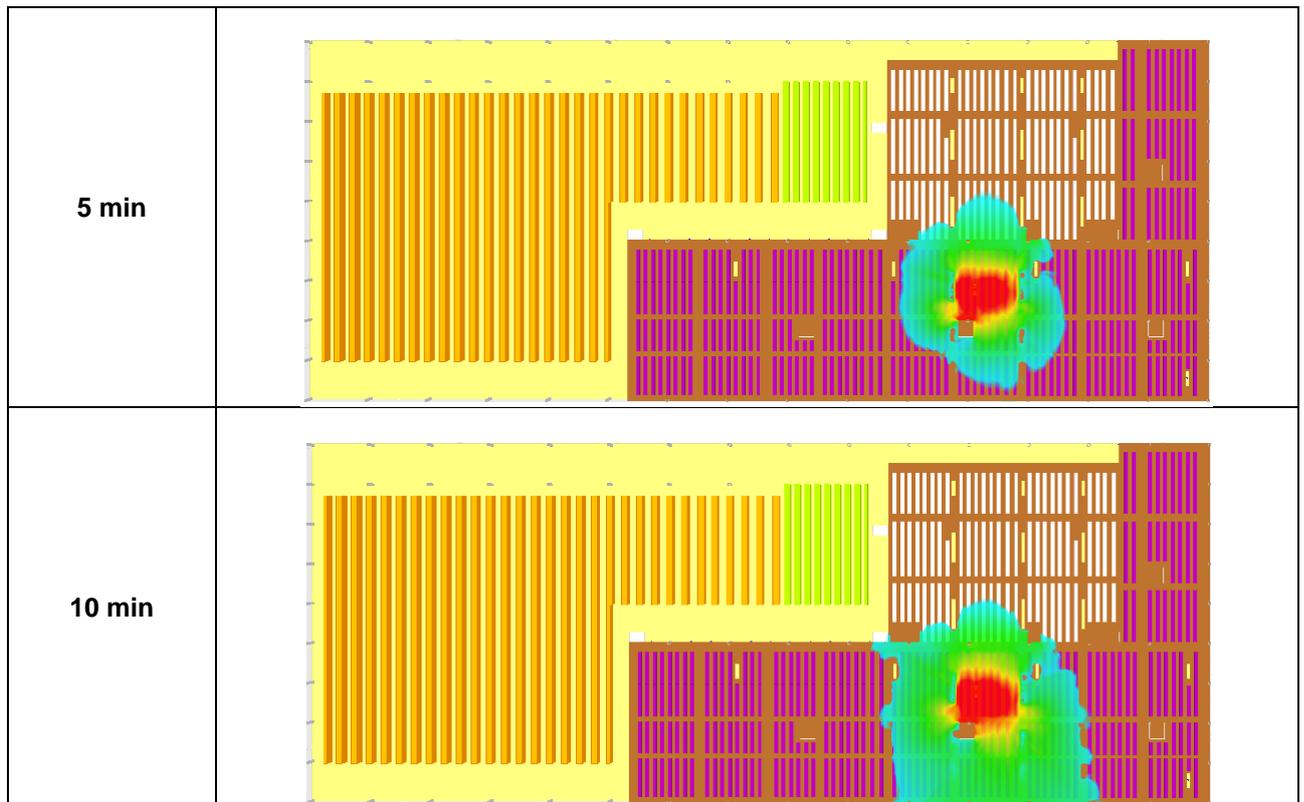
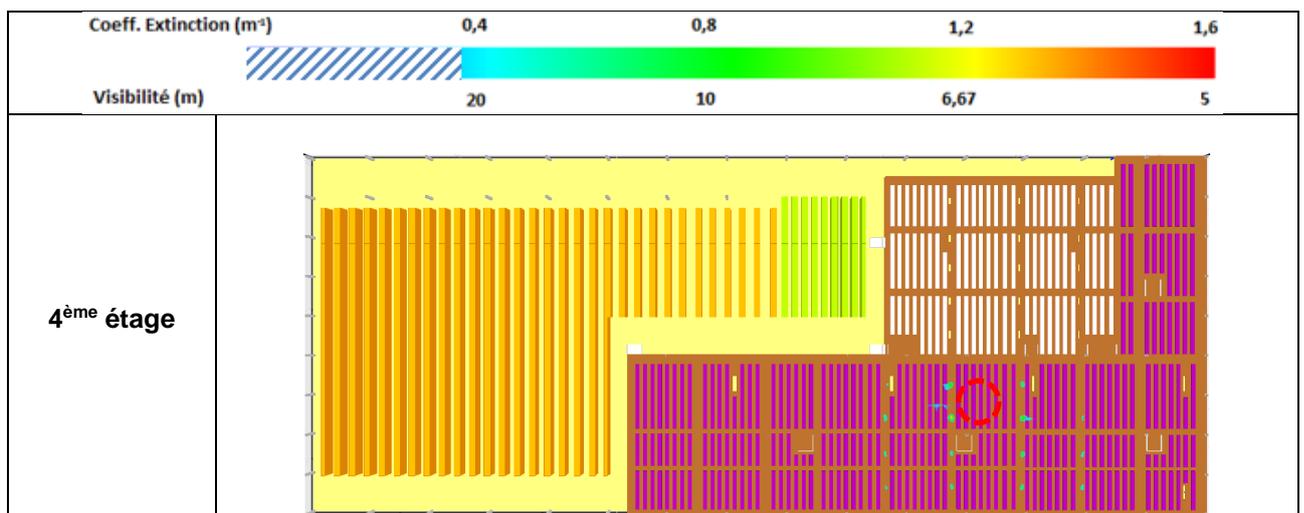


Figure 10-22 : Evolution du critère de visibilité sur la mezzanine pour le scénario 3

Les figures ci-dessous présentent la visibilité aux 4^{ème} et 5^{ème} étages à 10 minutes d'incendie. Les fumées ne se propagent pas en grande quantité dans les niveaux supérieurs, seule les circulations au-dessus des trémies sont très localement enfumées. Les personnes peuvent évacuer ces niveaux dans de bonnes conditions.



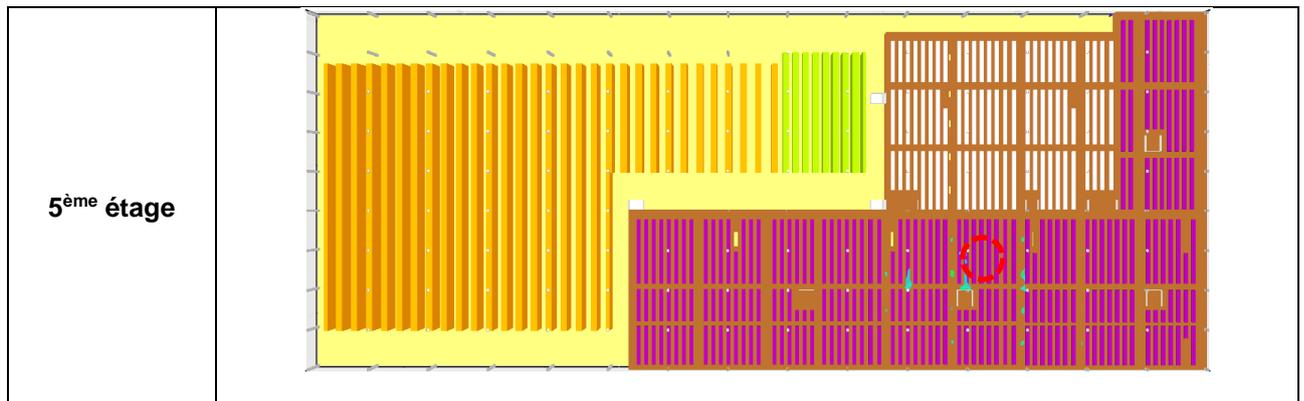


Figure 10-23 : Critère de visibilité sur les 4^{ème} et 5^{ème} étages à 10 minutes

10.3.3. Température

Les figures ci-dessous présentent une coupe de température dans l'axe du foyer. En dehors de la zone à proximité du départ de feu les températures restent inférieures à 40 °C.

Les conditions de températures sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

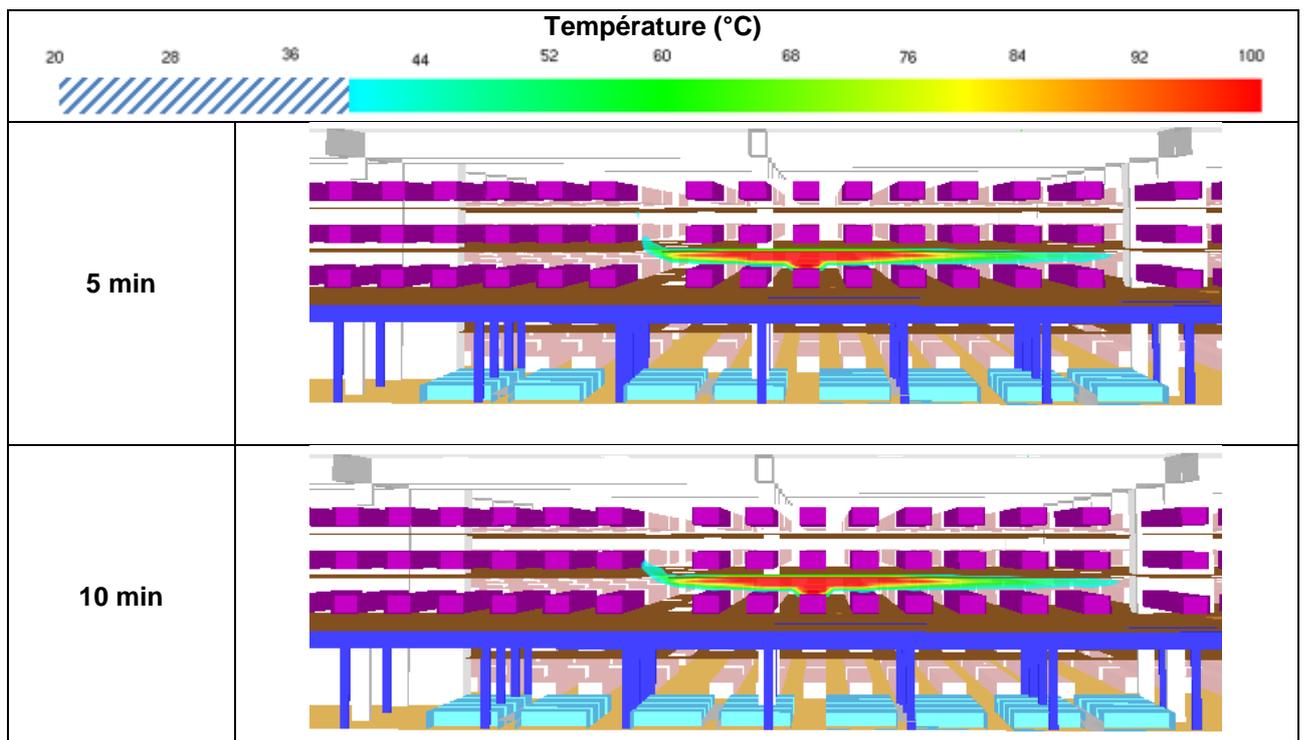


Figure 10-24 : Coupe du critère de température pour le scénario 3

10.3.4. Concentration en CO

La figure ci-dessous présente le critère de concentration en monoxyde de carbone à 20 minutes. Le critère de 150 ppm pour les personnes n'est pas atteint en dehors du panache de fumées, la concentration en CO est inférieure à 60 ppm au maximum.

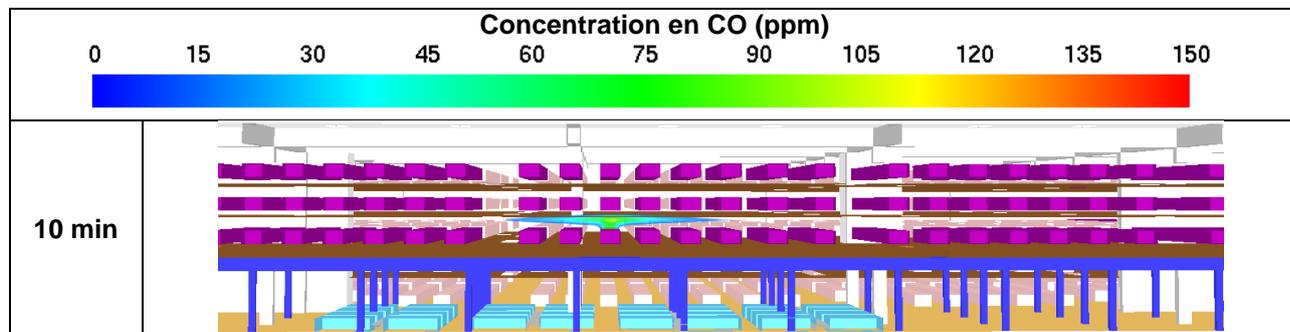


Figure 10-25 : Coupe du critère de concentration en CO pour le scénario 3

10.3.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité. En dehors de la zone de l'entrepôt où le feu débute, les critères de tenabilité restent acceptables dans tous les niveaux de circulation sur les 10 premières minutes.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Niveau P1 et 1^{er} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
2^{ème} étage			
3^{ème} étage	5 min sur une surface de 50 m x 50 m autour du foyer > 10 min pour le reste du niveau	5 min autour du foyer > 10 min pour le reste du niveau	> 10 min
4^{ème} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
5^{ème} étage			

Tableau 10-4 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.4. SCENARIO 4 – FEU EN PICK TOWER SUR LE PLANCHER DE LA MEZZANINE AVEC MAITRISE PAR LE SPRINKLER– LOCALISATION 2

10.4.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu dans la pick tower sur la mezzanine. Il est considéré que le système de sprinkler permet de maîtriser le développement du feu.

Les figures ci-dessous rappellent la courbe de montée en puissance et la localisation du scénario dans la cellule

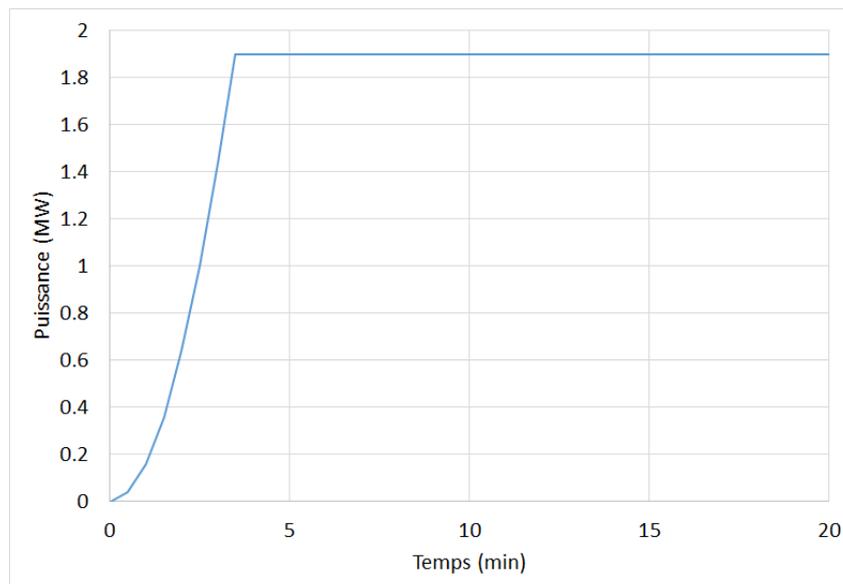


Figure 10-26 : Puissance de l'incendie pour le scénario 4

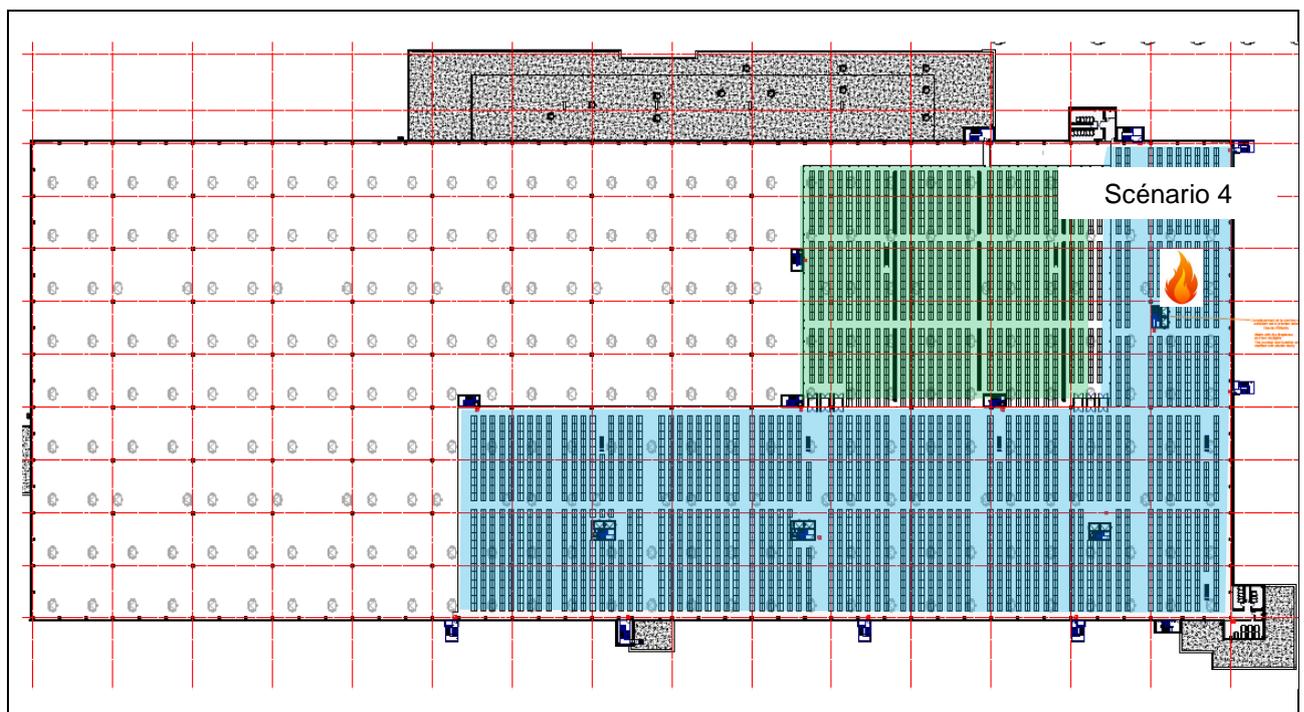


Figure 10-27 : Position du scénario 4 dans la pick tower sur la mezzanine

10.4.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent des coupes de visibilité dans l'axe du foyer. La porosité dans les pick tower permet d'évacuer une partie des fumées vers le haut de la cellule et les exutoires en toiture. Comme pour le scénario précédent, seul le niveau où le feu débute est impacté par les fumées denses, les niveaux supérieurs restent accessibles pendant au moins 10 minutes.

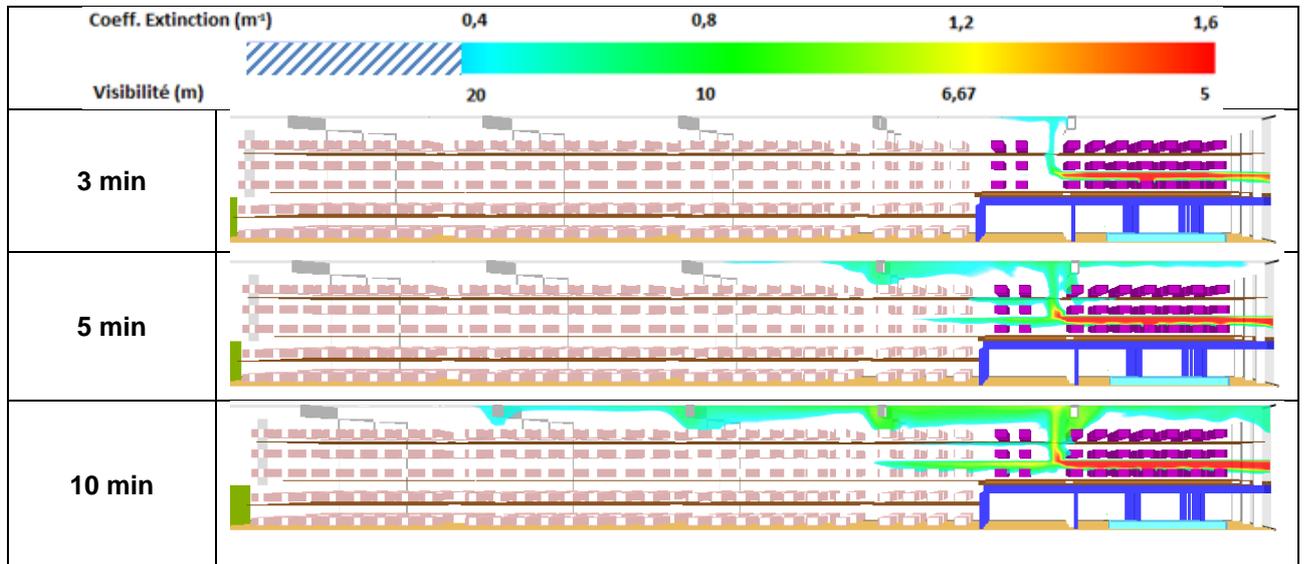
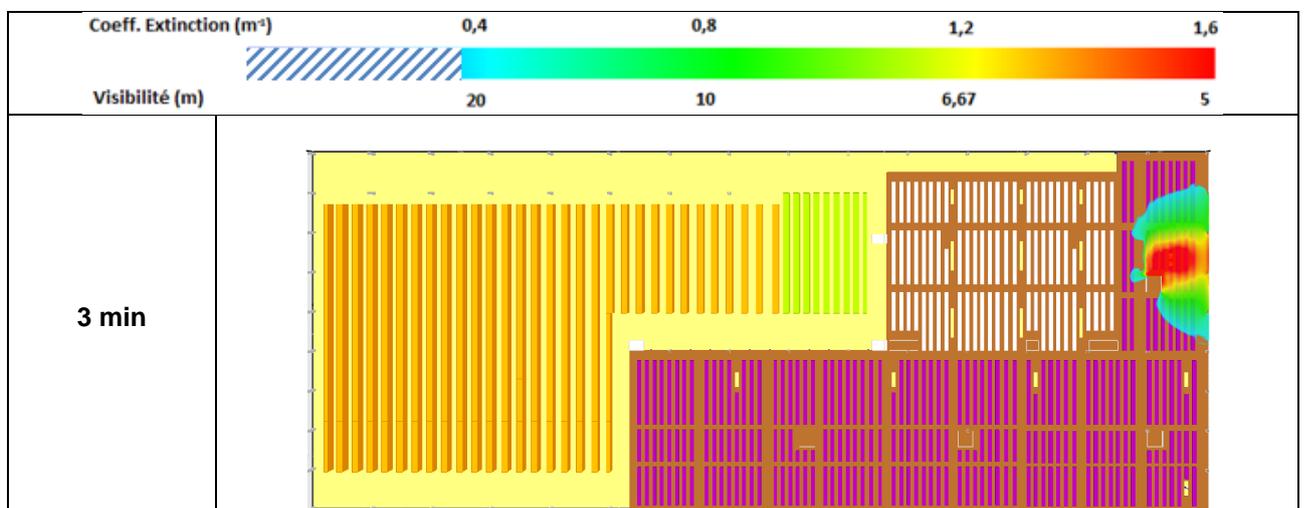


Figure 10-28 : Coupe du critère de visibilité pour le scénario 4

Les figures ci-dessous présentent la visibilité à hauteur d'homme sur le niveau le plus critique (3^{ème} étage, niveau où le feu débute). Du fait de la faible hauteur de la pick tower (2,5 m), la visibilité est réduite rapidement au proche du foyer. De plus, étant proche d'une des façades du bâtiment, les fumées ne peuvent se propager horizontalement que selon trois directions ce qui favorise l'accumulation locale de fumées. A 5 minutes, une zone d'environ 50 m x 30 m est impactée par les fumées. Les personnes dans cette zone ont une perception directe du départ de feu (flammes ou fumées), leur temps de pré mouvement sera fortement réduit. **En prenant en compte l'absence de temporisation sur le déclenchement de l'alarme, le temps d'évacuation est compatible avec la dégradation de la visibilité.**

Il est à noter qu'à partir de 5 minutes la progression des fumées dans le 3^{ème} étage ralenti fortement, la zone impactée entre 5 et 10 minutes n'est que légèrement augmentée. Cela provient de la bonne évacuation des fumées par la porosité dans les pick tower qui permet de rediriger les fumées vers la toiture du bâtiments.



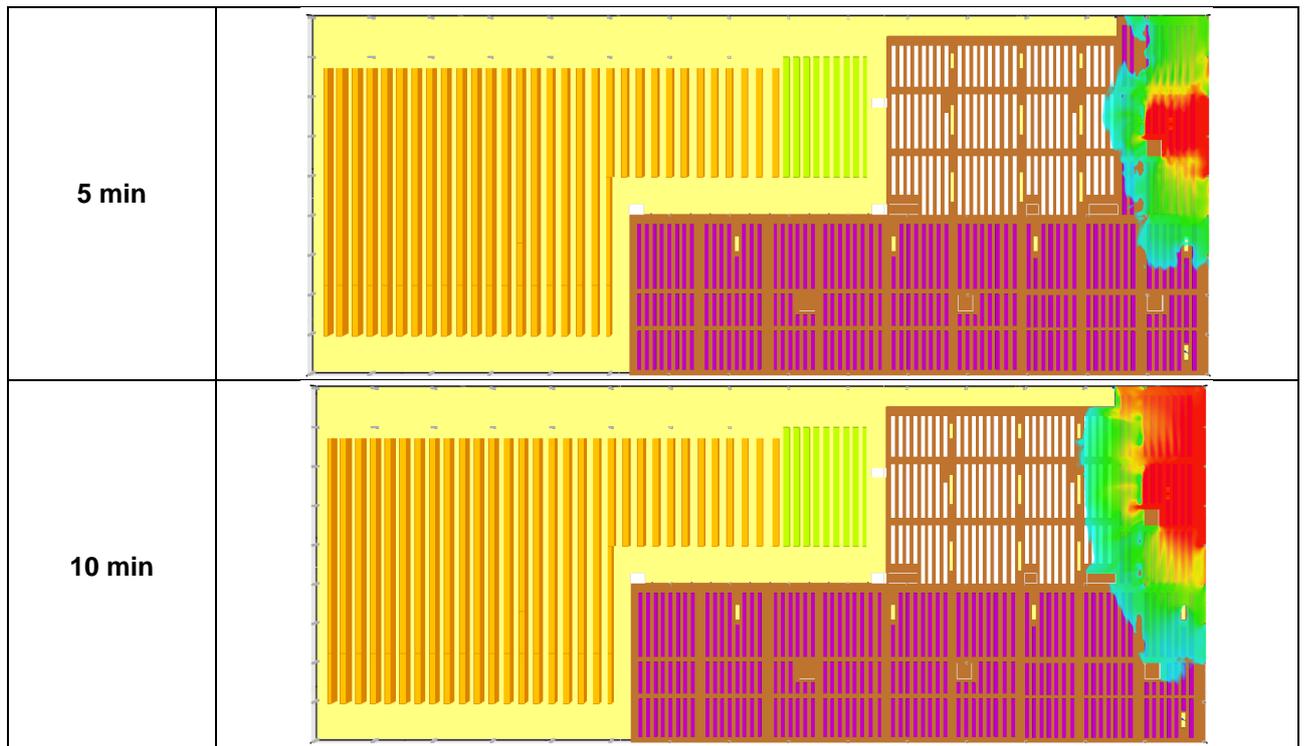


Figure 10-29 : Evolution du critère de visibilité sur la mezzanine pour le scénario 4

Les figures ci-dessous présentent le critère de visibilité dans le 4^{ème} et 5^{ème} étages des pick tower à 10 minutes. Le critère de visibilité n'est atteint que localement au-dessus des trémies dans les pick towers. Les personnes peuvent évacuer ces étages dans de bonnes conditions.

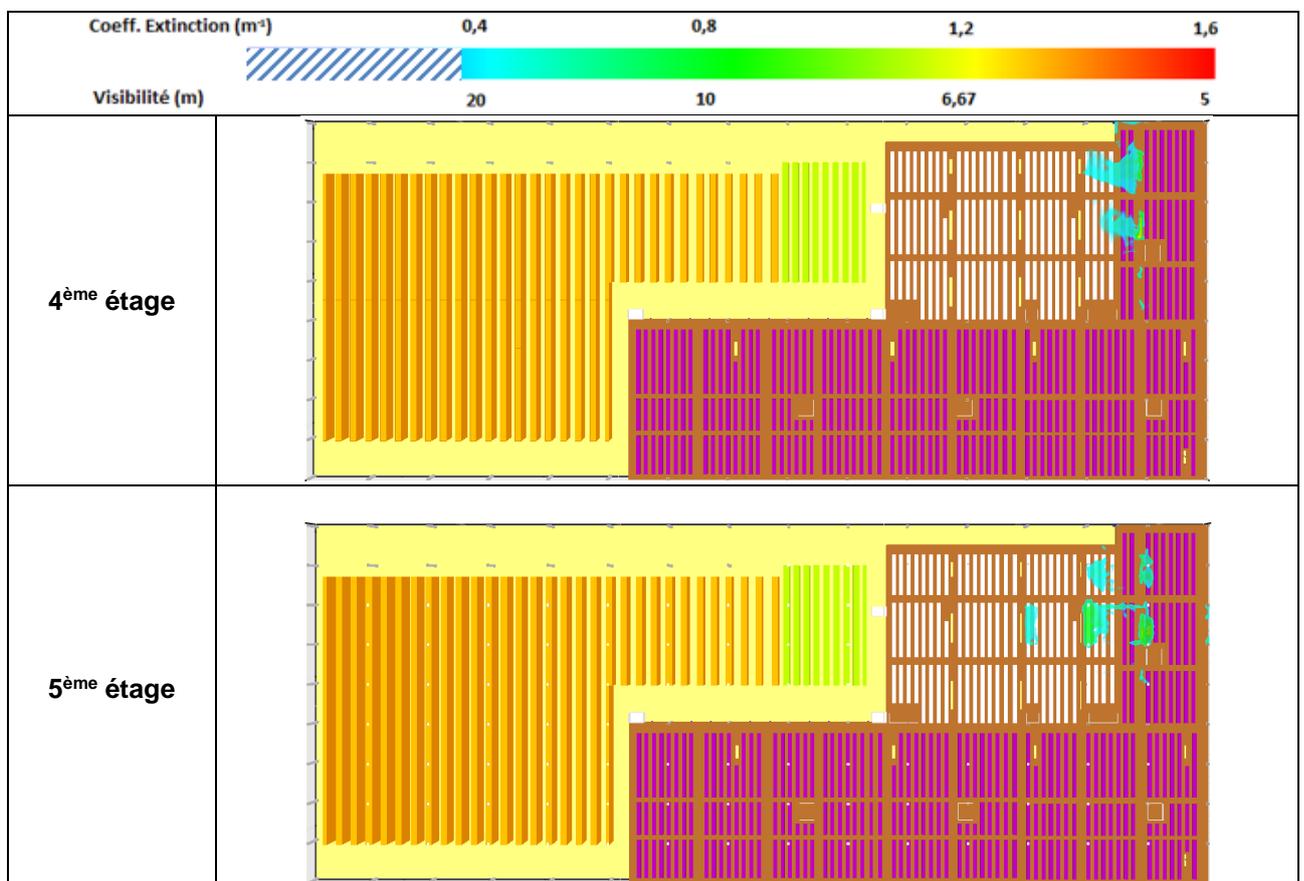


Figure 10-30 : Critère de visibilité à 10 minutes au 4^{ème} et 5^{ème} étages pour le scénario 4

10.4.3. Température

Les figures ci-dessous présentent une coupe de température dans l'axe du foyer. En dehors de la zone à proximité du départ de feu les températures restent inférieures à 40 °C.

Les conditions de températures sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

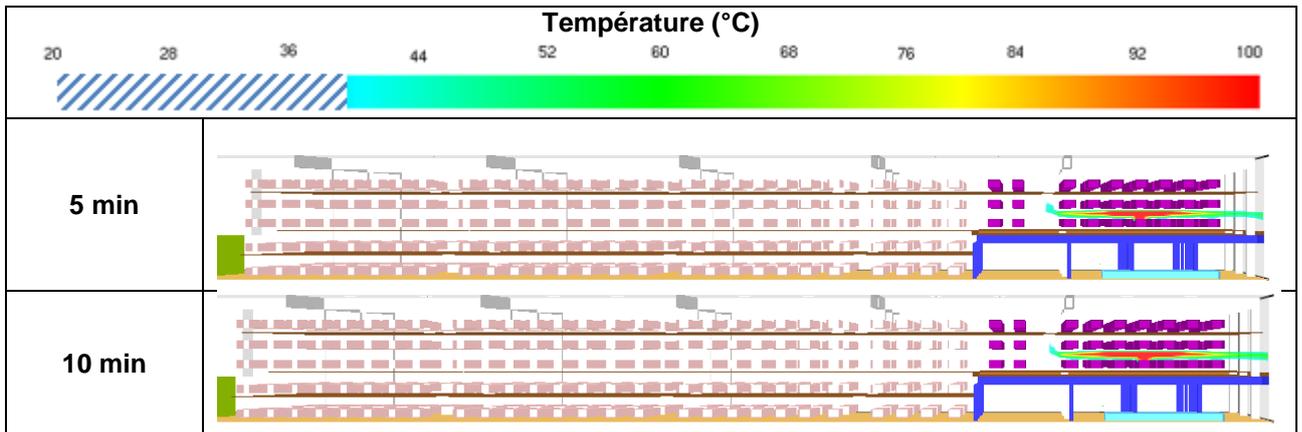


Figure 10-31 : Coupe du critère de température pour le scénario 4

Au 3^{ème} étage, le critère de température n'est atteint qu'à proximité direct du départ de feu pendant les 10 premières minutes de l'incendie.

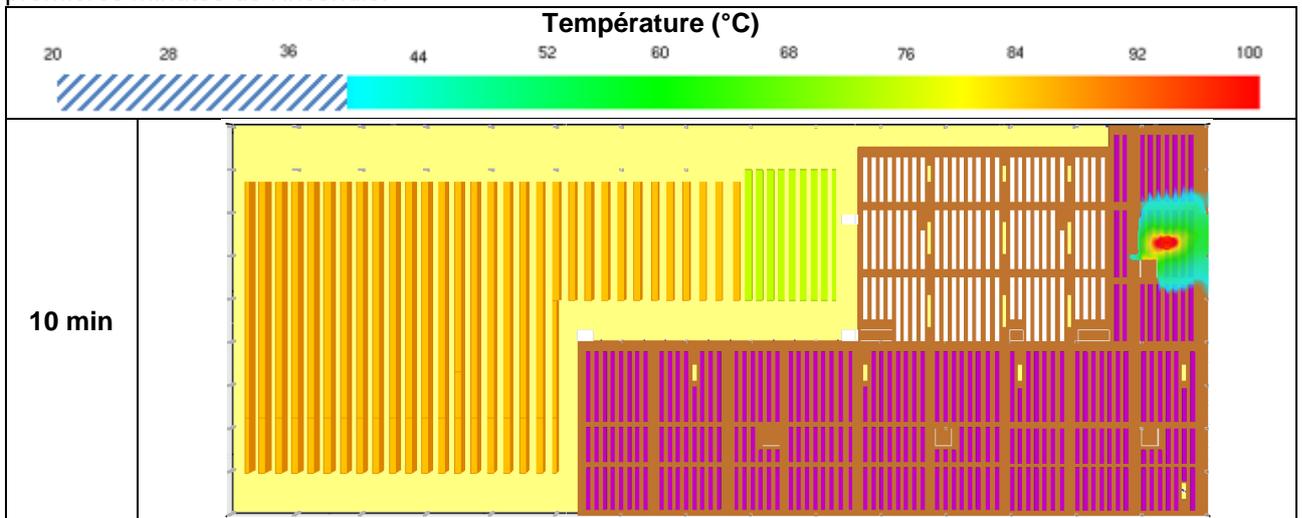


Figure 10-32 : Critère de température au 3^{ème} étage à 10 minutes pour le scénario 4

10.4.4. Concentration en CO

La figure ci-dessous présente le critère de concentration en monoxyde de carbone à 10 minutes. Le critère de 150 ppm pour les personnes n'est pas atteint en dehors du panache de fumées, la concentration en CO est inférieure à 60 ppm au maximum.

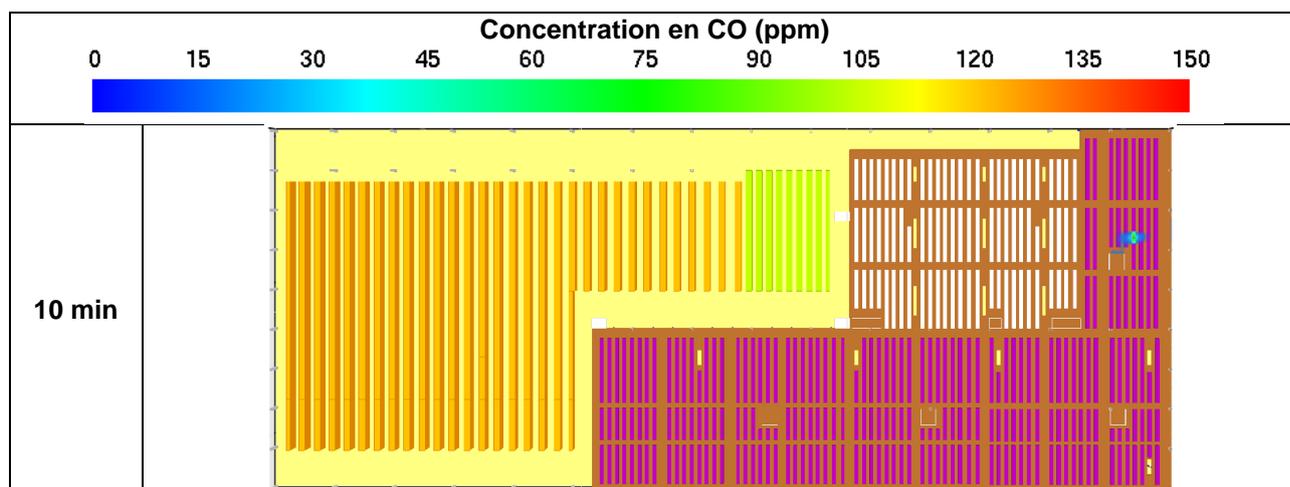


Figure 10-33 : Critère de concentration en CO au 3^{ème} étage à 10 minutes pour le scénario 4

10.4.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité. En dehors de la pick tower du 3^{ème} étage où le feu débute, le reste de l'entrepôt reste praticable pendant plus de 10 minutes. Dans la zone du départ de feu, dans la mesure où les personnes sont alertées rapidement par le système d'alarme, le temps de dégradation des conditions de tenabilité est compatible avec l'évacuation.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Niveau P1 et 1 ^{er} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
2 ^{ème} étage			
3 ^{ème} étage	5 min sur une surface de 50 m x 30 m autour du foyer > 10 min pour le reste du niveau	5 min autour du foyer > 10 min pour le reste du niveau	> 10 min
4 ^{ème} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
5 ^{ème} étage			

Tableau 10-5 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.5. SCENARIO 5 – FEU AU 1^{ER} ETAGE DE LA PICK TOWER DE 5 NIVEAUX SANS MAITRISE PAR LE SPRINKLER

10.5.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu au 1^{er} étage de la pick tower de 5 niveaux sans maîtrise de l'incendie par le système de sprinklage.

La figure ci-dessous rappelle la localisation du scénario dans la cellule.

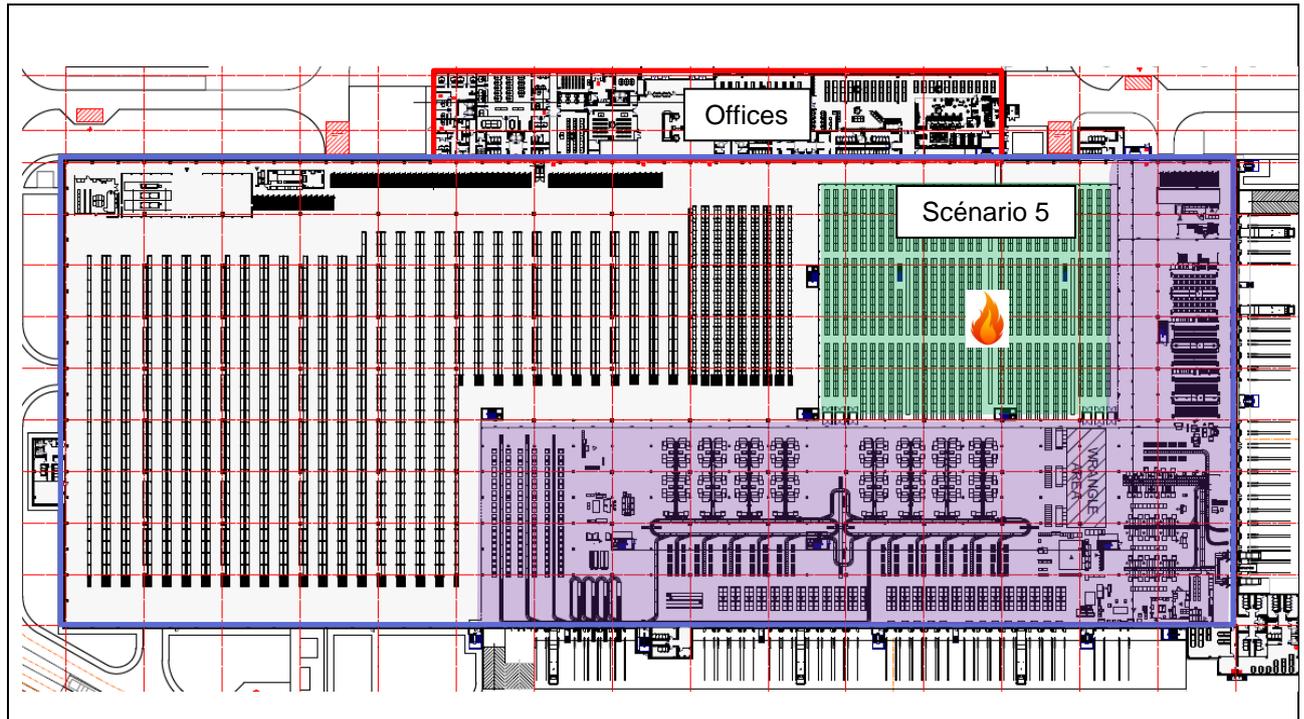


Figure 10-34 : Position de départ du scénario 5

La figure ci-dessous présente l'évolution de la puissance mesurée pour le scénario. Une accélération de la cinétique de l'incendie est observée à partir de 8 minutes, le feu se propage aux rayonnages entourant le rayonnage brûlant initialement ce qui augmente la quantité d'énergie dégagée par l'incendie. Ce scénario ne présente que les 9 premières minutes d'incendie.

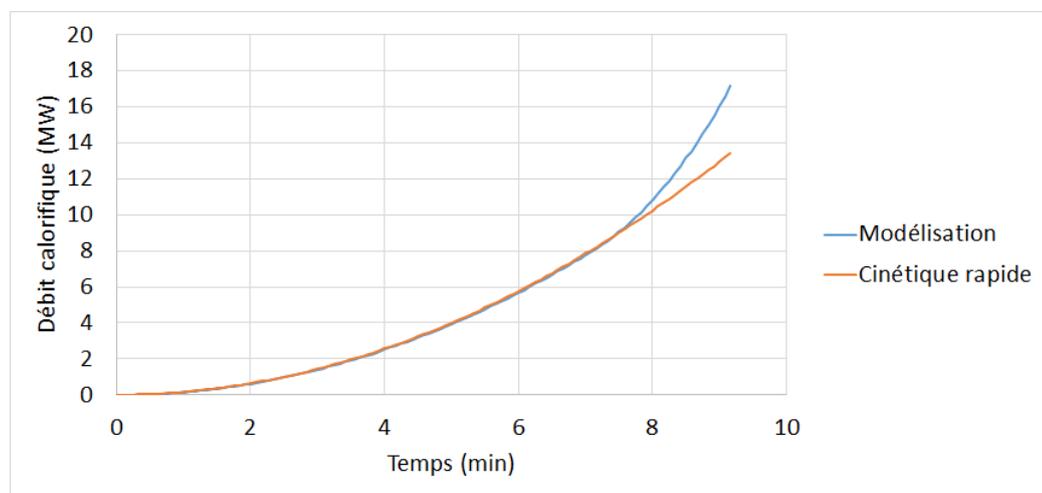


Figure 10-35 : Evolution de la puissance de l'incendie non maîtrisé par le sprinklage

10.5.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent une coupe du critère de visibilité dans l'axe du foyer. On constate que pendant les 5 premières minutes, les fumées denses sont limitées au RDC, niveau où le feu débute. Après ce temps, la propagation des fumées par les trémies dans les pick tower entraine une accumulation localisée des fumées sous la toiture. Une diminution de la visibilité sur le dernier niveau de pick tower est constatée.

Les niveaux intermédiaires ne sont pas impactés pendant les 9 premières minutes de l'incendie.

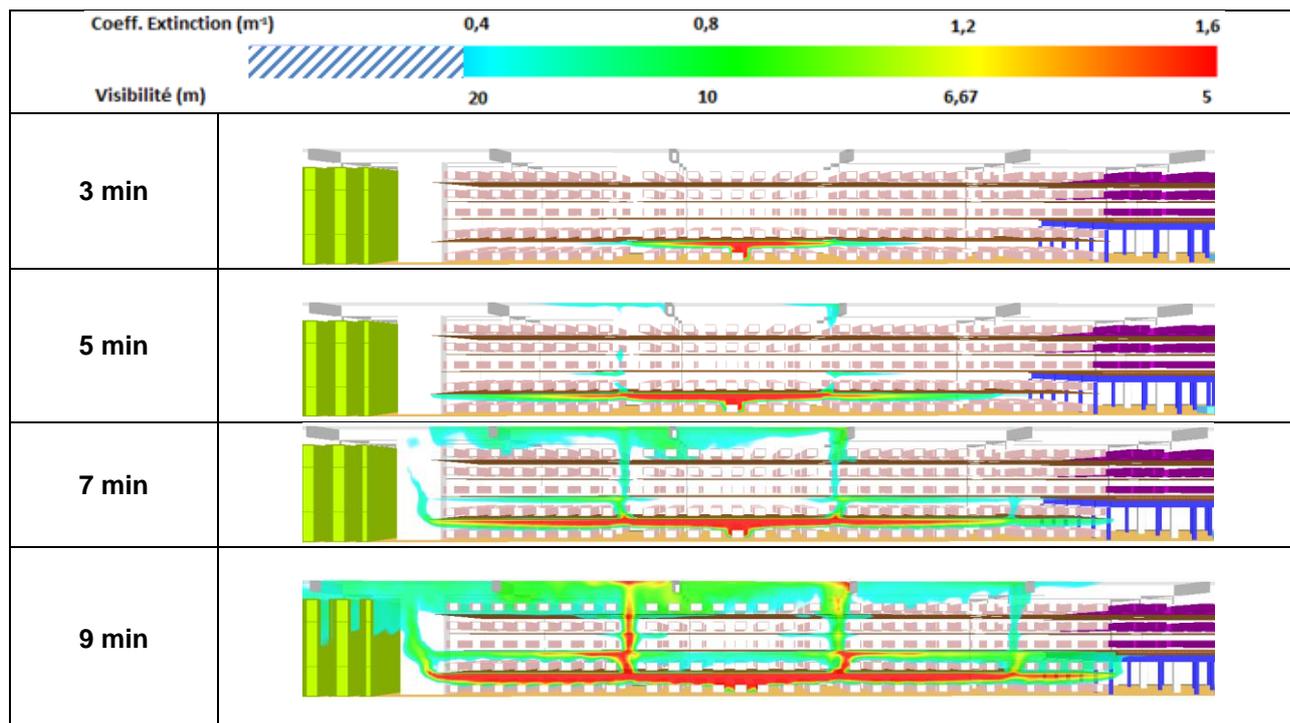
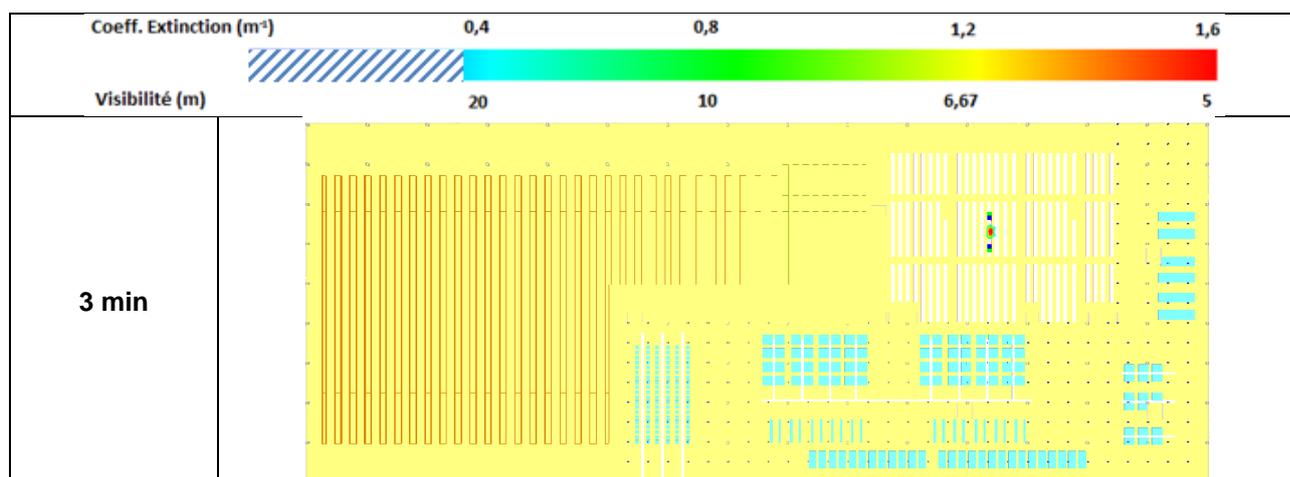


Figure 10-36 : Evolution du critère de visibilité dans l'axe du foyer pour le scénario 5

Les figures ci-dessous présentent au 1^{er} étage le critère de visibilité à hauteur d'homme.

Dans une zone proche du foyer (environ 40 x 40 m), la visibilité est réduite dès 5 minutes pour les personnes se trouvant au 1^{er} étage. Etant donné les temps d'évacuations calculés au §8, ce temps est compatible avec l'évacuation des personnes dans la mesure où il n'y a pas de temporisation sur le déclenchement de l'alarme sonore.

Sur les 9 minutes de feu étudiées, les fumées restent limitées à la pick tower de 5 niveaux et ne vient pas impacter l'évacuation des personnes se trouvant dans les autres zones de l'entrepôt.



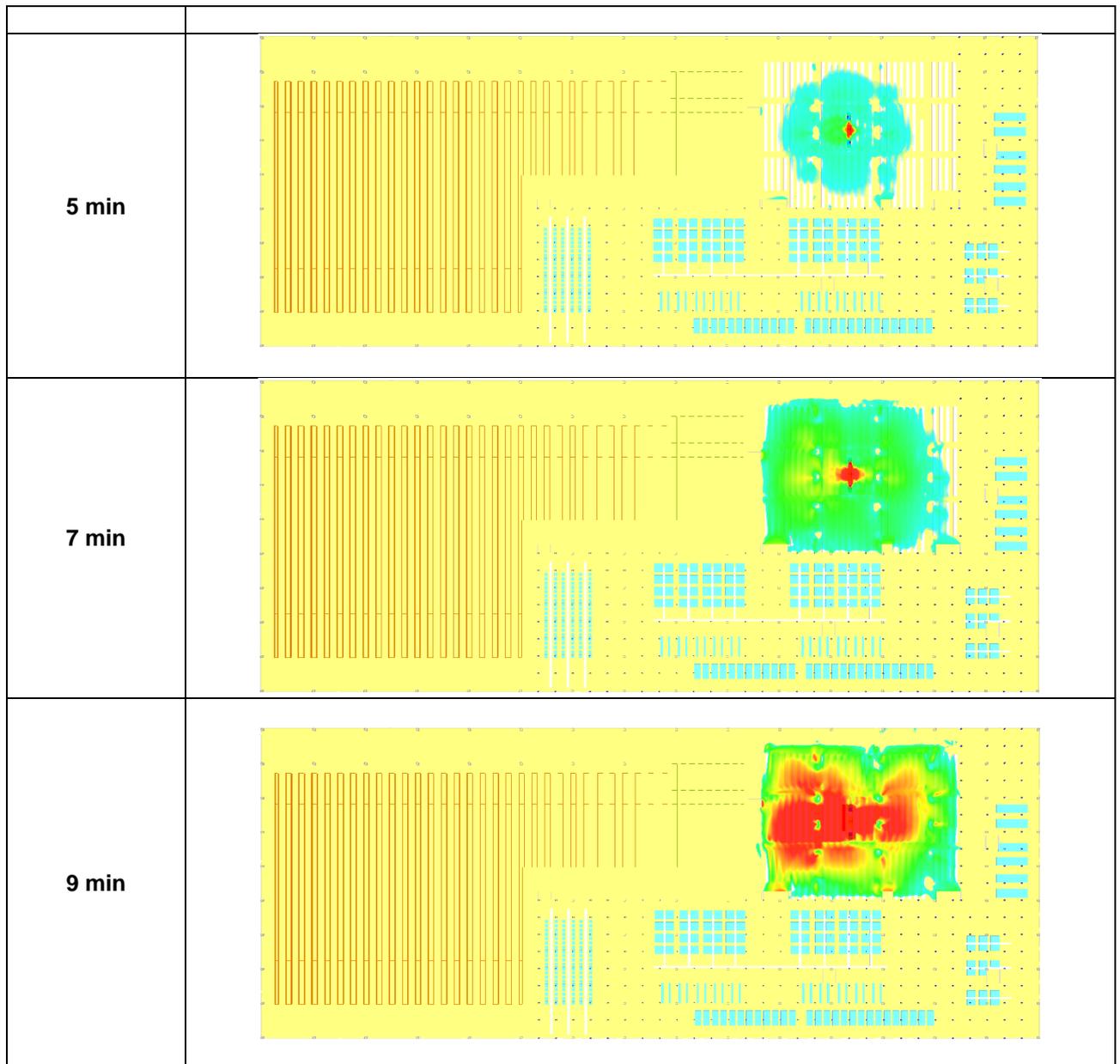


Figure 10-37 : Evolution du critère de visibilité à hauteur d'homme pour le scénario 5

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la visibilité sur le dernier niveau de pick tower. Les fumées ne commencent à se densifier qu'après plus de 7 minutes de feu. A cet instant les personnes ont quitté le niveau. Les dispositifs de désenfumage permettent donc d'évacuer suffisamment de fumées pour conserver des conditions acceptables pendant l'évacuation des personnes.

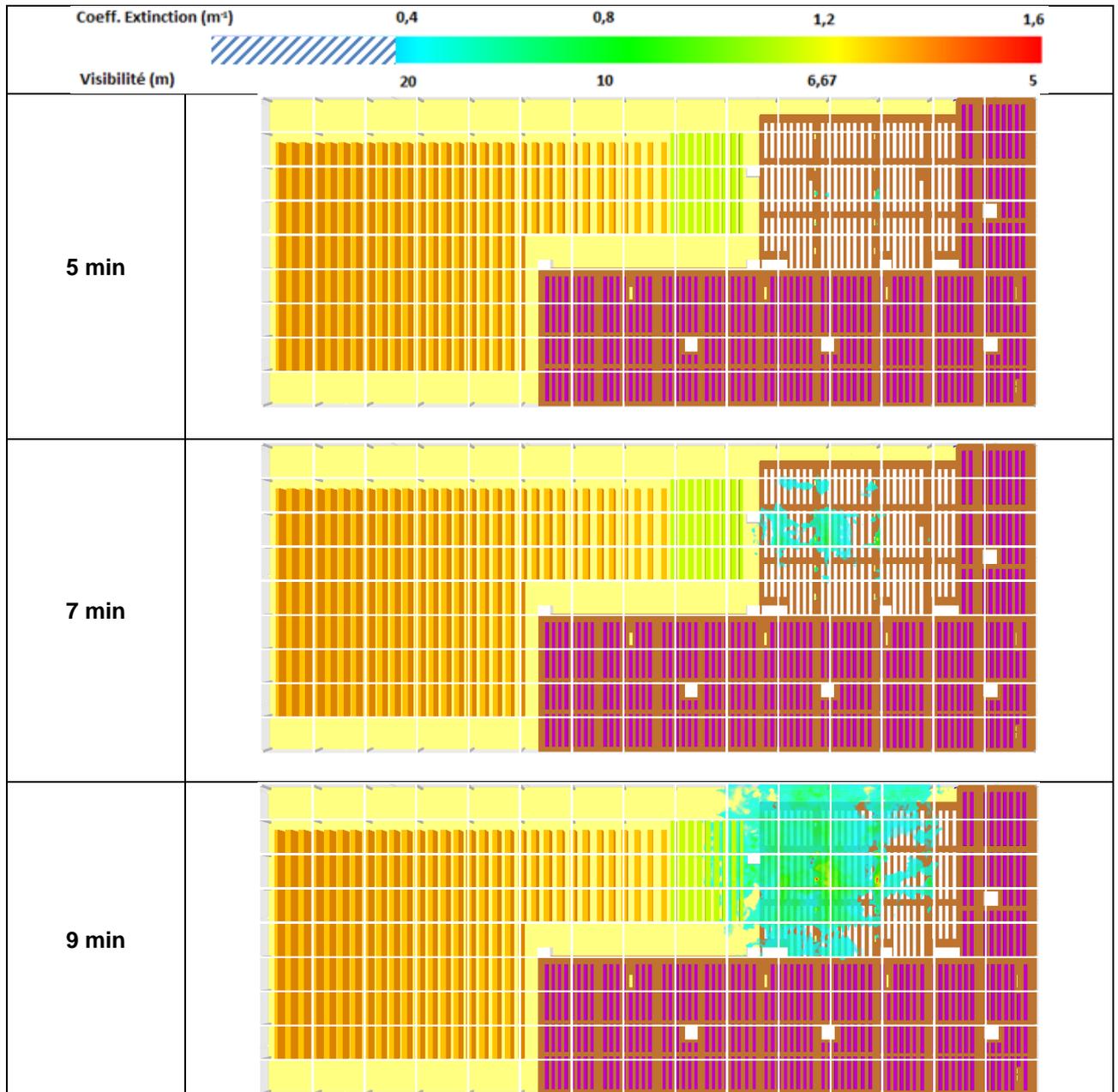


Figure 10-38 : Evolution du critère de visibilité à hauteur d'homme au 5^{ème} étage pour le scénario 5

Les figures ci-dessous présentent la visibilité pour les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} étages à 9 minutes. Certaines circulations sont localement enfumées autour des trémies dans les pick towers. Néanmoins, les étages sont globalement encore praticables à cet instant. Les personnes peuvent évacuer dans de bonnes conditions.

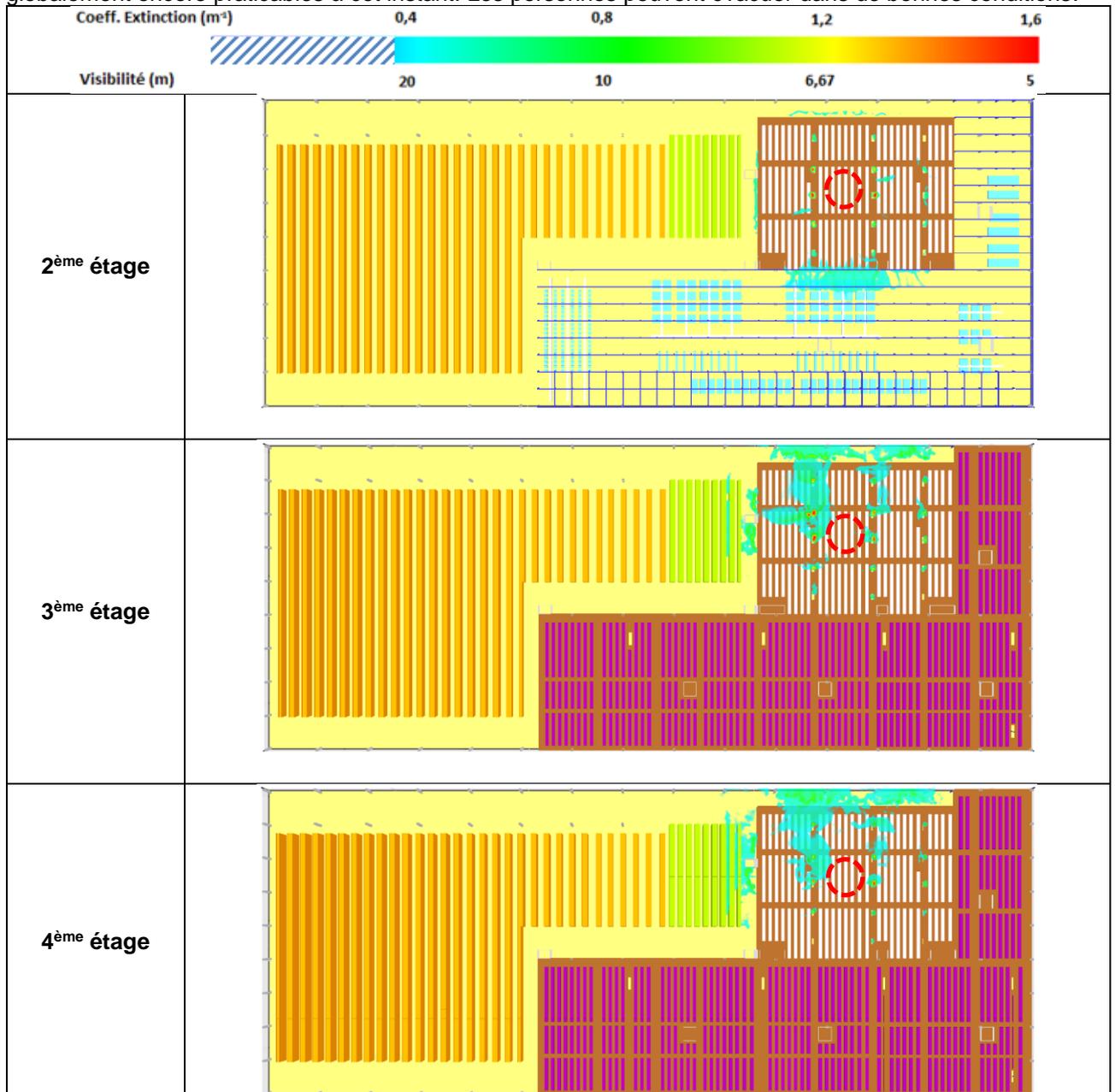


Figure 10-39 : Critère de visibilité à 10 minutes sur les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} étages

10.5.3. Température

Les figures ci-dessous présentent la température dans l'axe du foyer. En dehors du niveau en feu, les températures dans le reste de l'entrepôt sont inférieures à 40 °C pendant plus de 9 minutes.

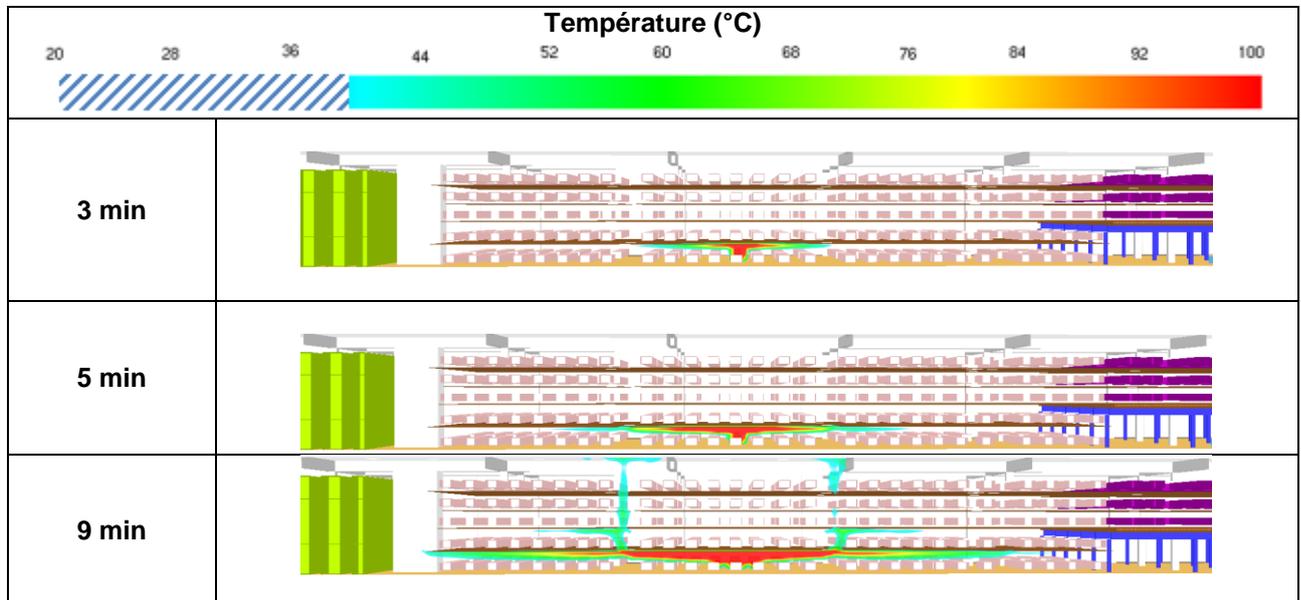


Figure 10-40 : Critère de température dans l'axe du foyer pour le scénario 5

Les figures ci-dessous présentent la température à hauteur d'homme au 1^{er} étage. Pendant les 9 premières minutes de l'incendie, seule la zone au proche du foyer est impactée, le critère reste acceptable dès lors que l'on se trouve à plus de 20 m du foyer.

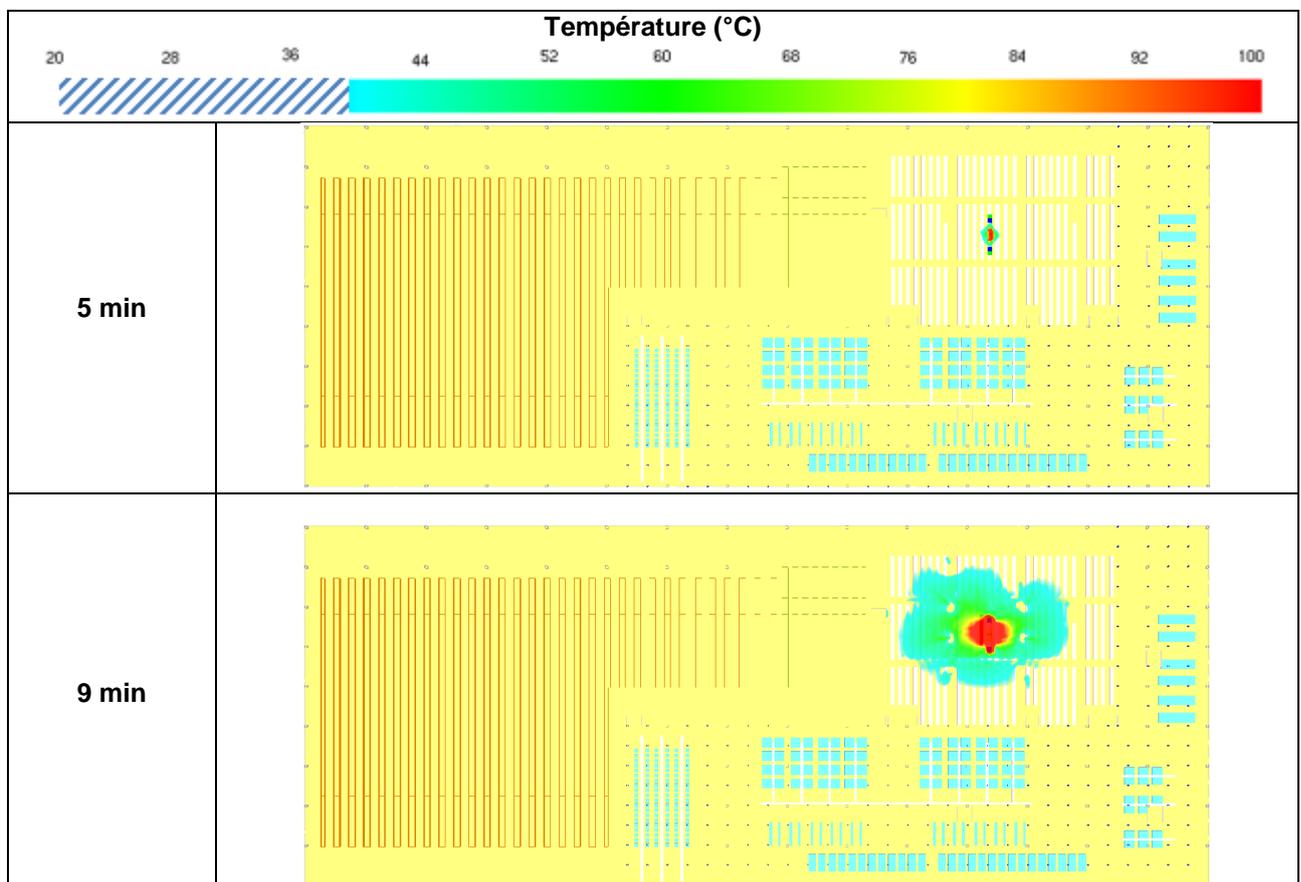


Figure 10-41 : Critère de température à hauteur d'homme pour le scénario 5

10.5.4. Concentration en CO

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la concentration en monoxyde de carbone dans l'axe du foyer.

Le seuil de 150 ppm pour les personnes est atteint entre 8 et 9 minutes dans une zone proche du feu et, à cet instant les personnes ont fini d'évacuer le niveau.

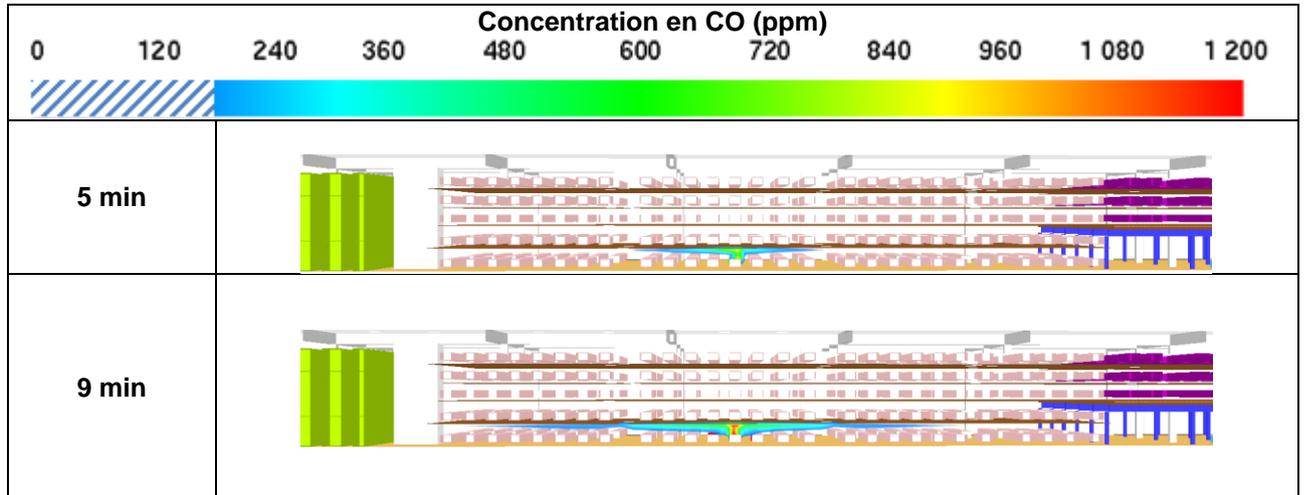


Figure 10-42 : Critère de concentration en monoxyde de carbone pour le scénario 5

10.5.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité.

Seul le niveau P1 sous la pick tower est impacté rapidement, en 5 minutes. Les personnes dans les autres niveaux peuvent évacuer pendant plus de 9 minutes. Au vu des temps d'évacuation des personnes calculé au §8, la dégradation des conditions a lieu après fin de l'évacuation. Les personnes peuvent donc quitter les niveaux sinistrés dans de bonnes conditions.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
1er étage (dans l'emprise de la pick tower)	5 min dans un rayon de 20 m Tout le niveau à 7 min	9 min dans un rayon de 20 m	> 10 min
Niveau P1	> 9 min	> 9 min	> 9 min
2^{ème} étage			
3^{ème} étage			
4^{ème} étage			
5^{ème} étage	9 min	> 9 min	> 9 min

Tableau 10-6 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.6. SCENARIO 6 – FEU SUR LA MEZZANINE DANS LA PICK TOWER DE 3 NIVEAUX SANS MAITRISE PAR LE SPRINKLER

10.6.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu dans la pick tower sur la mezzanine sans maîtrise de l'incendie par le système de sprinklage.

La figure ci-dessous rappelle la localisation du scénario dans la cellule.

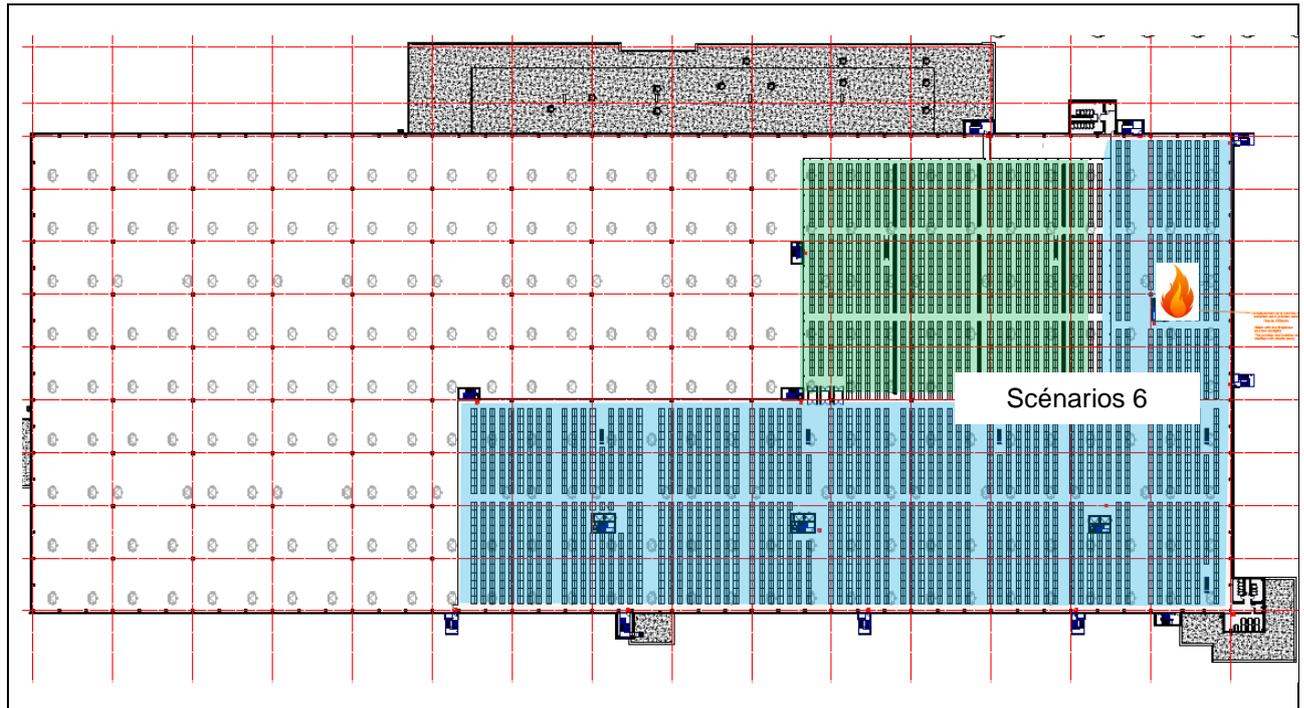


Figure 10-43 : Position de départ du scénario 6

La figure ci-dessous présente l'évolution de la puissance mesurée pour le scénario. Une accélération de la cinétique de l'incendie est observée à partir de 8 minutes, l'incendie se propage au-delà du 1^{er} rayonnage en feu.

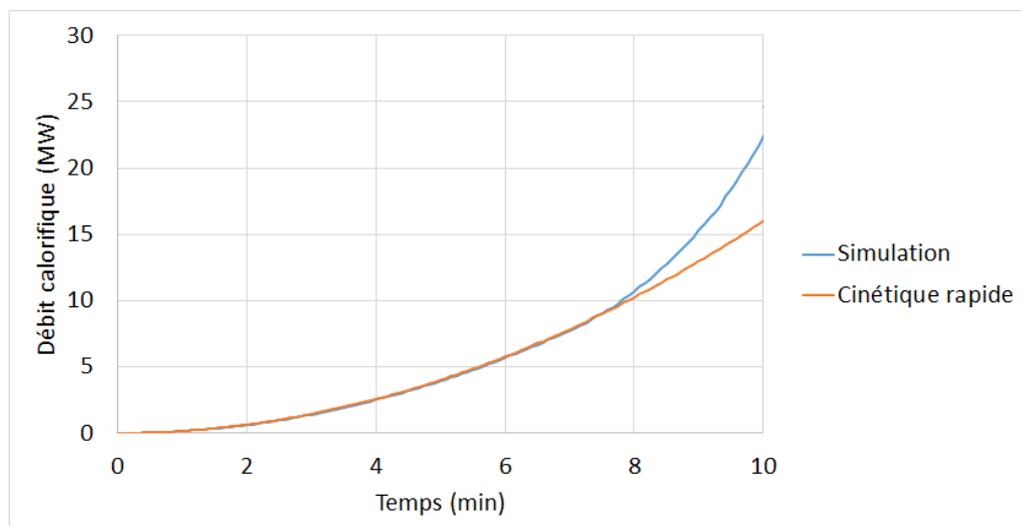


Figure 10-44 : Evolution de la puissance de l'incendie non maîtrisé par le sprinklage

10.6.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent une coupe du critère de visibilité dans l'axe du foyer. On constate que pendant les 5 premières minutes, les fumées denses sont limitées au 3^{ème} étage et à l'aplomb des trémies. Après ce temps, l'augmentation de la puissance de l'incendie entraîne une production de suies importante qui vient redistribuer de la fumée dans tous les niveaux.

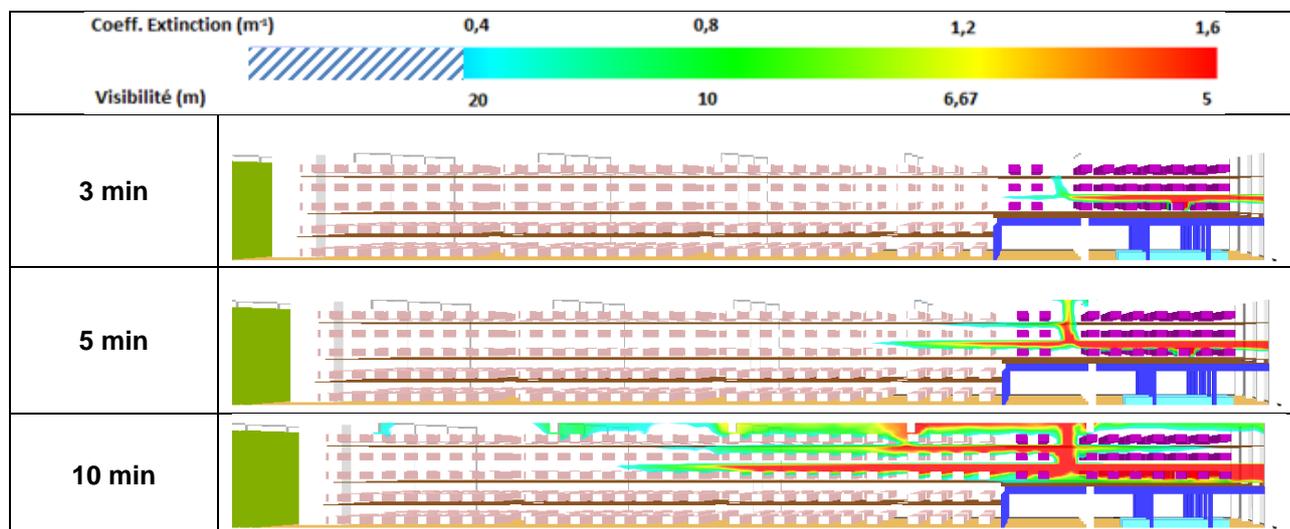


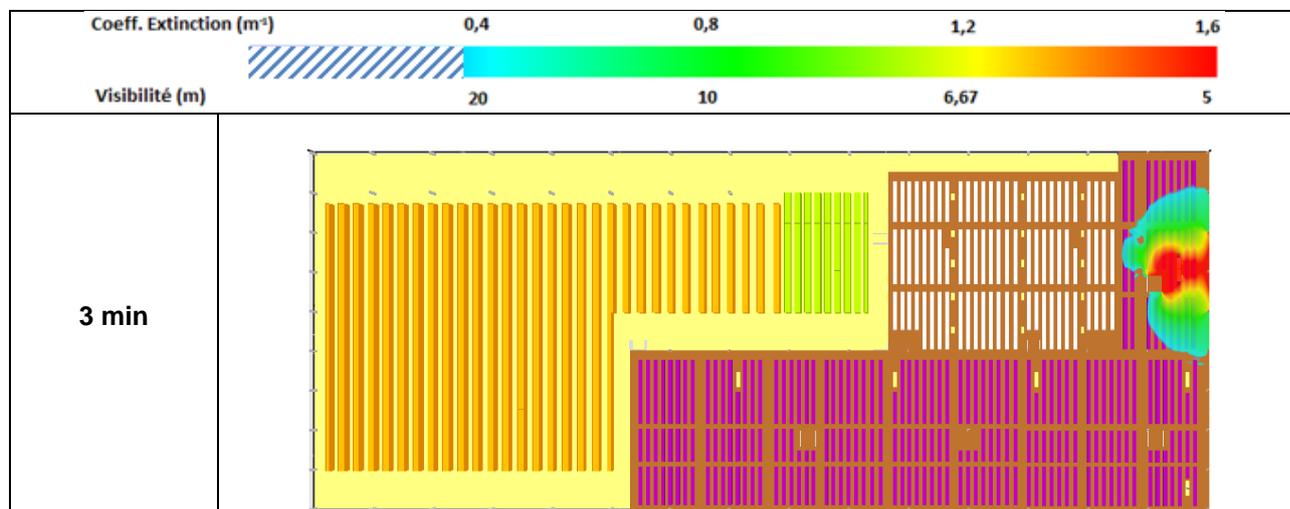
Figure 10-45 : Evolution du critère de visibilité dans l'axe du foyer pour le scénario 6

Les figures ci-dessous présentent au 3^{ème} étage le critère de visibilité à hauteur d'homme.

Du fait de la non maîtrise de l'incendie par le système de sprinkler, la surface impactée par ce scénario est rapidement importante. Dès 5 minutes, le critère est atteint sur 80 m x 30 m. Il est nécessaire que les personnes soient alertées rapidement du départ de feu pour leur permettre de quitter le niveau sinistré avant la dégradation des conditions. Une fois le niveau quitté, le niveau P1 étant en dehors des fumées, ils peuvent finaliser leur évacuation dans de bonnes conditions.

Pour ce scénario on observe qu'à l'inverse du scénario avec maîtrise par le sprinkler, aucun état stationnaire n'est atteint, la surface dégradée par le feu augmente au cours du temps. La quantité de fumées produite est plus importante que la quantité évacuée par les trémies.

La non maîtrise de l'incendie par le sprinklage représente une aggravation du risque mais ne remet pas en cause l'évacuation dans la mesure où l'alarme est donnée sans temporisation.



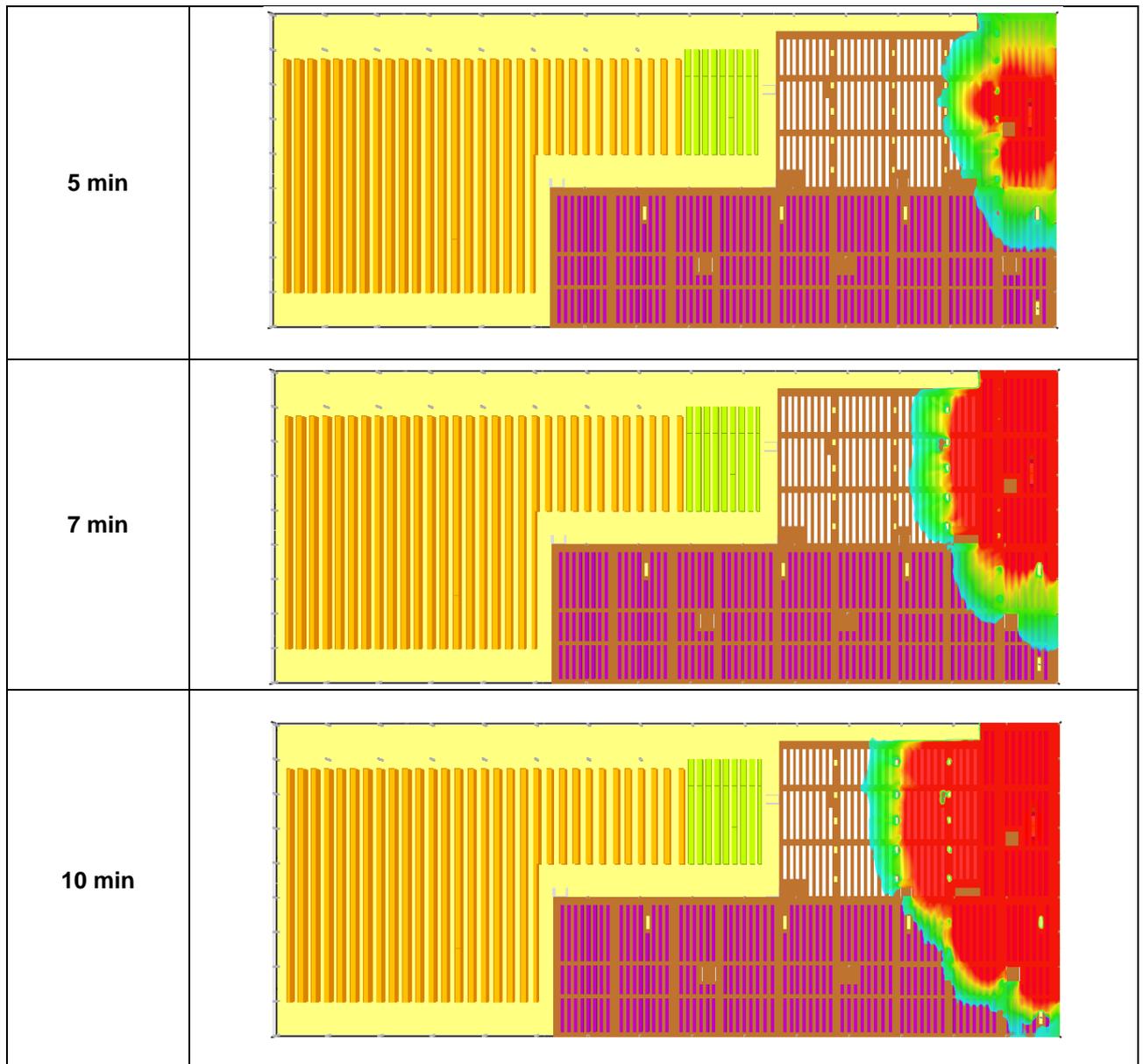


Figure 10-46 : Evolution du critère de visibilité à hauteur d'homme au 3^{ème} étage pour le scénario 6

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la visibilité au 4^{ème} étage. Les fumées transitant par les trémies ne commencent à se répandre dans le niveau qu'à partir de 7 minutes. Les dispositifs de désenfumage permettent donc d'évacuer suffisamment de fumées pour conserver des conditions acceptables pendant l'évacuation des personnes.

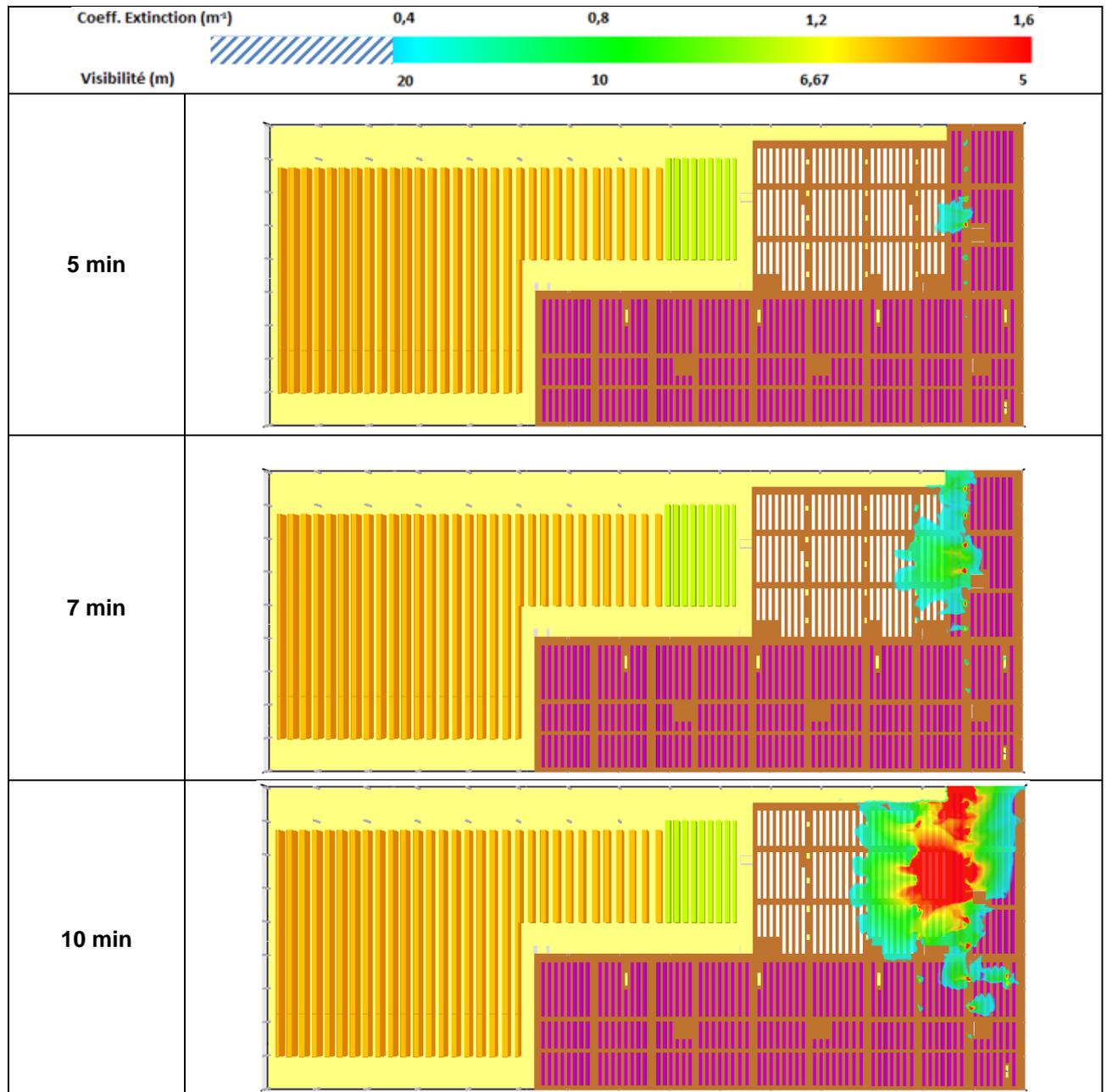


Figure 10-47 : Evolution du critère de visibilité au 4^{ème} étage pour le scénario 6

Comme pour le 4^{ème} étage, la visibilité au 5^{ème} étage (visible ci-dessous) ne commence à être réduite qu'à partir de 7 minutes. Les personnes peuvent donc évacuer cet étage avant la perte de la visibilité.

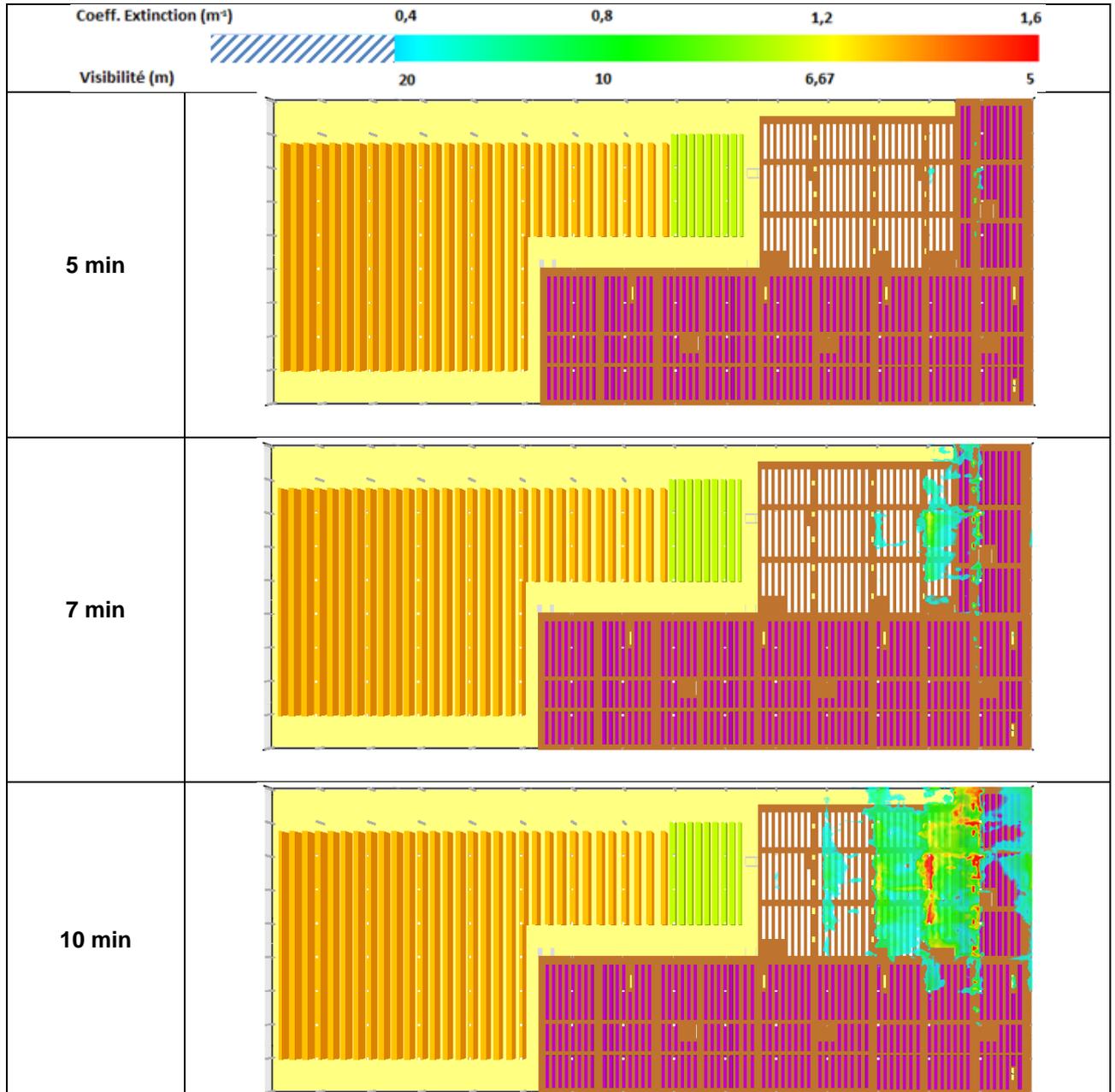


Figure 10-48 : Evolution du critère de visibilité au 5^{ème} étage pour le scénario 6

10.6.3. Température

Les figures ci-dessous présentent la température dans l'axe du foyer. En dehors du niveau en feu, les températures dans le reste de l'entrepôt sont inférieures à 40 °C pendant plus de 10 minutes.

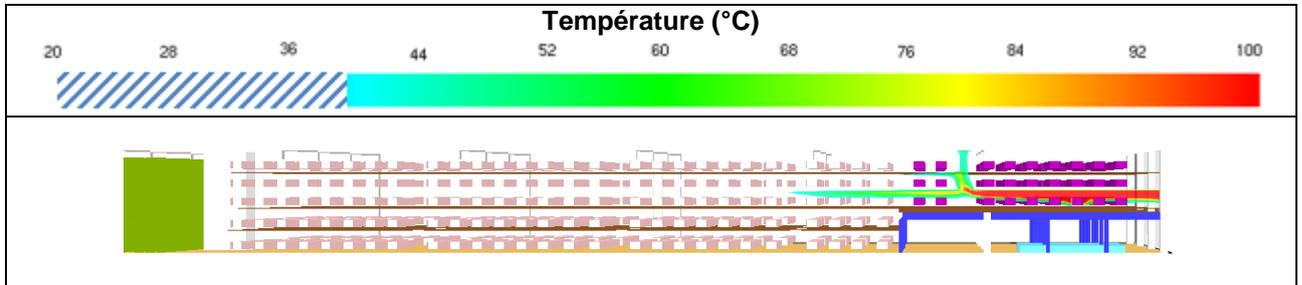


Figure 10-49 : Critère de température à 10 minutes dans l'axe du foyer pour le scénario 6

Les figures ci-dessous présentent la température à hauteur d'homme au 3^{ème} étage. Pendant les 10 premières minutes de l'incendie, seule la zone au proche du foyer est impactée, le critère reste acceptable dès lors que l'on se trouve à plus de 30 m du foyer.

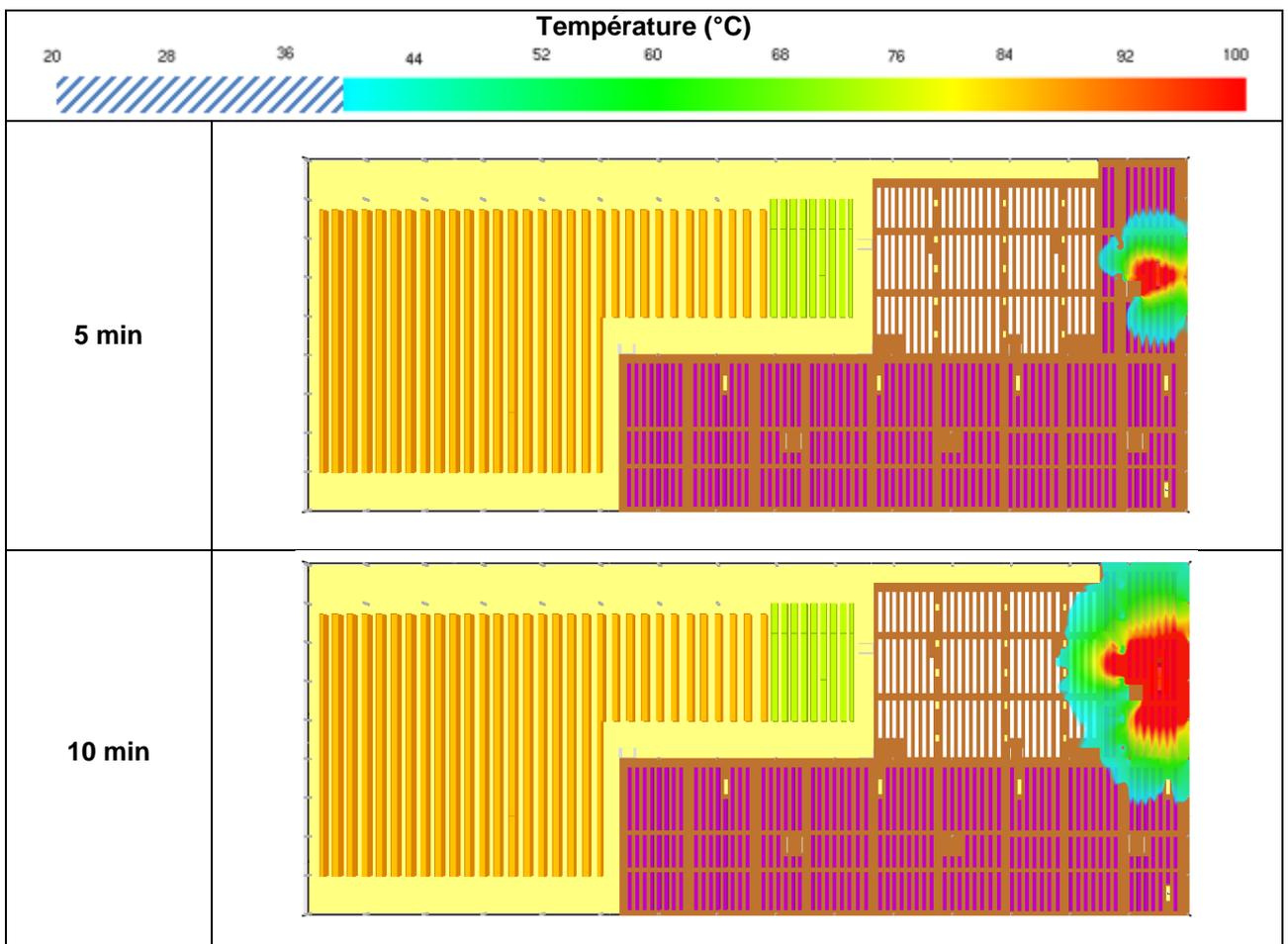


Figure 10-50 : Critère de température à hauteur d'homme au 3^{ème} étage pour le scénario 6

10.6.4. Concentration en CO

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la concentration en monoxyde de carbone au 3^{ème} étage.

Le seuil de 150 ppm pour les personnes est atteint à partir de 8 minutes dans la zone où le foyer débute. A cet instant les personnes ont quitté l'étage, cela ne remet pas en cause l'évacuation.

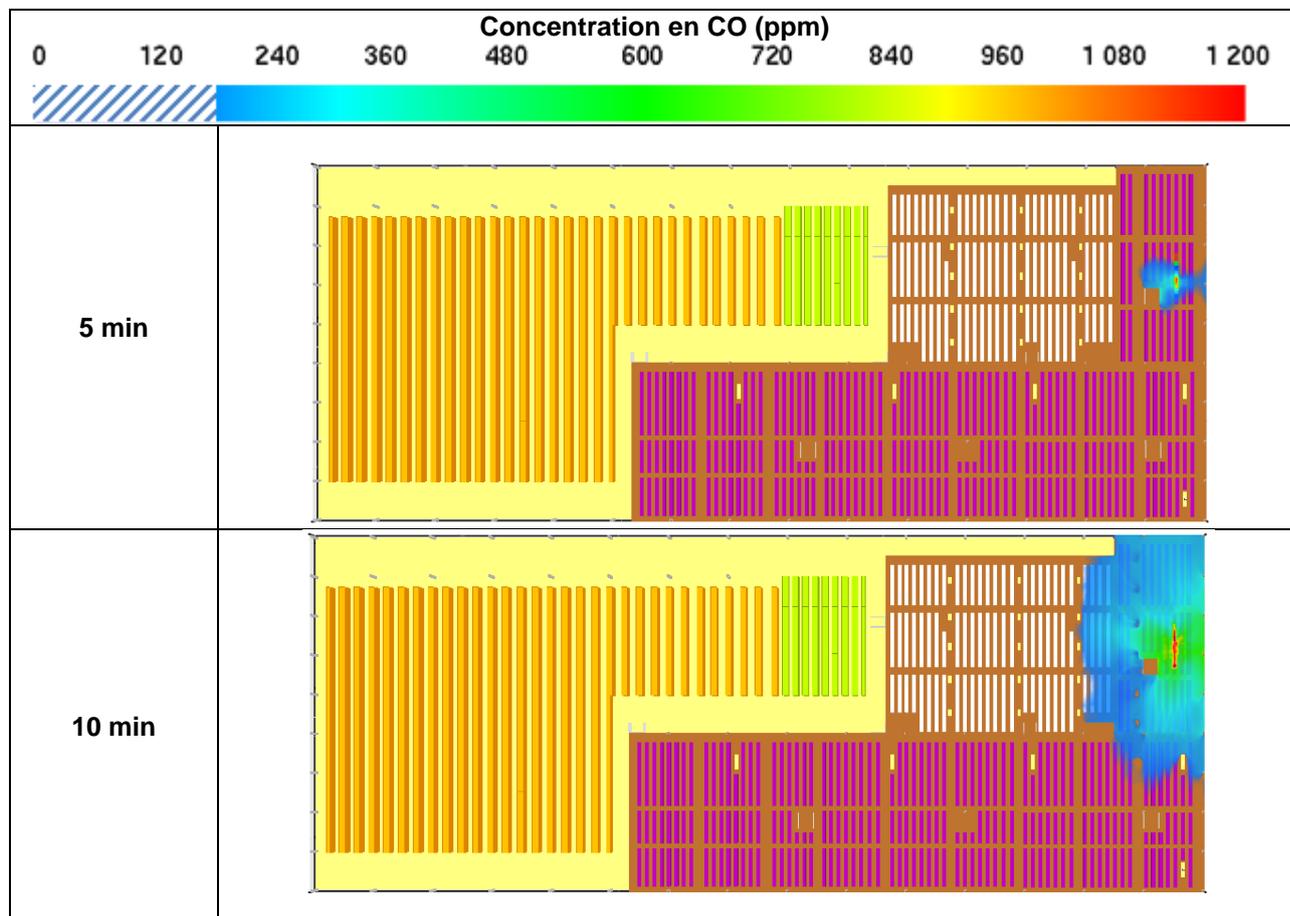


Figure 10-51 : Critère de concentration en monoxyde de carbone pour le scénario 6

10.6.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité.

Pour ce scénario le critère de visibilité est atteint rapidement sur une surface de 80 x 30 m autour du foyer dès 5 minutes. En considérant l'absence de temporisation sur le déclenchement de l'alarme, ce temps de perte de visibilité est compatible avec le temps d'évacuation des personnes.

Les autres critères sont atteints après plus de 10 minutes, à cet instant les personnes ont évacué.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Niveau P1 et 1^{er} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
2^{ème} étage			
3^{ème} étage	5 min sur une surface de 80 m x 30 m 10 min sur la moitié du niveau	10 min sur une surface de 80 m x 30 m	10 min sur une surface de 80 m x 30 m
4^{ème} étage	Localement à partir de 7 min	> 10 min	> 10 min
5^{ème} étage	Localement à partir de 7 min	> 10 min	> 10 min

Tableau 10-7 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.7. SCENARIO 7 – FEU DANS LA VNA AVEC MAITRISE PAR LE SPRINKLER

10.7.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu dans la VNA. Il est considéré que le système de sprinkler permet de maîtriser le développement du feu.

Les figures ci-dessous rappellent la courbe de montée en puissance et la localisation du scénario dans la cellule.

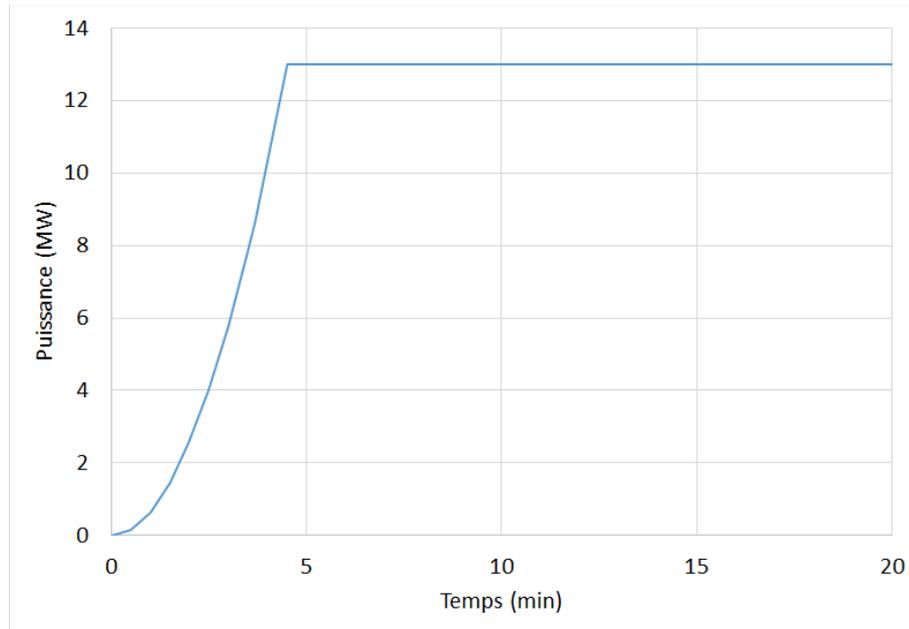


Figure 10-52 : Evolution de la puissance de l'incendie pour le scénario 7 dans la VNA

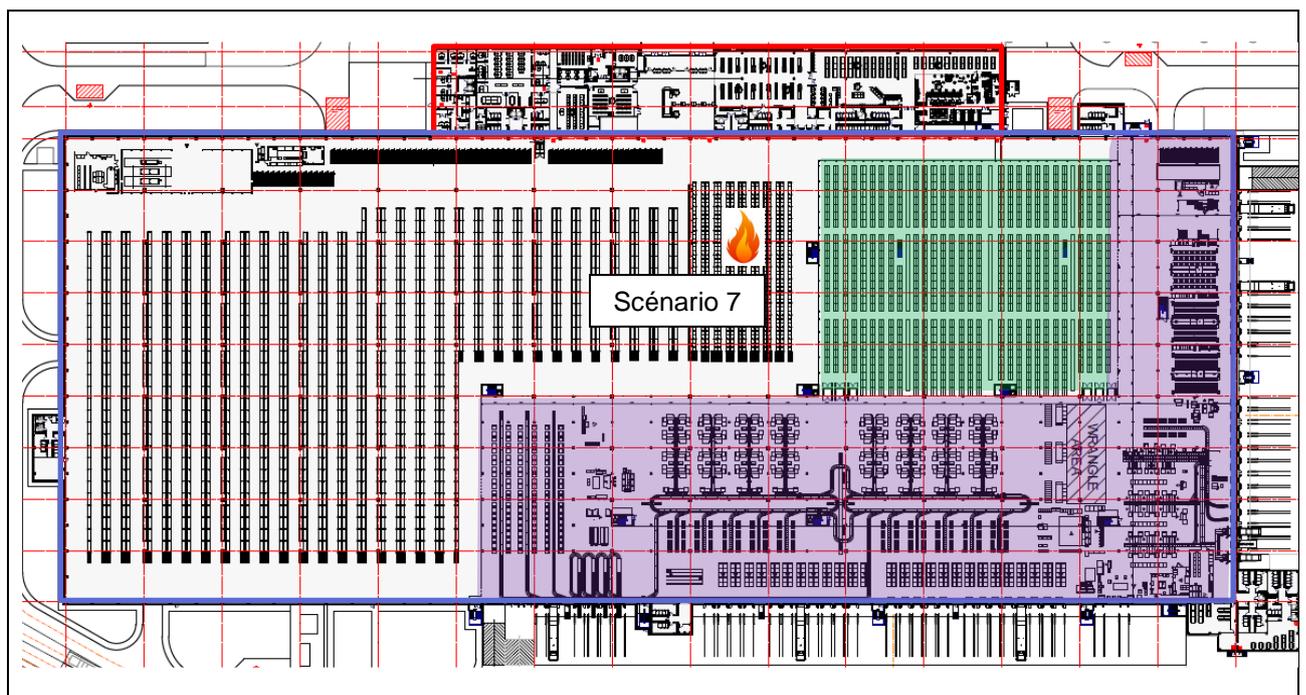


Figure 10-53 : Position du scénario 7 dans la VNA

10.7.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent des coupes de visibilité dans l'axe du foyer. Les fumées restent concentrées sous la toiture, les niveaux inférieurs ne sont pas impactés par ce scénario.

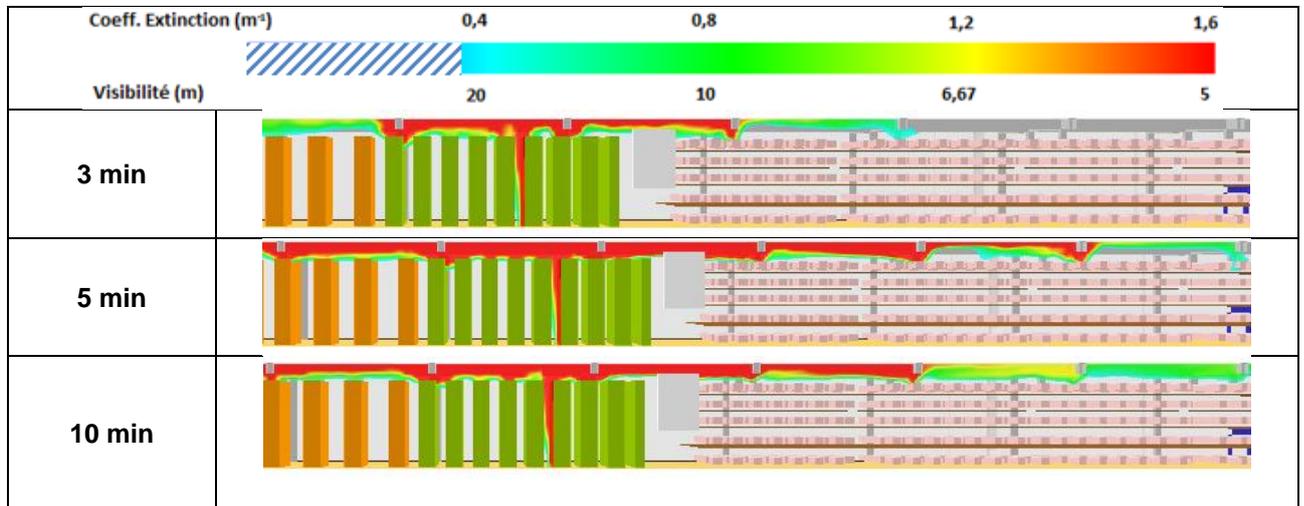
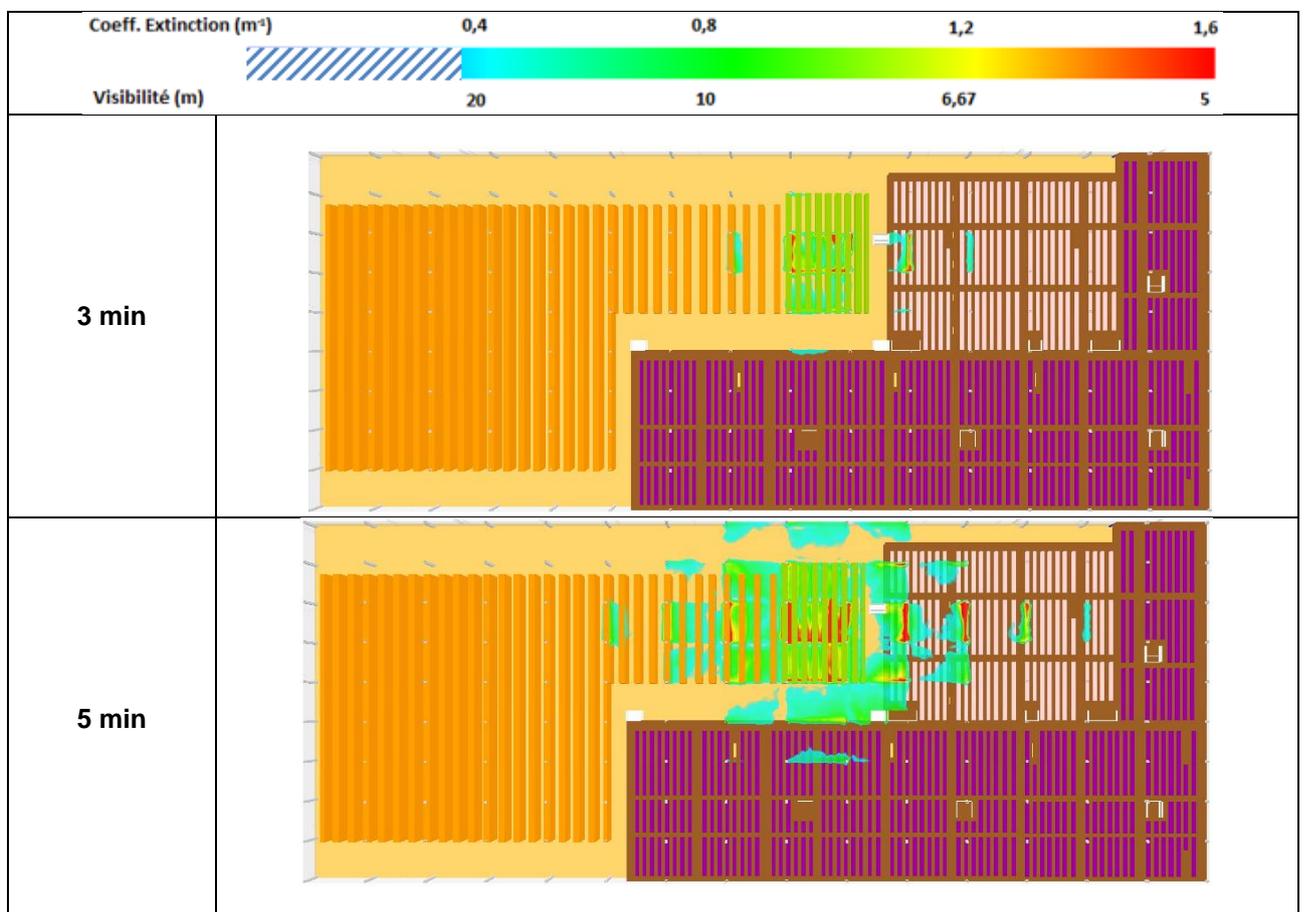


Figure 10-54 : Coupe du critère de visibilité pour le scénario 7

Les figures ci-dessous présentent la visibilité à hauteur d'homme sur le dernier niveau de pick tower. Des fumées résiduelles sont présente à 5 minutes sur les pick towers, néanmoins l'activation du système de désenfumage à 5 minutes permet de les évacuer massivement, on observe une amélioration de la visibilité à 6 minutes. A 10 minutes, le critère de visibilité est atteint ponctuellement sur le niveau mais les personnes ont déjà évacué à cet instant.



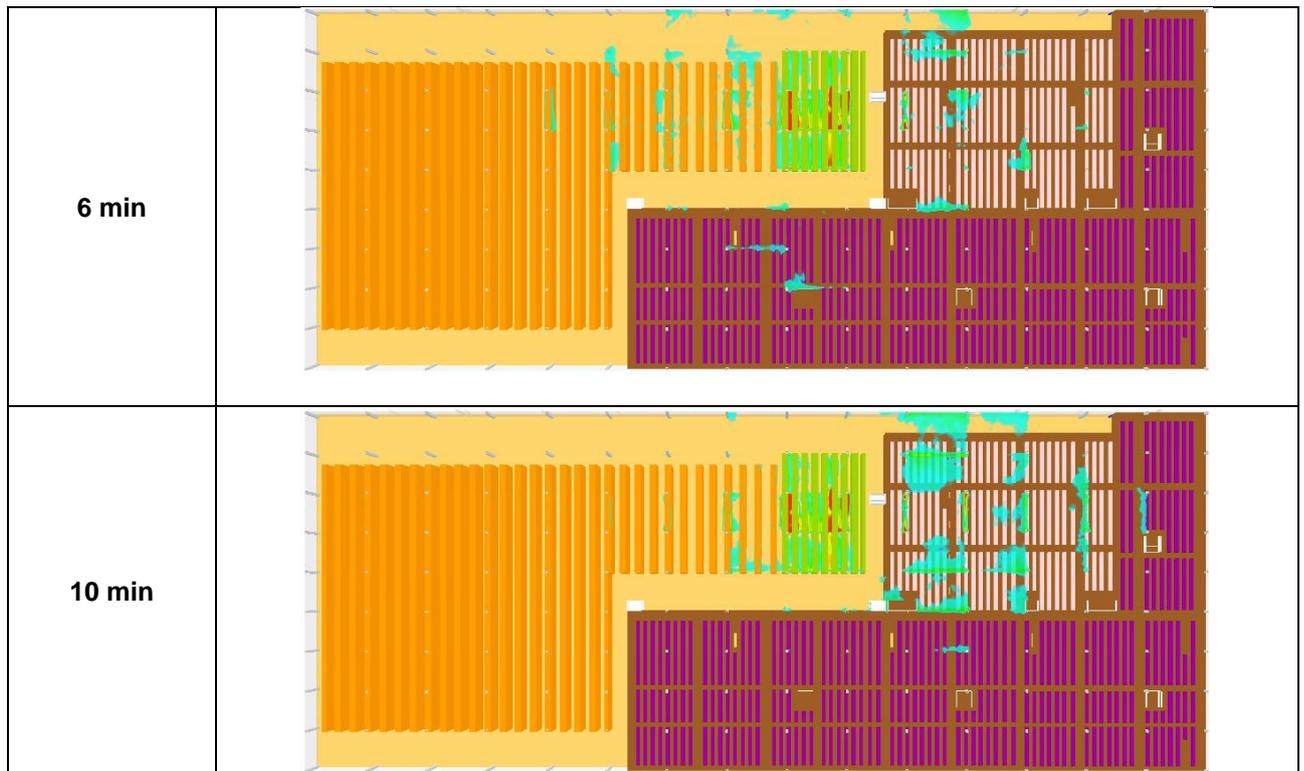


Figure 10-55 : Evolution du critère de visibilité sur le dernier niveau de pick tower pour le scénario 7

10.7.3. Température

Les figures ci-dessous présentent une coupe de température dans l'axe du foyer. En dehors de la zone à proximité du départ de feu les températures restent inférieures à 40 °C.

Les conditions de températures sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

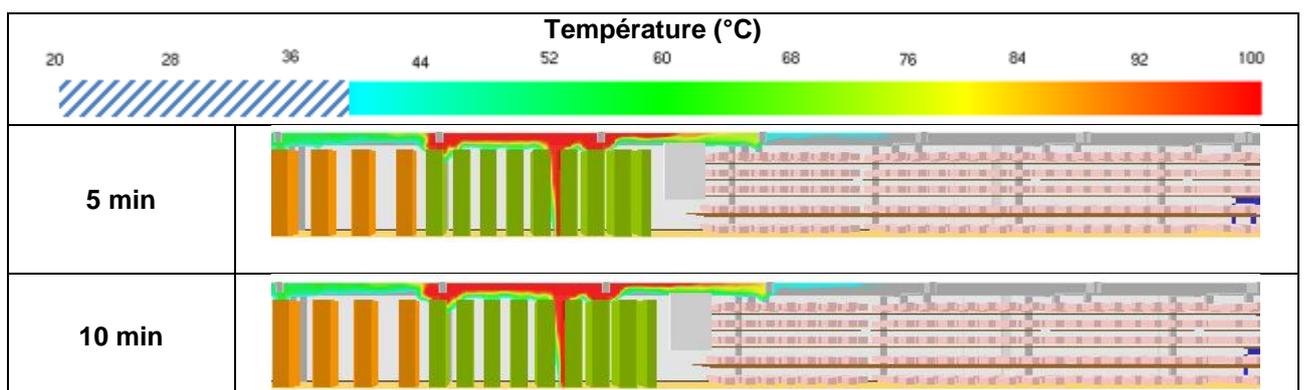


Figure 10-56 : Coupe du critère de température pour le scénario 7

10.7.4. Concentration en CO

La figure ci-dessous présente le critère de concentration en monoxyde de carbone à 20 minutes. Le critère de 150 ppm pour les personnes n'est pas atteint en dehors du panache de fumées, la concentration en CO est inférieure à 60 ppm au maximum.

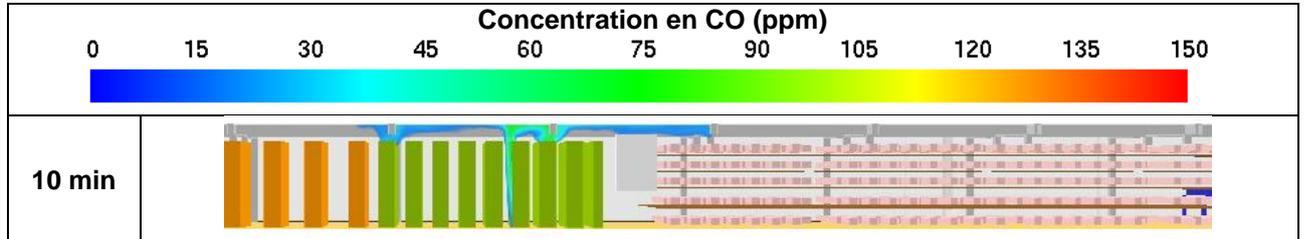


Figure 10-57 : Coupe du critère de concentration en CO pour le scénario 7

10.7.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité. Seul le niveau dernier niveau de pick tower (5^{ème} étage) est impacté localement lors des 10 premières minutes du feu. Les personnes peuvent donc évacuer dans de bonnes conditions.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Niveau P1 et 1 ^{er} étage	> 10 min	> 10 min	> 10 min
2 ^{ème} étage			
3 ^{ème} étage			
4 ^{ème} étage			
5 ^{ème} étage	Localement à 9 min	> 10 min	> 10 min

Tableau 10-8 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.8. SCENARIO 8 – FEU DANS LA VNA SANS MAITRISE DE LA PUISSANCE PAR LE SPRINKLER

10.8.1. Rappel du scénario étudié

Ce scénario prend en compte un feu dans VNA sans maîtrise de l'incendie par le système de sprinkler.

La figure ci-dessous rappelle la localisation du scénario dans la cellule.

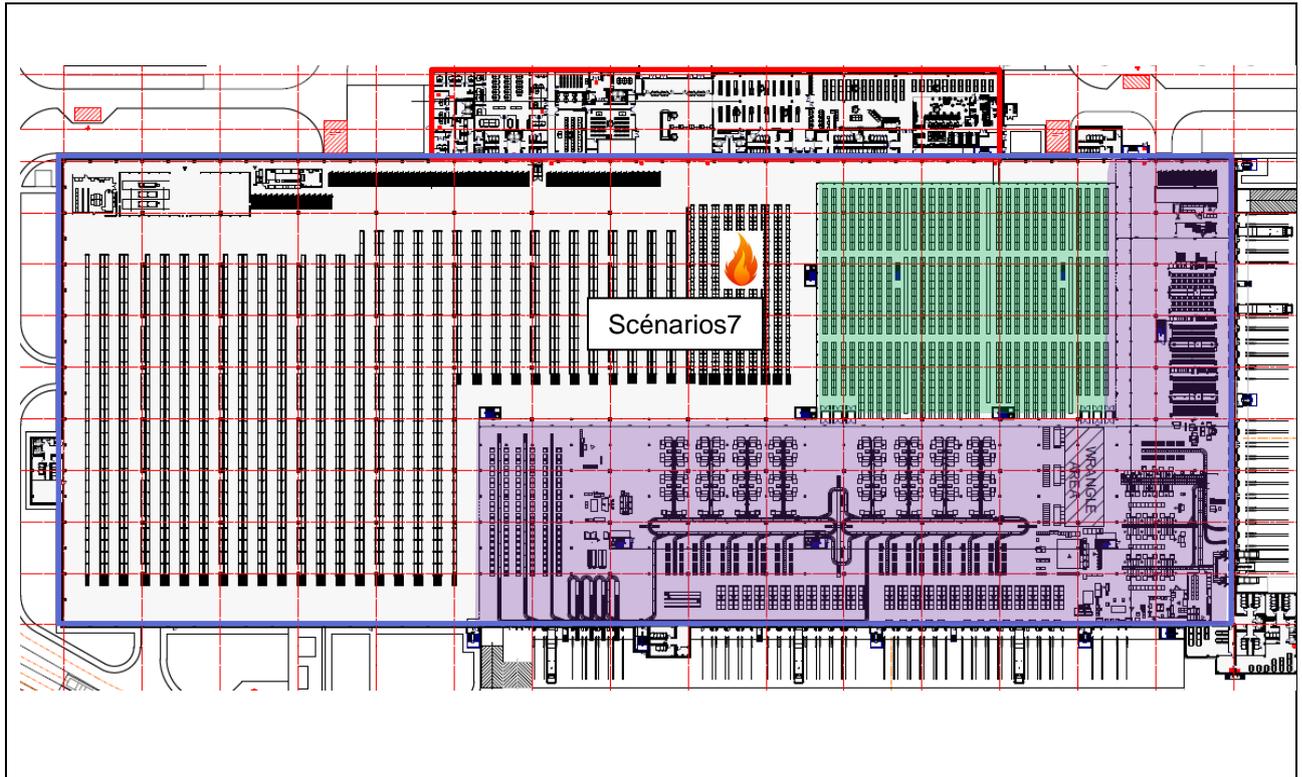


Figure 10-58 : Position du scénario 8 dans la VNA

La figure ci-dessous présente l'évolution de la puissance mesurée pour le scénario. Une accélération de la cinétique de l'incendie est observée à partir de 10 minutes, le feu se propage aux VNA entourant le rack brûlant initialement ce qui augmente la quantité d'énergie dégagée par l'incendie.

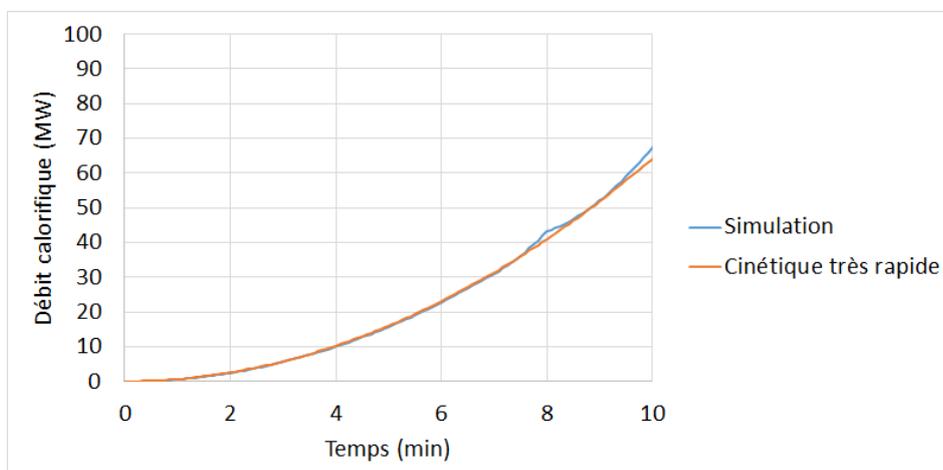


Figure 10-59 : Evolution de la puissance de l'incendie non maîtrisé par le sprinklage

10.8.2. Coefficient d'extinction

Les figures ci-dessous présentent des coupes de visibilité dans l'axe du foyer. Comme pour le scénario 7, les fumées restent concentrées sous la toiture pendant les 10 premières minutes, les niveaux inférieurs ne sont pas impactés par ce scénario.

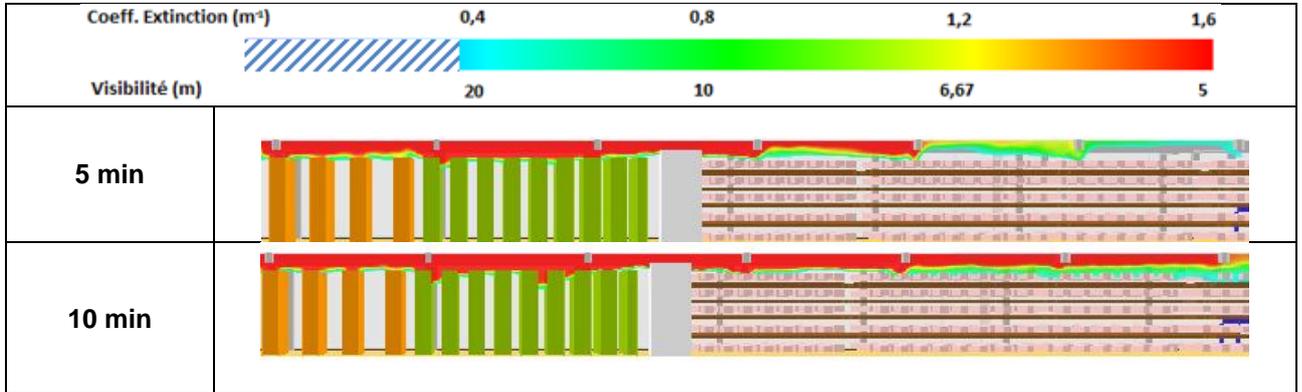
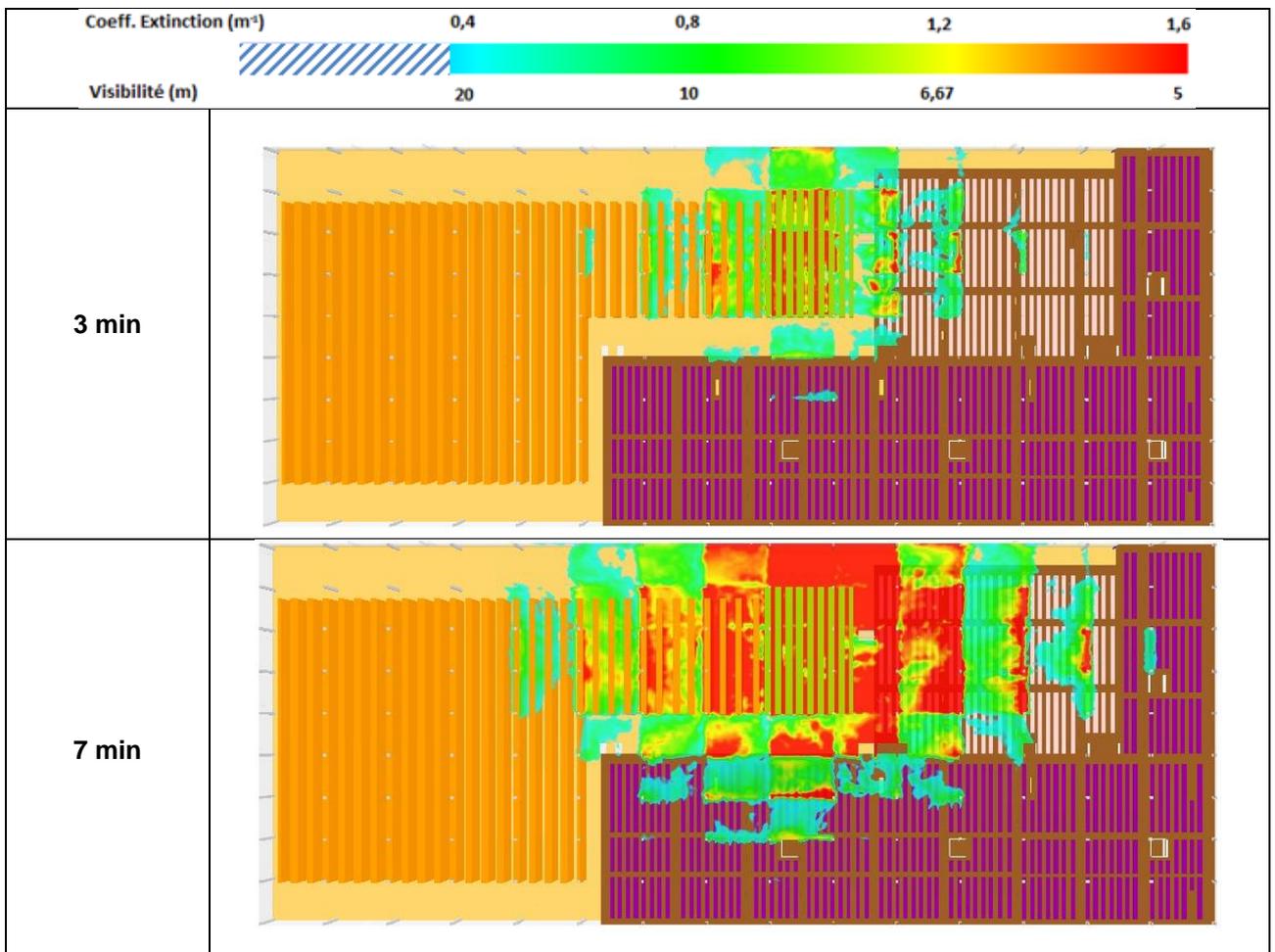


Figure 10-60 : Evolution du critère de visibilité dans l'axe du foyer pour le scénario 8

Les figures ci-dessous présentent la visibilité à hauteur d'homme sur le dernier niveau de pick tower.

Des fumées résiduelles sont présentes à 5 minutes sur les pick towers, néanmoins l'activation du système de désenfumage à 5 minutes permet de les évacuer massivement, on observe une amélioration de la visibilité entre 7 et 10 minutes. A 10 minutes, la zone impactée est plus importante et continue de s'agrandir du fait de la croissance du feu.



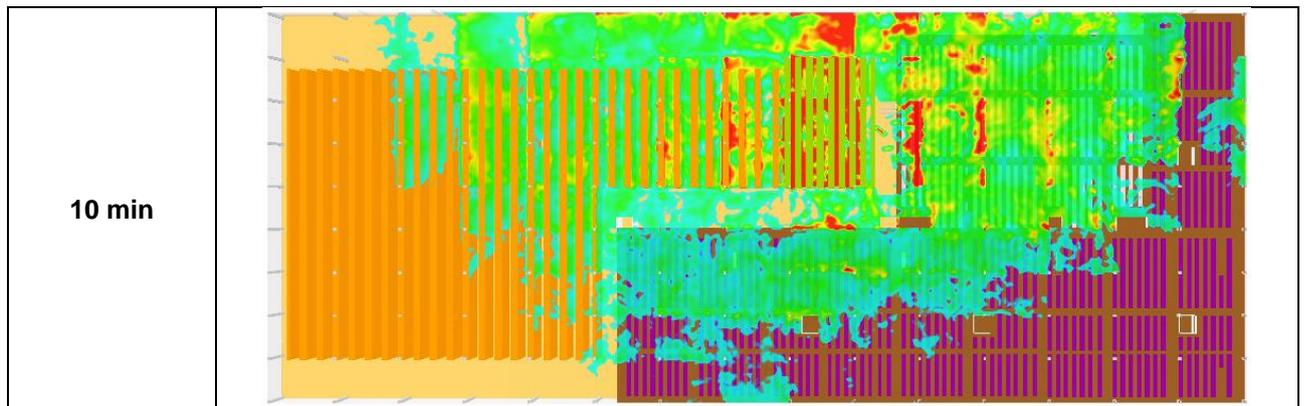


Figure 10-61 : Evolution du critère de visibilité à hauteur d'homme au dernier étage pour le scénario 8

10.8.3. Température

Les figures ci-dessous présentent une coupe de température dans l'axe du foyer. En dehors de la zone à proximité du départ de feu les températures restent inférieures à 40 °C.

Les conditions de températures sont donc compatibles avec l'évacuation du personnel et l'intervention des secours.

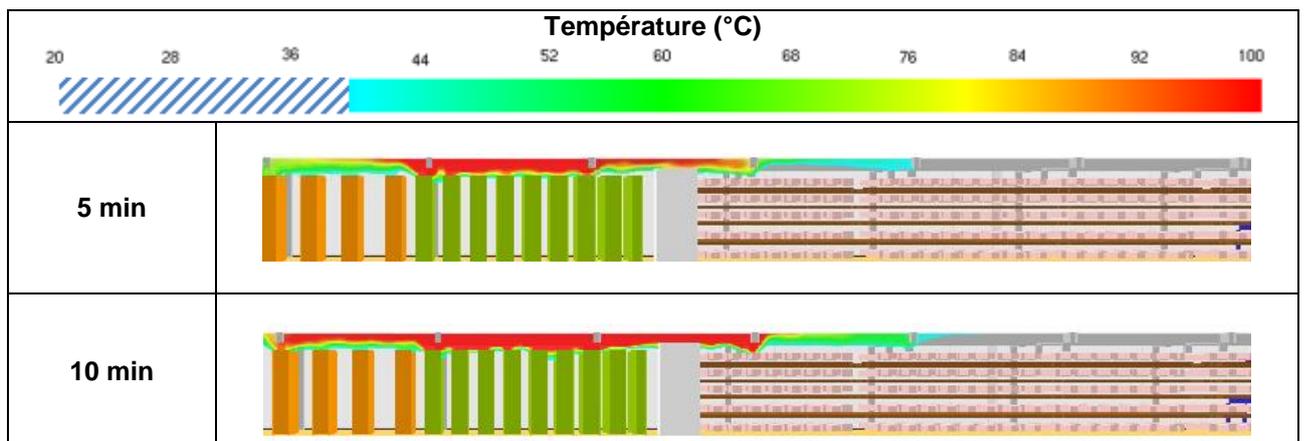


Figure 10-62 : Critère de température à hauteur d'homme pour le scénario 8

10.8.4. Concentration en CO

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la concentration en monoxyde de carbone dans l'axe du foyer.

Le seuil de 150 ppm pour les personnes est atteint après plus de 10 minutes au dernier niveau de la pick tower.

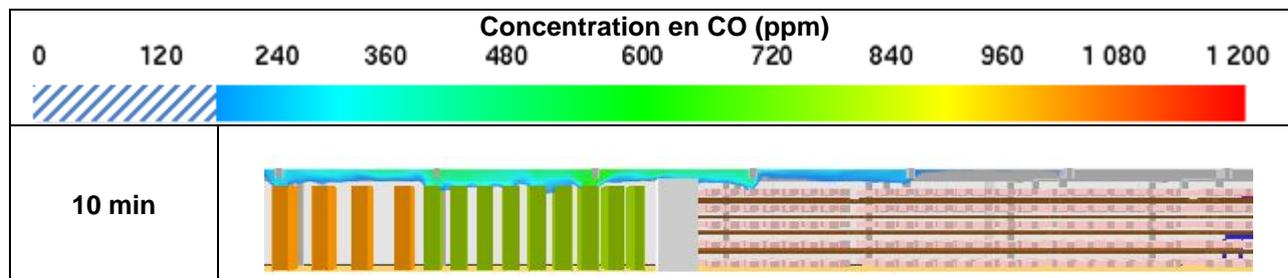


Figure 10-63 : Critère de concentration en monoxyde de carbone pour le scénario 8

10.8.5. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des temps d'atteinte des critères de tenabilité.

Pour ce scénario les critères de tenabilité ne sont atteints que sur le dernier niveau de la pick tower. La visibilité est le premier critère à être dégradé, dès 5 minutes localement et à 10 minutes sur une large part du dernier niveau. Au vu des temps d'évacuation des personnes calculé au §8, la dégradation des conditions a lieu après que les personnes aient quitté le niveau. Les personnes peuvent donc quitter les niveaux sinistrés dans de bonnes conditions.

	Visibilité	Température	Concentration en CO
Niveau P1	> 10 min	> 10 min	> 10 min
1^{er} étage			
2^{ème} étage			
3^{ème} étage			
4^{ème} étage	Localement à 5 min Sur plus de la moitié du niveau à 10 min	> 10 min	> 10 min
5^{ème} étage			

Tableau 10-9 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes

10.9. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES SCÉNARIOS

A partir de l'étude des 8 scénarios incendie investigués, il apparaît que :

- Dans tous les niveaux, le désenfumage et la porosité des planchers mis en place permettent de conserver de bonnes conditions de tenabilité en dehors de la zone de feu pour les personnes pendant plus de 10 minutes dans le cas de la maîtrise de l'incendie par le sprinkler ;
- Sous la mezzanine, un désenfumage mécanique ou naturel permet dans les deux cas d'évacuer les fumées pour éviter une redescende de celles-ci aux niveaux de circulation en rez-de-chaussée tout en limitant la propagation des fumées vers le dessus de la mezzanine et vers les pick towers ;
- Dans le cas d'une non maîtrise de l'incendie par le système de sprinkler, une aggravation du risque pour les personnes proches du départ de feu et les personnes se trouvant au dernier niveau de pick towers lors de leur évacuation est constatée ;
- En prenant en compte l'absence de temporisation sur le déclenchement de l'alarme, les personnes peuvent évacuer avant que les conditions de visibilité soient dégradées, notamment en étages de pick towers.

11. CONCLUSIONS

Cette étude d'ingénierie a porté sur l'installation d'un entrepôt couvert sur le site de Fontaine (90) de manière à vérifier l'efficacité du système de désenfumage mis en œuvre et les conditions d'évacuation des personnels travaillant dans l'entrepôt.

Huit (8) scénarios d'incendie ont été étudiés dans l'entrepôt :

- cinq (5) dans les pick tower ;
- deux (2) dans des VNA ;
- Un (1) dans un niveau de process au RDC (RDC).

Il apparait que le système de désenfumage mis en œuvre permet d'extraire efficacement les fumées pendant l'évacuation des personnes. Les deux configurations de désenfumage étudiées sous mezzanine sont satisfaisantes.

Néanmoins, dans le cas où le système de sprinklage ne contrôle pas le feu, une détérioration plus importante des conditions de tenabilité après la fin de l'évacuation est observée pour le dernier niveau et le niveau sinistré.

Les conditions d'évacuation en cas d'incendie sont favorables dans la mesure où :

- Le désenfumage décrit au § 6.7 est mis en place ;
- Le personnel est sensibilisé au risque incendie et aux procédures. Notamment, le personnel empruntant les escaliers encloués prévus dans les étages supérieurs devront évacuer sous la mezzanine une fois arrivés au niveau P1 et ne surtout pas repasser sous les pick towers. L'exploitant devra mettre en œuvre tous les moyens permettant d'assurer une évacuation précoce et rapide du personnel et des intervenants : formation, détection, alarme sonore et visuelle, exercices réguliers... En particulier, l'exploitant devra insister sur la nécessité d'évacuer à l'extérieur de la cellule même si les conditions sont encore tenables au niveau du sol.
- Le système de sprinklage est dimensionné en fonction du risque lié au combustible présent et est contrôlé régulièrement pour s'assurer de son bon déclenchement en cas d'incendie ;
- La diffusion de l'alarme d'évacuation se fait sans temporisation sur détection incendie.

Les problématiques de ruine de la structure feront l'objet d'une étude spécifique à réaliser ultérieurement conformément au point 7 de l'annexe II de l'arrêté du 11 avril 2017 [1] (*« Avant la mise en service de l'installation, l'exploitant intègre au dossier prévu au point 1.2 de la présente annexe, la démonstration que la construction réalisée permet effectivement d'assurer que la ruine d'un élément (murs, toiture, poteaux, poutres, mezzanines) suite à un sinistre n'entraîne pas la ruine en chaîne de la structure du bâtiment, notamment les cellules de stockage avoisinantes, ni de leurs dispositifs de compartimentage, ni l'effondrement de la structure vers l'extérieur de la cellule en feu. »*).

Ces conclusions sont applicables pour les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663.

Il est rappelé ici que l'analyse ne présente que les 10 premières minutes d'incendie, et ne porte que sur les conditions d'évacuation des personnes (travailleurs).

ANNEXE A PUISSANCE DEVELOPPEE AVEC ACTIVATION DU SPRINKLAGE

A.1 CONTROLE DE L'INCENDIE PAR LE SPRINKLER

L'activation d'un système de sprinkler bien dimensionné en adéquation avec le risque lié au combustible présent dans la cellule a pour effet de maîtriser la propagation de l'incendie et d'arrêter son développement. La prise en compte du sprinkler permet donc d'étudier, dans le cadre d'étude de désenfumage, des scénarios où le feu reste localisé et dont la puissance est réduite par rapport à celle prise en compte pour un feu se développant jusqu'à la généralisation.

A l'aide d'une approche analytique, il est possible de déterminer le temps nécessaire pour l'activation du système de sprinkler et la puissance atteinte par l'incendie. Dans cette partie, une estimation de la puissance de l'incendie en fonction des paramètres pouvant varier sur un réseau de sprinkler est faite. Les puissances déterminées pourront par la suite être utilisées dans le cadre de modélisations de manière à identifier l'impact des configurations étudiées précédemment dans le cas où le sprinkler contrôle l'incendie.

L'activation du sprinkler dépend de deux paramètres pouvant être calculés analytiquement :

- la température au niveau de la tête de sprinkler
- le temps d'activation de la tête de sprinkler

La corrélation d'Alpert permet de calculer la température et vitesse du jet de plafond. Elle est basée sur une théorie générale et des données expérimentales, pour la prédiction de la température maximale et la vitesse à une position donnée, r , dans un jet de plafond. Les données expérimentales ont été recueillies au cours des essais de combustion de différents types de combustibles solides et liquides avec des débits calorifiques allant d'environ 500 kW à 100 MW sous plafond de hauteur variant entre 3,6 m et 15,5 m. Les équations sont données dans deux régions: une région proche du panache où les propriétés sont indépendantes de r , et une région plus éloignée du panache où il faut tenir compte de r .

A.2 CALCUL DE LA TEMPERATURE DU JET DE PLAFOND

$$T_{\text{jet}} - T_a = 16,9 (Q_c)^{2/3} / H^{5/3} \quad \text{pour } r/H \leq 0,18$$

$$T_{\text{jet}} - T_a = 5,38 (Q_c/r)^{2/3} / H \quad \text{pour } r/H > 0,18$$

Where T_{jet} = ceiling jet temperature (°C)
 T_a = ambient air temperature (°C)
 Q_c = convective portion of the heat release rate (kW)
 H = height of ceiling above top of fuel (m)
 r = radial distance from the plume centerline to the sprinkler (m)

A.3 CALCUL DE LA VITESSE DU JET DE PLAFOND

$$u_{\text{jet}} = 0,96 (Q_c/H)^{1/3} \quad \text{pour } r/H \leq 0,15$$

$$u_{\text{jet}} = (0,195 Q_c^{1/3} H^{1/2}) / r^{5/6} \quad \text{pour } r/H > 0,15$$

Where u_{jet} = ceiling jet velocity (m/sec)
 Q_c = heat release rate of the fire (kW)
 H = height of ceiling above top of fuel (m)
 r = radial distance from the plume centerline to the sprinkler (m)

A.4 CALCUL DU TEMPS DE DETECTION

Le temps de détection d'un système de sprinklage peut être calculé en utilisant la corrélation d'Alpert. Le "NFPA Fire Protection Handbook, 19th Edition, 2003, Page 3-140", donne l'équation ci-dessous pour déterminer le temps d'activation du sprinkler.

$$t_{\text{activation}} = (RTI / (\sqrt{u_{\text{jet}}})) (\ln (T_{\text{jet}} - T_a) / (T_{\text{jet}} - T_{\text{activation}}))$$

Where

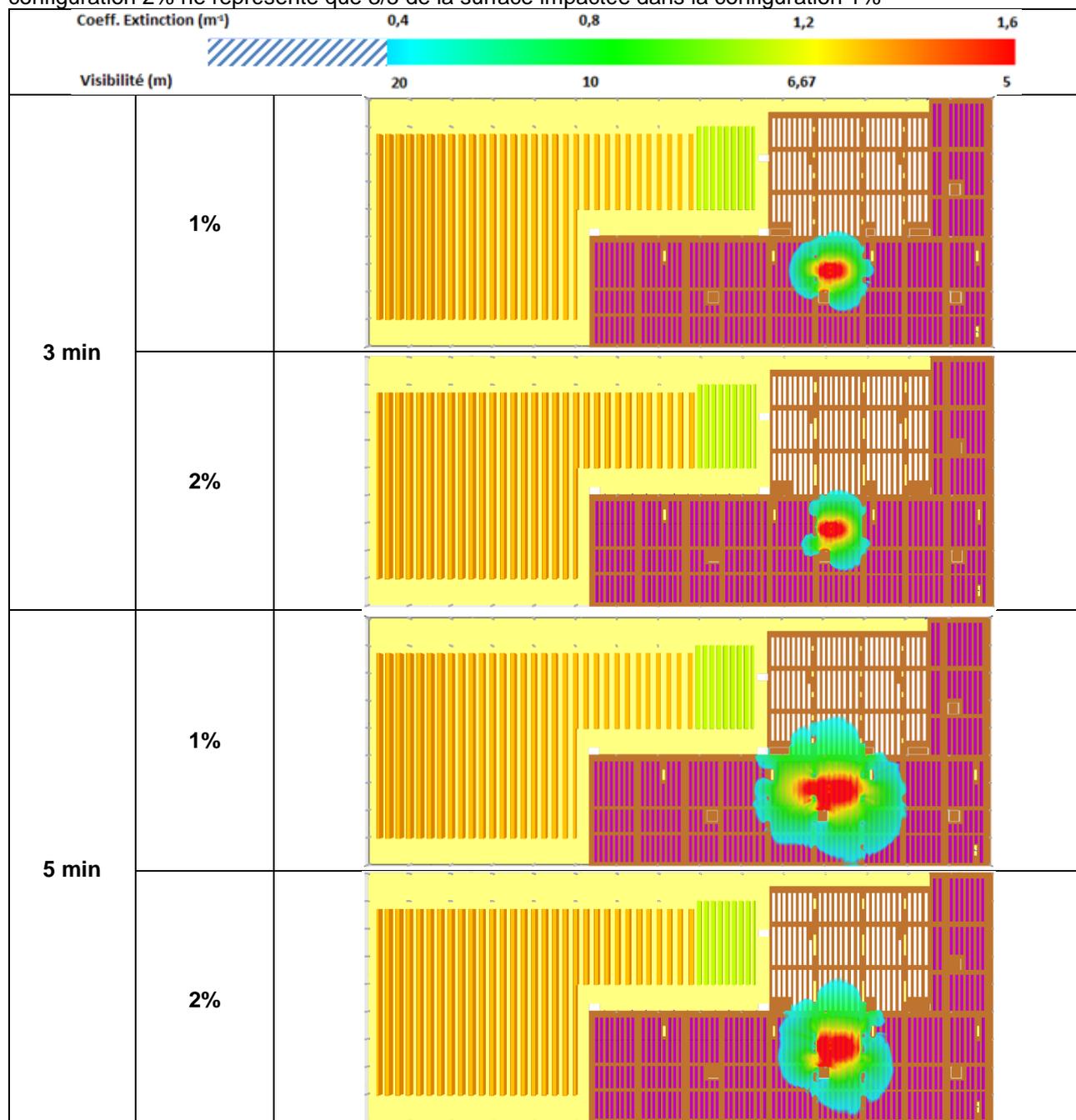
- $t_{\text{activation}}$ = sprinkler activation response time (sec)
- RTI = sprinkler response time index (m-sec)^{1/2}
- u_{jet} = ceiling jet velocity (m/sec)
- T_{jet} = ceiling jet temperature (°C)
- T_a = ambient air temperature (°C)
- $T_{\text{activation}}$ = activation temperature of sprinkler (°C)

ANNEXE B COMPARAISON ENTRE LES SOLUTIONS AVEC 1% ET 2 % DE POROSITE DANS LES PICK TOWERS

Cette annexe présente une étude comparative entre deux porosités dans les pick towers de 1% et 2%.

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la visibilité à hauteur d'homme sur le niveau 3^{ème} étage de la pick tower pour le scénario 3. On constate qu'une porosité de 2% permet d'évacuer plus de fumées vers les niveaux supérieurs et donc les exutoires en toiture dès les premiers instants. En effet, le niveau où le feu débute est moins enfumé avec 2% de porosité.

De plus, cet effet s'accumule avec le temps, à 10 minutes la surface où la visibilité est dégradée pour la configuration 2% ne représente que 3/5 de la surface impactée dans la configuration 1%



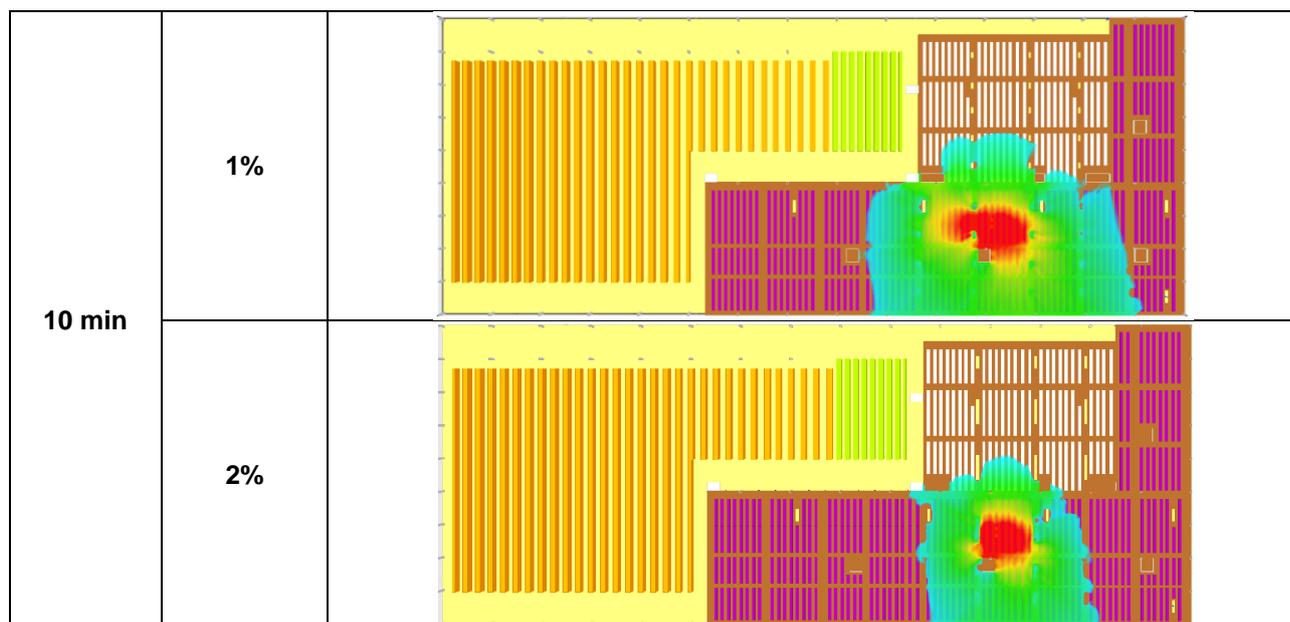


Figure B-1 : Comparaison entre 1 et 2% de porosité dans les pick tower pour le scénario 3

ANNEXE C DETERMINATION DE LA PUISSANCE DE L'INCENDIE DANS LES VNA EN CAS DE MAITRISE PAR LE SPRINKLER

Cette annexe présente une étude préliminaire menée afin de déterminer dans les VNA à partir de quel instant une température de 68 °C est atteinte au niveau des têtes de sprinkler dans les VNA.

La figure ci-dessous présente une coupe de température le long d'un VNA. La température de 68 °C est atteinte au niveau de 5 têtes de sprinkler (représentées par les point vert) dès 4 minutes. En prenant en compte le RTI lié à cet équipement, le temps d'activation du sprinkler est estimé à 270 secondes.

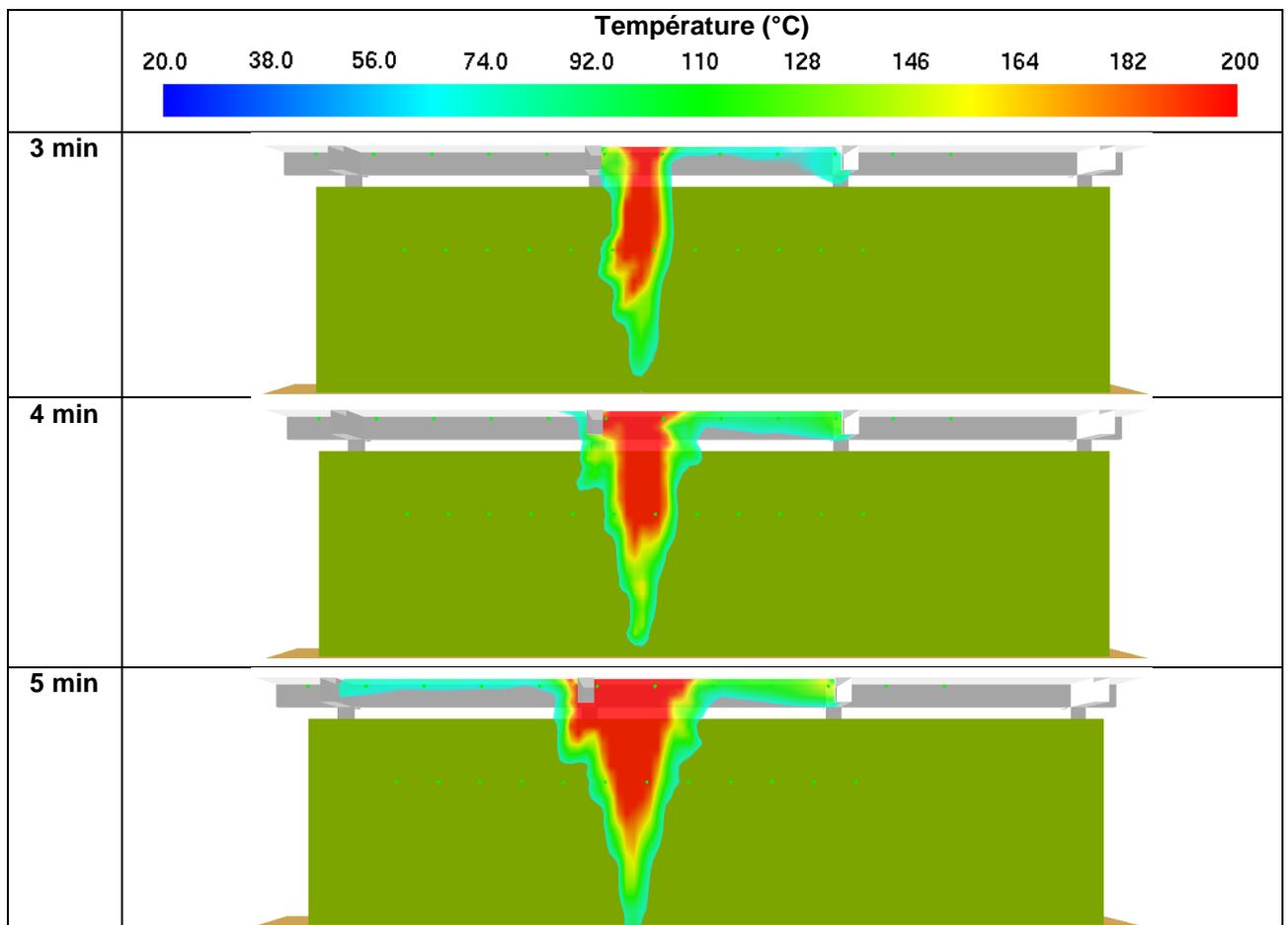


Figure C-1 : Coupe de température au niveau d'un VNA

XII - PC16-1 - ARMOEN
ATTESTATION RT 2012

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE



SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY

Formulaire d'attestation de la prise en compte de la réglementation thermique au dépôt de la demande de permis de construire et, pour les bâtiments de plus de 1000 m², de la réalisation de l'étude de faisabilité

(uniquement dans le cas d'une opération dont la date de dépôt de PC est supérieure ou égale au 1/1/2015)



MINISTÈRE DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE
www.ecologique-solidaire.gouv.fr

MINISTÈRE DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES ET DES RELATIONS
AVEC LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES
www.cohesion-territoires.gouv.fr

Formulaire d'attestation de la prise en compte de la réglementation thermique au dépôt de la demande de permis de construire et, pour les bâtiments de plus de 1000 m², de la réalisation de l'étude de faisabilité

Je soussigné : SCI VAILOG FRANCE

représentant de la société

situé à :

Adresse	20 Rue Brunel		
Code postal	75017	Localité	Paris

Agissant en qualité de maître d'ouvrage ou de maître d'œuvre(*), si le maître d'ouvrage lui a confié une mission de conception de l'opération de construction suivante :

Projet "CITADELLE"

Située à :

Adresse	ZAC l'Aéroparc - Rue Adolphe Pegoud - RD 60		
Code postal	90150	Localité	Fontaine

Référence(s) cadastrale(s) : 000CA12

Coordonnées du maître d'œuvre (optionnel) :-

Adresse	-		
Code postal	-	Localité	-

Atteste que :

Selon les prescriptions de l'article L. 111-9 du code de la construction et de l'habitation, au moment du dépôt de permis de construire :

- Disposition 1 : L'opération de construction suscitée a fait l'objet d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie (bâtiment de plus de 1000 m²)
- Disposition 2 : L'opération de construction suscitée prend en compte la réglementation thermique.

Les éléments ci-après apportent les précisions nécessaires à la justification des dispositions 1 et 2.

(*) Au sens du présent document, par maître d'œuvre, on entend : architecte, bureau d'études thermiques, promoteur ou constructeur.

Bâtiment

DISPOSITION 1 : ETUDE DE FAISABILITE POUR LES BATIMENTS DE PLUS DE 1000 M²

Après lecture des conclusions de l'étude de faisabilité, le maître d'ouvrage a réalisé les choix d'approvisionnement en énergie suivant :

(Écrire ci-dessous, les conclusions de l'étude de faisabilité et la justification des choix d'approvisionnement, conformément à l'article R. 111-22-1 du code de la construction et de l'habitation)

L'étude a permis d'écarter les autres solutions que celles prévues par la MOA (PAC air/air).....

.....

.....

.....

En particulier, pour le système pressenti après réalisation de l'étude de faisabilité, on précise les éléments suivants, issus de l'étude de faisabilité et conformément à l'article 3 de l'arrêté du 18 décembre 2007 :

Valeur de la consommation d'énergie du bâtiment, compte tenu des systèmes pressentis pour les usages de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de refroidissement, d'éclairage et d'auxiliaires, déduction faite de la production locale d'électricité à demeure, en kWh d'énergie primaire par m ² et par an :	172.10
Coût annuel d'exploitation du bâtiment, compte tenu des systèmes pressentis pour les usages de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de refroidissement, d'éclairage et d'auxiliaires, déduction faite de la production locale d'électricité à demeure, en euros :	800000.00

DISPOSITION 2 : REGLEMENTATION THERMIQUE

Chapitre 1 : Données administratives

Surface du bâtiment

Valeur de la surface thermique au sens de la RT (S _{RT}) en m ²	153818.10
Valeur de la surface habitable (SHAB) en m ² (maison individuelle ou accolée et bâtiment collectif d'habitation)	0.00
Valeur de la S _{RT} en m ² du bâtiment existant (dans le cas des extensions ou surélévation)	-

Chapitre 2 : Exigences de résultat

Besoin bioclimatique conventionnel

Bbio :	316.50	Bbio _{max} :	347.10
Bbio ≤ Bbio _{max} :			OUI

Chapitre 4 : Energie renouvelable envisagée

Capteurs solaires thermiques	NON
Bois énergie	NON
Panneaux solaires photovoltaïques	NON
Raccordement à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une énergie renouvelable ou de récupération	NON
Autres (<i>préciser</i>) Système thermodynamique type PAC	OUI



La personne ayant réalisé l'attestation :

Le : 24/10/2019

Signature :

XIII - PC 30 - SODEB -
CAHIER DES CHARGES DE CESSION DES TERRAINS
DE LA ZAC DE L'AEROPARC / ATTRIBUTION DE SURFACE DE PLANCHER

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE



SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE
s.c.l. VAILOG FRANCE - Projet « CITADELLE »
CONSTRUCTION D'UNE PLATE-FORME LOGISTRIELLE / 90150 FONTAINE

SARL d'Architecture ARCHI-FACTORY



Concédant



Concessionnaire d'aménagement

**ZAC DE L'AÉROPARC
À FONTAINE**

**CAHIER DES CHARGES DE CESSION D'UN TERRAIN (CCCT)
SITUÉ À L'INTÉRIEUR DU PÉRIMÈTRE DE LA ZAC**

SCI Vaillog France

SOMMAIRE

Article 1 - Dispositions générales	4
1.1 Etablissement du CCCT	4
1.2 Organisation du CCCT	4
1.3 Opposabilité	4
1.4 Substitution.....	4
1.5 Insertion dans l'acte.....	4
1.6 Appellation des parties.....	5
1.7 Fixation du prix de cession	5
Article 2 - Division des terrains par l'aménageur	5
Titre I - Dispositions d'ordre public	6
Article 3 - Objet de la cession	6
Article 4 - Délai d'exécution	6
Article 5 - Prolongation éventuelle des délais d'exécution	6
Article 6 - Sanctions à l'égard du constructeur	6
6.1 Dommages-intérêts.....	7
6.2 Résolution de la vente.....	7
6.4 Frais et charges	7
Article 7 - Ventes, morcellement des terrains cédés	8
Article 8 - Nullité	8
Titre II - Dispositions bilatérales	9
<i>Chapitre 1 - Terrains destinés à être incorporés dans le domaine public</i>	<i>9</i>
Article 9 - Obligations de l'aménageur	9
Article 10 - Garde et entretien	10
10.1 Remise des ouvrages.....	10
10.2 Utilisation et police.....	10
10.3 Entretien	10
10.4 Documentation	10
<i>Chapitre 2 - Terrains destinés à être vendus</i>	<i>11</i>
Article 11 - Urbanisme et architecture	11
11.1 Document d'urbanisme	11

11.2 Prescriptions urbanistiques et architecturales	11
Article 12 - Bornage et clôture	11
12.1 Bornage.....	11
12.2 Clôtures et mitoyenneté.....	11
Article 13 - Desserte des terrains cédés.....	12
13.1 Limites des prestations et définition	12
13.2 Sanctions à l'égard de l'aménageur.....	12
Article 14 - Branchements et canalisations.....	12
Article 15 - Electricité.....	12
Article 16 - Gaz	13
Article 18 - Télécommunications.....	13
Article 19 - Etablissements des projets du constructeur, coordination des travaux.....	13
19.1 Etablissement des projets du constructeur.....	13
19.2 Coordination des travaux	14
Article 20 - Exécution des travaux par les entrepreneurs du constructeur	14
Titre III - Règles et servitudes d'intérêt général.....	15
Article 21 - Entretien des espaces libres autres que ceux de l'article 10	15
Article 22 - Usage des espaces libres, servitudes	15
22.1 Parties non construites	15
22.2 Servitude réciproque.....	15
22.3 Servitude de passage des réseaux.....	15
Article 23 - Tenue générale	15
Article 24 - Assurances	16
Article 25 - Modification du cahier des charges.....	16
Article 26 - Litiges, subrogation	16
LISTE DES ANNEXES DU PRESENT CCCT	17
AVENANT AU CCCT.....	18

1.1 Etablissement du CCCT

Aux termes d'une concession d'aménagement en date du 16 juin 2000, passée en application des articles L.300-4 et L.300-5 du code de l'urbanisme, il a été confié à la Société d'Équipement du Territoire de Belfort (SODEB) l'aménagement de la zone d'aménagement concerté (ZAC) de l'Aéroparc à Fontaine (90), dont la collectivité publique concédante est le Grand Belfort Communauté d'Agglomération.

En application des dispositions de l'article L.311-6 du code de l'urbanisme, il est fait obligation au président du Grand Belfort Communauté d'Agglomération d'approuver, lors de chaque cession d'un terrain situé au sein du périmètre de ZAC, un cahier des charges de cession particulier.

Conformément aux dispositions de l'article 14 de la concession d'aménagement, ce cahier des charges est établi par l'aménageur qui intervient à sa signature en sa qualité de commercialisateur du terrain.

1.2 Organisation du CCCT

Le présent cahier des charges de cession est divisé en trois titres :

- Le titre I comprend des dispositions d'ordre général déterminant les prescriptions imposées au constructeur du terrain pour satisfaire au respect de l'utilité publique ; elles précisent notamment : le but de la cession, les conditions générales dans lesquelles la cession est consentie et résolue en cas d'inexécution des obligations. Elles comportent notamment les clauses types approuvées par le décret n° 55-216 du 3 février 1955 en application des dispositions de l'article L.21-3 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique. Ces dispositions sont d'ordre public.
- Le titre II définit les droits et obligations de l'aménageur et du constructeur pendant la durée des travaux d'aménagement de la ZAC et de construction du(es) bâtiment(s) sur le terrain.
- Le titre III fixe les règles et servitudes de droit privé imposées au constructeur, et à ses ayants-cause à quelque titre que ce soit. Il détermine notamment les modalités de la gestion des ouvrages communs.

1.3 Opposabilité

Les deux premiers titres contiennent des dispositions purement bilatérales entre l'aménageur et le constructeur. Elles ne comportent aucune stipulation pour autrui et ne pourront, en conséquence, ni être opposées aux autres constructeurs ou à tous tiers en général, ni être invoquées par ceux-ci à l'encontre des constructeurs, conformément aux dispositions de l'article 1165 du code civil. Le premier titre peut être invoqué par le préfet, au titre du dernier alinéa de l'article L.21-3 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

Le titre III s'impose à tous les constructeurs et plus généralement à tous les utilisateurs de terrains ou de bâtiments, ainsi qu'à leurs ayants-cause à quelque titre que ce soit. Chaque assujetti est fondé à se prévaloir des dispositions de ce troisième titre à l'encontre des autres assujettis, l'aménageur déclarant à ce sujet, en tant que de besoin, stipuler au profit de chacun de ces assujettis.

Sauf dispositions contraires prévues dans l'acte de cession, les dispositions du CCCT seront caduques à la suppression de la ZAC.

1.4 Substitution

A l'expiration de la concession d'aménagement visée à l'article 1.1 ci-dessus pour quelque raison que ce soit, la collectivité publique concédante sera substituée de plein droit à l'aménageur dans tous les droits et obligations résultant pour celle-ci du présent cahier des charges, sans que le constructeur ait le droit de s'y opposer.

1.5 Insertion dans l'acte

Le présent cahier des charges sera inséré intégralement par les soins du notaire ou de la partie la plus diligente dans tout acte translatif de propriété ou locatif des terrains ou des constructions, qu'il s'agisse soit d'une première cession ou location, soit de cessions ou de locations successives.

1.6 Appellation des parties

Par mesure de simplification et pour la clarté du texte :

- d'une part, on désignera sous le vocable de « **constructeur** » tout assujetti au présent CCCT, qu'il soit propriétaire, acquéreur, cessionnaire, bénéficiaire d'apport, copartageant, constructeur, etc.
- d'autre part, on désignera sous le vocable général « **acte de cession** » tout acte transférant la propriété d'un terrain ou bâtiment situé dans le périmètre d'application du présent CCCT, que ce soit une vente, un apport, un partage, une donation, etc.
- enfin, on désignera indifféremment sous le vocable « **aménageur** » ou « **société** » la Société d'économie mixte (SEM), la SPL ou la SPLA chargée de l'aménagement de la ZAC dans le cadre d'une concession d'aménagement.

1.7 Fixation du prix de cession

Par ailleurs, il est rappelé que, conformément à l'article 14 de la concession d'aménagement, le prix de cession du terrain est fixé par l'aménageur en accord avec la collectivité publique concédante.

Cela exposé, l'aménageur entend diviser et céder les terrains situés à l'intérieur du périmètre de la ZAC de l'Aéroparc, dans les conditions prévues ci-dessous :

ARTICLE 2 - DIVISION DES TERRAINS PAR L'AMENAGEUR

Les terrains sus-indiqués feront l'objet d'une division entre, d'une part, les terrains destinés à être incorporés à la voirie ou aux espaces libres publics, et d'autre part, ceux destinés à être cédés aux constructeurs publics ou privés.

Cette division ne constitue pas un lotissement et ne sera pas soumise aux formalités de lotissement en vertu des dispositions des articles R.442-1 et R.442-2 du code de l'urbanisme.

Titre I - Dispositions d'ordre public

ARTICLE 3 - OBJET DE LA CESSION

La cession est consentie en vue de la réalisation du programme de constructions défini dans l'acte de cession.

Ces constructions devront être édifiées conformément aux dispositions du document d'urbanisme applicable et du titre II ci-après.

Le nombre maximal de mètres carrés de surface de plancher dont la construction est autorisée sur la parcelle cédée est de 110 000 m², conformément à l'avenant au présent CCCT ci-joint.

ARTICLE 4 - DELAI D'EXECUTION

Le constructeur s'engage à :

1. Commencer sans délai les études de la totalité des bâtiments autorisés sur le terrain qui lui est cédé et à communiquer à l'aménageur son projet au stade de l'esquisse puis de l'APS, ainsi que le dossier définitif de construction **un mois au moins avant le dépôt de sa demande de permis de construire ;**
2. Déposer sa demande de permis de construire dans un délai de **3 mois à dater du compromis de vente, ou de la lettre d'offre d'acquisition de foncier ;**

Sauf stipulation contraire dudit acte, c'est la date de signature de l'acte ou de la lettre sous seing privé qui est prise en considération à ce titre.

3. Entreprandre les travaux de construction dans un délai de **6 mois à compter de la délivrance du permis de construire ;**
4. Avoir réalisé les constructions dans un délai de **36 mois à compter de la délivrance du permis de construire purgé du recours des tiers.**

L'exécution de cette obligation sera considérée comme remplie par la présentation à l'aménageur d'une déclaration d'achèvement délivrée par l'architecte du constructeur sous réserve de sa vérification éventuelle par le service public compétent.

ARTICLE 5 - PROLONGATION EVENTUELLE DES DELAIS D'EXECUTION

Les délais fixés à l'article 4 ci-dessus seront, prolongés d'une durée égale à celle durant laquelle le constructeur aura été dans l'impossibilité de réaliser ses obligations, si leur inobservation est due à un cas de force majeure. La preuve de la force majeure et de la durée de l'empêchement est à la charge du constructeur.

Les difficultés de financement ne sont pas considérées comme constituant des cas de force majeure.

ARTICLE 6 - SANCTIONS A L'EGARD DU CONSTRUCTEUR

En cas d'inobservation des obligations mises à la charge du constructeur par le présent cahier des charges, l'acte de vente, et leurs annexes, l'aménageur pourra, selon la nature de l'infraction commise, et à son choix, obtenir des dommages-intérêts et résoudre la vente, le cas échéant cumulativement, dans les conditions suivantes.

6.1 Dommages-intérêts

Si le constructeur n'a pas respecté les délais prévus par l'article 4, l'aménageur le mettra en demeure de satisfaire à ses obligations dans un délai de 10 jours en ce qui concerne les délais du § 1°, 2° et 3° ou dans un délai de 3 mois en ce qui concerne celui du § 4°.

Si, passé ce délai, le constructeur n'a pas donné suite aux prescriptions de la mise en demeure, l'aménageur pourra résoudre la vente dans les conditions fixées ci-après à moins qu'il ne préfère recevoir une indemnité dont le montant est fixé à 1/1000 du prix de cession hors taxes par jour de retard avec maximum de 15/100. (15 %). Lorsque le montant de l'indemnité due pour le retard aura atteint 15 %, l'aménageur pourra prononcer la résolution du contrat dans les conditions prévues ci-après.

6.2 Résolution de la vente

La cession pourra être résolue par décision de l'aménageur, notifiée par acte d'huissier, en cas d'inobservation d'un des délais fixés à l'article 4 ci-dessus.

La cession pourra également être résolue par décision de l'aménageur, notifiée par acte d'huissier, en cas de non-paiement de l'une quelconque des fractions du prix à son échéance, et ce, un mois après une mise en demeure de payer restée sans effet, et plus généralement en cas d'inexécution de l'une des obligations du présent CCCT, de l'acte de cession ou de leurs annexes.

Le constructeur aura droit, en contrepartie, à une indemnité de résolution qui sera calculée ainsi qu'il suit :

1. Si la résolution intervient avant le commencement de tous travaux, l'indemnité sera égale au prix de cession, ou le cas échéant, à la partie du prix effectivement payée, déduction faite du montant du préjudice subi par l'aménageur, lequel sera réputé ne pas être inférieur à 15 % du prix de cession hors taxes.

Ce prix, en cas d'indexation, sera réputé égal à la somme des versements déjà effectués à la date de la résolution, augmentée d'une somme égale au solde restant dû, après application à ce solde du dernier indice connu 15 jours avant la date de la résolution.

2. Si la résolution intervient après le commencement des travaux, l'indemnité ci-dessus est augmentée d'une somme égale au montant de la plus-value apportée aux terrains par les travaux régulièrement réalisés, sans que cette somme puisse dépasser la valeur des matériaux et le coût de la main d'œuvre utilisée.

Le cas échéant, l'indemnité sera diminuée de la moins-value due aux travaux exécutés.

La plus-value, ou la moins-value, sera fixée par voie d'expertise contradictoire, l'expert de l'aménageur étant l'administration des Domaines, celui du constructeur pouvant, s'il ne pourvoit pas à sa désignation, être désigné d'office par le président du tribunal de grande instance sur la requête de l'aménageur.

En cas de désaccord entre les experts, un tiers arbitre sera désigné par le président du tribunal de grande instance du lieu de l'immeuble à la requête du plus diligent des experts ou des parties.

En cas de réalisation des constructions par tranches, ou en vue de la construction de bâtiments distincts, la résolution de la vente pourra ne porter, au choix de l'aménageur que sur les parties de terrain non utilisées dans les délais fixés.

6.4 Frais et charges

Tous les frais seront à la charge du constructeur.

Les privilèges et hypothèques ayant grevé l'immeuble ou le bail du chef du constructeur défaillant seront reportés sur l'indemnité de résolution ou de résiliation dans les conditions fixées à l'article L.21-3 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

ARTICLE 7 - VENTES, MORCELLEMENT DES TERRAINS CEDES

Les terrains ne pourront être cédés par le constructeur qu'après réalisation des travaux de constructions prévus au programme visé à l'article 3 ci-dessus.

Toutefois, le constructeur pourra procéder à la cession globale de la propriété des terrains ou, si une partie des constructions a déjà été effectuée, à la vente globale de la partie des terrains non encore utilisés, à charge pour le bénéficiaire de la cession de réaliser ou d'achever les travaux d'aménagement et de construction. Avant toute cession, le constructeur devra aviser l'aménageur de ses intentions, au moins trois mois à l'avance.

L'aménageur pourra, jusqu'à l'expiration de ce délai, exiger que les terrains lui soient rétrocédés ou soient cédés à un acquéreur désigné ou agréé par elle.

En cas de rétrocession, le prix de rétrocession sera calculé dans les conditions prévues pour l'indemnité de résolution, sans qu'il y ait lieu à une réduction de 15 %. En cas de vente, à un acquéreur désigné ou agréé par l'aménageur, de la totalité des terrains ou d'une partie non encore entièrement construite, l'aménageur pourra exiger que le prix de vente soit fixé dans les mêmes conditions.

Le constructeur est cependant autorisé à céder le terrain à un organisme de crédit-bail, à la condition expresse que celui-ci consente le crédit-bail au profit du constructeur lui-même.

Aucune location des terrains cédés ne pourra être consentie tant qu'ils n'auront pas reçu l'affectation prévue. Toutefois, le constructeur aura la possibilité de consentir des contrats de crédit-bail immobilier à la condition que les crédit-preneurs aient reçu l'agrément préalable de l'aménageur.

Les dispositions du présent article ne sont pas applicables en cas de mise en copropriété des locaux dans les termes de la loi du 10 juillet 1965, ni en cas de vente d'immeuble à construire au sens de l'article 1601-1 du code civil.

En cas de recours à la vente en l'état futur d'achèvement au sens de l'article 1601-3 du code civil par le constructeur, l'aménageur pourra exiger que les terrains lui soient rétrocédés ou soient cédés à un acquéreur désigné ou agréé par elle, jusqu'à la passation du contrat de VEFA du constructeur avec les sous-acquéreurs et sous réserve que les travaux n'aient pas encore commencé.

En cas de cessions successives, les acquéreurs successifs seront tenus par les dispositions du présent article.

Tout morcellement ultérieur sera soumis à la réglementation en vigueur.

ARTICLE 8 - NULLITE

Les actes de vente qui seraient consentis par le constructeur ou ses ayants-cause en méconnaissance des interdictions, restrictions, ou obligations stipulées dans le titre 1^{er} du présent cahier des charges seraient nuls et de nul effet conformément aux dispositions de l'article L.21-3 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

Cette nullité pourra être invoquée pendant un délai de 5 ans à compter de l'acte par l'aménageur ou à défaut par le préfet du département, sans préjudice, le cas échéant, des réparations civiles.

- l'aménagement sur site d'un nouveau bassin de rétention d'eaux pluviales, si le dimensionnement du réseau d'évacuation existant ne permet pas de garantir les débits engendrés par le Projet,
- l'aménagement de la station de traitement des eaux usées existante, en vue de l'augmentation de sa capacité de traitement si cela s'avère nécessaire.

Toutefois, le délai prévu ci-dessus ne saurait être opposé à l'aménageur si les travaux étaient rendus irréalisables du fait de la saison, des intempéries ou pour des cas de force majeure.

ARTICLE 10 - GARDE ET ENTRETIEN

10.1 Remise des ouvrages

Conformément aux articles 15 et 16 de la concession d'aménagement, la remise intervient à l'achèvement, qui est réputé accompli aux plus tard, pour les voies et espaces libres, dès leur ouverture au public, et pour les réseaux et superstructures publiques, dès leur mise en exploitation.

Cette définition s'applique à l'ensemble du présent CCCT.

10.2 Utilisation et police

Les espaces et ouvrages réalisés par l'aménageur sont gardés par elle jusqu'à leur remise à la collectivité compétente. L'aménageur pourra interdire au public, et notamment aux constructeurs, la circulation et le stationnement sur tout ou partie de ces voies, places et espaces publics.

Dès l'ouverture de ces ouvrages au public, la police y sera assurée par la personne publique compétente.

10.3 Entretien

Lorsqu'ils sont destinés à être intégrés au domaine public, les éventuels espaces et ouvrages réalisés par le constructeur demeureront sous sa garde tant que cette remise n'aura pas eu lieu.

Jusqu'à leur remise à la collectivité compétente, l'aménageur aura la charge de l'entretien des voies, espaces libres, réseaux divers et le cas échéant, aux frais d'éclairage, d'arrosage, d'enlèvement des boues et neiges... etc., ainsi qu'au paiement des taxes et impôts y afférent.

Il est précisé que les dégâts qui seraient occasionnés par les constructeurs ne font pas partie des dépenses visées au présent article. Ces dégâts seront remboursés ainsi qu'il sera dit à l'article 20 ci-après.

La collectivité compétente assure la garde et l'entretien des ouvrages dès leur remise.

10.4 Documentation

A la remise des ouvrages et au plus tard à la réception, le constructeur fournit à la collectivité compétente, aux concessionnaires de service public, et aux administrations publiques compétentes, tous documents sur les ouvrages tels qu'ils ont été exécutés ainsi que tous les documents nécessaires à leur exploitation rationnelle.

Chapitre 2 - Terrains destinés à être vendus

ARTICLE 11 - URBANISME ET ARCHITECTURE

11.1 Document d'urbanisme

Le constructeur et l'aménageur s'engagent à respecter les dispositions du document d'urbanisme applicables dans l'ensemble de ses documents constitutifs et toutes les modifications qui seraient apportées à celui-ci par l'autorité compétente.

En aucun cas la responsabilité de l'aménageur ne pourra être engagée en raison des dispositions du document d'urbanisme ou des évolutions que l'autorité compétente apporterait à ce dernier, quelle que soit leur date.

11.2 Prescriptions urbanistiques et architecturales

Sans objet.

ARTICLE 12 - BORNAGE ET CLOTURE

12.1 Bornage

L'aménageur fera procéder à ses frais par un géomètre-expert DPLG, à :

- L'établissement du ou des documents d'arpentage qui est ou sont nécessaire(s) à la vente ;
- Le bornage du terrain.

Pour les opérations de construction d'immeubles à usage autre que d'habitation ou mixte, cette intervention sera réalisée préalablement à l'acte authentique et à la prise de possession du terrain.

L'acquéreur scellera son accord sur la définition physique du terrain qui lui est proposé en signant le plan de bornage. Ce document servira à l'établissement du document d'arpentage.

Le bornage sera réceptionné par l'acquéreur préalablement à la prise de possession du terrain et au démarrage du chantier, et donnera lieu à la signature d'un procès-verbal.

L'acquéreur est tenu de respecter scrupuleusement les limites fixées.

En aucun cas, l'acquéreur ne pourra faire état de la disparition des bornes pour justifier l'implantation d'ouvrages ou de clôtures à l'extérieur du terrain qui lui est attribué.

Il devra veiller à ce que les fondations de ses immeubles, clôtures et tous ouvrages soient à l'intérieur de son terrain, sauf accord écrit de l'aménageur dans les conditions définies ci-après.

Ces dispositions, concernant notamment les fondations, s'appliquent également pour toute limite séparative du domaine privé et du domaine public, y compris après rétrocession éventuelle.

En outre, lorsque la limite de propriété correspondra à celle d'un immeuble bâti, l'acquéreur sera tenu de faire procéder à l'implantation de ce dernier par un géomètre-expert DPLG.

12.2 Clôtures et mitoyenneté

Tout cessionnaire d'une parcelle contigüe à des lots non encore cédés par l'aménageur ne peut, en aucun cas, réclamer à celle-ci la moitié du coût d'établissement de la clôture.

En revanche, tout constructeur sur une parcelle bénéficiant d'une clôture mitoyenne déjà existante a l'obligation de rembourser au constructeur voisin qui aura supporté les frais d'établissement de cette clôture, la moitié de la dépense engagée, dans les conditions de droit commun en matière de mitoyenneté.

Lorsqu'une clôture sera établie en limite de l'espace public et de l'espace privé, celle-ci devra faire l'objet d'un projet précis inclus dans la demande de permis de construire.

ARTICLE 13 - DESSERTE DES TERRAINS CÉDÉS

13.1 Limites des prestations et définition

La limite des prestations dues par l'aménageur et la définition des obligations du constructeur au titre des divers réseaux de desserte des terrains cédés sont précisées dans le cahier des limites de prestations générales qui figure en annexe 1 du présent CCCT.

Les ouvrages à la charge de l'aménageur seront réalisés par celui-ci dans le cadre de la concession d'aménagement, conformément au projet d'aménagement de la ZAC approuvé par la collectivité concédante et dans les délais fixés à l'article 9 ci-dessus.

13.2 Sanctions à l'égard de l'aménageur

En cas d'inexécution par l'aménageur des travaux lui incombant dans les délais prévus, et sauf dispositions particulières de l'acte de cession, le constructeur est en droit, après mise en demeure restée sans effet dans le délai d'un mois, de lui réclamer une indemnité pour le préjudice direct, matériel et certain qui aura pu lui être causé du fait de sa défaillance.

ARTICLE 14 - BRANCHEMENTS ET CANALISATIONS

Après remise des ouvrages par l'aménageur aux collectivités compétentes et aux sociétés concessionnaires, les branchements et les canalisations seront soumis au règlement applicable à chacun des réseaux.

ARTICLE 15 - ELECTRICITE

Lorsque des postes de transformation et de distribution publique d'électricité seront prévus sur leur terrain ou dans leurs bâtiments, les constructeurs devront mettre à la disposition du gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité les terrains ou les locaux nécessaires.

L'implantation et les caractéristiques de ceux-ci devront être établies en accord avec le gestionnaire.

Cette mise à disposition fera l'objet de conventions particulières entre le gestionnaire du réseau public de distribution et le constructeur.

Il appartient au constructeur de se faire préciser auprès du gestionnaire du réseau public de distribution les éléments techniques imposés par les textes réglementaires en vigueur.

Le constructeur s'engage, en outre, à consentir au gestionnaire du réseau public de distribution, tous les droits nécessaires à l'équipement et à l'exploitation de ces postes de transformation, notamment celui d'établir et d'entretenir, en amont et en aval de ces ouvrages, toutes canalisations de raccordement aux réseaux, le libre accès, à tout moment, de son personnel et celui de ses entreprises, aux canalisations et aux locaux en cause, et les dégagements permanents permettant le passage du matériel.

Les engagements du constructeur, ci-dessus définis, ont été requis par l'aménageur tant à son profit qu'à titre de stipulation pour autrui au profit du gestionnaire du réseau public de distribution. En conséquence, ce dernier pourra s'en prévaloir pour obliger directement le constructeur, au besoin par voie de justice, au respect de ses engagements, à moins que mieux ne lui plaise l'allocation de dommages-intérêts.

ARTICLE 16 - GAZ

Les installations intérieures de distribution de gaz devront être réalisées suivant les règles de l'art, conformément aux prescriptions réglementaires et, en outre, à celles des DTU (documents techniques unifiés) en vigueur à la date de dépôt de la demande de permis de construire.

Après la réalisation des installations de gaz, le constructeur devra obtenir le certificat de conformité prévu par les textes en vigueur.

En temps opportun, et au plus tard avant exécution des travaux, le constructeur soumettra au gestionnaire du réseau public de distribution de gaz, pour accord, le projet des installations qu'il se propose de réaliser.

Le constructeur s'engage à mettre à disposition du gestionnaire du réseau public de distribution, les sols, terrains, locaux *ad-hoc*, nécessaires à l'établissement des ouvrages d'alimentation et de distribution de gaz, la pose des canalisations, l'implantation de postes de détente, de comptage, etc.

Le constructeur s'engage, en outre, à consentir au gestionnaire du réseau public de distribution, tous les droits nécessaires à l'accomplissement de ses obligations de concessionnaire du réseau public de distribution, c'est-à-dire la possibilité de vérifier, avant la mise en service et ultérieurement, les installations intérieures.

Le constructeur, propriétaire des terrains traversés par une canalisation de transport ou de distribution de gaz et ses ayants-droits s'abstiennent de tout fait de nature à nuire à la construction, à la bonne utilisation et à l'entretien de la canalisation dans les conditions définies par les textes en vigueur.

Les engagements du constructeur, ci-dessus définis, ont été requis par l'aménageur tant à son profit qu'à titre de stipulation pour autrui qu'au profit du gestionnaire du réseau. En conséquence, cet organisme pourra s'en prévaloir pour obliger directement le constructeur, au besoin par voie de justice, au respect de ses engagements, à moins que mieux ne lui plaise l'allocation de dommages-intérêts.

ARTICLE 18 - TELECOMMUNICATIONS

Lorsque l'aménageur réalisera une infrastructure de télécommunication composée de plusieurs fourreaux en attente, avec une chambre de tirage à proximité, de façon à permettre la desserte des constructions par plusieurs opérateurs distincts depuis la limite de propriété du constructeur, le constructeur devra poursuivre cette infrastructure jusqu'à son projet de construction dans la continuité et en conformité avec celle-ci-dessus.

Le constructeur devra respecter les normes de construction en vigueur pour réaliser la desserte intérieure de l'immeuble. Le coût des travaux de desserte intérieure de l'immeuble est à la charge du constructeur.

ARTICLE 19 - ETABLISSEMENTS DES PROJETS DU CONSTRUCTEUR, COORDINATION DES TRAVAUX

19.1 Etablissement des projets du constructeur

Le constructeur devra établir ses projets en concertation étroite avec l'aménageur et lui communiquera le projet définitif pour accord préalable, dans le délai fixé à l'article 4.1 ci-dessus.

Le constructeur devra établir ses projets en conformité avec le document d'urbanisme applicable et le cahier des limites de prestations générales (Annexe 1).

Le constructeur devra communiquer à l'aménageur une copie du dossier complet de demande du permis de construire déposé dans le délai prévu à l'article 4.2 ci-dessus, pour que l'aménageur puisse s'assurer que les travaux projetés sont compatibles avec les ouvrages à sa charge, qu'ils permettent une circulation normale et non dangereuse, une bonne desserte et d'assurer aisément la sécurité publique (éclairage). L'aménageur pourra vérifier que l'architecture du projet est compatible avec l'environnement général et la destination de la zone et pourra subordonner son accord aux modifications qui s'avèreraient nécessaires de ce chef.

L'aménageur s'assurera, sans que sa responsabilité puisse être engagée à ce titre, dans tous les cas que les règles d'urbanisme en vigueur (annexe 2) ont été observées et que l'aspect extérieur des bâtiments que le constructeur se propose de construire ne peut nuire à l'utilisation des terrains voisins.

L'examen du dossier par l'aménageur ne saurait engager sa responsabilité, l'acquéreur restant seul responsable de ses études et de ses choix comme du respect de ses obligations.

19.2 Coordination des travaux

Le raccordement aux voies et réseaux pourra être refusé si les ouvrages ne sont pas compatibles ou si les règlements n'ont pas été observés.

Néanmoins, l'aménageur pourra être tenu d'apporter des modifications aux ouvrages qui lui incombent ou d'en modifier les plans, en accord avec la collectivité publique concédante.

En cas de réalisation de tirants ou de dispositifs équivalents sous le domaine public ou sous des terrains appartenant à l'aménageur pour les besoins de sa construction, l'acquéreur devra fournir à l'aménageur ou à la collectivité selon le cas, les plans d'exécution.

ARTICLE 20 - EXECUTION DES TRAVAUX PAR LES ENTREPRENEURS DU CONSTRUCTEUR

Un procès-verbal sur l'état des lieux des équipements publics, destinés à la desserte de la parcelle cédée (voirie provisoire, ouvrages divers, etc.), avant et après construction, sera établi contradictoirement entre l'aménageur et le constructeur au moment du démarrage des travaux et dans un délai de deux mois après achèvement des travaux ou de chaque tranche de travaux.

Les entrepreneurs du constructeur auront la charge financière des réparations des dégâts causés par eux aux ouvrages de voirie, de réseaux divers et d'aménagement en général, exécutés par l'aménageur. En cas de défaillance des entrepreneurs pour le paiement, dans les trois mois, des sommes qui leur sont réclamées par l'aménageur, celui-ci pourra se retourner contre le constructeur qui sera tenu solidairement responsable des dégâts occasionnés par ses entrepreneurs. Dans le cas où l'auteur des dégâts n'aurait pas pu être déterminé, le montant de la réparation sera réparti entre tous les constructeurs ayant des chantiers en cours d'exécution à l'époque où les dégâts auront été constatés, et ce, au prorata du nombre de m² de surface de plancher des programmes alloués à chaque constructeur, tels qu'ils résulteront du permis de construire.

Les entreprises seront tenues, pendant la durée du chantier de construction, de procéder à l'entretien des chaussées provisoires et ouvrages divers mis à leur disposition pour la desserte de leurs chantiers.

Tout constructeur devra imposer à ses entreprises soit la mise en place de bennes de tri sélectif pour les déchets de chantier, soit l'évacuation quotidienne des déchets de chantier.

Le déneigement des voiries provisoires ne sera pas assuré durant la phase de construction des bâtiments.

Le constructeur devra imposer ces obligations et charges aux entrepreneurs participant à la réalisation de ses bâtiments et travaux par l'insertion des clauses nécessaires dans les marchés.

Titre III - Règles et servitudes d'intérêt général

ARTICLE 21 - ENTRETIEN DES ESPACES LIBRES AUTRES QUE CEUX DE L'ARTICLE 10

Chaque constructeur devra entretenir ses espaces libres en bon état, de façon permanente et à ses frais, de manière à conserver le site dans un état satisfaisant et à ne pas nuire à la bonne tenue des terrains voisins. Il aura notamment la charge de faire remplacer les arbres morts ou détruits.

ARTICLE 22 - USAGE DES ESPACES LIBRES, SERVITUDES

22.1 Parties non construites

Les parties non construites des terrains destinés à être cédés, sauf d'une part ceux cédés pour la construction de bâtiments publics (écoles, mairie, etc.) et sauf d'autre part les parties dites espaces privatifs expressément désignées dans l'acte de cession, sont affectées à usage de parc, de passage et groupées en un ensemble dont chaque partie servira à l'utilité de tous les autres fonds indistinctement.

Les constructeurs ou leurs ayants-cause auront droit d'usage à titre de parc et de passage sur toutes les parties non construites de tous les terrains concernés, sous réserve des exclusions précisées à l'alinéa ci-dessus.

22.2 Servitude réciproque

Les affectations ci-dessus ont lieu à titre de servitude réciproque et sans indemnité de part ni d'autre.

En conséquence, chacun des propriétaires de l'un des terrains ci-dessus définis sera réputé, par le seul fait de son acquisition, consentir et accepter la constitution de toute servitude active et passive aux effets ci-dessus.

22.3 Servitude de passage des réseaux

Le constructeur sera tenu de subir, sans indemnité, toutes les servitudes nécessitées par le passage sur son terrain, et éventuellement dans les immeubles bâtis, des canalisations publiques d'eau, gaz, électricité, réseaux de télécommunication, éclairage public, chauffage urbain, égouts, câbles, etc., telles qu'elles seront réalisées par l'aménageur, la commune, les concessionnaires ou toute autre personne publique ou privée, ou pour leur compte.

ARTICLE 23 - TENUE GENERALE

Il ne pourra être établi, sur les façades des bâtiments, ni sur les terrains, rien qui puisse nuire à la propreté, au bon aspect, à la tranquillité et à la sécurité des voisins. Il ne pourra, notamment, être exécuté aucun travail sur les bâtiments ou sur les terrains qui en modifierait l'aspect ou la fonction, tels qu'ils ont été prévus dans le permis de construire.

Il est interdit, à tout propriétaire, de céder pour publicité ou affichage ou d'employer soi-même à cet effet tout ou partie du terrain ou des constructions autres que ceux affectés à usage commercial.

L'aménageur pourra, toutefois, accorder des dérogations et en fixer les conditions, mais seulement pendant la durée de la concession.

ARTICLE 24 - ASSURANCES

Tout constructeur devra faire assurer les constructions élevées sur son terrain à une compagnie notoirement solvable et pour leur valeur réelle. La police devra contenir une clause d'assurance contre le recours des voisins.

Le présent article n'est pas applicable aux personnes morales de droit public.

ARTICLE 25 - MODIFICATION DU CAHIER DES CHARGES

Les dispositions contenues dans le titre III du présent cahier des charges de cession de terrain, à l'exception de celles relatives aux servitudes (article 22), pourront être modifiées dans les conditions de majorité prévues par la loi, en matière de modification des documents d'un lotissement, sous la réserve que la majorité en superficie soit calculée, pour l'application du présent article, d'après le nombre de m² de surface de plancher que chaque constructeur est autorisé à construire sur le lot cédé.

Toutefois, les modifications qui intéressent les services publics distributeurs de fluides ou d'énergie devront, en outre, recevoir l'accord préalable du service concerné.

ARTICLE 26 - LITIGES, SUBROGATION

Les dispositions contenues dans le titre III du présent cahier des charges de cession de terrain feront loi tant entre la société et chaque constructeur qu'entre les différents autres constructeurs.

La société subroge, en tant que de besoin, chaque constructeur dans tous ses droits et actions, de façon que tout constructeur puisse exiger des autres, l'exécution des dispositions en cause.

Lu et approuvé

A BELFORT, le 22 octobre 2019

Le Président du Grand Belfort Communauté
d'Agglomération

Lu et approuvé

[Signature]

The seal is circular with the text "GRAND BELFORT COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION" around the perimeter and "REPUBLIQUE FRANCAISE" at the bottom. In the center, there is a coat of arms featuring a seated figure holding a staff and a shield, with a crown above.

LISTE DES ANNEXES DU PRESENT CCCT

Annexe 1 (art. 9) Cahier des limites de prestations générales

AVENANT AU CCCT

ZAC DE L'AÉROPARC À FONTAINE

Article 1 : En application de l'article L. 311-6 du code de l'urbanisme et du présent cahier des charges de cession d'un terrain, situé à l'intérieur du périmètre de la ZAC DE L'AÉROPARC, il est indiqué ci-après le nombre de mètres carrés de surface de plancher dont la construction est autorisée sur la parcelle cédée.

Nom de l'acquéreur	SCI VALLOG France
Adresse du terrain cédé	ZAC de l'Aéroparc – Rue Adolphe Pégoud – 90150 Fontaine
Référence(s) cadastrale(s)	partie de CA12 + partie de CB76
Superficie de la parcelle	184 118,50 m ²
Surface maximale de plancher	110 000 m ²
Nature du programme	Construction d'un entrepôt avec bureaux et locaux sociaux

Article 2 : Les autres clauses du présent CCCT demeurent inchangées.

Lu et approuvé

A BELFORT, le 22 octobre 2019

Le Président du Grand Belfort Communauté
d'Agglomération

Lu et approuvé

