

Référence : 25-002104c-MBL
Affaire : 25-001331-RO

ETUDE D'INGENIERIE DE DESENFUMAGE D'UN PROJET D'ENTREPOT SITUE A LA HAGUE (50)

Rapport d'étude – Partie désenfumage

Client demandeur NG CONCEPT
Référence et date de commande FR25190 du 26/04/2025
Projet La Hague (50)

Date : 06/02/2026
Indice de révision : C
Nombre de pages : 80

	Nom	Date	Visa
Auteur(s) :	Mathieu BLOUIN	30/01/2026	MBL
Vérificateur(s) :	Aurélie WYZGOLIK	06/02/2026	AWY
Approbateur(s) :	Aurélie WYZGOLIK	06/02/2026	

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de Révision	Modifications	Commentaire	Date		
A	Création du document	/	18/08/2025	Rédacteur	MBL
				Vérificateur	CST
				Approbateur	AWY
B	Version amendée suite au retour du client pour des modifications mineures et mises à jours des plans avec l'ajout d'une annexe A [8]	/	12/09/2025	Rédacteur	MBL
				Vérificateur	AWY
				Approbateur	AWY
C	Version amendée suite à la mise à jour du plan de masse (cf. Figure 1-1) [12]	/	06/02/2026	Rédacteur	MBL
				Vérificateur	AWY
				Approbateur	AWY

Cette version annule et remplace toutes les versions précédentes.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	6
2.1. Documents fournis par le client.....	6
2.2. Textes réglementaires et normatifs.....	6
2.3. Documents techniques.....	6
3. DESCRIPTION DES CELLULES	8
3.1. Description générale	8
3.2. Stockage	8
3.3. Système de désenfumage	10
3.4. Système de sécurité incendie	11
3.5. Système d'extinction automatique à eau	11
3.6. Effectif et évacuation.....	12
4. OBJECTIFS ET METHODOLOGIE	13
4.1. Objectifs	13
4.2. Méthodologie.....	13
4.2.1. Critères associés	13
4.2.1.1. Critère pour le coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)	13
4.2.1.2. Critère pour la température des gaz.....	14
4.2.1.3. Critère associé pour le flux critique.....	14
4.2.1.4. Concentration en espèces gazeuses toxiques (à titre informatif).....	14
4.2.2. Tableau récapitulatif des critères associées	15
5. CHOIX DES SCENARIOS INCENDIES ETUDIES	16
5.1. Hypothèses de développement de feu	16
5.2. Stockages en rack et en masse	17
5.3. Stockage en AutoStore	17
5.4. Localisation du départ de feu	17
5.5. Combustible	18
5.6. Synthèse des scénarios d'incendie proposés.....	19
6. MODELISATION DE L'INCENDIE	20
6.1. Code de calcul utilisé	20
6.2. Géométrie	20
6.3. Modélisation	21
6.4. Amenées d'air et désenfumage	24
6.5. Combustible	24
6.6. Autres hypothèses	24
7. ESTIMATION DU TEMPS D'EVACUATION	25
7.1. Temps élémentaires d'évacuation des personnes	25
7.2. Estimation de la durée totale d'évacuation pour les personnes	26
8. RESULTATS DES SIMULATIONS NUMERIQUES	27
8.1. Scénario 1 – Incendie au centre de la cellule au bas du stockage des racks – Cellule 2	27
8.1.1. Débit calorifique.....	27
8.1.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité).....	28
8.1.3. Température	31
8.1.4. Flux thermiques.....	33
8.1.5. Concentration en monoxyde de carbone	36
8.2. Scénario 2 – Incendie sous la mezzanine – Cellule 2	38
8.2.1. Débit calorifique.....	38
8.2.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité).....	39
8.2.3. Température	42
8.2.4. Flux thermiques.....	44
8.2.5. Concentration en monoxyde de carbone	47
8.3. Scénario 3 – Incendie au niveau de l'Autostore sur la mezzanine – Cellule 2.....	49
8.3.1. Débit calorifique.....	49
8.3.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité).....	50

8.3.3. Température	52
8.3.4. Flux thermiques	54
8.3.5. Concentration en monoxyde de carbone	56
8.4. Scénario 4 – Incendie au centre de la cellule au bas du stockage des racks – Cellule 1	58
8.4.1. Débit calorifique	58
8.4.1. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)	59
8.4.1. Température	61
8.4.1. Flux thermiques	63
8.4.1. Concentration en monoxyde de carbone	66
8.5. Scénario 5 – Incendie sous la mezzanine – Cellule 1	67
8.5.1. Débit calorifique	67
8.5.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)	68
8.5.3. Température	71
8.5.4. Flux thermiques	73
8.5.5. Concentration en monoxyde de carbone	76
9. SYNTHÈSE DES RESULTATS	77
10. CONCLUSION	78
ANNEXE A: MISE A JOUR DES PLANS DE STOCKAGE ET D'EXUTOIRES	79
A.1 Mise à jour des plans de stockage	79
A.2 Mise à jour du plan d'exutoires	80

1. INTRODUCTION

NG CONCEPT sollicite Efectis France dans le cadre d'un projet d'entrepôt à La Hague (50). L'entrepôt sera classé sous la rubrique 1510 sous le régime de l'enregistrement de la nomenclature des ICPE.

L'entrepôt comporte 3 cellules de stockage dont 2 cellules (cellule n°1 et cellule n°2) sont pourvues d'une mezzanine. L'étude de désenfumage porte uniquement sur ces deux cellules qui possèdent respectivement :

- une surface au sol 3 024 m² et de 6 048 m² ;
- une mezzanine d'environ 1000 m² et 2000 m², soit environ 33% de la surface de chaque cellule.

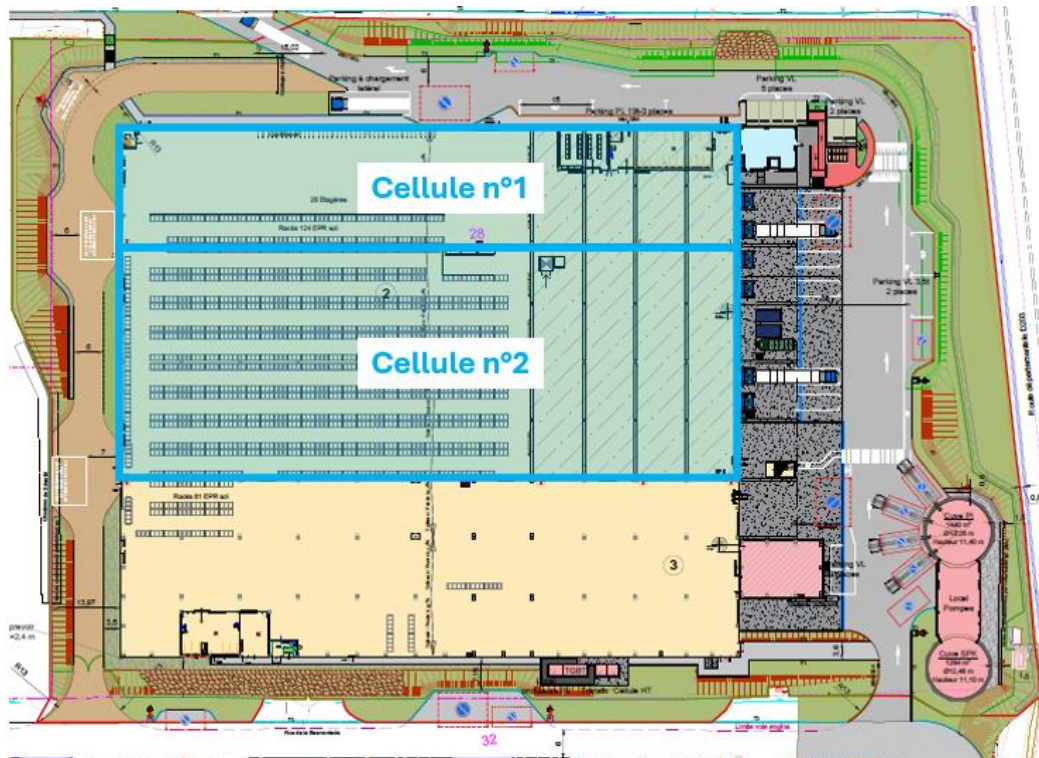


Figure 1-1 : Plan de masse du site – Localisation des cellules 1 et 2

De plus, le projet prévoit que les écrans de cantonnement présentant une hauteur de 1 m au lieu de 2 m réglementairement pour un entrepôt de cette hauteur (14,5 m en moyenne).

Dans ce contexte, l'entreprise NG CONCEPT, chargée du dossier ICPE, demande à Efectis France de réaliser des études d'ingénierie incendie qui porteront sur le désenfumage et l'évacuation des cellules de stockage.

A noter que la présente étude ne comprend pas la vérification de la tenue au feu et le mode de ruine de la structure des mezzanines ni celle de l'enveloppe principale du bâtiment.

Ce rapport présente les hypothèses de modélisation et d'évacuation retenues, les résultats obtenus pour les différents scénarios définis, ainsi que les conclusions associées pour l'étude d'ingénierie du désenfumage.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

- [1] EXT8_LA HAGUE_APD_NGC_ENTREPOTS_IN PROGRESS_841x1650 (2).pdf
- [2] EXT8_LA HAGUE_APD_NGC_PLAN DE ZONAGE ORANO_Niveau 0.00_A3.pdf
- [3] EXT8_LA HAGUE_APD_NGC_PLAN DE ZONAGE ORANO_Niveau 7.40_A3 (1).pdf
- [4] EXT8_LA HAGUE_APD_NGC_PLAN DES FACADES_IN PROGRESS_A0 (2).pdf
- [5] EXT8_LA HAGUE_APD_NGC_PLAN DES TOITURES_IN PROGRESS_A0.pdf
- [6] EXT8_LA HAGUE_ESQ_MASSE_IndE_28.04.2025.pdf
- [7] Justificatif capacité bâtiment V2.pdf
- [8] Remarques NG CONCEPT : 25-002104-MBL-Rapport-NG Concept-La Hague-DF-(Aff.25-001331-RO)_comm NG.pdf
- [9] EXT8_APD_NGC_PLAN STRUCTURE TOITURE & DESENFUMAGE_IND C_1275x900 (2).pdf
- [10] EXT8_APD_NGC_PLAN MASSE_SYST SITE-IndM_04.09.2025.pdf
- [11] EXT8_APD_NGC_ENTREPOTS-IND M_841x1650.pdf
- [12] EXT8_APD_NGC_PLAN MASSE_SYST SITE-IndQ_22.01.2026.pdf

2.2. TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

- [13] Arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510 modifié par arrêté du 24 septembre 2020. Version en vigueur du 3 avril 2024. Guide de l'application de l'arrêté ministériel du 11 avril 2017.
- [14] Code du travail – Partie réglementaire (Articles R1111-1 à R8323-1) – Chapitre VI : Risques d'incendies et d'explosions et évacuation (Articles R4216-1 à R4216-34) – Article R4216-11

2.3. DOCUMENTS TECHNIQUES

- [15] Documentation Fire Dynamics Simulator (version 6 - NIST) :
 - a. Fire Dynamics Simulator - NIST Special Publication 1018-1- Sixth Edition. Technical Reference Guide. Volume 1: Mathematical Model. Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt, In cooperation with VTT Technical Research Centre of Finland
 - b. Fire Dynamics Simulator - NIST Special Publication 1019 - Sixth Edition. User's Guide. Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt, In cooperation with VTT Technical Research Centre of Finland
 - c. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Volume 1: Mathematical Model. Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt.
 - d. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Volume 2: Verification. Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt. NIST Special Publication 1018-3 Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Volume 3: Validation. Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Randall McDermott, Jason Floyd, Craig Weinschenk, Kristopher Overholt
- [16] « 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, version du juillet 2017.
- [17] Rapport CTICM Référence INC-99/378-DJ/IM « Contribution expérimentale à l'estimation de la propagation d'un feu entre stands », 1999.
- [18] Description de la méthode de calcul des effets thermiques produit par un feu d'entrepôt
Réf. : INERIS-204476 -2728180-v0.3
- [19] Fiche de toxicité aiguë – Acide cyanhydrique – réf : INERIS-DRC-08-94398-12722A
- [20] Fiche de toxicité aiguë – Monoxyde de carbone – réf : INERIS-DRC-09-103128-05616A
- [21] Fiche de toxicité aiguë – Dioxyde d'azote – réf : INERIS-DRC-08-94398-13333A
- [22] SFPE HANDBOOK – Section1/Chapter 25 – G. Mulholland – Smoke production and properties
- [23] SFPE HANDBOOK – Section2/Chapter 4 – Tadahisa Jin – Visibility and Human Behavior in Fire Smoke
- [24] Le Sapeur Pompier Magazine. Hors série Accidents ferroviaire
- [25] Fire Protection Handbook – Section3/Chapter 1 – G. E. Hartzell – Combustion products and their affects on life safety
- [26] Rapport d'essai « Free-burn fire tests with the AutoStore system », avril 2010 : « 5-RISE - Test report P907897 (Fire test III).pdf »

- [27] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, NFPA, 2002
- [28] Rapport CTICM Référence INC-99/378-DJ/IM « Contribution expérimentale à l'estimation de la propagation d'un feu entre stands », 1999.
- [29] NF EN 1992-1-2 /A1 et Annexe Nationale /A1 : « 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
- [30] NF EN 1993-1-2 et Annexe Nationale : « Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu », Novembre 2005 et NF EN 1993-1-2/NA, Octobre 2007
- [31] SFPE HANDBOOK – Section9 – Insulation et Appendix 2: Thermophysical Property Data (Table A.28)
- [32] National Institute of Standards and Technology – 12th international conference on fire detection
- [33] Arrêté du 24 décembre 2007 portant approbation des règles de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les gares (article GA 23).

3. DESCRIPTION DES CELLULES

3.1. DESCRIPTION GENERALE

Les cellules n°1 et n°2, ainsi que leur mezzanine, possèdent les caractéristiques géométriques suivantes.

Caractéristiques	Cellule 1	Cellule 2
Longueur (m)	126	126
Largeur (m)	24	48
Surface (m ²)	3 024	6 048

Tableau 3-1 : Caractéristiques géométriques des cellules

Caractéristiques	Mezzanine cellule 1	Mezzanine cellule 2
Longueur (m)	42	42
Largeur (m)	24	48
Surface (m ²)	1 008	2 016
% surface au sol de la cellule	33 %	33 %

Tableau 3-2 : Caractéristiques géométriques des mezzanines des cellules

La hauteur moyenne sous toiture est d'environ 14,5 m et la mezzanine se situe à 7,4 m de hauteur par rapport au sol.

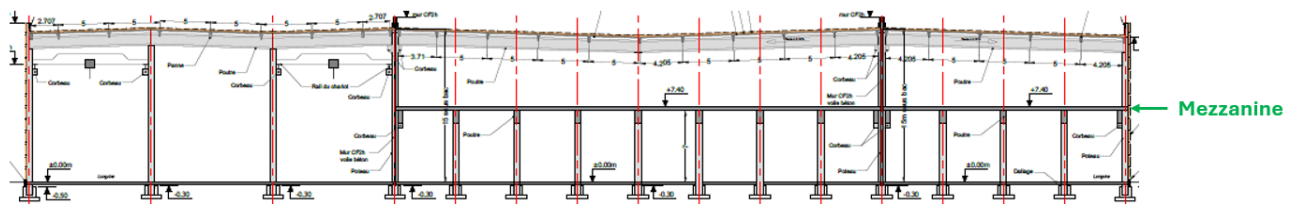


Figure 3-1 : Vue en coupe de l'entrepôt

L'entrepôt ainsi que les mezzanines sont en structure béton. A la demande du client, la configuration projetée pour cette étude ne comprend pas d'ouverture dans le plancher de la mezzanine.

Les parois extérieures sont en panneaux sandwich laine de roche et la toiture est en bac acier. Les parois séparatives entre les cellules sont en béton et à minima REI120.

Les poutres mesurent 1,2 m de hauteur et se trouvent dans l'axe transversal des cellules. Les pannes mesurent 0,55 m de hauteur et se trouvent dans l'axe longitudinal des cellules.

3.2. STOCKAGE

La typologie de stockage est variée à savoir : en rack, en masse et en AutoStore. Sur la surface des cellules qui n'est pas sous mezzanine, le stockage est présent sous forme de doubles et simples racks, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques	Cellule 1	Cellules 2
Longueur de stockage (m)	74,5	74,5
Hauteur de stockage (m)	13,7	13,7
Nombre de doubles racks	7	3
Largeur d'un double rack (m)	2,5	2,5
Nombre de simples racks	2	2
Largeur d'un simple rack (m)	1,2	1,2

Tableau 3-3 : Caractéristiques du stockage

Sous la mezzanine, c'est une zone réception / expédition, soit un stockage en masse pour les deux cellules. La hauteur où sont stockées les palettes de manière temporaire ne dépasse pas 2,5 m.

Les figures ci-dessous présentent le stockage au sein des cellules.

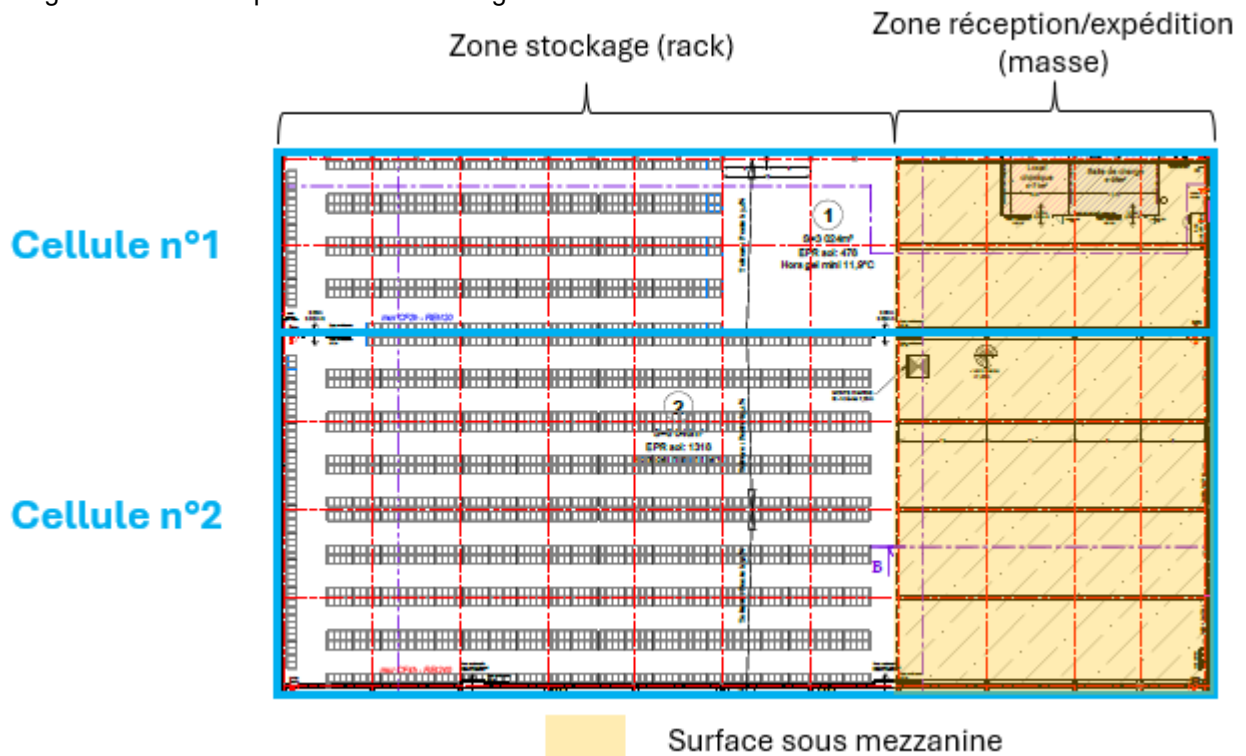


Figure 3-2 : Aperçu et localisation du stockage au sol des cellules

Remarque : à la demande du client, il est demandé de prendre en compte un stockage en rack dans la cellule 1 en alignement de la cellule 2 en termes de longueur de stockage, bien que ce ne soit pas le cas sur la figure ci-dessus. La présente étude intègre donc cela.

En mezzanine, pour la cellule 1, un stockage en rack est présent.

Pour la cellule 2, un AutoStore de 6 m de hauteur et d'une surface de 1 035 m² (41,4 m × 25 m) est présent.

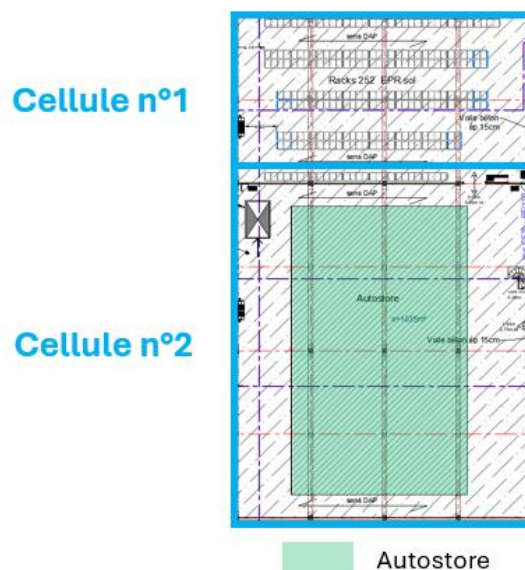


Figure 3-3 : Aperçu et localisation du stockage en mezzanine des cellules

3.3. SYSTEME DE DESENFUMAGE

Le projet prévoit que les écrans de cantonnement possèdent une hauteur de 1 m au lieu de 2 m réglementairement pour un entrepôt de cette hauteur (14,5 m en moyenne).

Une distance minimale de 0,5 mètre devra être conservée lors de l'exploitation entre le stockage et les écrans de cantonnement.

Le désenfumage des cellules est réalisé naturellement via des exutoires (lanterneaux) présents en toiture en respectant 2% de surface utile par canton, comme requis réglementairement dans l'arrêté du 11 avril 2017 modifié [13]. Les exutoires ont tous une surface géométrique de 6 m² et leur SUE (Surface Utile d'Evacuation) unitaire est de 4,08 m² ou 4,62 m² selon leur localisation suivant la Figure 3-5.

L'ouverture des exutoires s'effectue soit sur déclenchement des thermofusibles (température de déclenchement de 180°C), soit manuellement à l'arrivée des pompiers.

Les cellules sont divisées en 3 cantons de désenfumage. L'ensemble des cantons conserve une surface inférieure à 1650 m², par le biais d'écrans de cantonnement d'une hauteur de 1 m. Certaines poutres font office d'écran de cantonnement suivant la localisation des cantons sur la Figure 3-5.

Les amenées d'air sont également naturelles et s'effectuent par les portes en façade (cf. Figure 3-6).

Remarque : les procédures de manœuvre du système de désenfumage (exutoires et amenées d'air) sont à la charge de l'exploitant.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques du système de désenfumage.

	Canton	Surface (m ²)	Nombre d'exutoires	Désenfumage requis - 2% (m ²)	Surface utile projetée (m ²)	Nombre et dimensions des amenées d'air	Surface libre d'amenée d'air (m ²)
Cellule 1	1.1	1 025	6	20,5	24,48	2 × (2,65m × 2,75m) + 2 × (1,8 × 2 m) + 2 × (0,9 × 2 m)	25,4
	1.2	1 163	6	23,26	24,48		
	1.3	880	4	17,6	18,48		
Cellule 2	2.1	1 012	6	20,24	24,48	5 × (2,65m × 2,75m) + 3 (0,9 m × 2 m)	41,8
	2.2	1 148	6	22,96	24,48		
	2.3	868	4	17,36	18,48		
	2.4	868	4	17,36	18,48		
	2.5	1148	6	22,96	24,48		
	2.6	1 012	6	20,24	24,48		

Figure 3-4 : Caractéristiques du système de désenfumage

La surface totale d'amenée d'air a été dimensionnée conformément à l'arrêté du 11 avril 2017 modifié, puisqu'elle présente une superficie au moins égale à la surface utile des exutoires du plus grand canton.

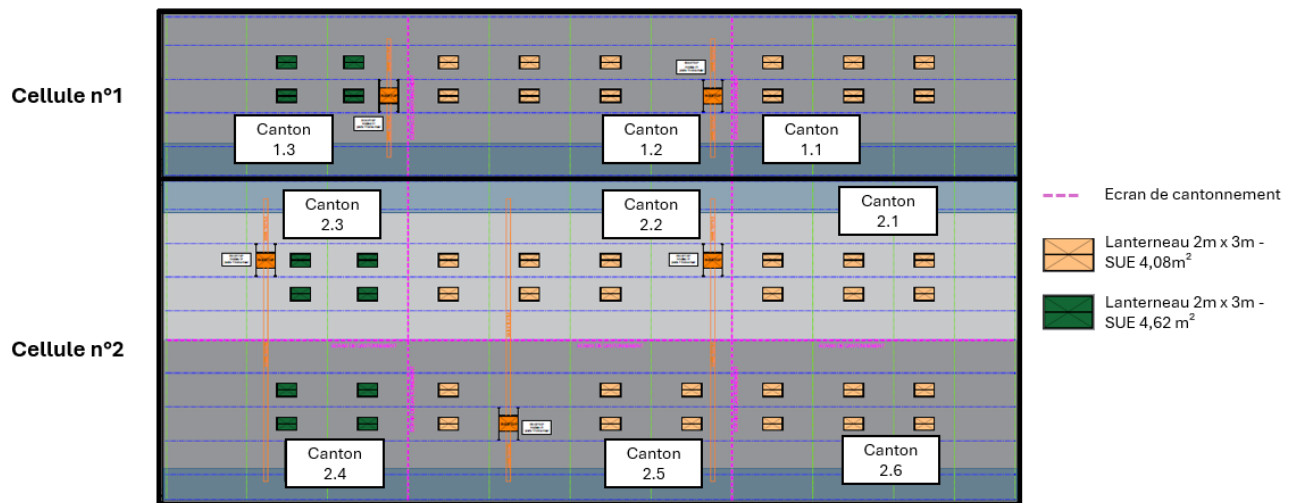


Figure 3-5 : Localisation des écrans de cantonnement et du système de désenfumage

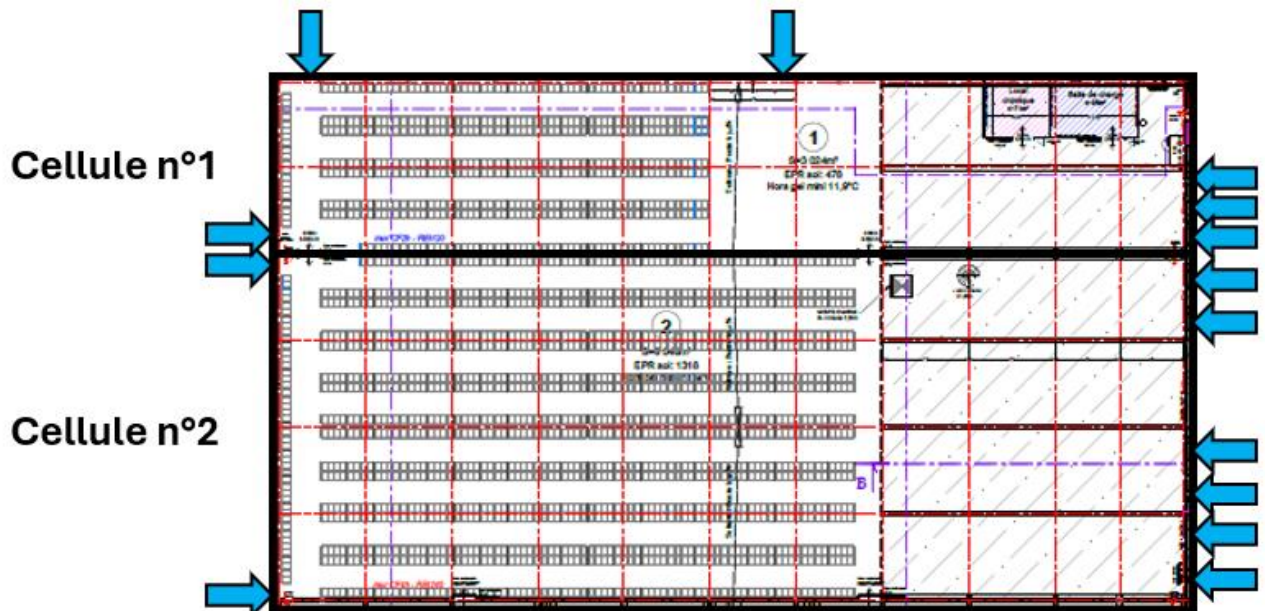


Figure 3-6 : Localisation des amenées d'air

3.4. SYSTEME DE SECURITE INCENDIE

Les cellules sont pourvues d'un système de sécurité incendie de catégorie A avec une alarme de type 1. Une détection de fumée par aspiration est présente sous toiture. Une détection de fumée optique est également présente sous le plancher de la mezzanine.

L'alarme est asservie à la détection sans temporisation. Son déclenchement peut également se faire manuellement via l'activation de déclencheurs manuels (DM).

3.5. SYSTEME D'EXTINCTION AUTOMATIQUE A EAU

Les cellules sont équipées d'un système d'extinction automatique à eau de type sprinkleur.

Néanmoins, dans le cadre de l'étude, le sprinkleur n'est pas pris en considération, dans le but de proposer les scénarios d'incendie majorants (hypothèse sécuritaire).

3.6. EFFECTIF ET EVACUATION

Un effectif composé de 20 personnes au maximum est présent dans chacune des cellules, dont 10 personnes au maximum en mezzanine en simultané.

La figure ci-dessous présente la localisation des issues de secours (flèches vertes). La distance maximale à parcourir pour atteindre une issue est de :

- Pour la cellule 1 :
 - 58 m au sol ;
 - 33 m en mezzanine ;
- Pour la cellule 2 :
 - 66 m au sol ;
 - 40,5 m en mezzanine.

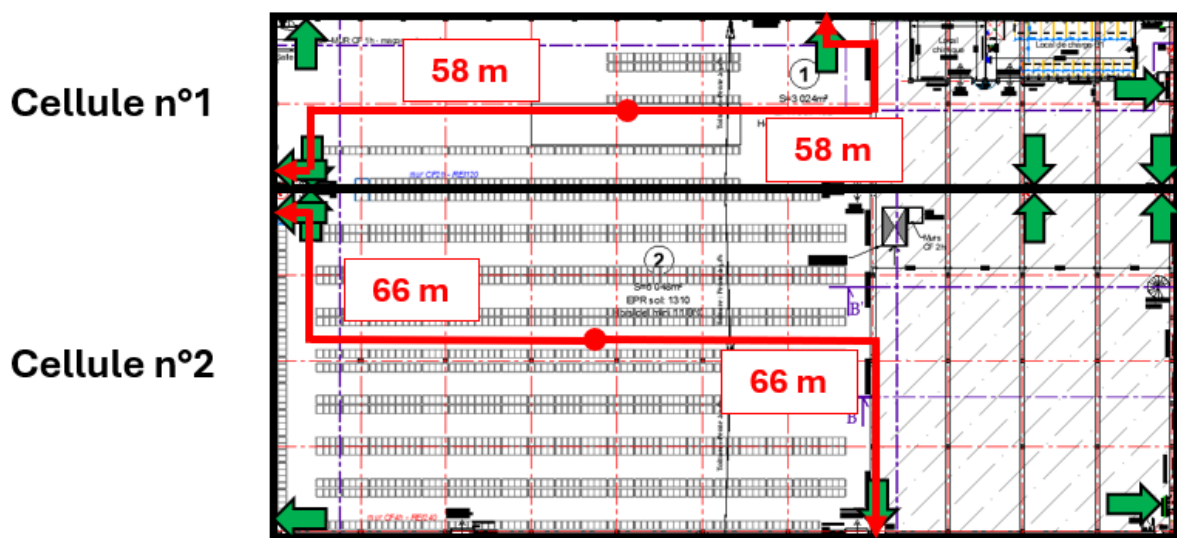


Figure 3-7 : Localisation des issues de secours – Au sol

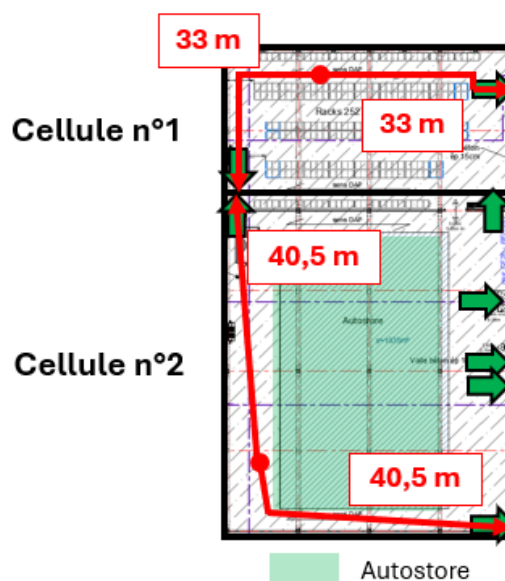


Figure 3-8 : Localisation des issues de secours – En mezzanine

4. OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

4.1. OBJECTIFS

L'étude de désenfumage a pour but de vérifier les conditions de désenfumage et de s'assurer des bonnes conditions d'évacuation pour les travailleurs.

L'étude d'ingénierie incendie s'attache à vérifier les points suivants :

- **Exigence DF1** : En cas d'incendie réel se déclarant au sein d'un compartiment, le système de désenfumage est adéquat.
- **Exigence DF2** : En cas d'incendie réel se déclarant au sein d'un compartiment, la cinétique d'incendie est compatible avec l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours.

Pour vérifier cette exigence, l'étude est réalisée selon la méthodologie décrite ci-après.

4.2. METHODOLOGIE

Après un recueil des données, il s'agit de proposer un scénario permettant d'évaluer les performances de la solution de désenfumage retenue, en prenant en compte l'exploitation du volume.

Pour réaliser cette évaluation, une modélisation du volume d'étude est réalisée en utilisant le modèle de champs FDS Version 6.7 (Fire Dynamics Simulator) [15]. Il permet la modélisation tridimensionnelle des espaces et prend en compte les conditions d'échanges thermiques au niveau des parois, les conditions d'évacuation des gaz chauds et l'admission d'air frais. FDS est un logiciel du NIST utilisé chez Efectis depuis de nombreuses années. FDS a fait l'objet de validations dans le domaine de la sécurité incendie et au sein d'Efectis, et en particulier les résultats de simulations numériques ont été confrontés à des essais à échelle réelle dans différents types de bâtiment.

Les simulations permettent de déterminer les températures, la visibilité (dépendant de la concentration de suie dans l'environnement) et les flux de chaleur reçus par les personnes et les services de secours dans l'ensemble du volume modélisé. Les seuils relatifs à chacune de ces grandeurs sont présentés dans le paragraphe suivant. Ils sont en accord avec le guide du LCPP sur les études de désenfumage [16].

Les conditions d'évacuation sont analysées afin de vérifier que l'enfumage est compatible avec les cheminements empruntés par les personnes en cas d'incendie.

Les simulations permettent également d'évaluer l'efficacité du désenfumage dans le cadre de l'intervention des services de secours. L'analyse des simulations est effectuée pour les scénarios retenus et les conclusions sont données en étudiant les conditions de tenabilité pour les personnes avec les critères proposés au § 4.2.1.

L'analyse porte sur les 20 premières minutes de feu.

4.2.1. Critères associés

4.2.1.1. Critère pour le coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

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 lumineuse (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 lumineuse de $0,53 \text{ m}^{-1}$ en considérant des signaux directs¹.

Cependant, en présence de fumées, l'atmosphère étant viciée et irritante pour les yeux, le coefficient d'extinction lumineuse 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

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

4.2.1.2. Critère pour la température des gaz

Pour des personnes non entraînées, les gênes respiratoires liées à la température des gaz inhalés restent généralement supportables pendant quelques minutes si celle-ci ne dépasse pas 60°C⁽³⁾. 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°C⁽⁴⁾. Toutefois, la température des gaz pouvant être retenue pour les comparaisons entre les différentes études est de 40°C afin de tenir compte de l'interaction température/toxicité/visibilité.

Pour les services de secours, on pourra retenir une température ambiante de 100°C.

4.2.1.3. Critère associé pour le flux critique

Pour les personnes, un flux critique admissible de 2 kW/m² peut être retenu [16], correspondant à des niveaux de température des couches chaudes de l'ordre de 160°C.

Pour les services de secours, un flux critique admissible de 5 kW/m² peut être retenu.

4.2.1.4. Concentration en espèces gazeuses toxiques (à titre informatif)

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 [19] [20] [21] 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 4-1 : 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 ferroviaire*

⁽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 [16] 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 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 ».

Aucun critère de toxicité n'est retenu pour les services de secours, compte tenu de leurs appareils respiratoires isolants (ARI).

4.2.2. Tableau récapitulatif des critères associés

Le tableau ci-dessous récapitule les critères associés à l'analyse effectuée lors de cette présente étude.

Paramètres	Seuils pour les personnes	Seuils pour les services de secours
Coefficient d'extinction (visibilité – signaux directs)	0,4 m ⁻¹ (20 m)	1,6 m ⁻¹ (5 m)
Température des gaz	40 °C	100 °C
Flux critique	2 kW/m ²	5 kW/m ²
Concentration en CO (à titre indicatif)	150 ppm	/

Tableau 4-2 : Récapitulatif des seuils de tenabilité pris en compte

Ces critères sont utilisés par Efectis France depuis de nombreuses années, et sont en accord avec le guide des bonnes pratiques pour les études de désenfumage, paru en 2017 [16].

5. CHOIX DES SCENARIOS INCENDIES ETUDIES

La sélection du scénario de développement de feu est réalisée en fonction des paramètres suivants :

- La géométrie du volume ;
- La localisation du (ou des) combustible(s) ou sources de risques d'incendie ;
- La localisation des ouvrants ;
- Les possibilités d'évacuation.

Il s'agit ici de se placer dans des conditions jugées comme défavorables pour tester les différentes configurations de désenfumage.

En effet, même si le potentiel calorifique et la capacité du foyer à développer un incendie conséquent sont des caractéristiques importantes des scénarios à retenir, la localisation du sinistre vis-à-vis des différents composants du système de désenfumage est également un élément primordial pour le choix du ou des scénarios à retenir. De même, l'éloignement vis-à-vis des organes de désenfumage, le rapprochement vers les accès d'évacuation, la présence d'obstacles verticaux, mais aussi horizontaux sont des conditions défavorables pouvant réduire l'efficacité du désenfumage.

5.1. HYPOTHESES DE DEVELOPPEMENT DE FEU

Le développement d'un incendie dans un entrepôt de stockage peut être due à de multiples causes, comme un feu d'origine électrique (surtension faisant s'échauffer des câbles électriques), moteur de chariot de manutention défaillant, malveillance, etc.

Il est supposé que l'une de ces sources d'ignition conduit à l'inflammation de l'enveloppe externe d'un emballage de stockage dans les racks. Le feu se propage dans un premier temps par contact et convection naturelle le long de l'emballage des produits. La propagation du feu s'accélère lorsque celui-ci s'est bien développé sur tout le carton. Par la suite, l'incendie se propage aux produits situés au-dessus, favorisé par l'espacement entre ceux-ci et la convection qui échauffe préalablement les cartons. L'inflammation des faces externes atteint ensuite les produits conditionnés. On peut alors obtenir une propagation verticale rapide du feu, sur tous les niveaux.

Aussi, la cinétique de montée en puissance est considérée proportionnelle au carré du temps : le débit calorifique Q est considéré égal à $(t/\alpha)^2$, avec t le temps en seconde et α le coefficient de cinétique en $s/MW^{0.5}$.

À titre indicatif, la Figure 5-1 donne la cinétique de l'incendie pour les cas de développements de feu lent ($\alpha = 10 \text{ min}/MW^{0.5}$: typique des feux de matériel électrique/électromécanique), médium ($\alpha = 5 \text{ min}/MW^{0.5}$: typique des locaux de bureaux), rapide ($\alpha = 2,5 \text{ min}/MW^{0.5}$: typique des commerces) et très rapide ($\alpha = 1,25 \text{ min}/MW^{0.5}$: typique des produits très inflammables).

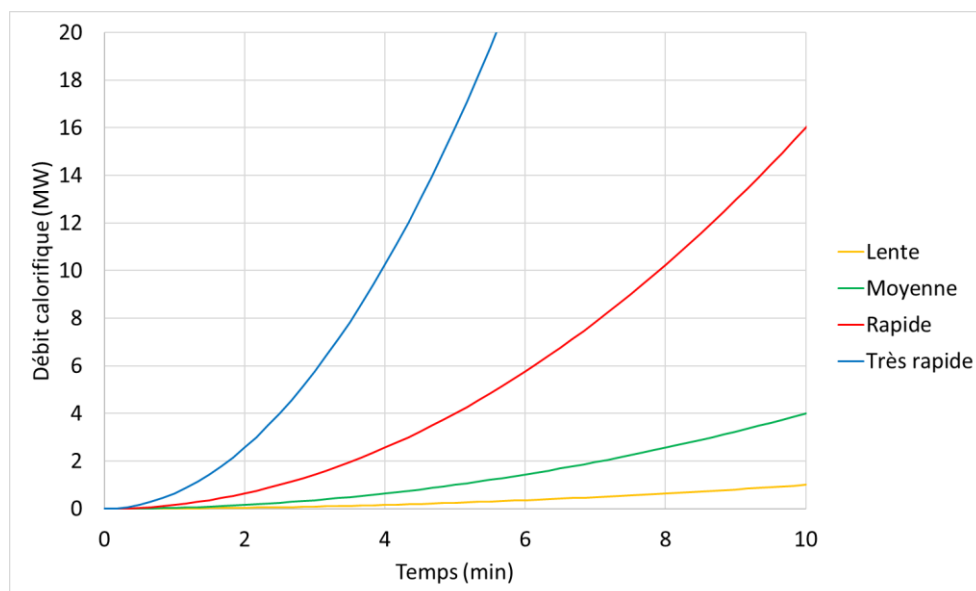


Figure 5-1 : Comparaison des différentes cinétiques d'incendies théoriques

5.2. STOCKAGES EN RACK ET EN MASSE

Pour les stockages en rack et en masse, il est considéré un développement de feu dont la cinétique est de type « rapide » ($\alpha = 150 \text{ s/MW}^{0.5}$) durant les cinq premières minutes de simulation. Au-delà des cinq premières minutes de simulation, les emballages des autres produits voient leurs différentes faces prendre feu dès lors que ces dernières reçoivent un flux thermique surfacique égal à 12 kW/m^2 [17].

5.3. STOCKAGE EN AUTOSTORE

Compte tenu de la configuration et du mode de stockage (AutoStore), une cinétique de feu « rapide » est retenue. De plus, cette cinétique est cohérente avec les essais réels réalisés sur le système AutoStore [26]. De ce fait, le feu atteindra un débit calorifique de 64 MW au bout de 20 minutes (Figure 5-2).

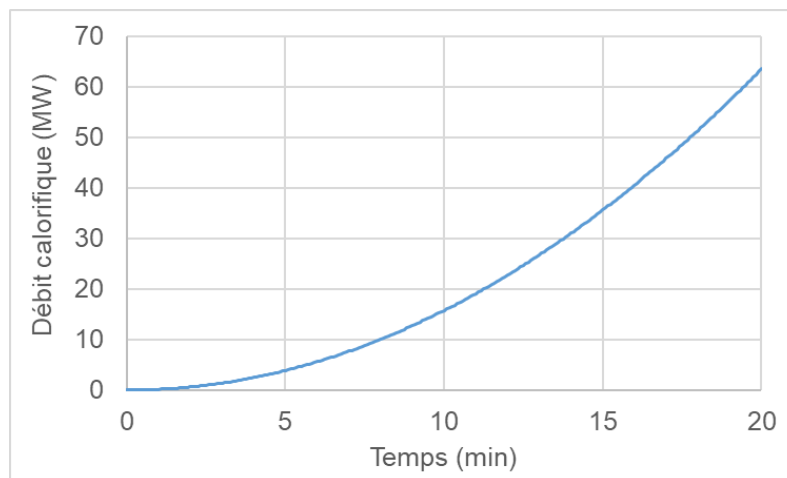


Figure 5-2 : Courbe de débit calorifique imposé

5.4. LOCALISATION DU DEPART DE FEU

Pour l'étude, deux scénarios aux localisations identiques de départ de feu sont pris en compte dans la cellule 1 et dans la cellule 2 au sol de la cellule :

- Un scénario au centre des cellules et au bas du stockage au niveau des racks est retenu. Ce scénario est défavorable vis-à-vis de l'évacuation des personnes car la distance pour rejoindre une issue est plus importante (allée bloquée par l'incendie). De plus, le départ de feu se trouve non loin de la mezzanine, ce qui est défavorable vis-à-vis de l'enfumage de cette dernière.
- Un autre scénario est localisé sous la mezzanine. Celui-ci aura pour but d'observer l'impact de la présence de la mezzanine sur l'enfumage de la cellule, notamment car le plancher de la mezzanine ne comporte pas de trémies.

Enfin, un troisième scénario est pris en compte au niveau de l'AutoStore sur la mezzanine de la cellule 2 afin de vérifier l'impact de cette typologie de stockage sur l'enfumage de la cellule.

Remarque : pour le scénario de feu d'AutoStore, une géométrie du foyer permettant d'obtenir un débit calorifique d'environ 500 kW/m^2 sera conservé.

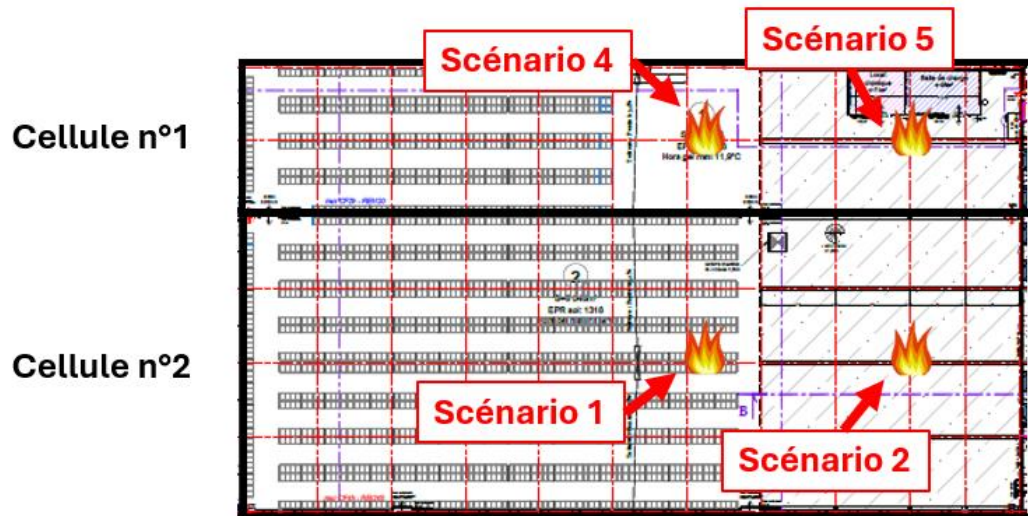


Figure 5-3 : Localisation des scénarios au sol des cellules

Rappel : la longueur de stockage des racks dans la cellule 1 est alignée sur celle de la cellule 2.

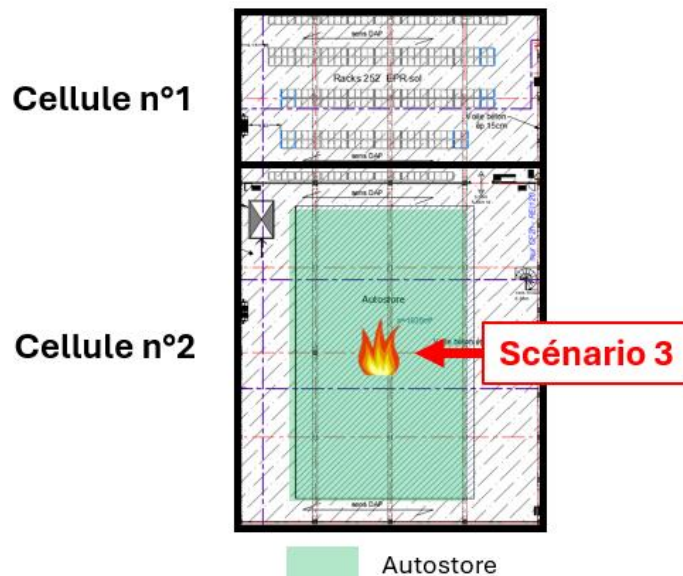


Figure 5-4 : Localisation des scénarios en mezzanine des cellules

5.5. COMBUSTIBLE

Au vu des éléments combustibles présents dans les cellules, il est proposé d'assimiler le combustible à un mélange composé à 50% de matière plastique (polyuréthane) et à 50% de matière cellulosique. Les caractéristiques de ce combustible sont présentées ci-dessous [27] :

- Formule chimique : $C_{4,85} H_{6,65} O_{2,3} N_{0,5}$;
- Taux de production de suies : 0,055 ;
- Taux de production de CO : 0,021 ;
- Chaleur de combustion : 20 MJ/kg.

5.6. SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS D'INCENDIE PROPOSÉS

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des scénarios d'incendie proposés pour cette étude.

Scénario	Cellule	Localisation	Cinétique	Combustible
1	2	Au centre de la cellule au bas du stockage des racks	Cinétique rapide sur 5 minutes puis propagation de proche en proche	50% PU 50% Bois
2	2	Sous la mezzanine		
3	2	Au niveau de l'AutoStore sur la mezzanine	Cinétique rapide contrôlée sur 20 minutes	
4	1	Au centre de la cellule au bas du stockage des racks	Cinétique rapide sur 5 minutes puis propagation de proche en proche	
5	1	Sous la mezzanine		

Tableau 5-1 : Synthèse des scénarios d'incendie

6. MODELISATION DE L'INCENDIE

6.1. CODE DE CALCUL UTILISE

Tel que mentionné au §4.2, le volume d'étude a été modélisé avec le modèle de champ tridimensionnel FDS développé par le NIST.

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

- La température des gaz (pour les sollicitations thermiques et les conditions d'évacuation) ;
- Le flux thermique reçu par une cible localisée (notamment les éléments de structure) ;
- Les conditions de visibilité (associée à la présence de suies) ;
- La teneur en espèces toxiques.

6.2. GEOMETRIE

Le modèle FDS mis en place pour effectuer les simulations est basé sur un maillage cartésien qui a été optimisé. Des mailles de 0,25 m × 0,25 m × 0,25 m sont utilisées au proche du foyer afin de représenter le plus fidèlement possible la géométrie du volume et les phénomènes mis en jeu. Au loin du foyer, des mailles de 0,5 × 0,5 × 0,5 sont prises en compte.

Le maillage représentant correctement les différents phénomènes physiques liés à l'incendie, dépend de l'étude qui est réalisée [15]. Pour les simulations impliquant des panaches flottants, une mesure de la résolution du champ d'écoulement est donnée par l'expression non dimensionnelle D^*/Δ , où Δ est la taille du maillage moyen suivant les trois directions choisies soit $\Delta=(dx+dy+dz)/3$ et D^* est un diamètre de feu caractéristique du foyer établi par l'équation suivante :

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

Avec :

- \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.

La quantité D^*/Δ peut être considérée comme le nombre de cellules de calcul couvrant le diamètre caractéristique (pas nécessairement le diamètre physique) du feu. Il est préférable d'évaluer la qualité du maillage en fonction de ce paramètre adimensionnel, plutôt qu'une taille de maille absolue [15].

Pour les scénarios 1, 2, 4 et 5, en prenant en compte la puissance du feu localisé sur les 5 premières minutes, soit lorsque le foyer est contrôlé (4 MW), le coefficient D^*/Δ est d'environ 6,7.

Pour le scénario 3, n prenant en compte la puissance du foyer, soit 64 MW, le coefficient D^*/Δ est d'environ 20,2.

Ces valeurs sont cohérentes avec celles trouvées dans le tableau de valeurs du guide de validation FDS [15] pour des applications similaires.

6.3. MODELISATION

Les figures ci-dessous représentent la modélisation des cellules 1 et 2 telles qu'elles ont été définies dans FDS.

L'ensemble de la structure du bâtiment (murs, poutres, pannes) et du stockage a été modélisé suivant les données transmises (cf. §3).

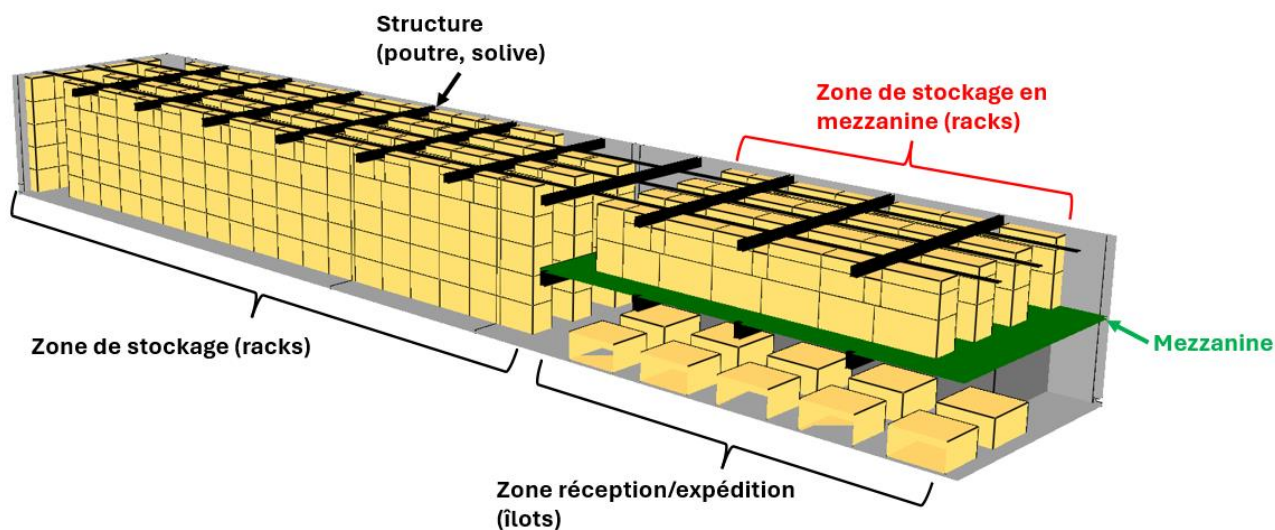


Figure 6-1 : Aperçu de la modélisation – Cellule 1

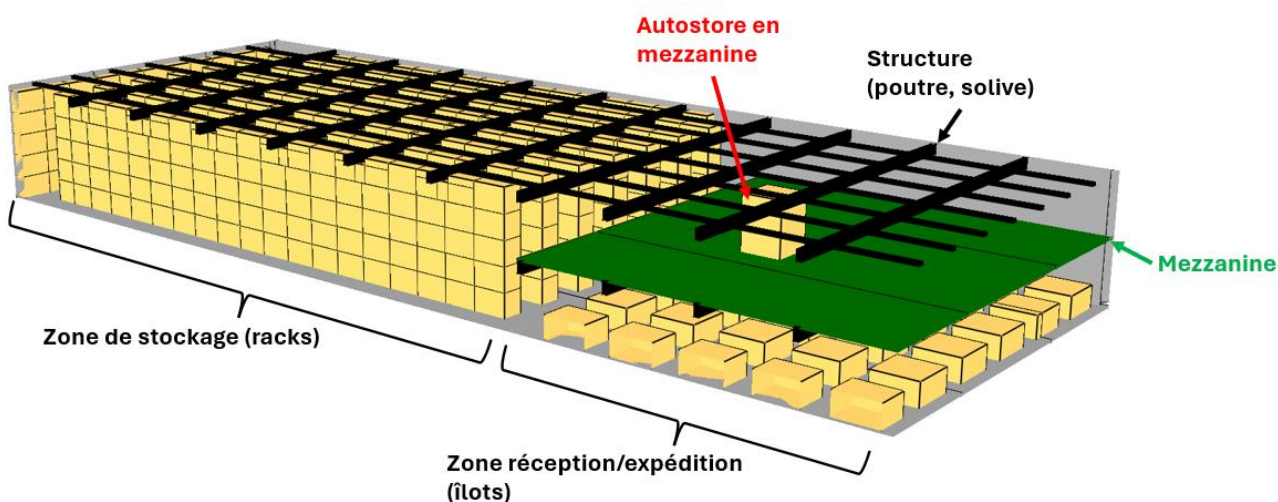


Figure 6-2 : Aperçu de la modélisation – Cellule 2

Les figures ci-dessous présentent le foyer modélisé pour chaque scénario.

Pour les scénarios 1, 2, 4, et 5, le foyer est piloté lors des 5 premières minutes d'incendie. Sa surface atteint alors 16 m² pour un débit calorifique de 4 MW à cet instant.

Pour le scénario 3, le foyer est piloté sur les 20 premières minutes d'incendie. La surface du foyer modélisé associé à l'autostore est de 128,25 m² pour un débit calorifique de 64 MW atteint à 20 minutes.

Pour chaque scénario, le feu se propage librement au reste des racks / îlots / autostore, le cas échéant, 5 minutes après le début de l'incendie selon le critère de flux défini au paragraphe 5.2.

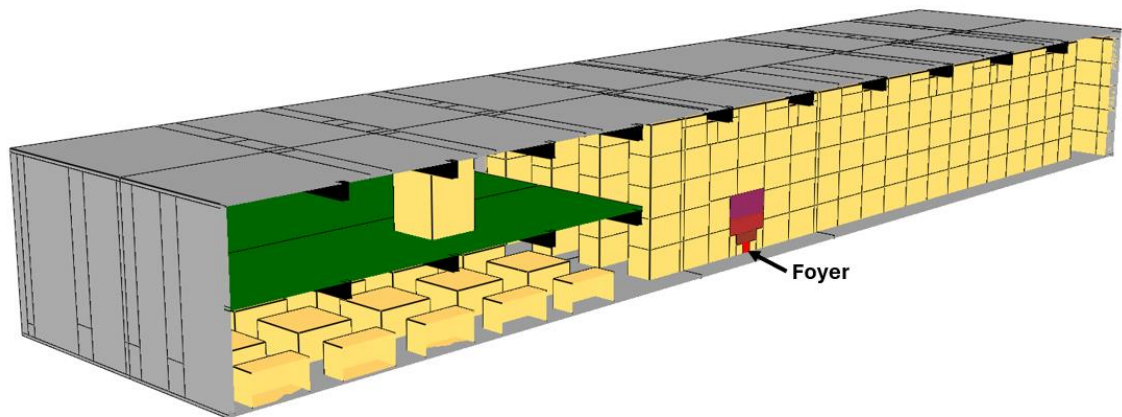


Figure 6-3 : Modélisation du foyer initial – Scénario 1 – Cellule 2

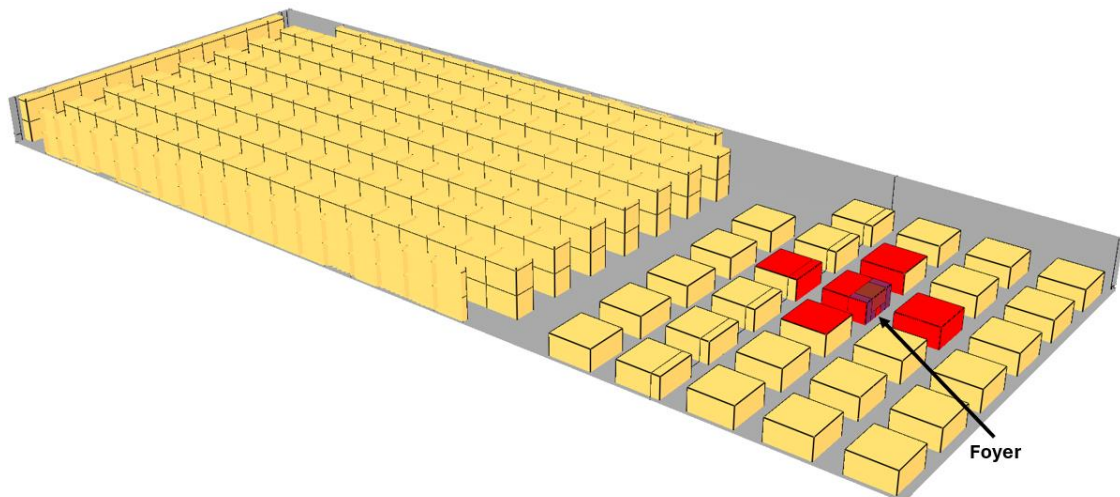


Figure 6-4 : Modélisation du foyer initial – Scénario 2 – Cellule 2

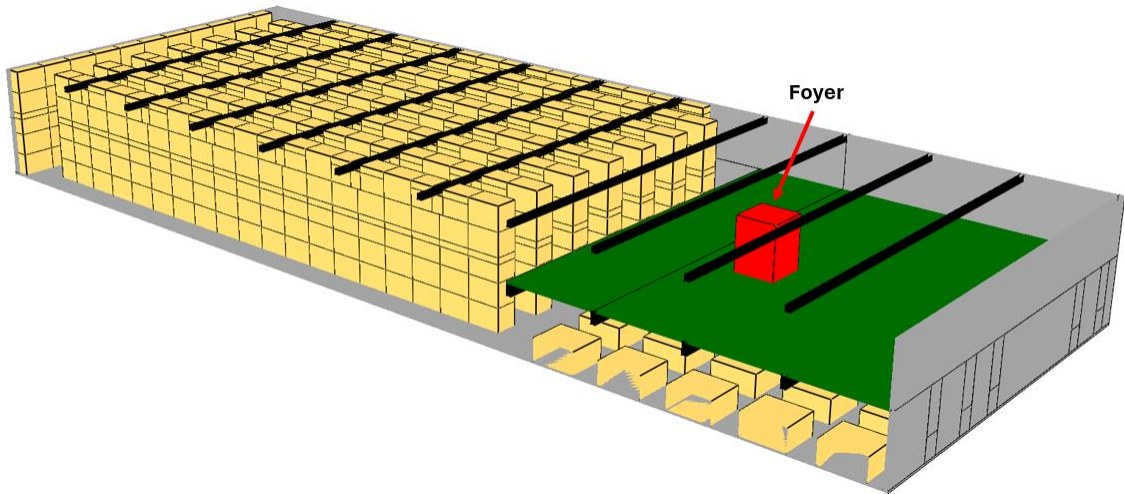


Figure 6-5 : Modélisation du foyer initial – Scénario 3 – Cellule 2

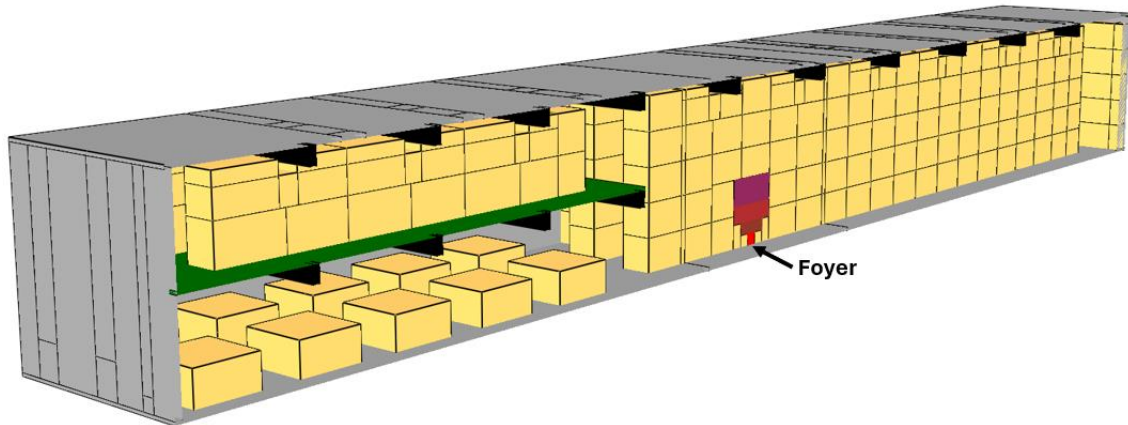


Figure 6-6 : Modélisation du foyer initial – Scénario 4 – Cellule 1

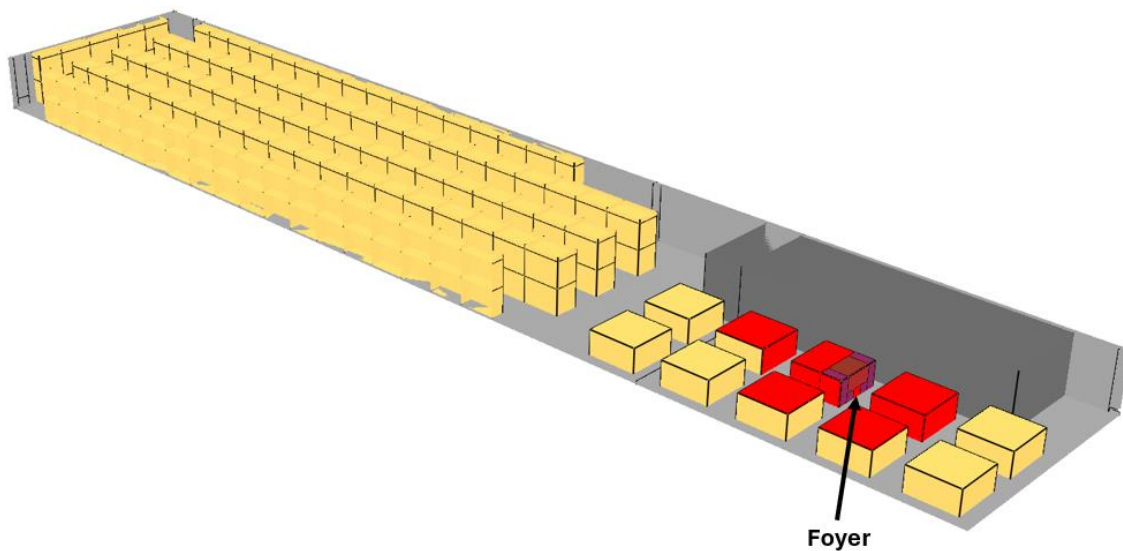


Figure 6-7 : Modélisation du foyer initial – Scénario 5 – Cellule 1

6.4. AMENEES D'AIR ET DESENFUMAGE

Les surfaces d'aménées d'air et des exutoires ont été modélisées conformément à ce qui est décrit dans le §3.3.

Remarque : un coefficient aéralique a été appliquée sur les surfaces libres d'aménée d'air, ce qui permet d'être sécuritaire dans le cadre de l'étude. Le coefficient pris en compte est de 0,5 pour les issues de secours et de 0,7 pour les portes de quai étant donné leurs dimensions plus importantes.

Ainsi, il a été retenu une surface d'aménée d'air de :

- 15,8 m² pour l'ensemble des portes de la cellule 1 ;
- 28,2 m² pour l'ensemble des portes de la cellule 2.

De plus, afin de ne pas limiter le foyer en apport d'air, une hypothèse sécuritaire est prise en considération dans le cadre de l'étude, à savoir que les portes sont ouvertes en fonction l'évolution du débit calorifique ou au maximum 10 minutes après le départ de feu.

Concernant les exutoires, ils ont été modélisés selon la localisation et la surface utile associée telle que définies dans les §3.3. Leur ouverture s'effectue sur déclenchement d'un thermofusible (180°C) dans un délai de 30 secondes (bien qu'il n'y ait pas de temporisation, cette durée correspond au temps d'ouverture des organes de désenfumage).

6.5. COMBUSTIBLE

Le combustible associé au foyer est identique à celui défini au §5.5.

6.6. AUTRES HYPOTHESES

Les parois des cellules ont des propriétés réelles représentatives des matériaux qui les composent (masse volumique, chaleur spécifique, conductivité, émissivité). Les propriétés thermomécaniques du béton et de l'acier sont issues respectivement de l'Eurocode 2 Partie 1-2 [29] et de l'Eurocode 2 Partie 1-2 [30]. Les propriétés du panneau sandwich en laine de roche sont issus du SFPE [31].

La température initiale et de l'air entrant par les ouvertures est de 20°C. La fraction rayonnée par le foyer est de 0,35 [15], valeur par défaut utilisée par FDS.

7. ESTIMATION DU TEMPS D'EVACUATION

L'objectif de cette partie est d'établir une estimation sécuritaire du temps de mise à l'abri et d'évacuation des occupants, afin de vérifier la compatibilité entre ce temps et l'enfumage au sein de l'entrepôt.

7.1. TEMPS ELEMENTAIRES D'EVACUATION DES PERSONNES

L'évaluation de la durée d'évacuation est déterminée sur la base d'une addition de durées élémentaires 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 volume sinistré. La durée nécessaire à l'évacuation des personnes présentes dans le bâtiment peut être décomposée en plusieurs temps élémentaires, décrits ci-dessous.

- Le temps de détection et de mise en alerte : c'est le temps nécessaire à la détection de l'incendie et au déclenchement de l'alerte sonore.

Remarque : le temps de détection des fumées correspond au temps mis par le détecteur par aspiration ou optique présent dans les modélisations pour détecter le départ de feu. Il est évalué à partir du seuil de coefficient d'extinction de $0,06 \text{ m}^{-1}$ [32].

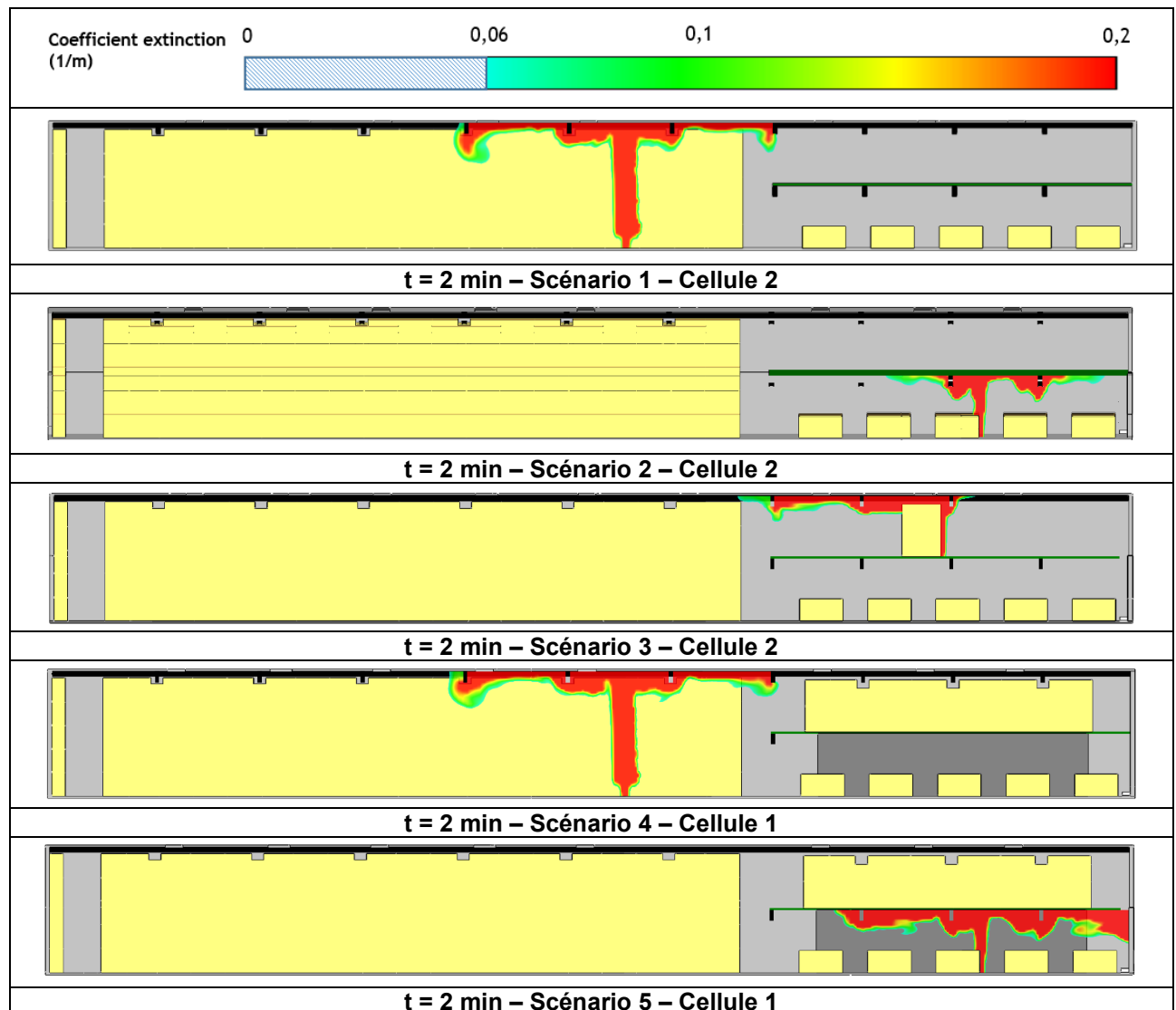


Figure 7-1 : Vue en coupe – Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

Ainsi, sur la base des modélisations, le temps de détection est estimé à 2 minutes. En considérant que l'activation de l'alarme d'évacuation se fait sans temporisation, le temps de détection et de mise en alerte pris en compte est de **2 minutes** pour tous les scénarios.

- Le temps de réaction : c'est le temps nécessaire aux occupants pour comprendre la situation, réagir et décider de se mettre en mouvement. Il est estimé que cette durée est d'environ **1 minute**.
- Le temps de parcours : c'est le temps nécessaire pour atteindre un dégagement protégé (cellule adjacente) ou une sortie donnant sur l'extérieur. Il est fonction des distances de parcours pour atteindre les différentes sorties. Le personnel présent n'étant pas à mobilité réduite, l'étude se base sur une vitesse de déplacement d'environ 1 m/s pour un trajet horizontal [33].

En cas d'incendie, avec une hypothèse d'un départ de feu dans une allée, les distances maximales de parcours horizontal sont un peu plus importantes que celles présentées au §3.6 (hormis pour l'Autostore en mezzanine de la cellule 2 car les chemins sont identiques en cas de départ de feu). Ainsi, les distances et les temps de parcours horizontaux retenus sont les suivants :

- cellule 2 :
 - RDC : 97 m → 1 min et 37 sec
 - Mezzanine : 40,5 m → 41 sec
- cellule 1 :
 - RDC : 85 m → 1 min 25 sec
 - Mezzanine : 43 m → 43 sec

- Le temps de sortie : c'est le temps nécessaire au passage des portes. Le temps est fonction de l'effectif présent à chaque niveau et du nombre de sorties disponibles pour l'évacuation. Pour déterminer le temps de sortie, il est considéré une vitesse de passage de 50 personnes/UP/minute au niveau des portes [33]. L'effectif maximal étant de 20 personnes dans chacune des cellules, dont 10 personnes au maximum en mezzanine, le temps de sortie est considéré comme **négligeable**.

7.2. ESTIMATION DE LA DUREE TOTALE D'EVACUATION POUR LES PERSONNES

Les temps d'évacuation présentés dans le tableau ci-dessous sont les temps retenus pour évacuer les personnes vers l'extérieur des cellules. Il est considéré que le personnel n'intervient pas en hauteur.

Temps élémentaire	Scénarios 1, 2 & 3 – Cellule 2		Scénarios 4 & 5 – Cellule 1	
	RDC	Mezzanine	RDC	Mezzanine
Détection et mise en alerte	2 min			
Réaction	1 min			
Parcours	1 min 37 s	41 sec	1 min 25 s	43 sec
Sortie	/			
Total (retenu pour l'étude)	4 min 37 s	3 min 41 s	4 min 25 s	3 min 43 s

Tableau 7-1 : Estimation du temps d'évacuation

8. RESULTATS DES SIMULATIONS NUMERIQUES

L'ensemble des résultats est présenté sous la forme de champs de visibilité, de température, de flux et de la concentration en monoxyde de carbone à des instants caractéristiques de l'analyse des conditions d'évacuation et d'intervention des services de secours.

L'objectif de cette partie de l'étude est d'une part de vérifier la compatibilité entre les conditions d'enfumage des zones d'étude et les délais d'évacuation.

Les critères retenus pour l'analyse sont ceux correspondant aux conditions acceptables qui ont été rappelées au §4.2.2.

De manière générale, les résultats sont présentés sur une vue en plan à 2 m de hauteurs. En fonction des scénarios une approche à 1 m de hauteur pour les services de secours est étudiée dans les cas les plus critiques.

8.1. SCENARIO 1 – INCENDIE AU CENTRE DE LA CELLULE AU BAS DU STOCKAGE DES RACKS – CELLULE 2

Pour rappel, les temps d'évacuations sont de :

- 4 min 37 sec au RDC ;
- 3 min 41 sec en mezzanine du RDC.

8.1.1. Débit calorifique

Le débit calorifique suit bien la cinétique théorique « rapide » imposée durant les 5 premières minutes, et poursuit approximativement son évolution selon cette cinétique jusqu'à 8 minutes. A partir de cet instant le foyer croît selon une cinétique plus importante que la cinétique « rapide ». A 18 minutes, un débit calorifique d'environ 1 370 MW est atteint.

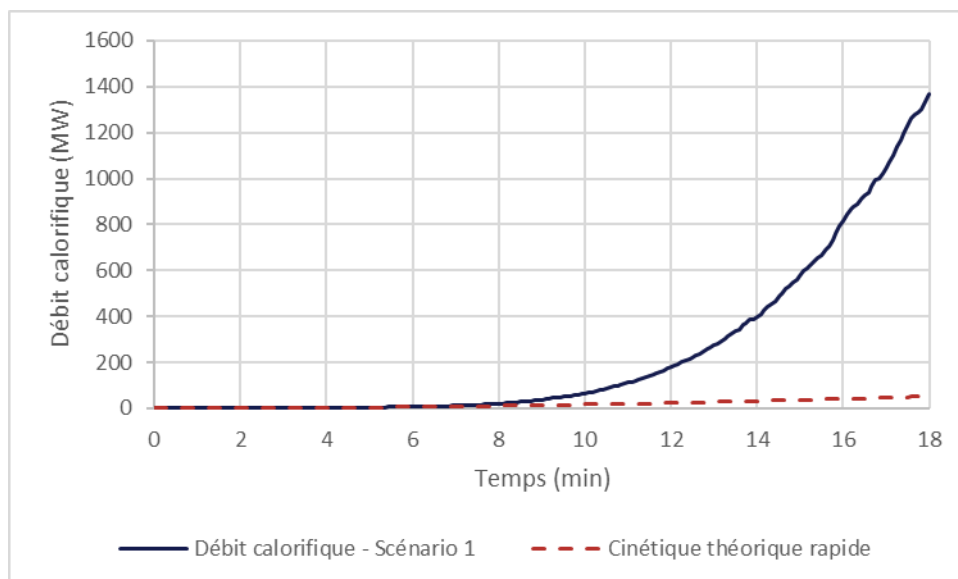


Figure 8-1 : Débit calorifique – Scénario 1

Remarque : à partir de 18 minutes, les simulations numériques ne sont plus exploitables du fait de la sous-ventilation du foyer. L'incendie est généralisé à cet instant.

8.1.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

Les résultats présentent les champs de coefficient d'extinction lumineuse (échelle entre 0 et 1,6 m⁻¹ et avec troncature au-dessous de 0,4 m⁻¹ – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la visibilité restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au RDC comme en mezzanine. Elles commencent à se dégrader localement à partir de :

- 15 minutes au RDC ;
- 8 minutes en mezzanine.

Pour les services de secours, au RDC, la visibilité commence à devenir inférieure à 5 m à partir de 17 minutes. A 18 minutes, la visibilité est inférieure à 5 m sur l'ensemble de la cellule, soit lorsque l'incendie est généralisé et que la couche de fumée atteint le sol de la cellule.

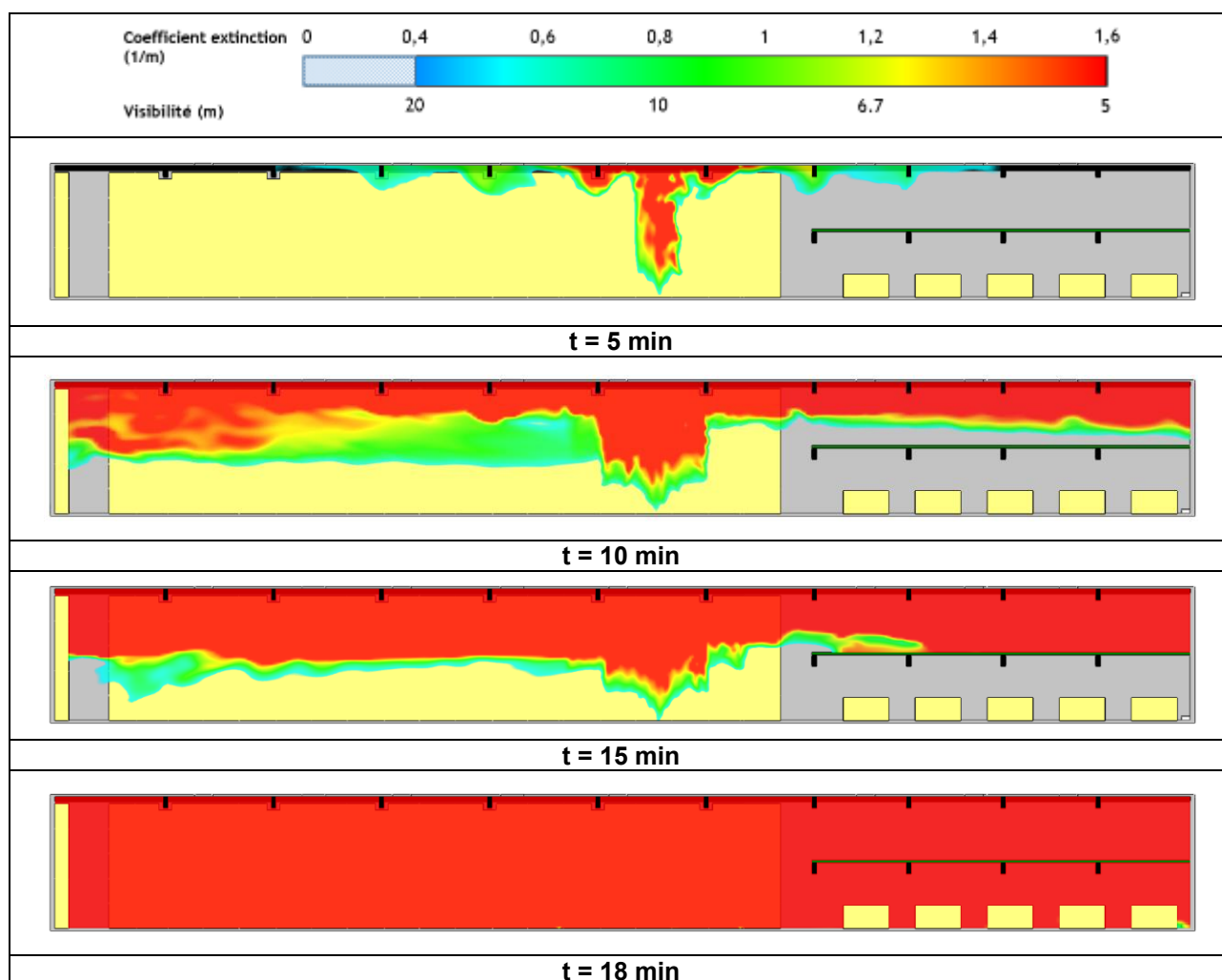


Tableau 8-1 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Coefficient d'extinction lumineuse

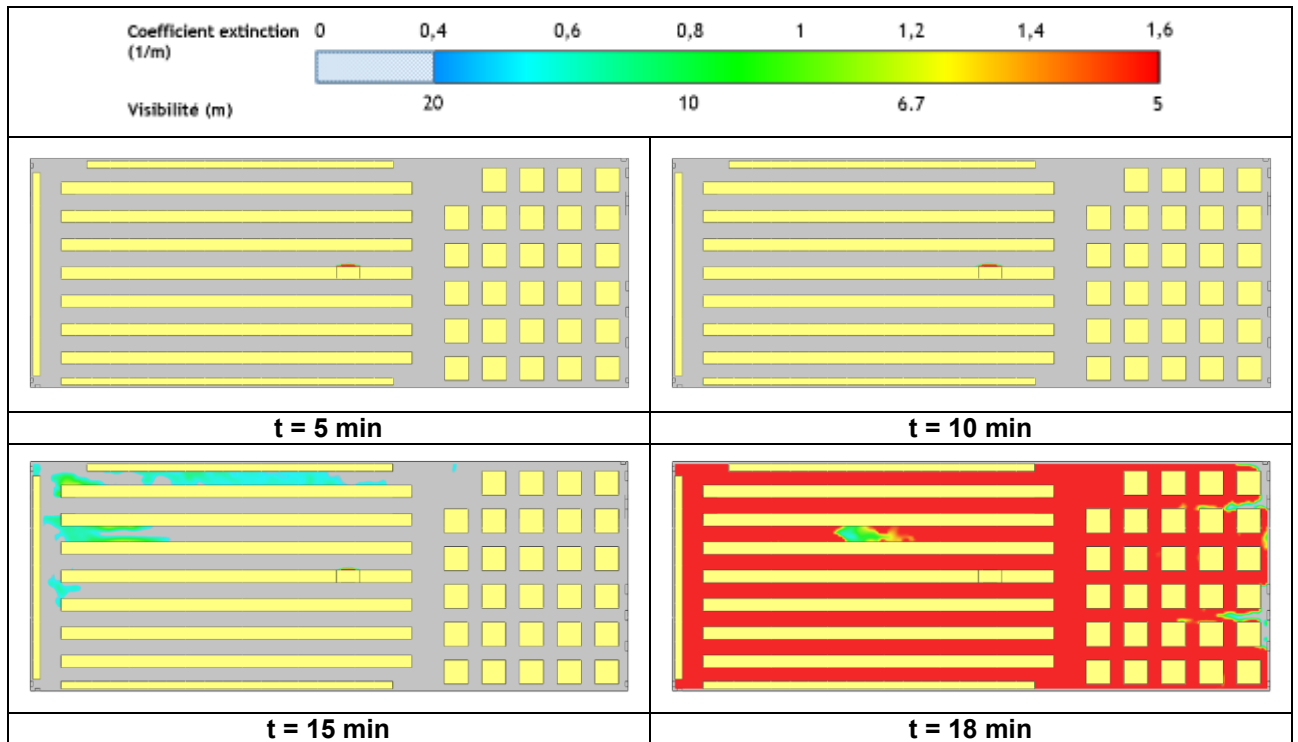


Tableau 8-2 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 2 m

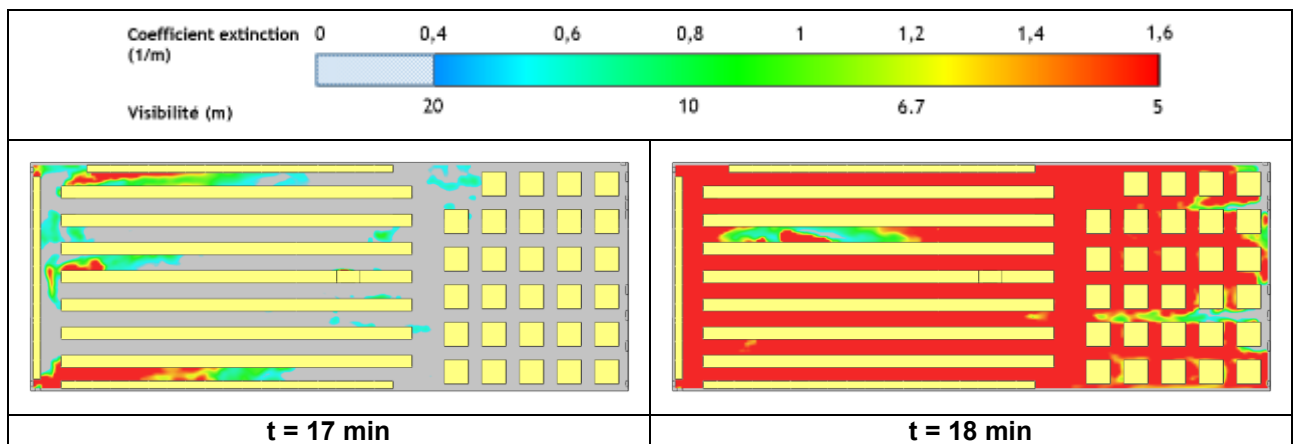


Tableau 8-3 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

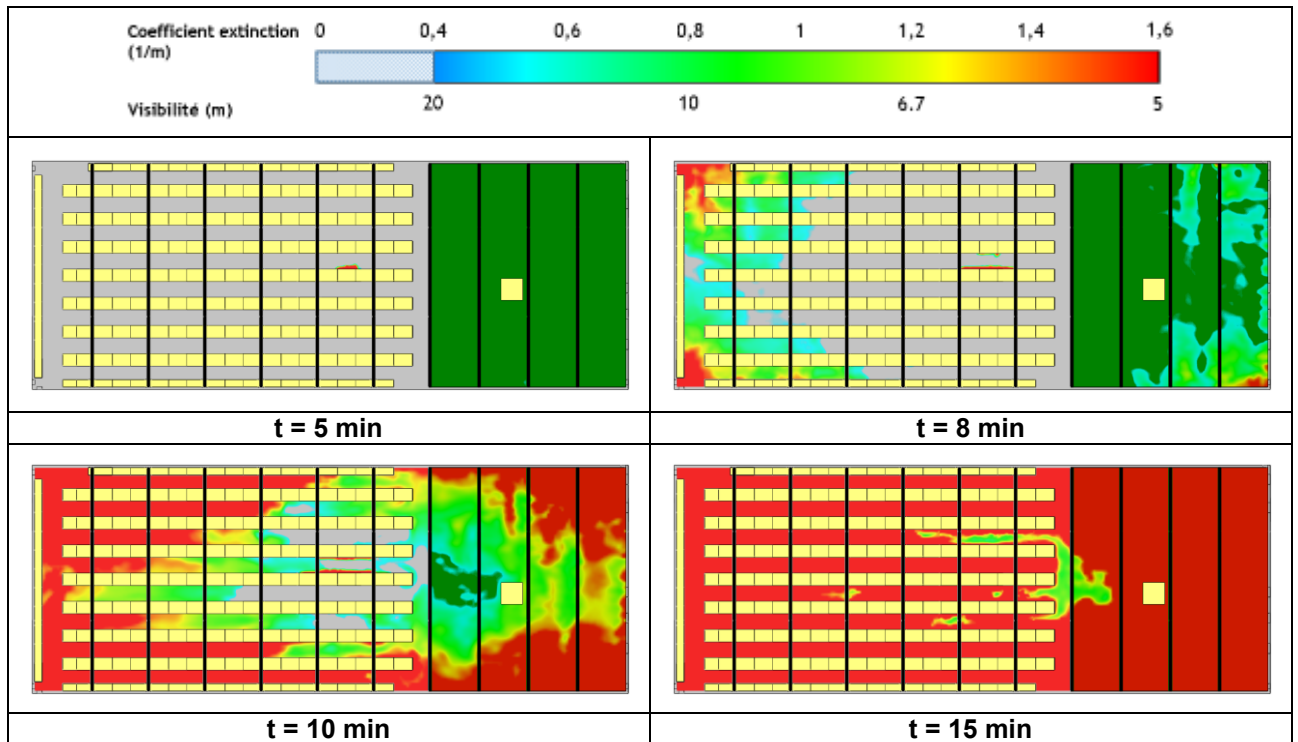


Tableau 8-4 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à $z = 9,5$ m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.1.3. Température

Les figures ci-dessous présentent les champs de température (échelle entre 20 et 100°C avec troncature au-dessous de 40°C – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la température restent acceptables au RDC comme en mezzanine jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel, et jusque 17 minutes après le départ de feu pour les services de secours au sol du RDC.

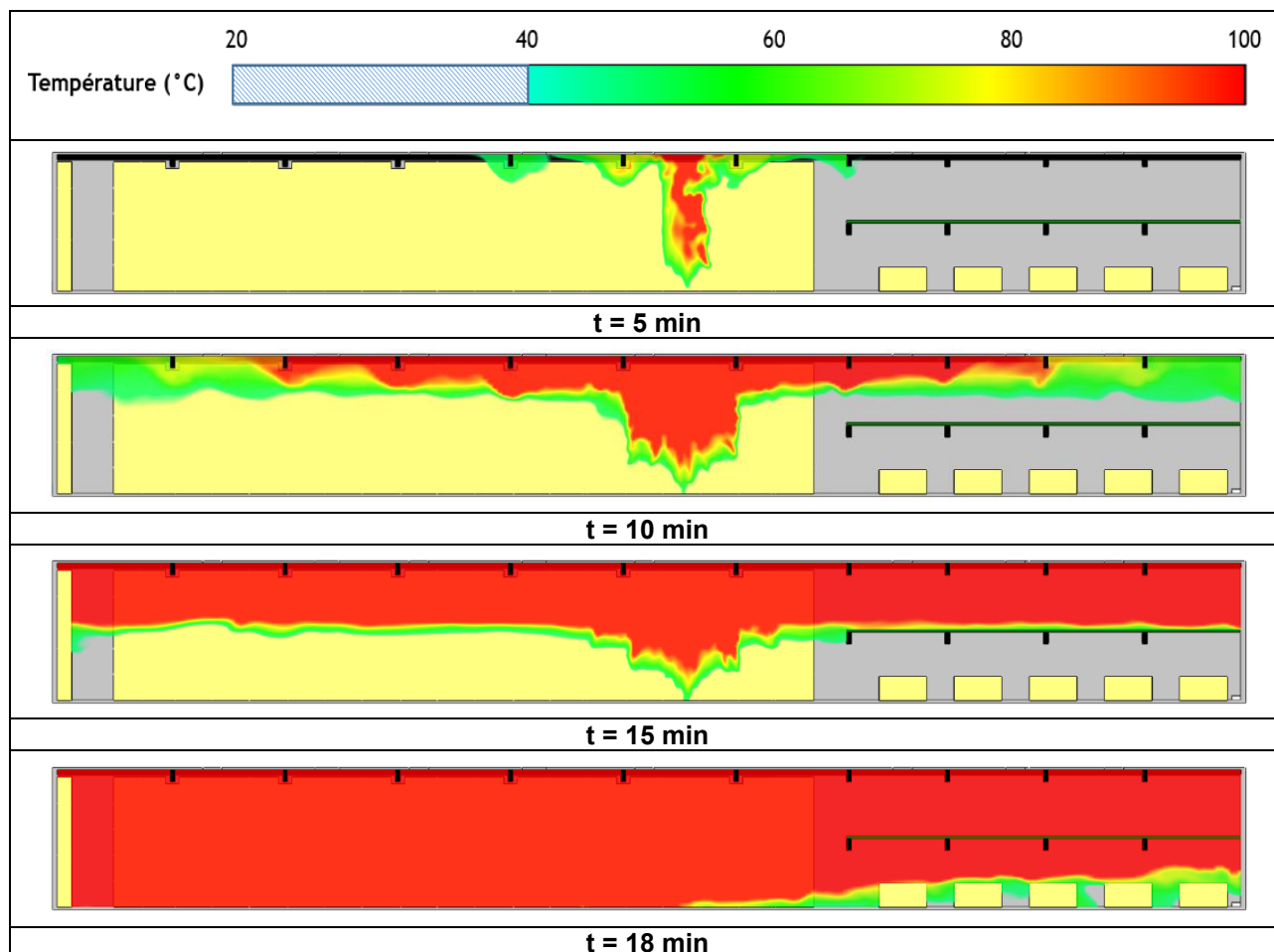
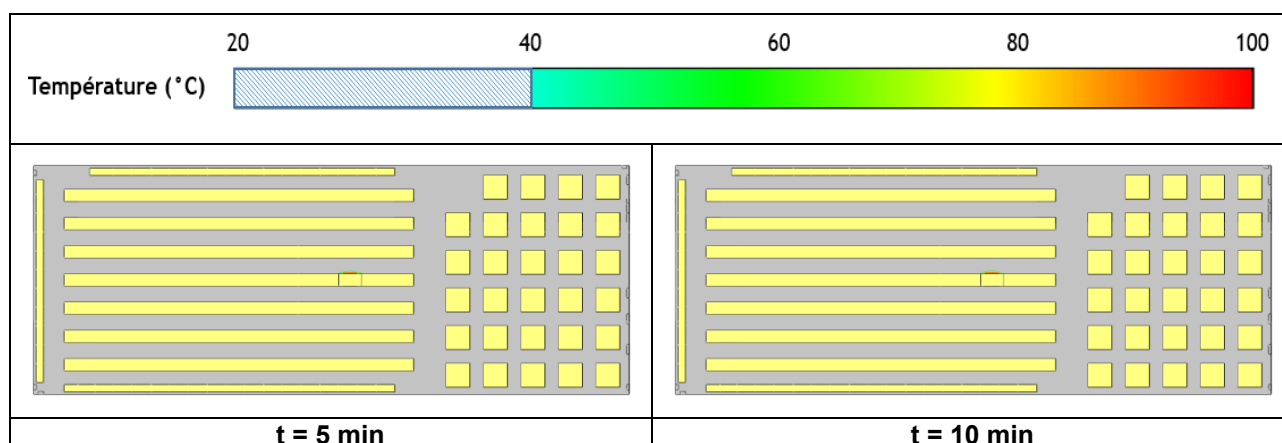


Tableau 8-5 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Température



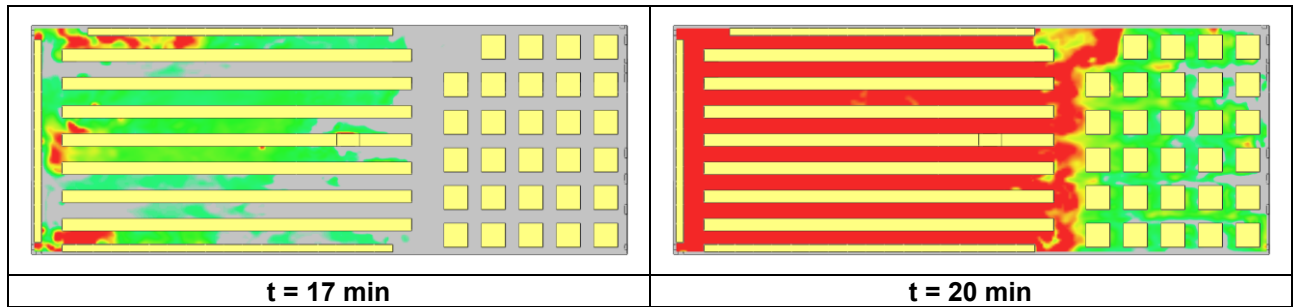


Tableau 8-6 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 2 m

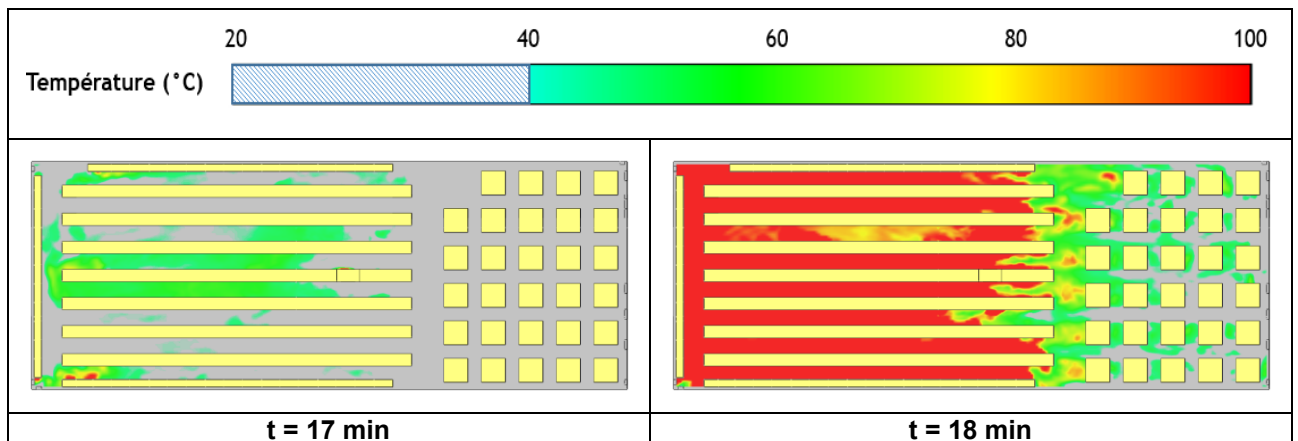


Tableau 8-7 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

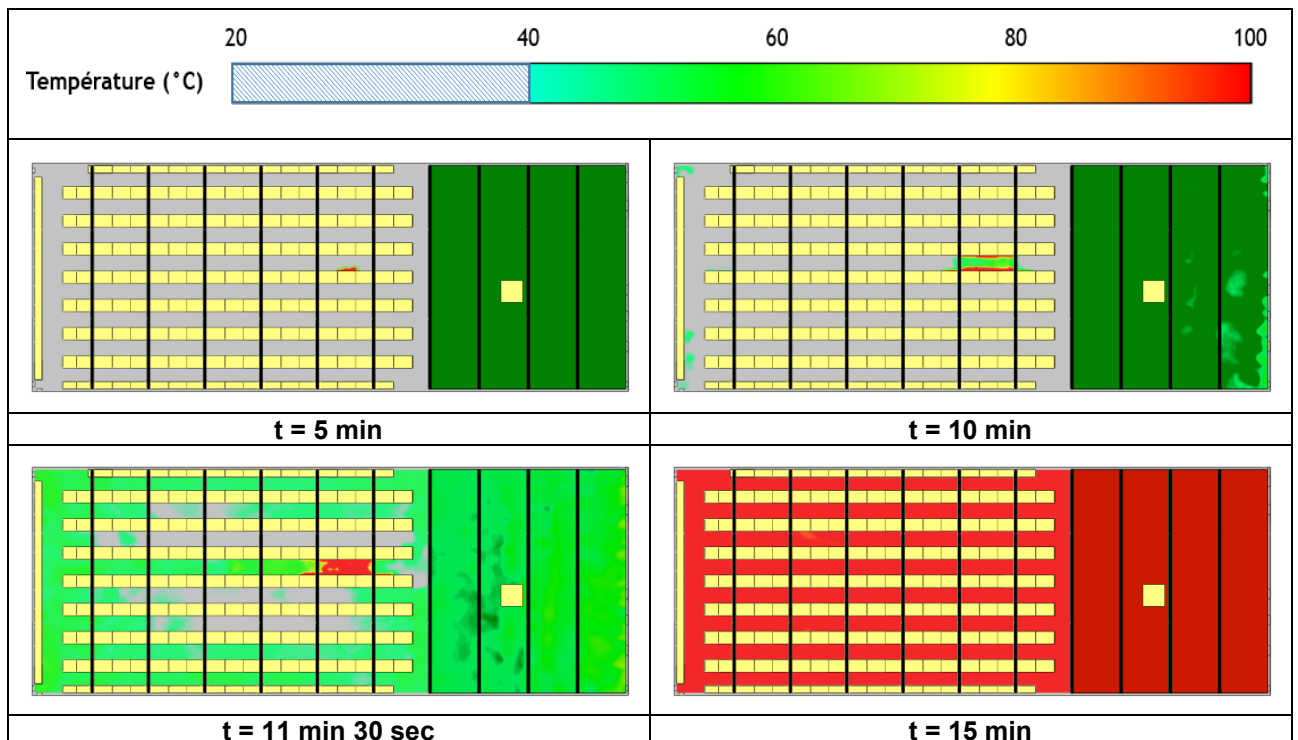


Tableau 8-8 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

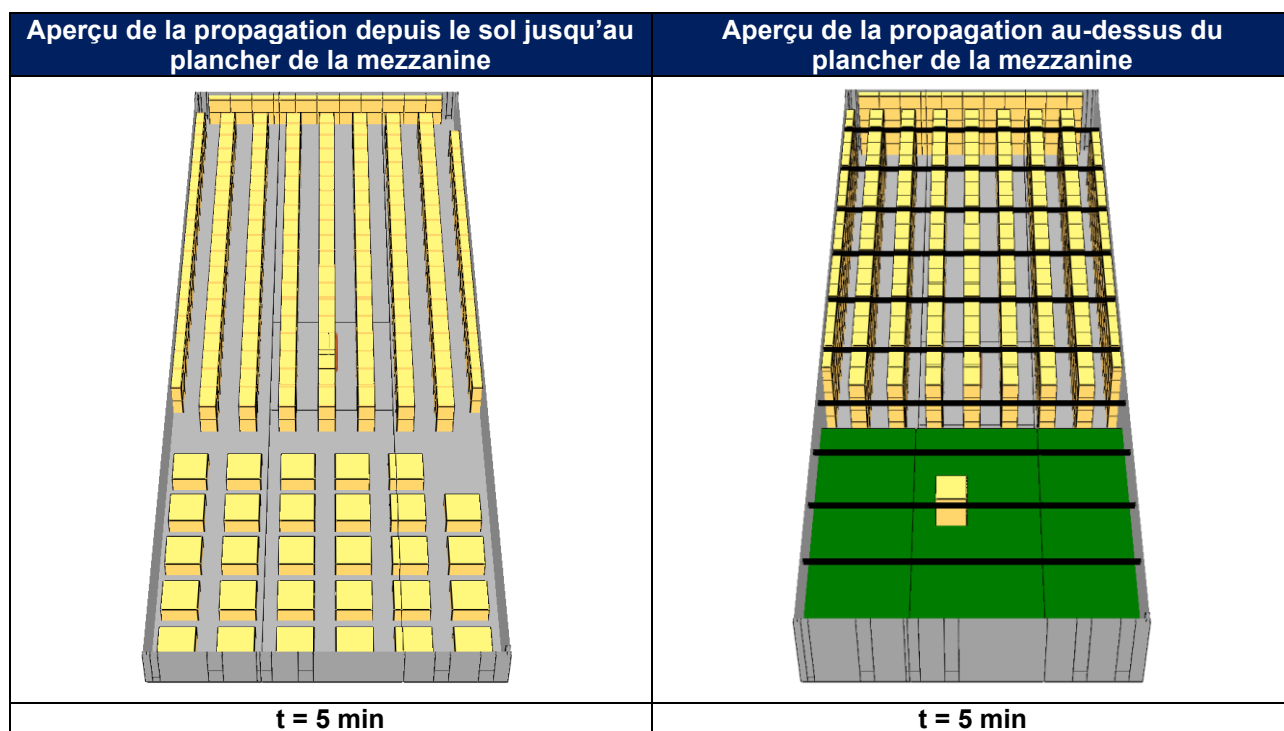
8.1.4. Flux thermiques

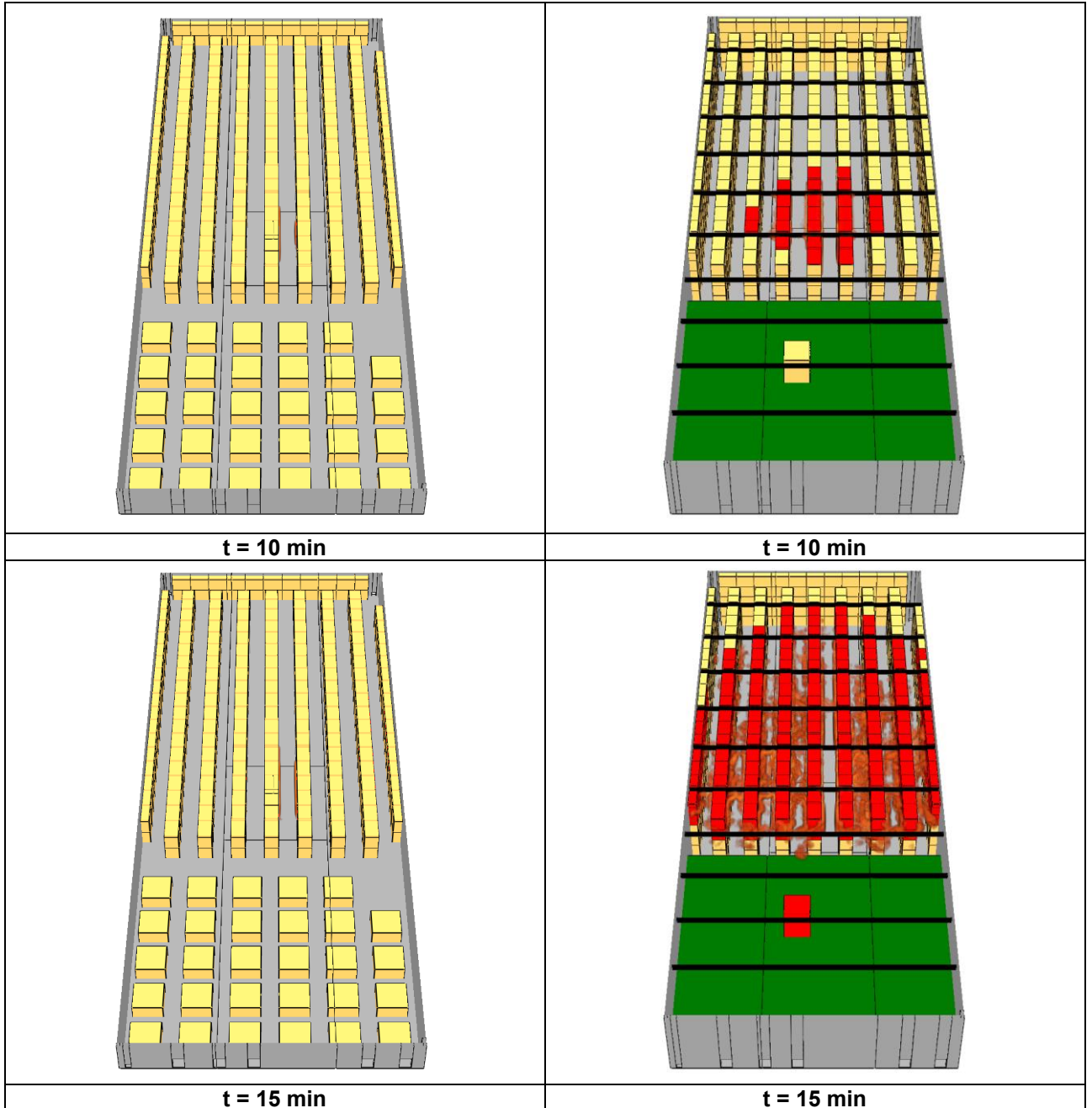
Les distances d'effets de flux thermiques évoluent selon la propagation de l'incendie. Le tableau ci-dessous illustre la propagation de l'incendie au sein de la cellule. Durant les cinq premières minutes, l'incendie est contrôlé et reste compris dans le rack de départ de feu. Il se propage ensuite sur un axe vertical toujours dans le rack de départ de feu avant qu'un flash over commence localement à se produire à partir de 10 minutes.

L'incendie est généralisé sur la quasi-totalité des racks (flash over généralisé) 15 minutes après le départ de feu et commence à se propager depuis le haut du stockage vers le bas du stockage. Après 16 minutes 30 secondes, l'incendie atteint le bas des racks, il est alors possible de considérer que les conditions vis-à-vis des flux thermiques sont dégradées à partir de cet instant.

Le personnel ayant évacué la cellule avant 5 minutes, il conserve des conditions acceptables lors de son évacuation au sol du RDC comme en mezzanine.

Pour les services de secours, les conditions deviennent difficiles à partir de 16 minutes 30 secondes.





8.1.5. Concentration en monoxyde de carbone

Les résultats présentent les champs de monoxyde de carbone (CO) (échelle entre 0 et 300 ppm et avec troncature en dessous de 150 ppm – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la concentration en monoxyde de carbone restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au sol du RDC comme en mezzanine.

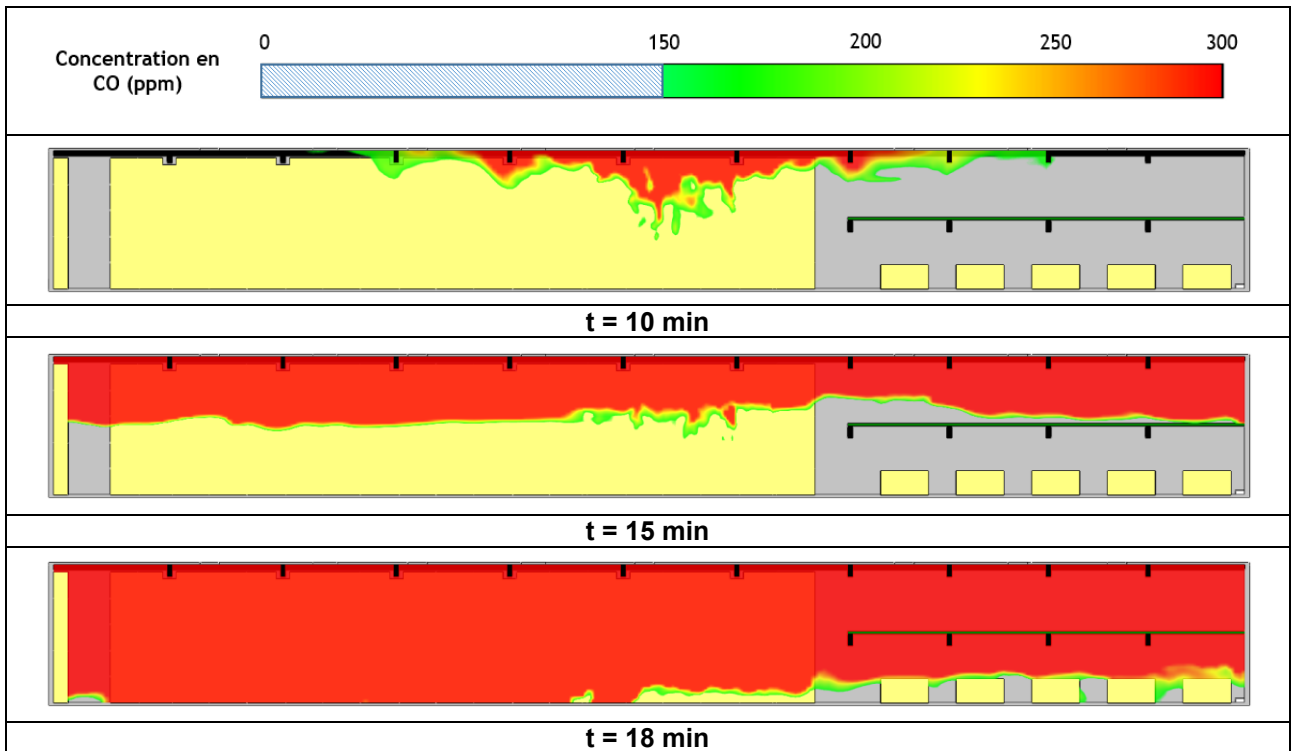


Tableau 8-11 : Vue en coupe verticale passant par le foyer – Concentration en CO

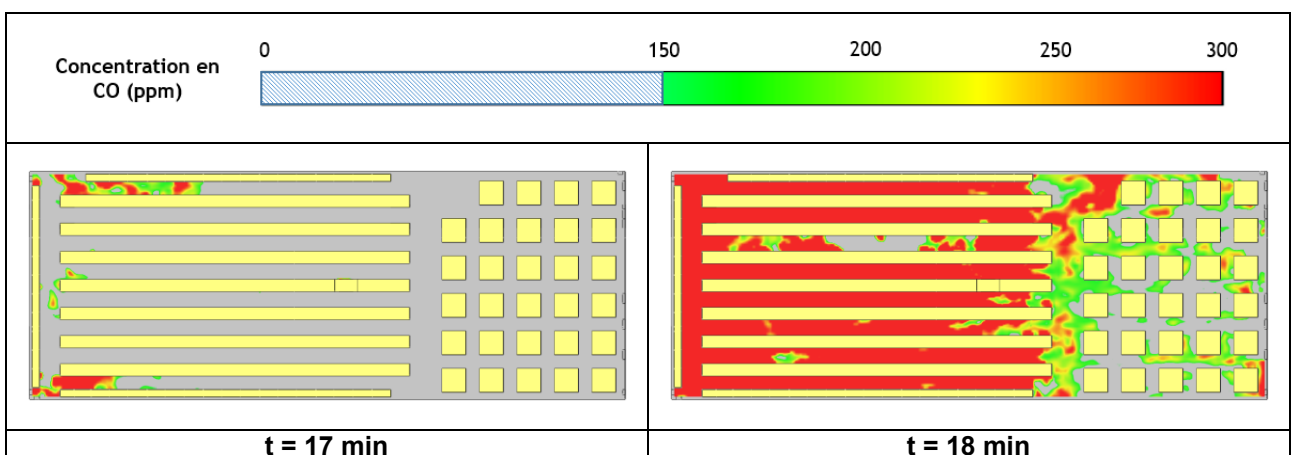


Tableau 8-12 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 2 m

8.2. SCENARIO 2 – INCENDIE SOUS LA MEZZANINE – CELLULE 2

Pour rappel, les temps d'évacuations sont de :

- 4 min 37 sec au RDC ;
- 3 min 41 sec en mezzanine du RDC.

8.2.1. Débit calorifique

Le débit calorifique suit bien la cinétique théorique « rapide » imposée durant les 5 premières minutes, et poursuit son évolution selon cette cinétique jusqu'à 20 minutes pour atteindre un débit calorifique de 64 MW.

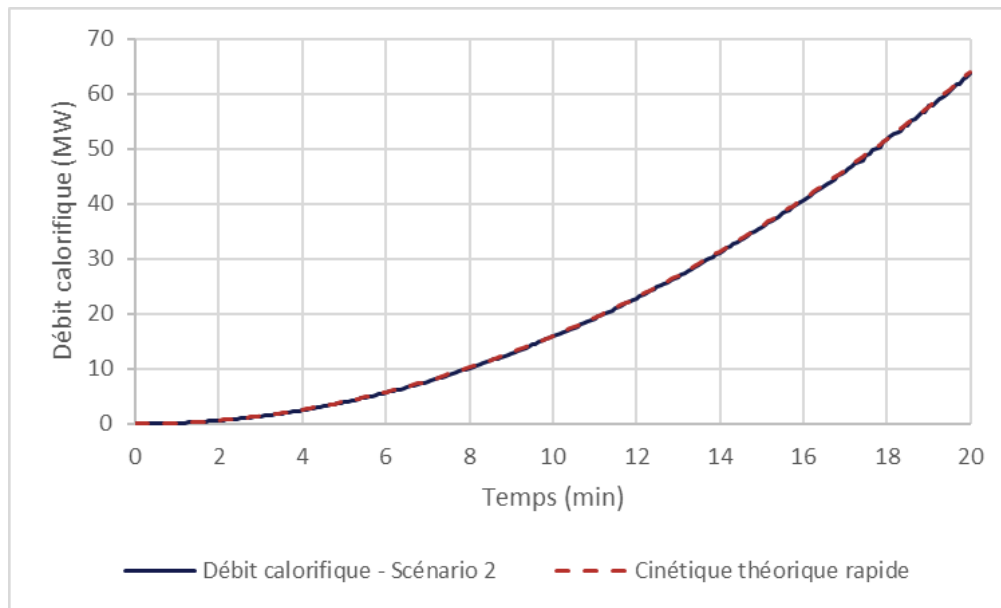


Figure 8-2 : Débit calorifique – Scénario 2

8.2.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

Les résultats présentent les champs de coefficient d'extinction lumineuse (échelle entre 0 et 1,6 m⁻¹ et avec troncature au-dessous de 0,4 m⁻¹ – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la visibilité restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au RDC comme en mezzanine. Elles commencent à se dégrader localement à partir de :

- 9 minutes au RDC ;
- 8 minutes en mezzanine.

Pour les services de secours, au RDC la visibilité commence à devenir inférieure à 5 m à partir de 12 minutes. Dès 14 minutes, la visibilité est inférieure à 5 m sur l'ensemble de la cellule.

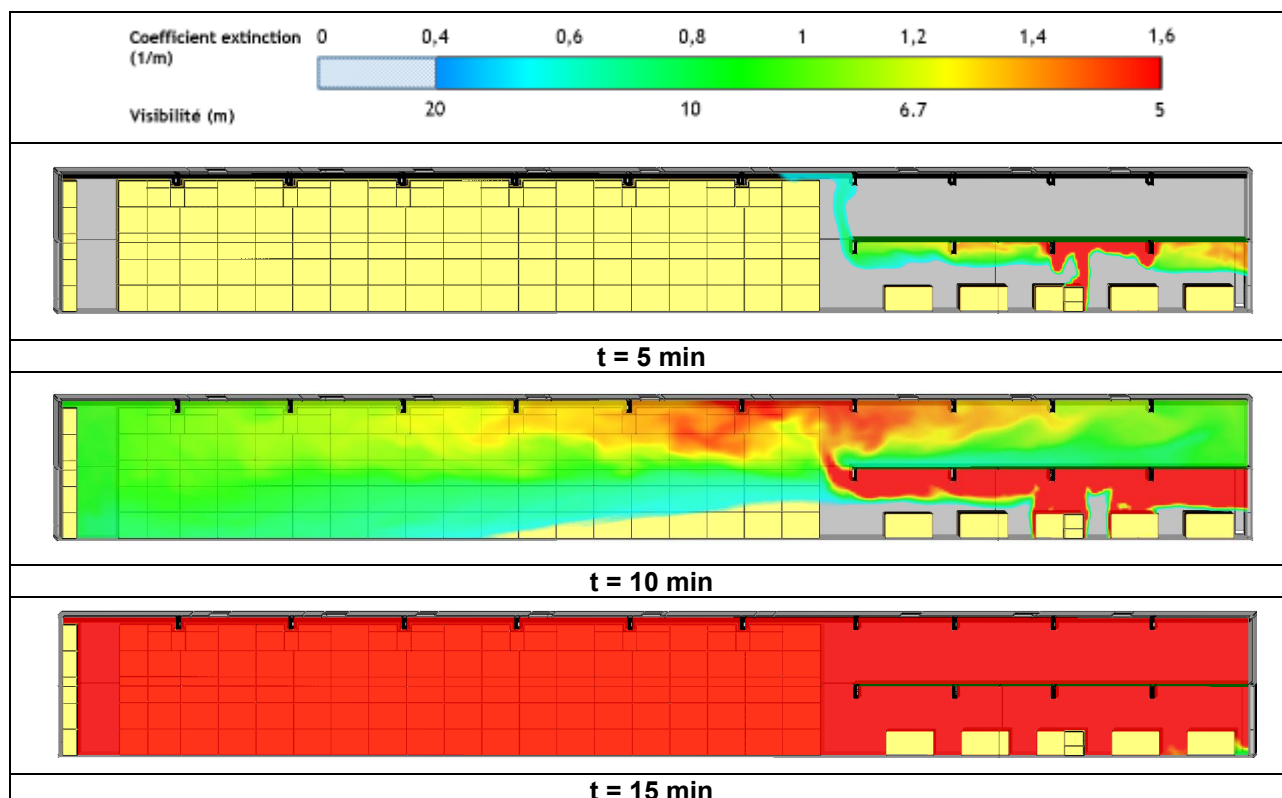


Tableau 8-14 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Coefficient d'extinction lumineuse

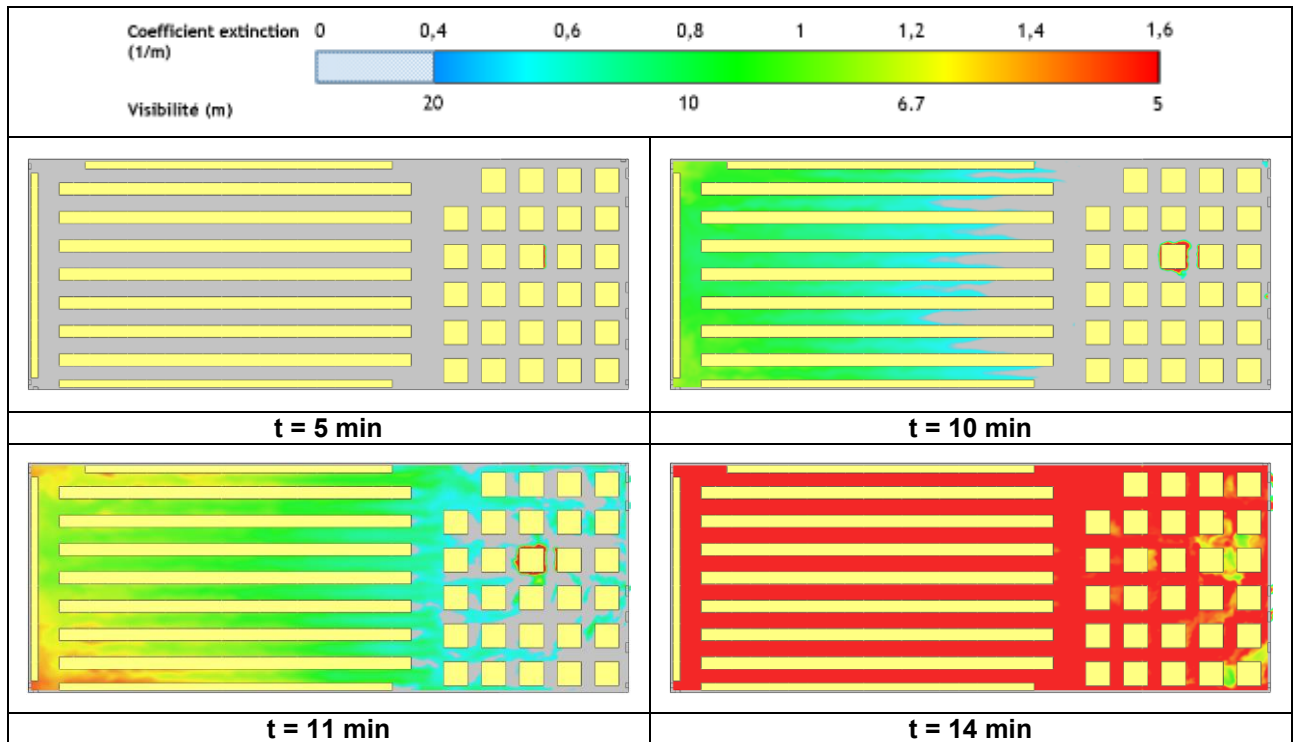


Tableau 8-15 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à $z = 2$ m

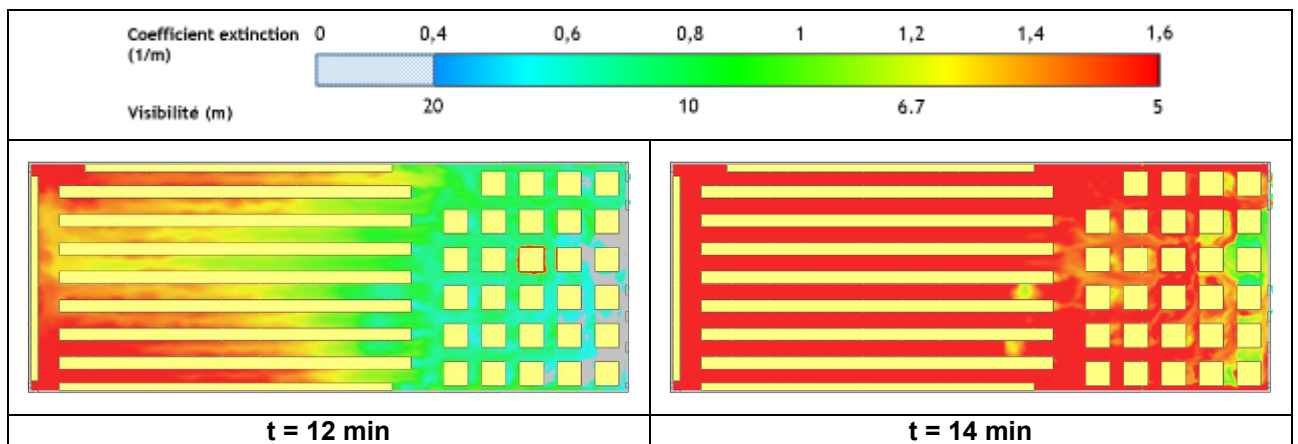


Tableau 8-16 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à $z = 1$ m (service de secours)

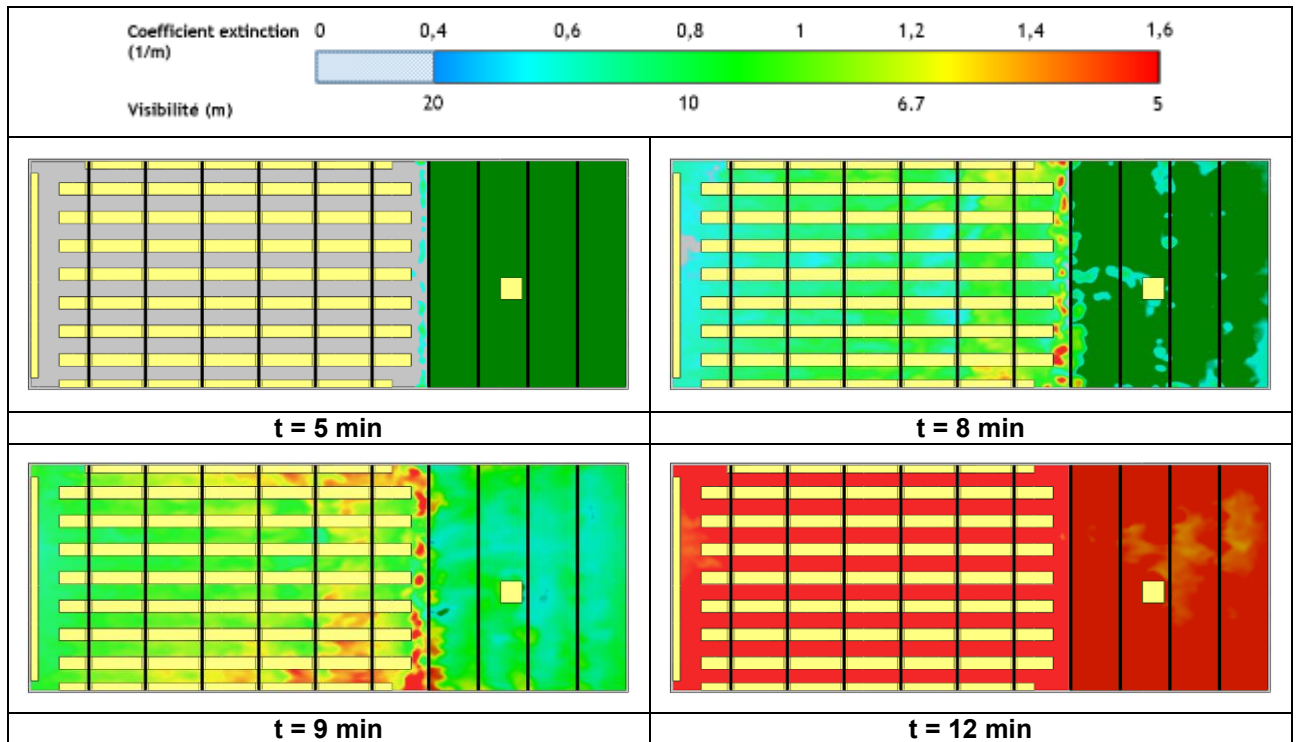


Tableau 8-17 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à $z = 9,5$ m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.2.3. Température

Les figures ci-dessous présentent les champs de température (échelle entre 20 et 100°C avec troncature au-dessous de 40°C – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la température restent acceptables au RDC comme en mezzanine jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel, et jusque 20 minutes après le départ de feu pour les services de secours, hormis sous la mezzanine où à 20 minutes les conditions commencent à se dégrader.

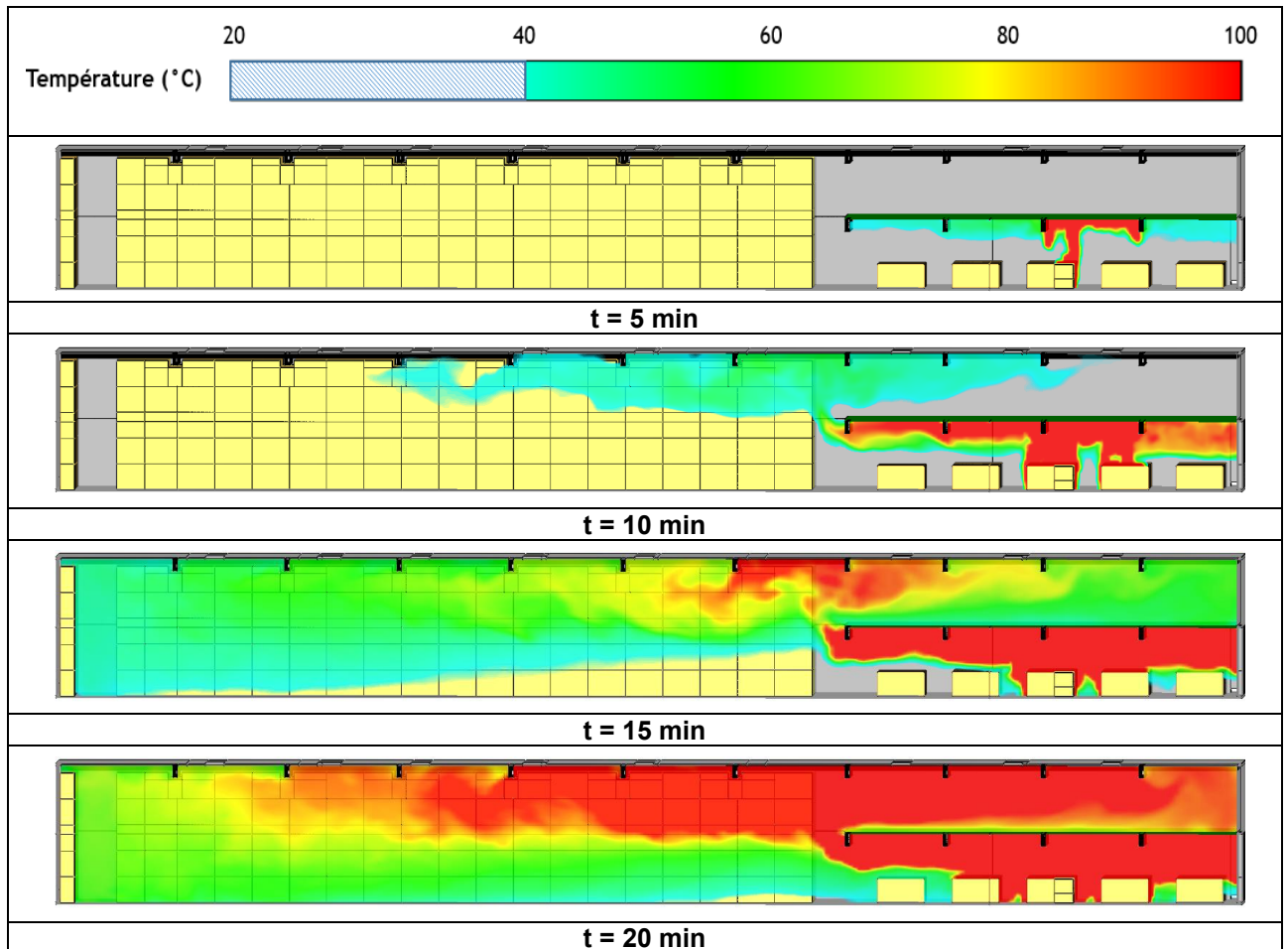
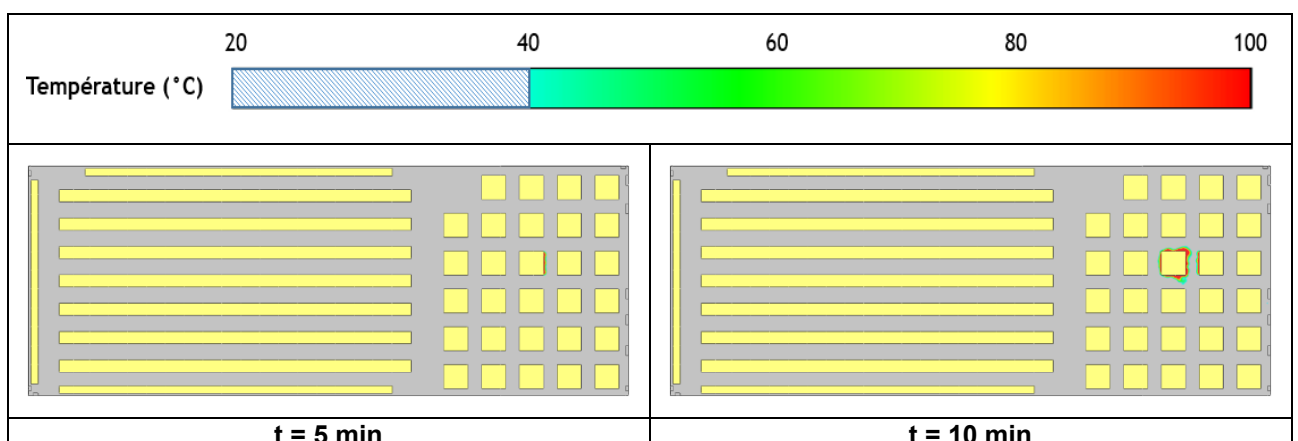


Tableau 8-18 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Température



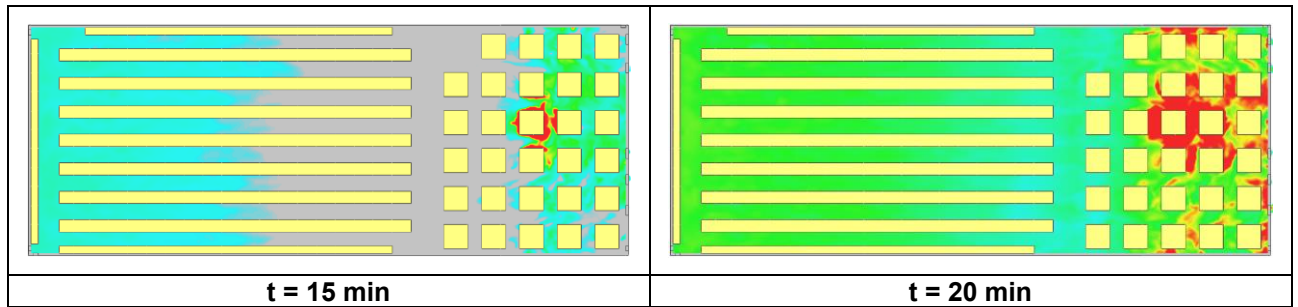


Tableau 8-19 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 2 m

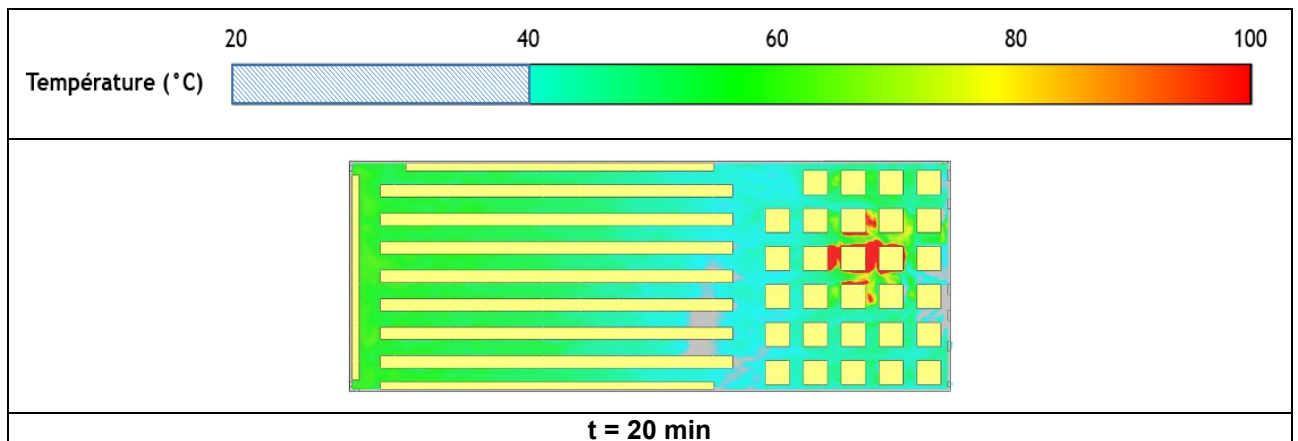


Tableau 8-20 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

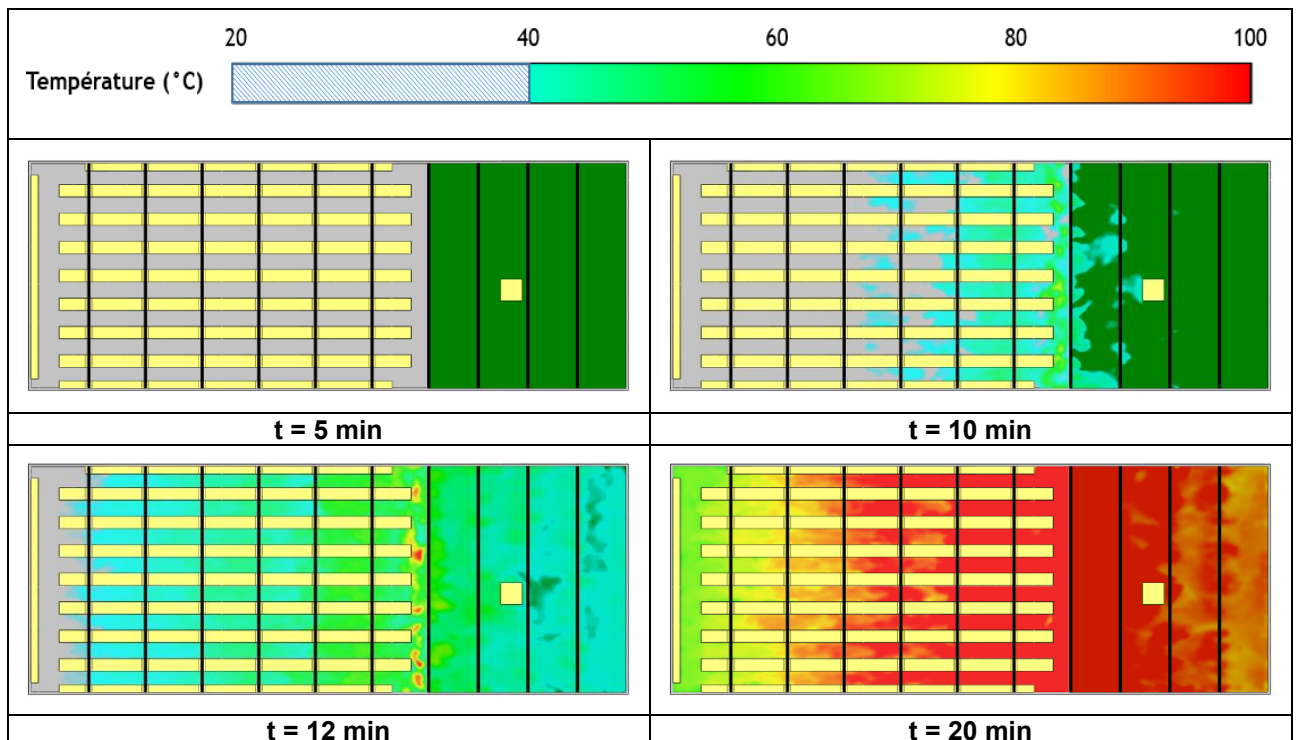


Tableau 8-21 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

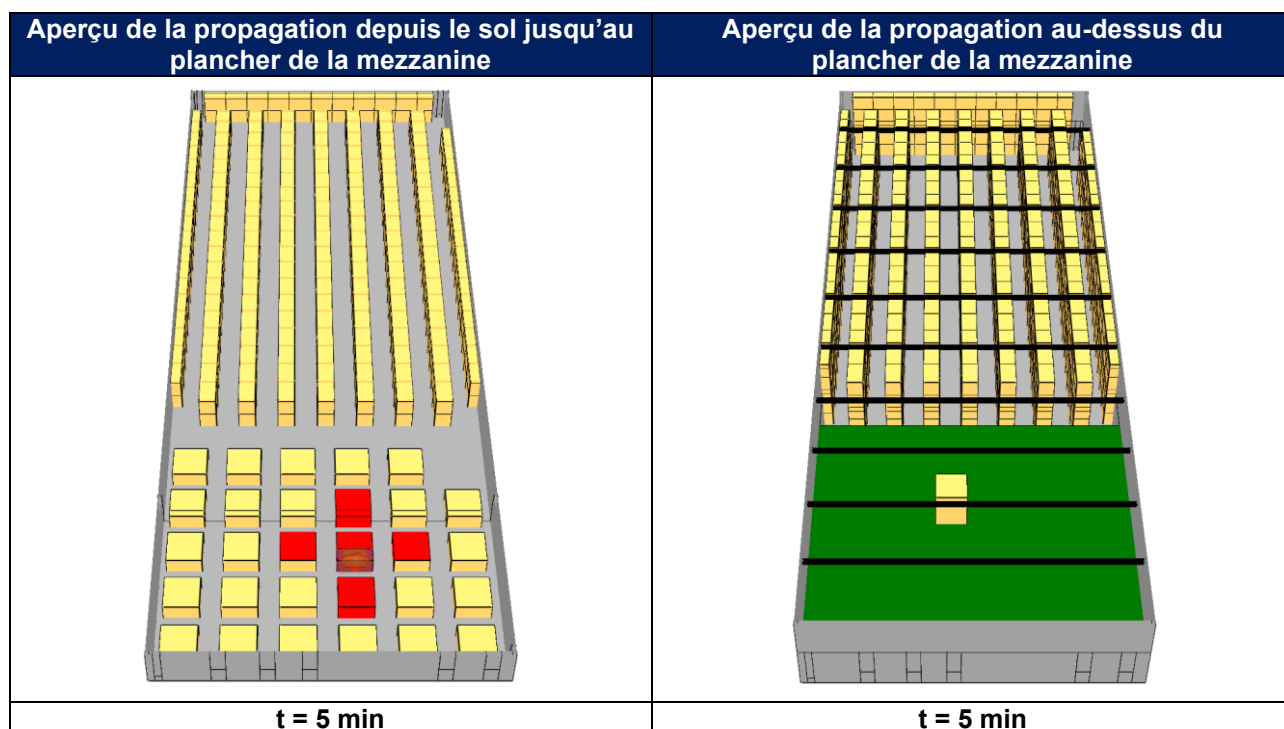
8.2.4. Flux thermiques

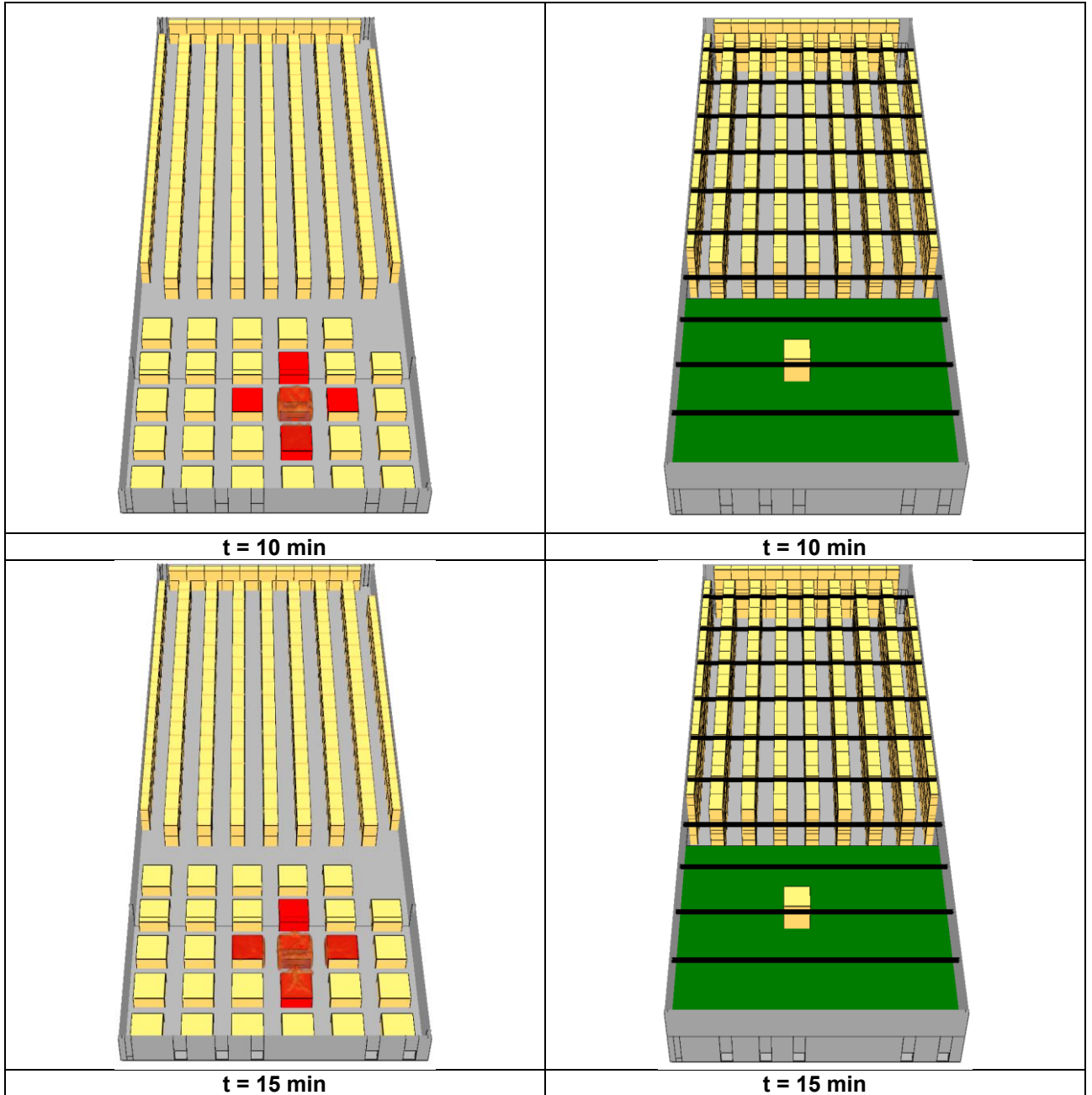
Les distances d'effets de flux thermiques évoluent selon la propagation de l'incendie. Le tableau ci-dessous illustre la propagation de l'incendie au sein de la cellule. Durant les cinq premières minutes, l'incendie est contrôlé et reste localisé au niveau du départ de feu (îlot sous mezzanine). Il se propage ensuite de proche en proche sous la mezzanine. Il n'y a pas encore de flash over après 20 minutes d'incendie.

L'incendie reste localisé sur les îlots autour du départ de feu après 20 minutes. Néanmoins, le rayonnement émit par la couche de fumée chaude montre que les flux thermiques sont supérieurs à 2 kW/m² sous la mezzanine à 20 minutes. A partir de cet instant, il est possible de considérer que les conditions vis-à-vis des flux thermiques sont dégradées sous la mezzanine.

Le personnel ayant évacué la cellule avant 5 minutes, il conserve des conditions acceptables lors de son évacuation au RDC comme en mezzanine.

Pour les services de secours, les conditions restent acceptables sur les 20 premières minutes de feu, hormis à proximité du foyer.





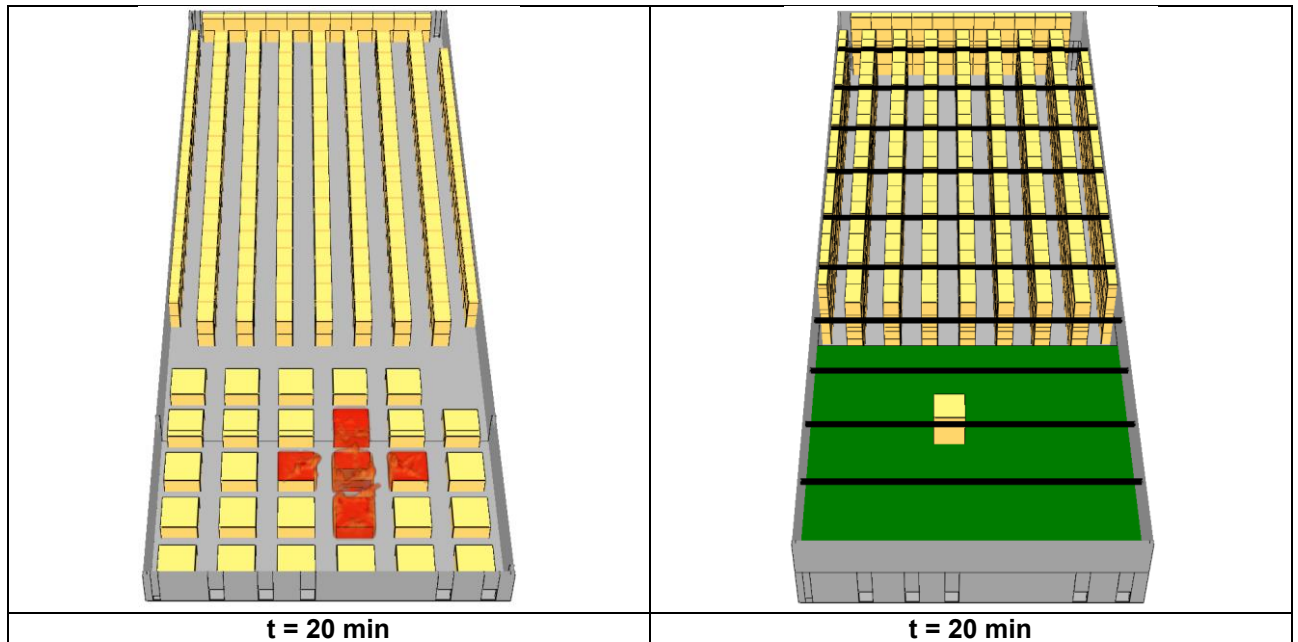


Tableau 8-22 : Evolution de la propagation de l'incendie dans la cellule

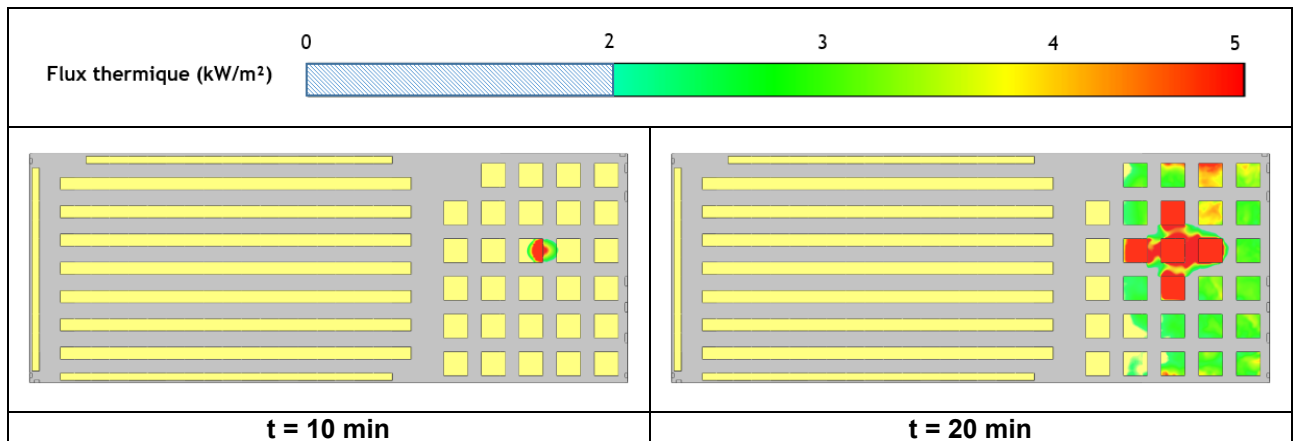


Tableau 8-23 : Flux thermiques reçu au niveau du sol

8.2.5. Concentration en monoxyde de carbone

Les résultats présentent les champs de monoxyde de carbone (CO) (échelle entre 0 et 300 ppm et avec troncature en dessous de 150 ppm – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la concentration en monoxyde de carbone restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au sol du RDC comme en mezzanine.

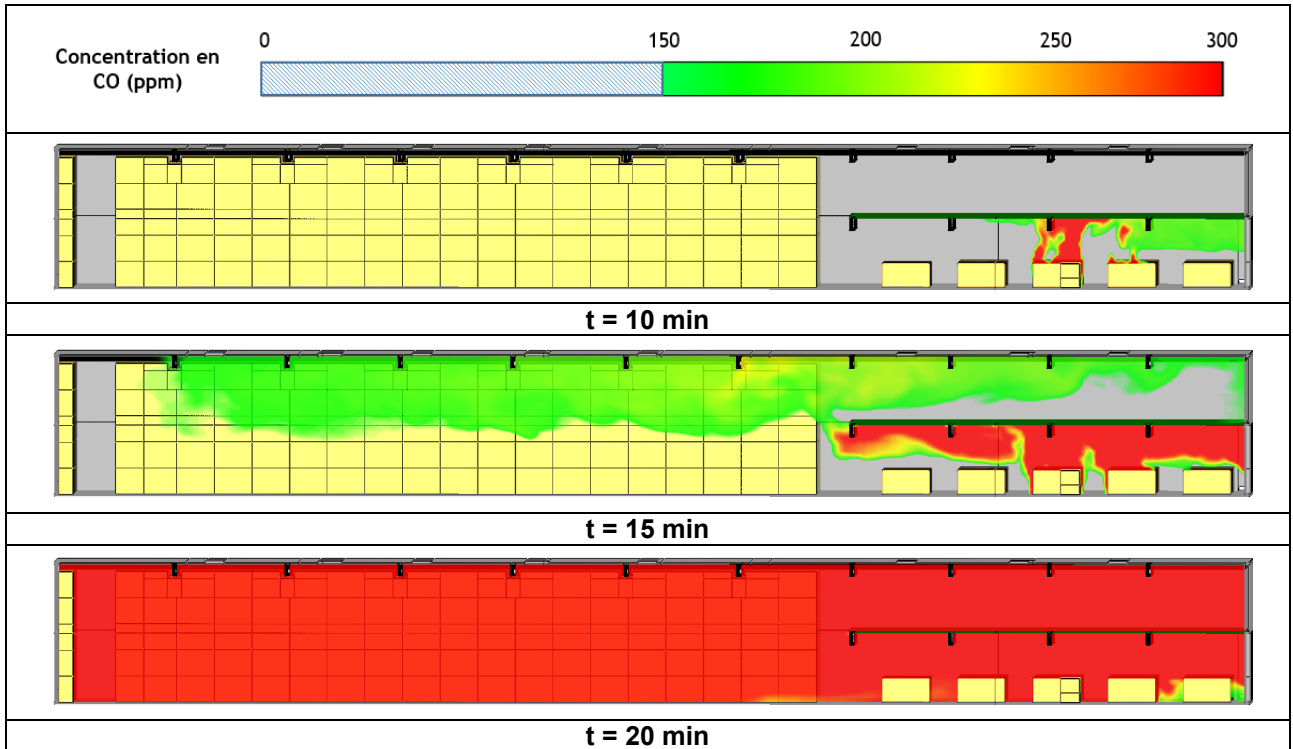


Tableau 8-24 : Vue en coupe verticale passant par le foyer – Concentration en CO

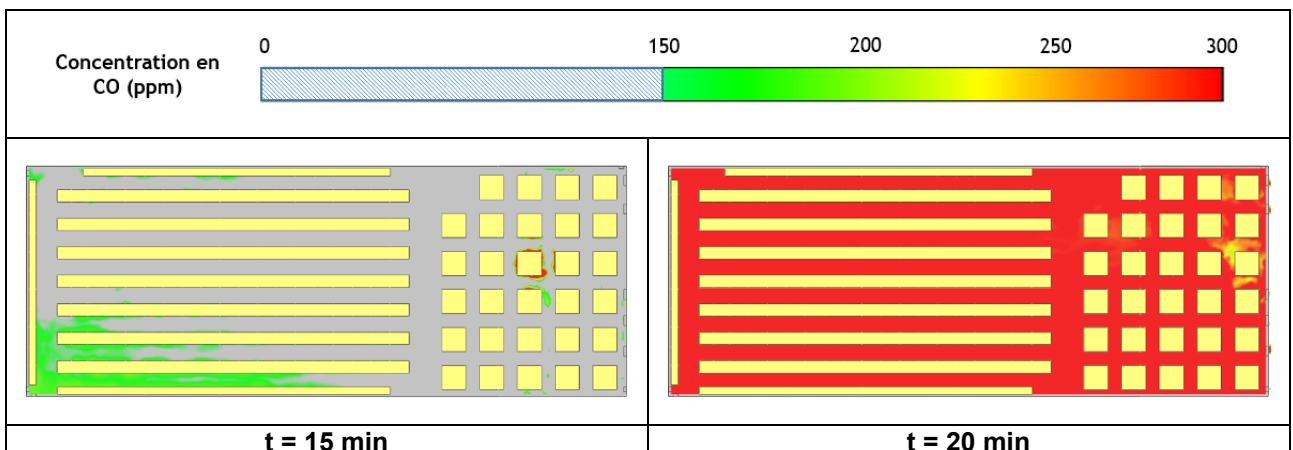


Tableau 8-25 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 2 m

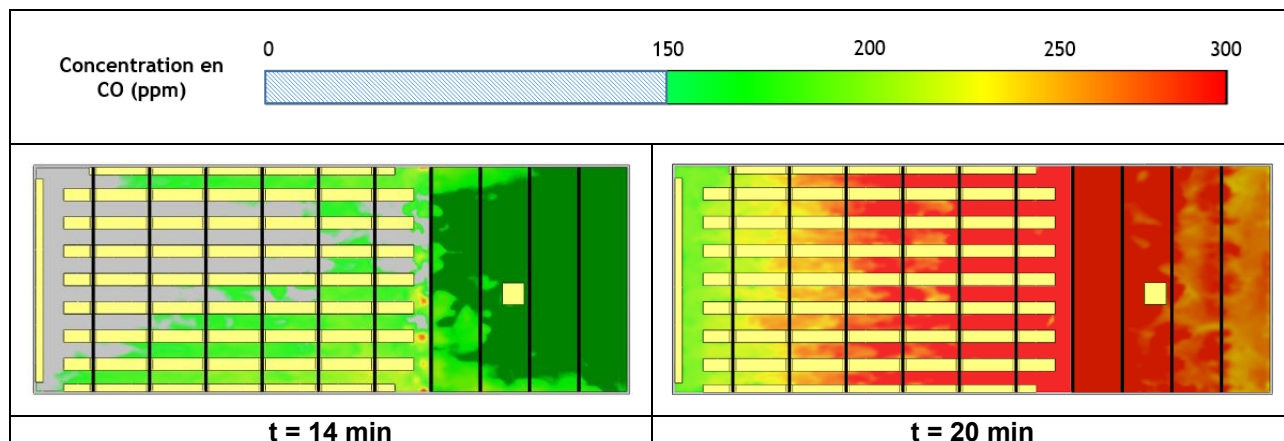


Tableau 8-26 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.3. SCENARIO 3 – INCENDIE AU NIVAU DE L'AUTOSTORE SUR LA MEZZANINE – CELLULE 2

Pour rappel, les temps d'évacuations sont de :

- 4 min 37 sec au RDC ;
- 3 min 41 sec en mezzanine du RDC.

8.3.1. Débit calorifique

Le débit calorifique suit bien la cinétique théorique « rapide » imposée durant les 5 premières minutes, et poursuit son évolution selon cette cinétique jusqu'à 20 minutes pour atteindre un débit calorifique de 64 MW.

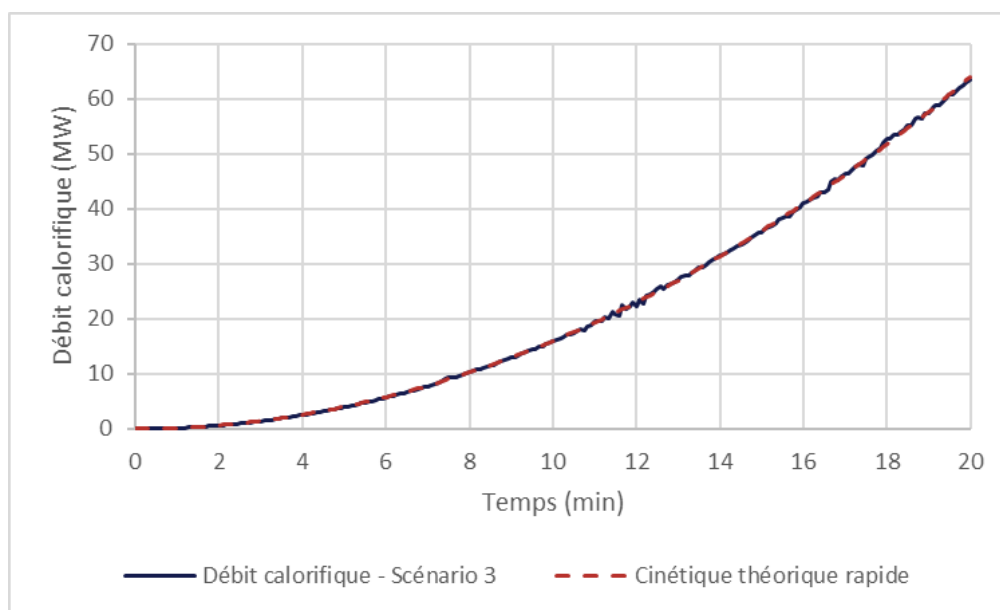


Figure 8-3 : Débit calorifique – Scénario 3

8.3.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

Les résultats présentent les champs de coefficient d'extinction lumineuse (échelle entre 0 et 1,6 m⁻¹ et avec troncature au-dessous de 0,4 m⁻¹ – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la visibilité restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au RDC comme en mezzanine. Elles commencent à se dégrader localement à partir de 12 minutes en mezzanine. Au RDC, la visibilité reste supérieure à 20 m sur toute la surface pendant les 20 premières minutes.

Pour les services de secours, la visibilité commence à devenir inférieure à 5 m à partir de 14 minutes uniquement en mezzanine. Au RDC, les conditions de visibilité restent acceptables pendant les 20 premières minutes.

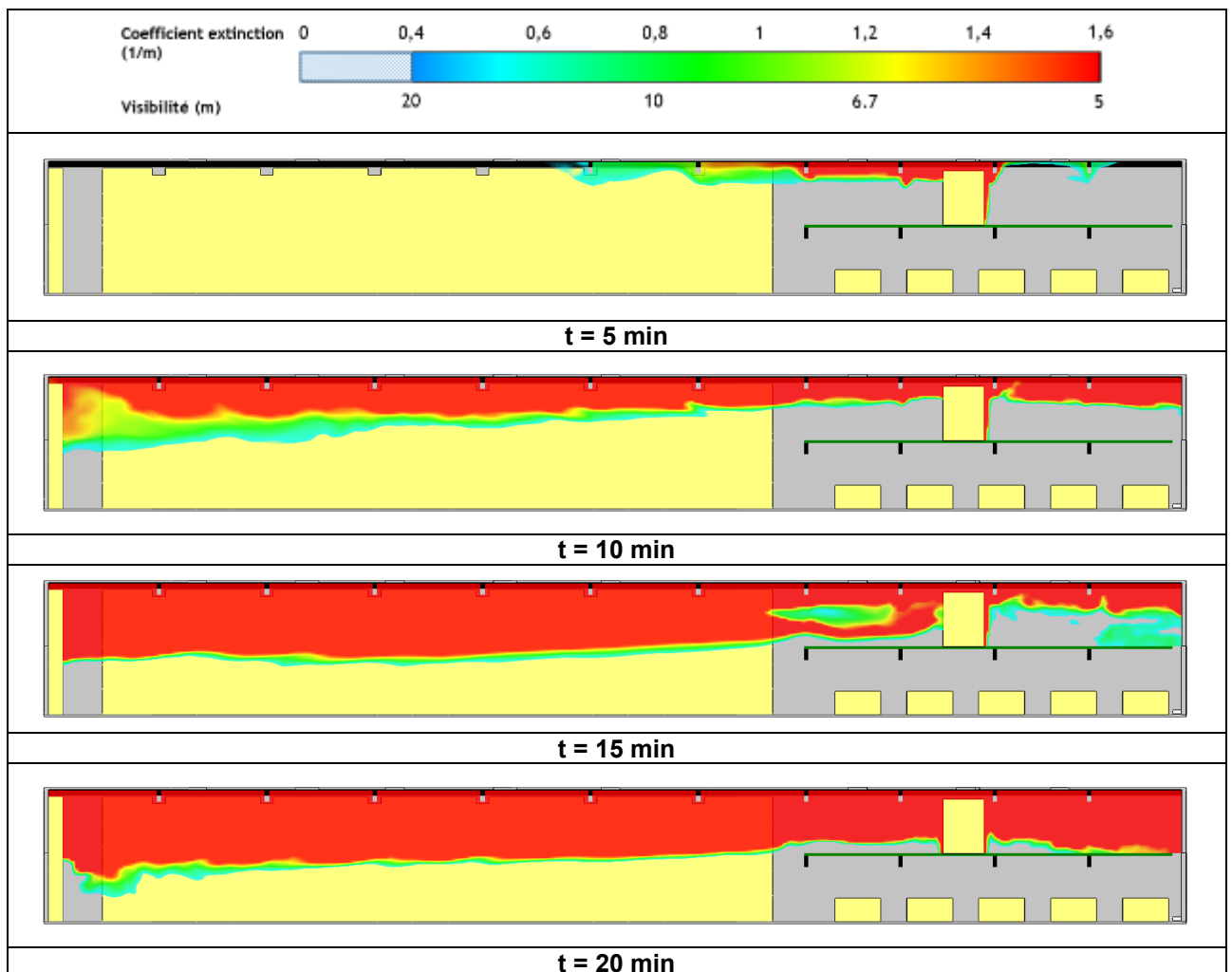


Tableau 8-27 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Coefficient d'extinction lumineuse

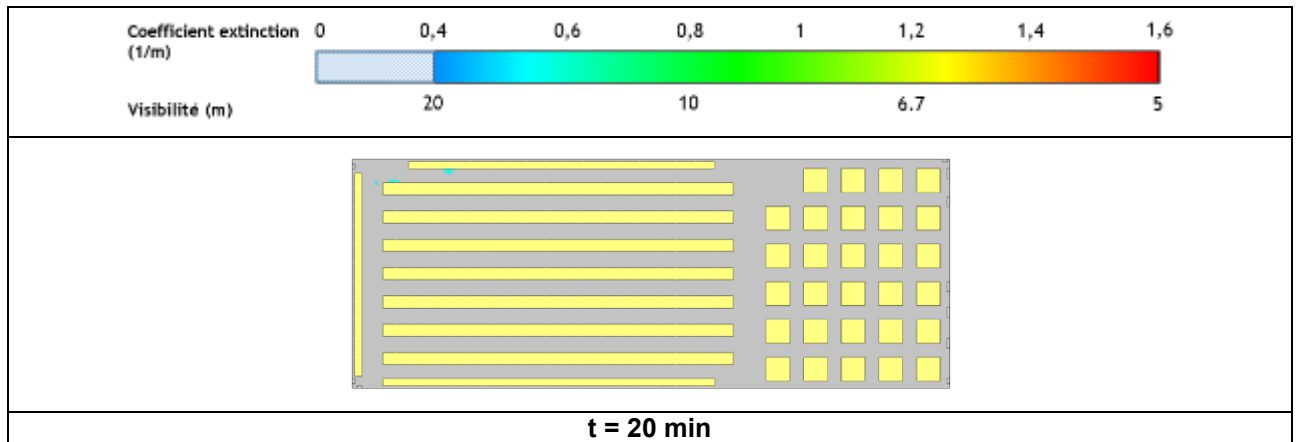


Tableau 8-28 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 2 m

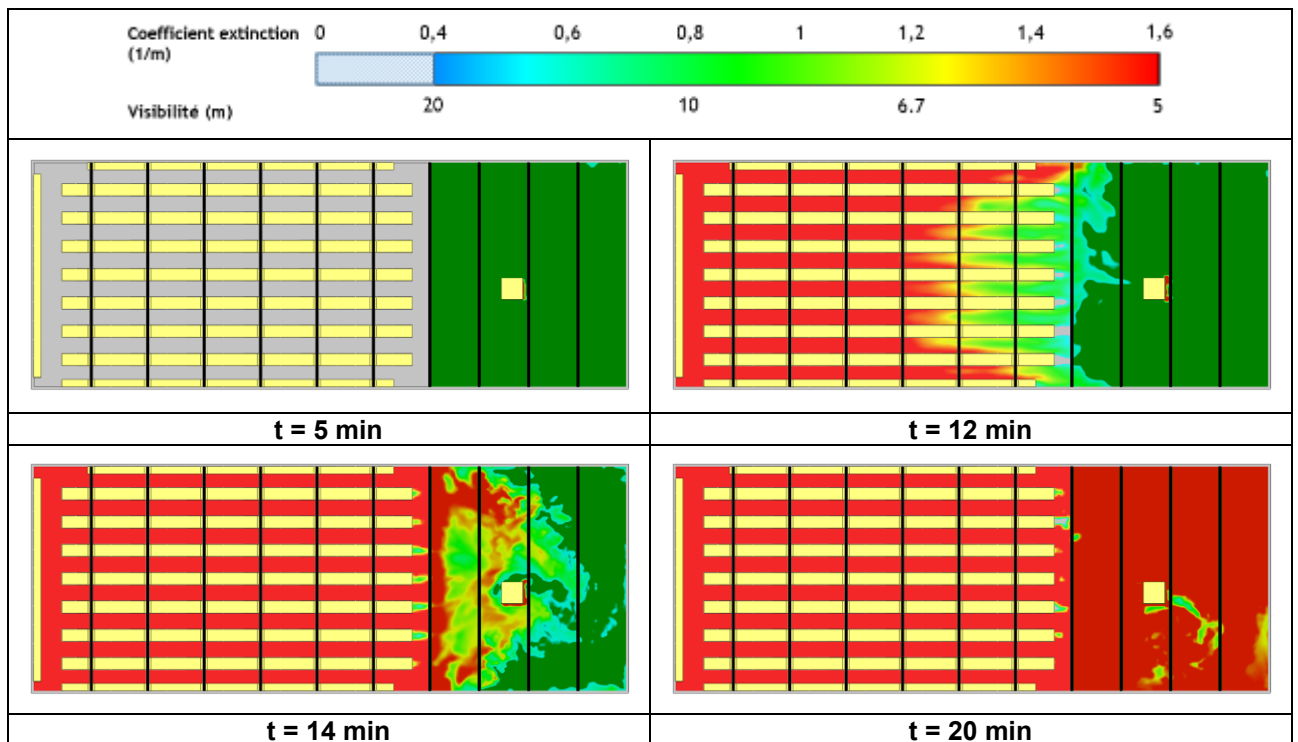


Tableau 8-29 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.3.3. Température

Les figures ci-dessous présentent les champs de température (échelle entre 20 et 100°C avec troncature au-dessous de 40°C – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la température restent acceptables au RDC comme en mezzanine (hormis à proximité du foyer) jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel, et jusque 20 minutes après le départ de feu pour les services de secours au RDC comme en mezzanine.

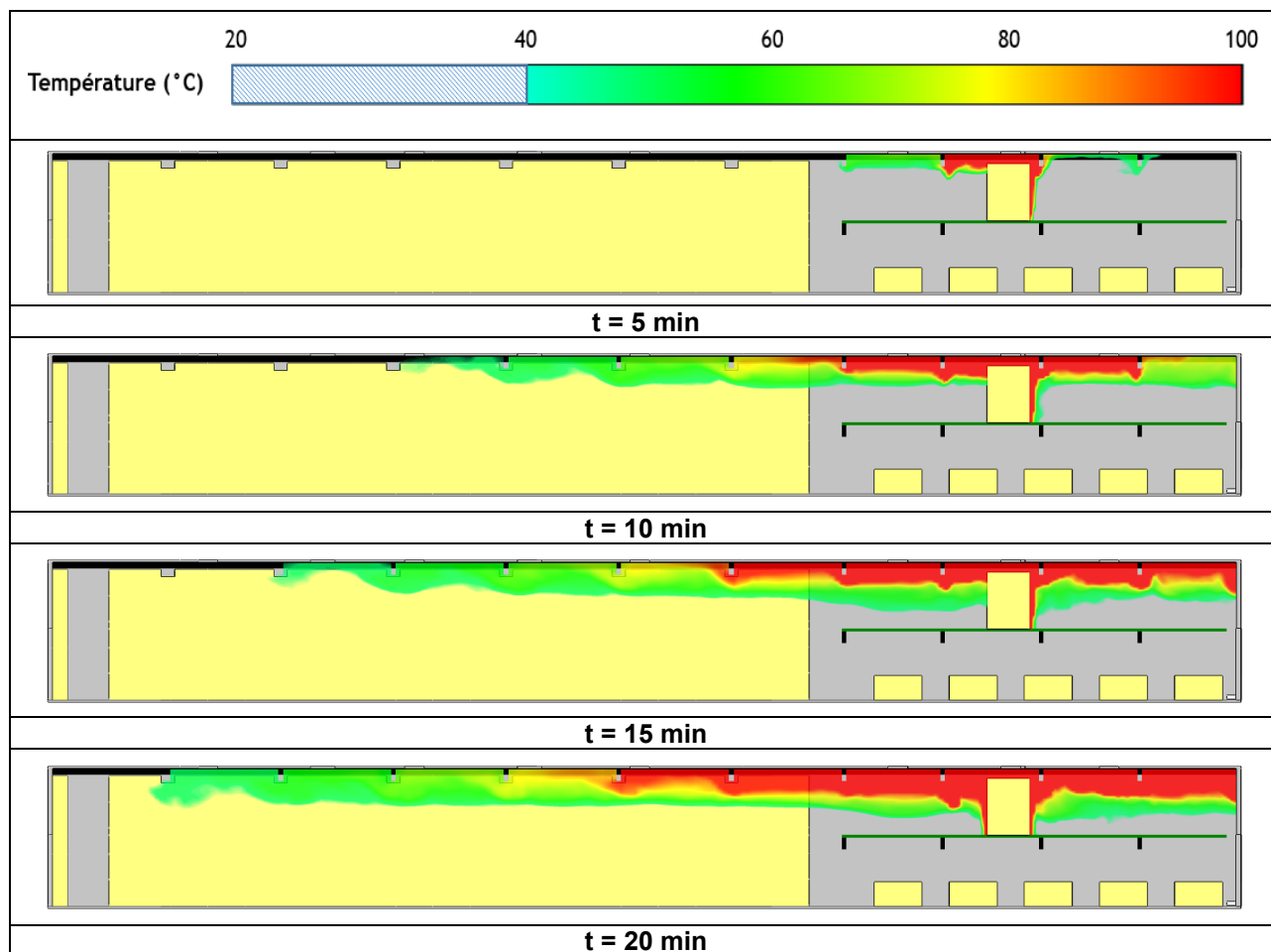


Tableau 8-30 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Température

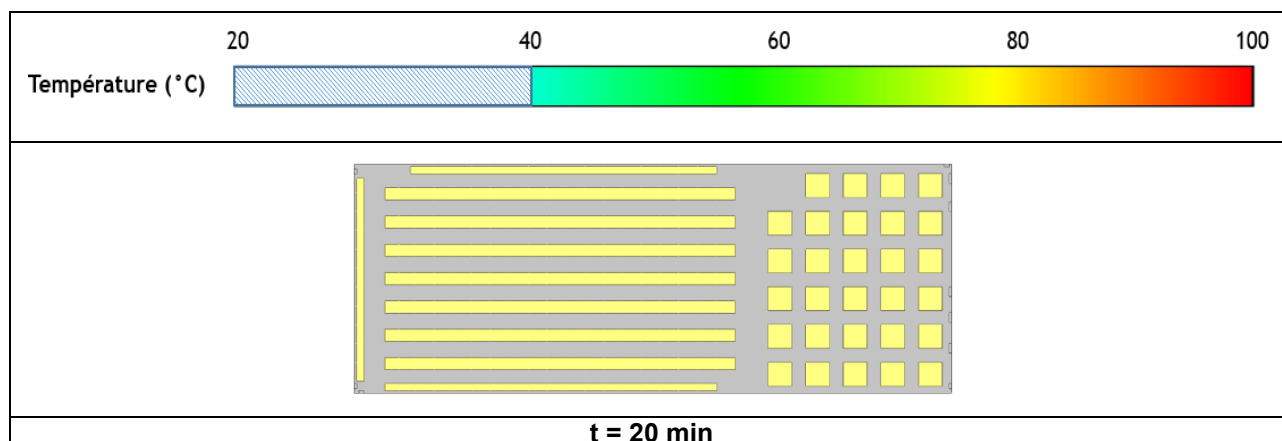


Tableau 8-31 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 2 m

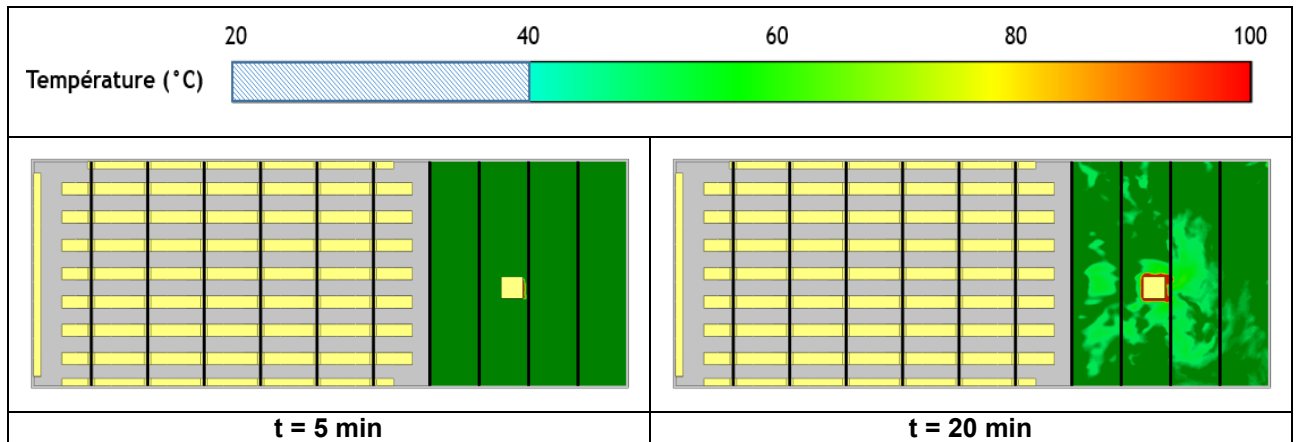


Tableau 8-32 : Champ de température sur une coupe horizontale à $z = 9,5$ m (2 m de hauteur en mezzanine)

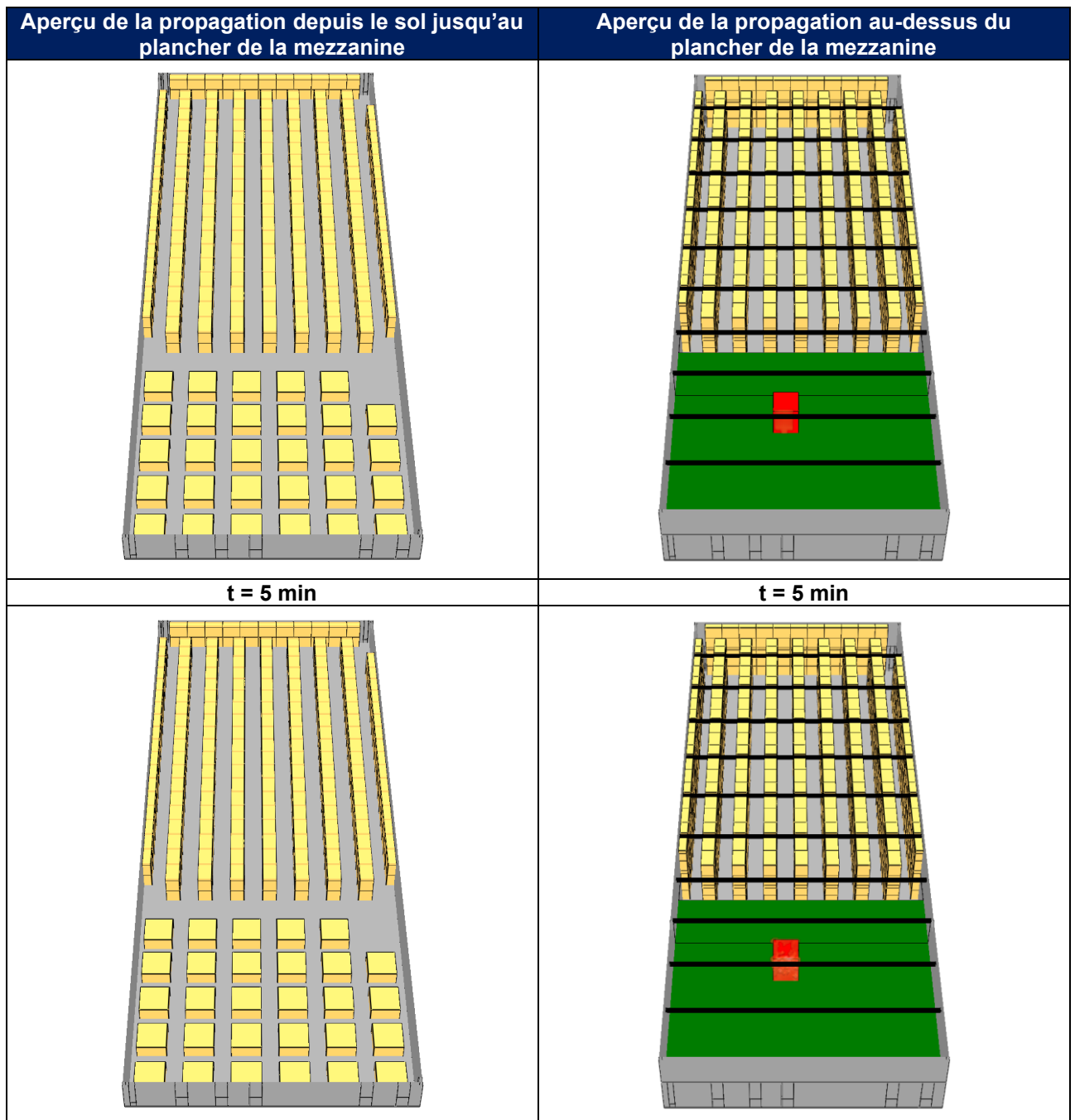
8.3.4. Flux thermiques

Les distances d'effets de flux thermiques évoluent selon la propagation de l'incendie. Le tableau ci-dessous illustre la propagation de l'incendie au sein de la cellule. Durant les vingt premières minutes, l'incendie est contrôlé au niveau de l'AutoStore. Aucune propagation n'est observée au reste du stockage de l'entrepôt. Il n'y a pas encore de flash over après 20 minutes d'incendie.

La dégradation du critère de flux thermique est effective uniquement à proximité du foyer sur les 20 premières minutes d'incendie.

Le personnel ayant évacué la cellule avant 5 minutes, il conserve des conditions acceptables lors de son évacuation.

Pour les services de secours, les conditions restent acceptables 20 minutes après le départ de feu, hormis localement à proximité du foyer.



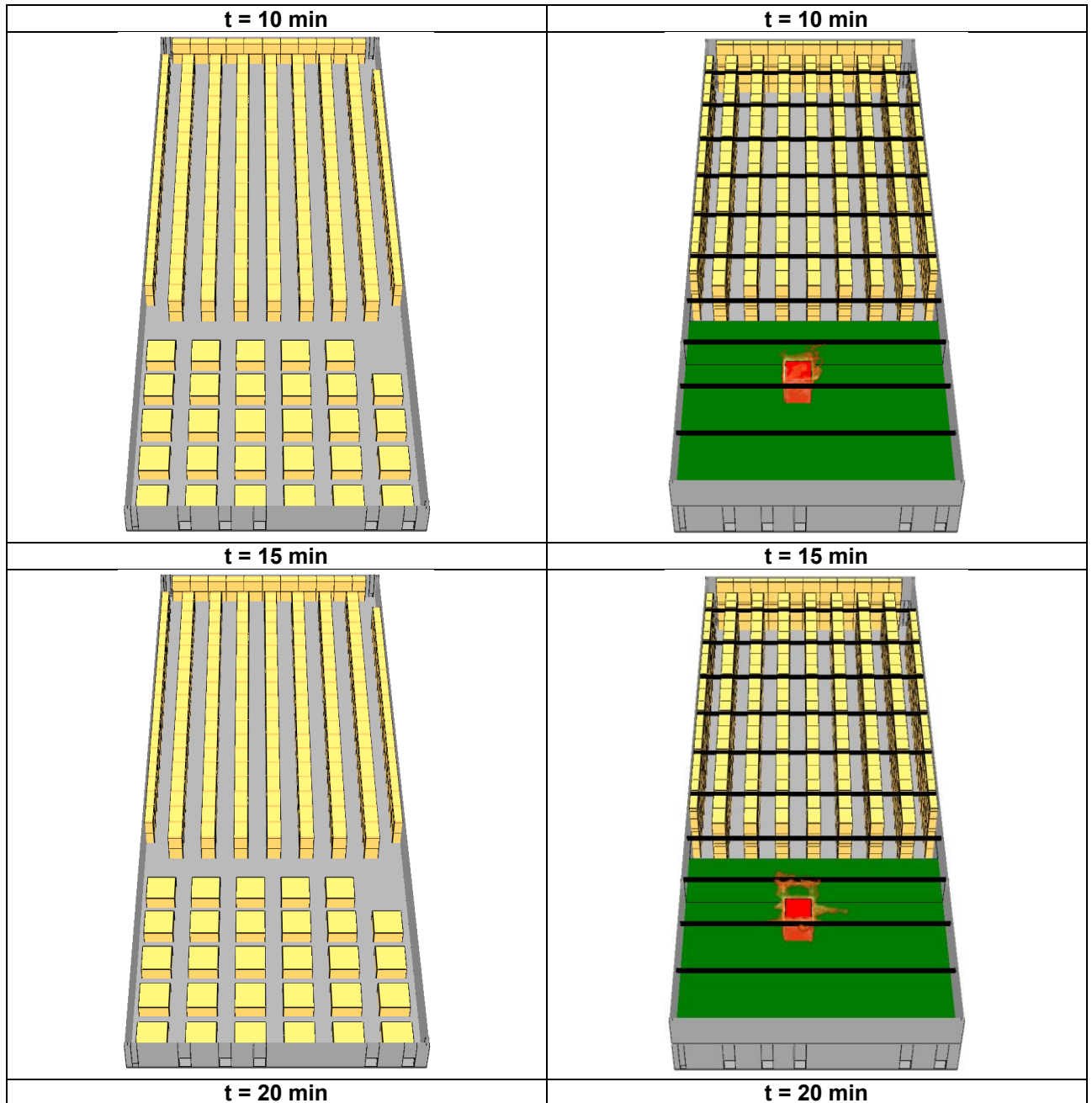


Tableau 8-33 : Evolution de la propagation de l'incendie dans la cellule

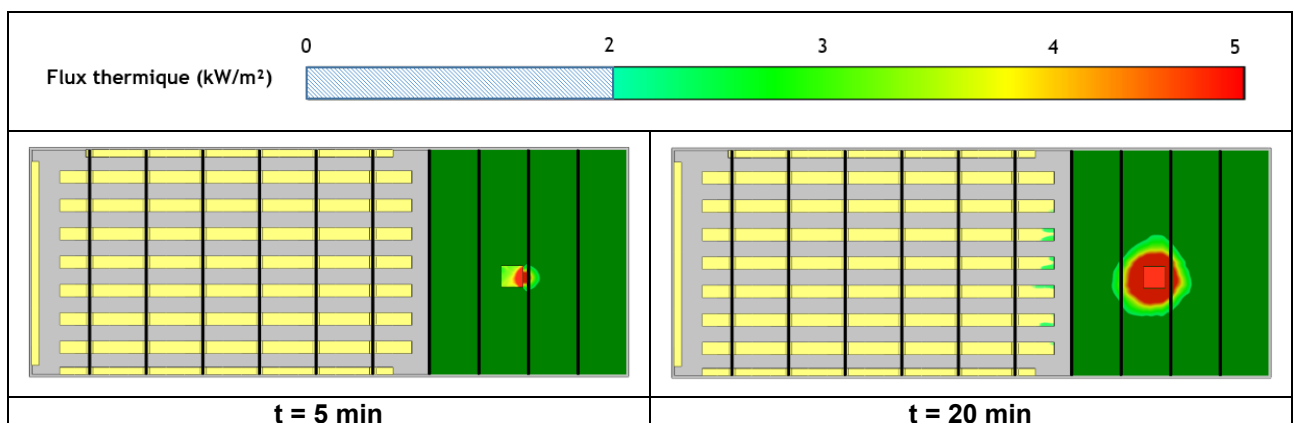


Tableau 8-34 : Flux thermiques reçu au niveau du sol

8.3.5. Concentration en monoxyde de carbone

Les résultats présentent les champs de monoxyde de carbone (CO) (échelle entre 0 et 300 ppm et avec troncature en dessous de 150 ppm – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la concentration en monoxyde de carbone restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel.

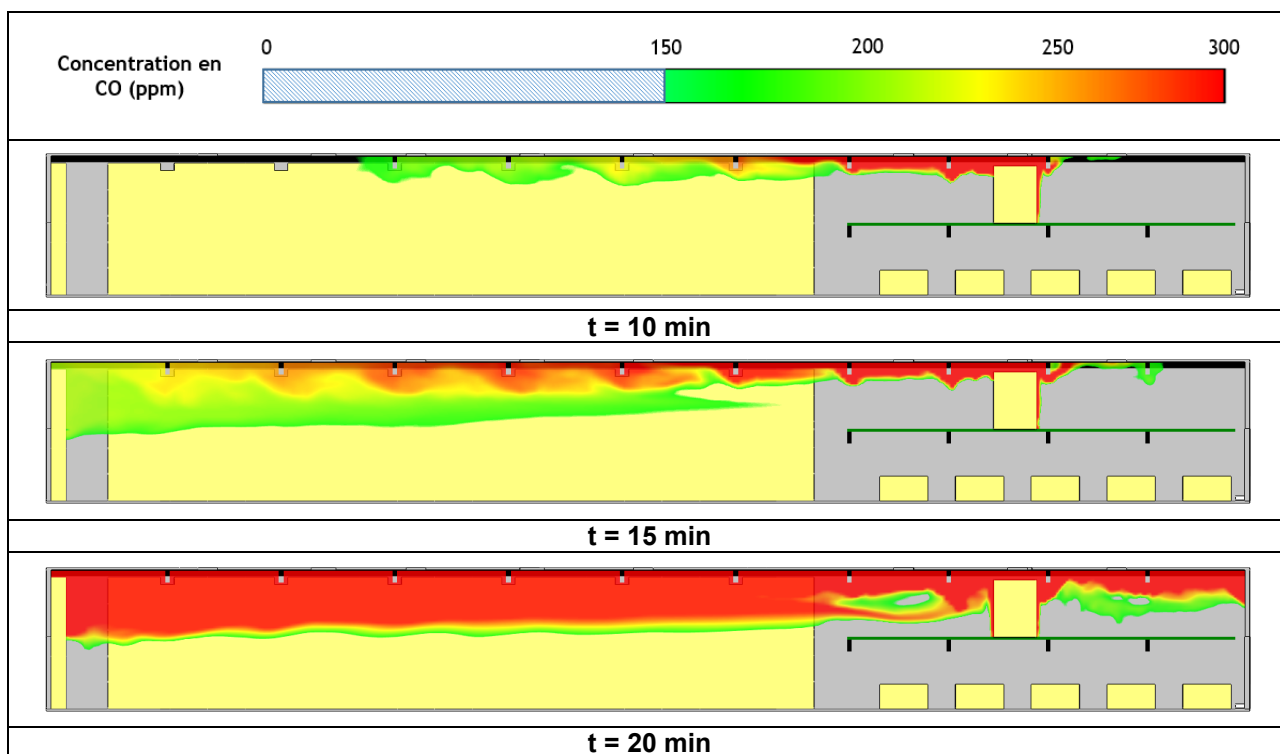


Tableau 8-35 : Vue en coupe verticale passant par le foyer – Concentration en CO

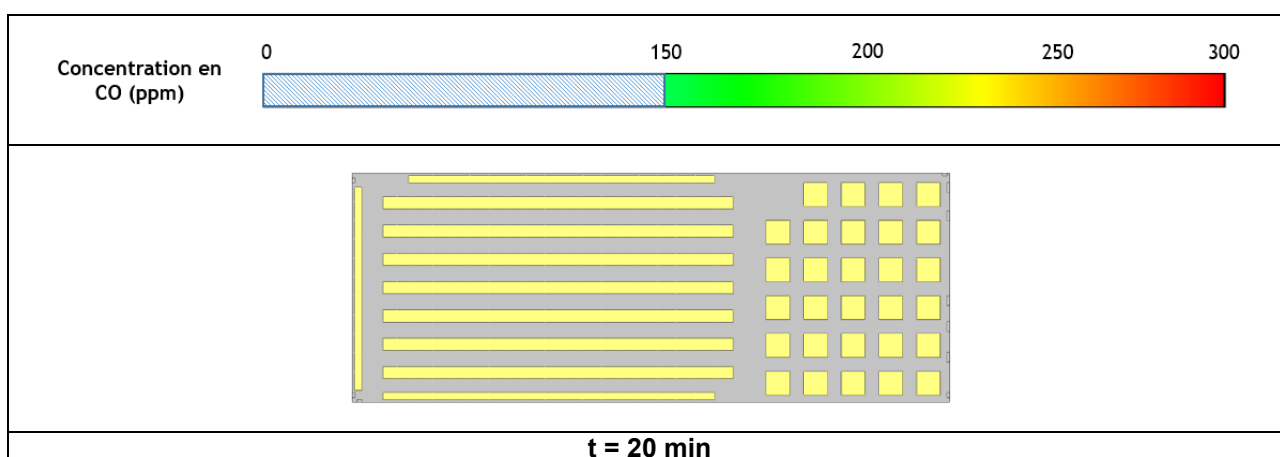


Tableau 8-36 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 2 m

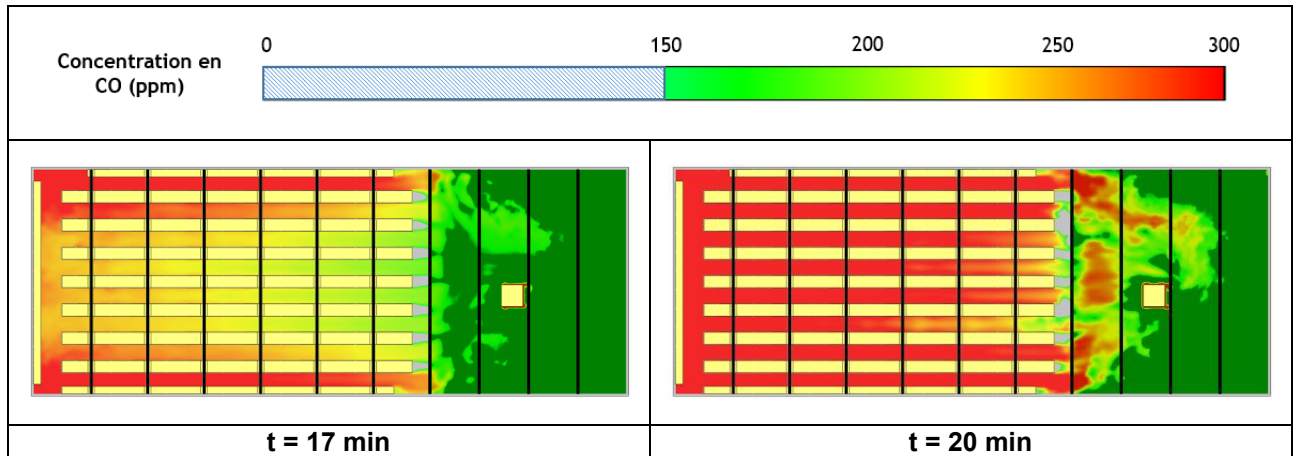


Tableau 8-37 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.4. SCENARIO 4 – INCENDIE AU CENTRE DE LA CELLULE AU BAS DU STOCKAGE DES RACKS – CELLULE 1

Pour rappel, les temps d'évacuations sont de :

- 4 min 25 sec au RDC ;
- 3 min 43 sec en mezzanine du RDC.

8.4.1. Débit calorifique

Le débit calorifique suit bien la cinétique théorique « rapide » imposée durant les 5 premières minutes, et poursuit approximativement son évolution selon cette cinétique jusqu'à 8 minutes. A partir de cet instant le foyer croît selon une cinétique plus importante que la cinétique « rapide ». A 17 minutes, un débit calorifique d'environ 630 MW est atteint.

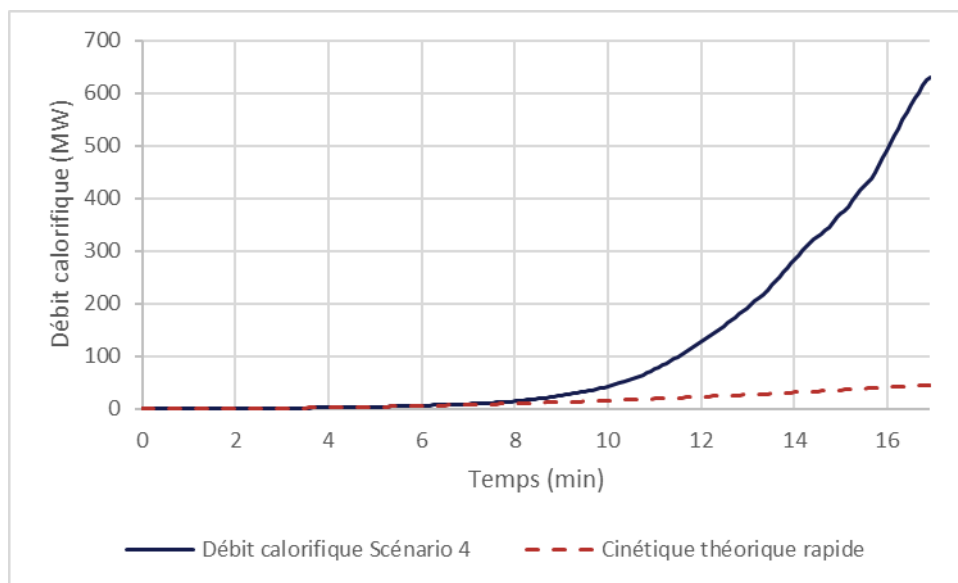


Figure 8-4 : Débit calorifique – Scénario 4

Remarque : à partir de 17 minutes, les simulations numériques ne sont plus exploitables du fait de la sous-ventilation du foyer. L'incendie est généralisé à cet instant.

8.4.1. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

Les résultats présentent les champs de coefficient d'extinction lumineuse (échelle entre 0 et 1,6 m⁻¹ et avec troncature au-dessous de 0,4 m⁻¹ – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la visibilité restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au RDC comme en mezzanine. Elles commencent à se dégrader localement à partir de :

- 14 minutes au RDC ;
- 6 minutes en mezzanine.

Pour les services de secours, au RDC, la visibilité commence à devenir inférieure à 5 m à partir de 15 minutes, soit lorsque l'incendie est généralisé et que la couche de fumée commence à atteindre le sol de la cellule.

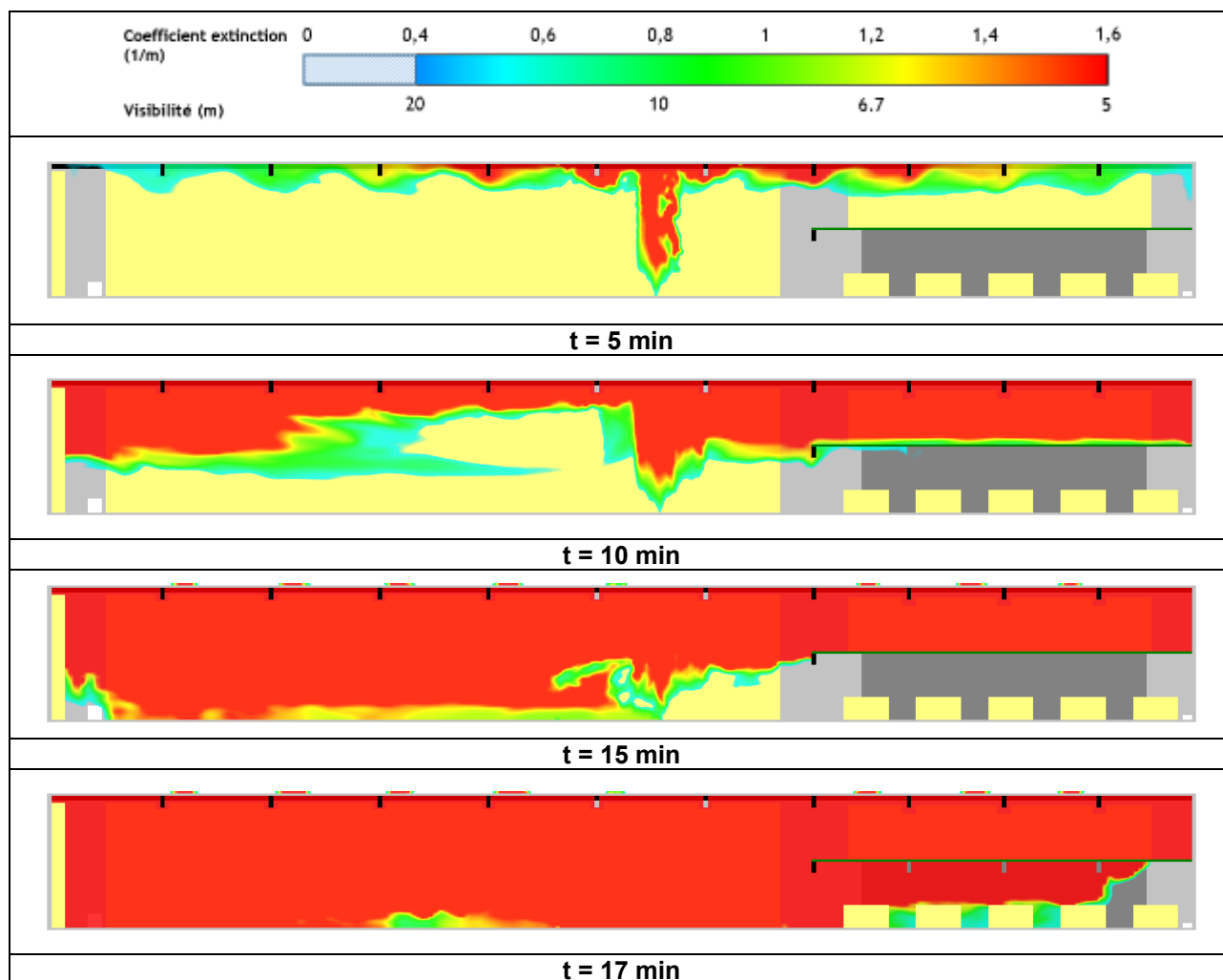


Tableau 8-38 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Coefficient d'extinction lumineuse

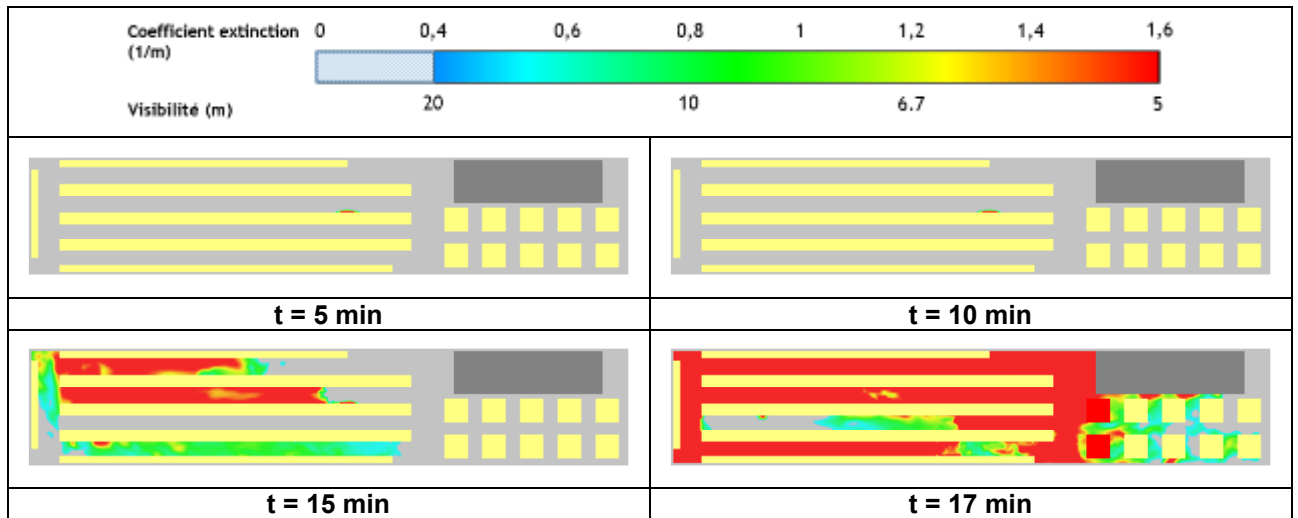


Tableau 8-39 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 2 m

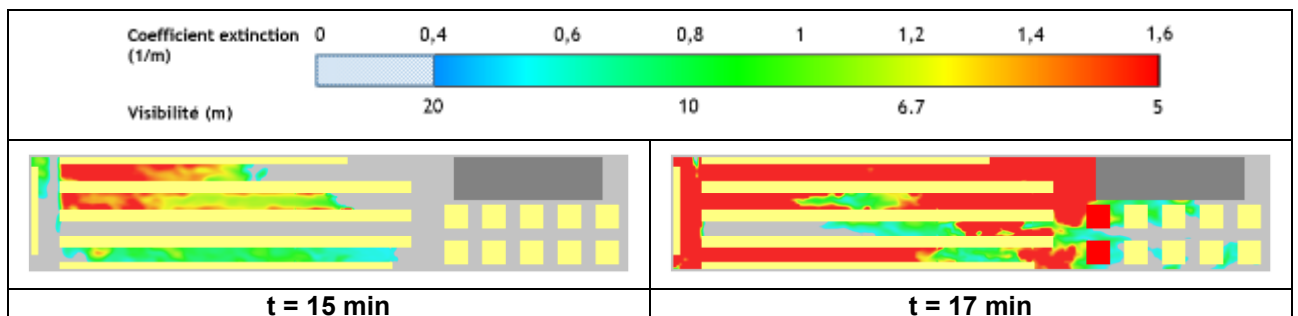


Tableau 8-40 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

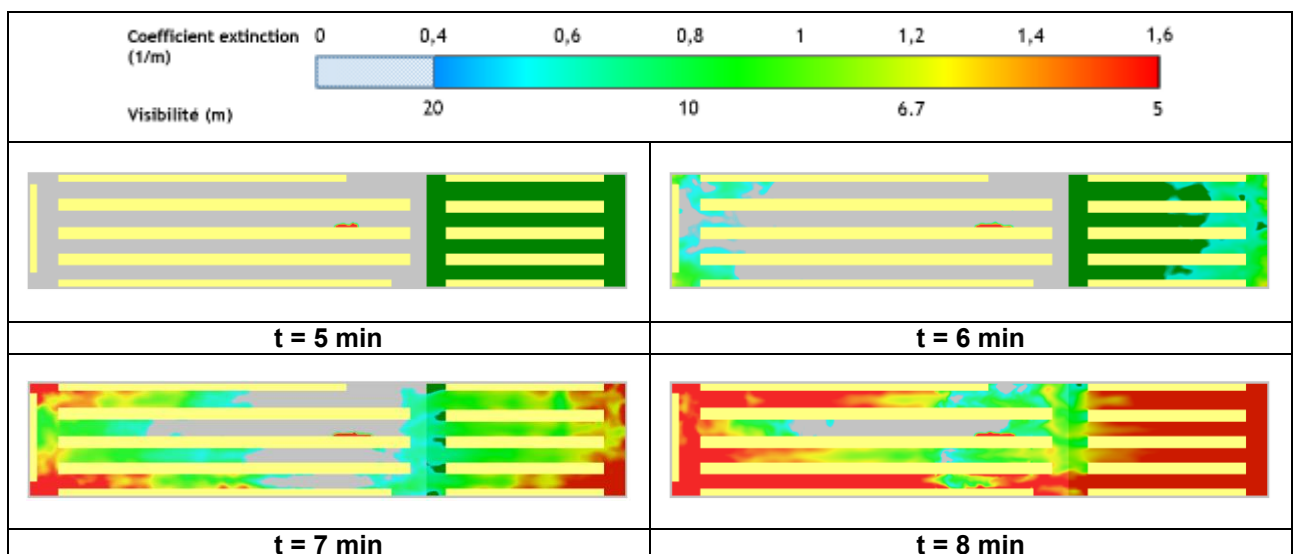


Tableau 8-41 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.4.1. Température

Les figures ci-dessous présentent les champs de température (échelle entre 20 et 100°C avec troncature au-dessous de 40°C – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la température restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel, et jusque 17 minutes après le départ de feu pour les services de secours.

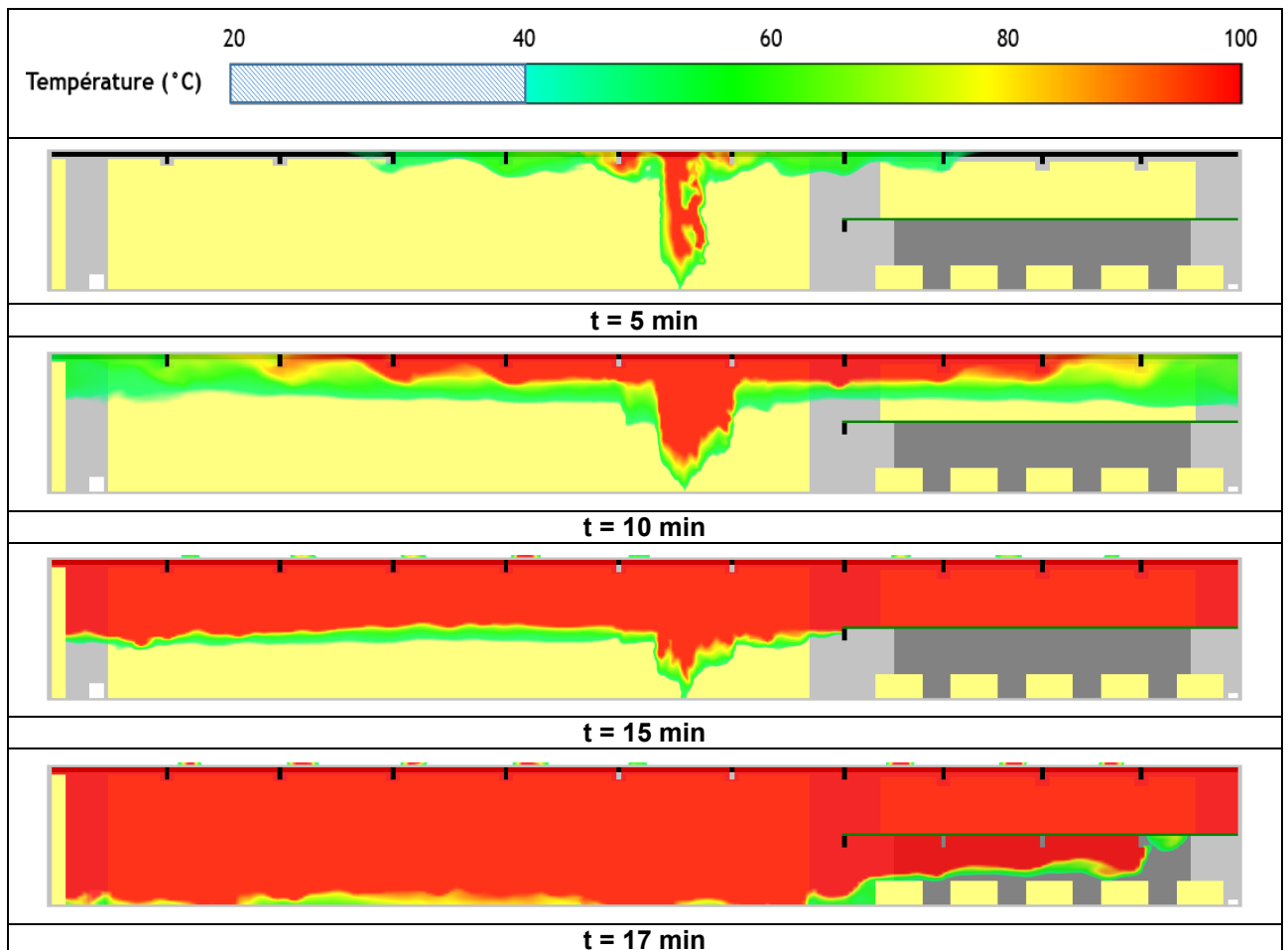


Tableau 8-42 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Température

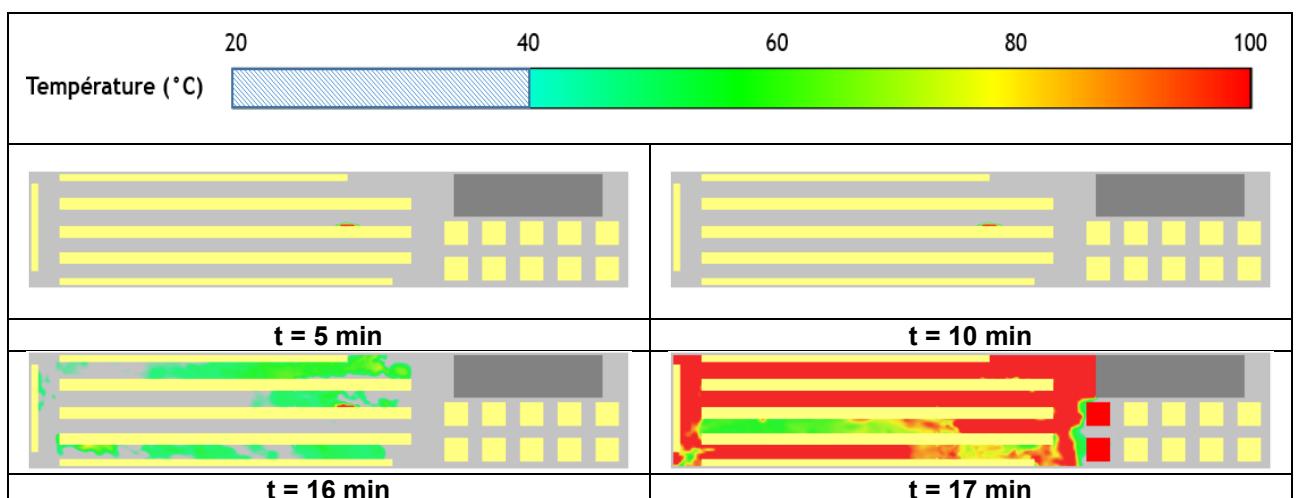


Tableau 8-43 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 2 m

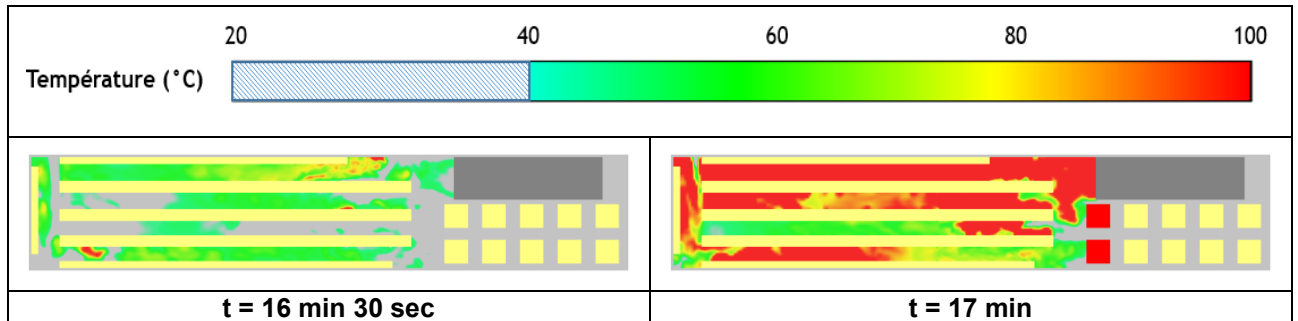


Tableau 8-44 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

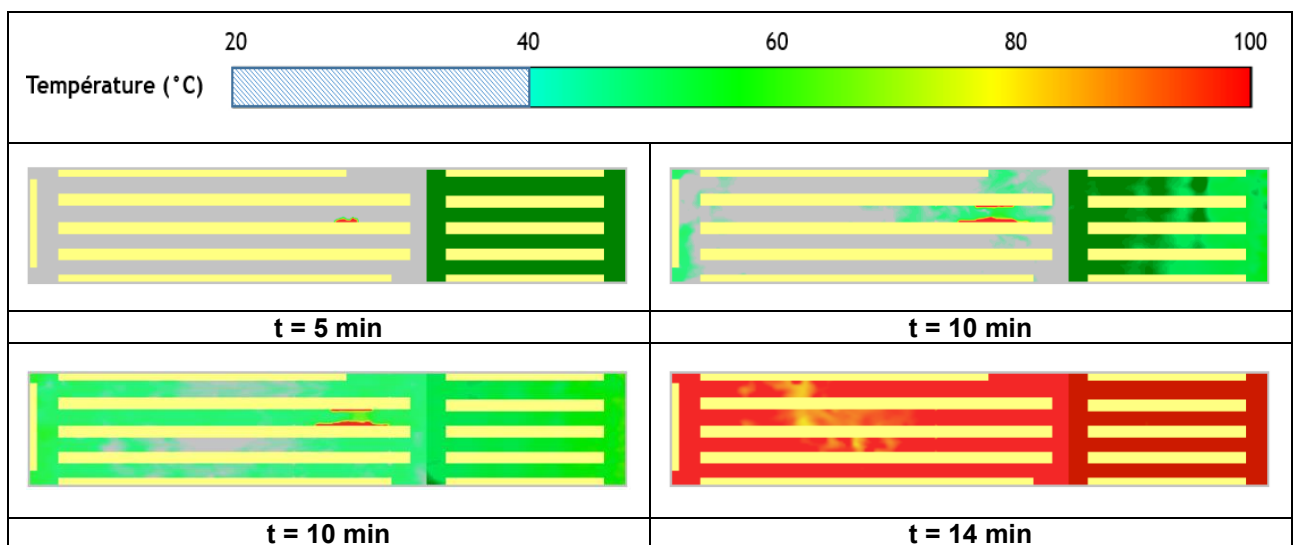


Tableau 8-45 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

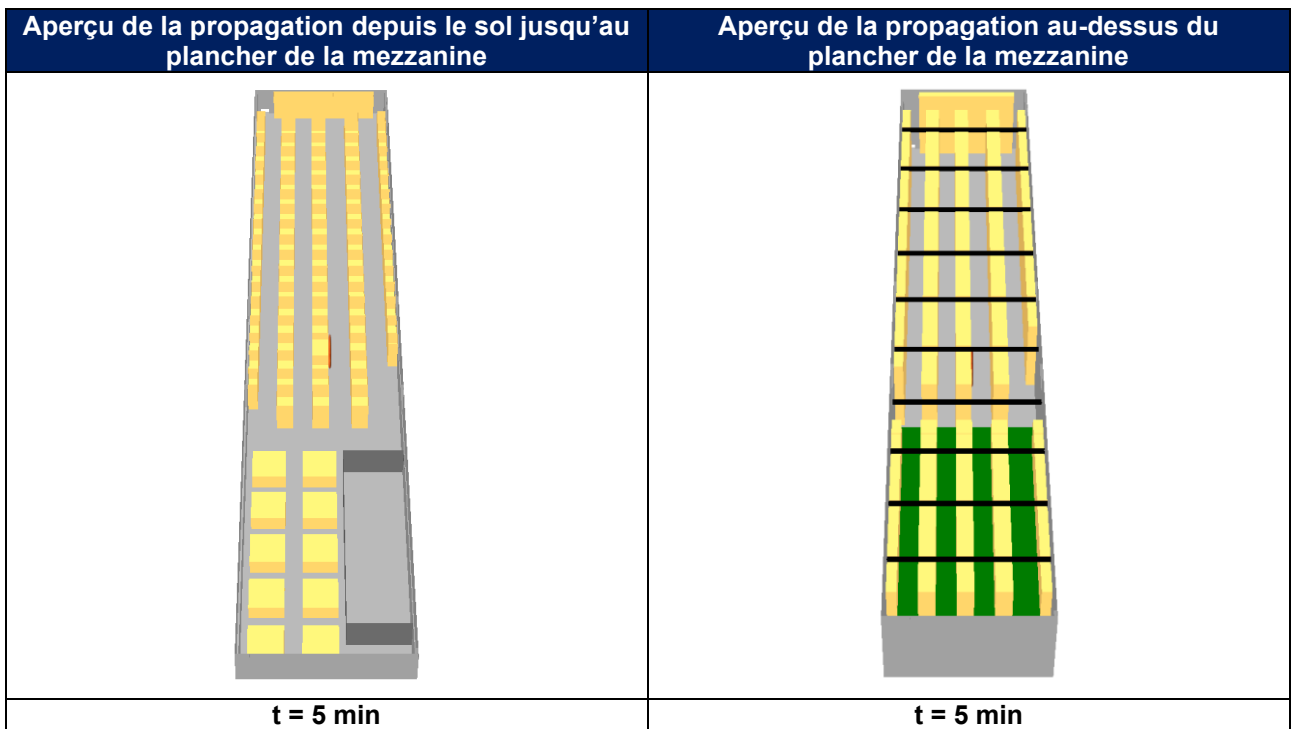
8.4.1. Flux thermiques

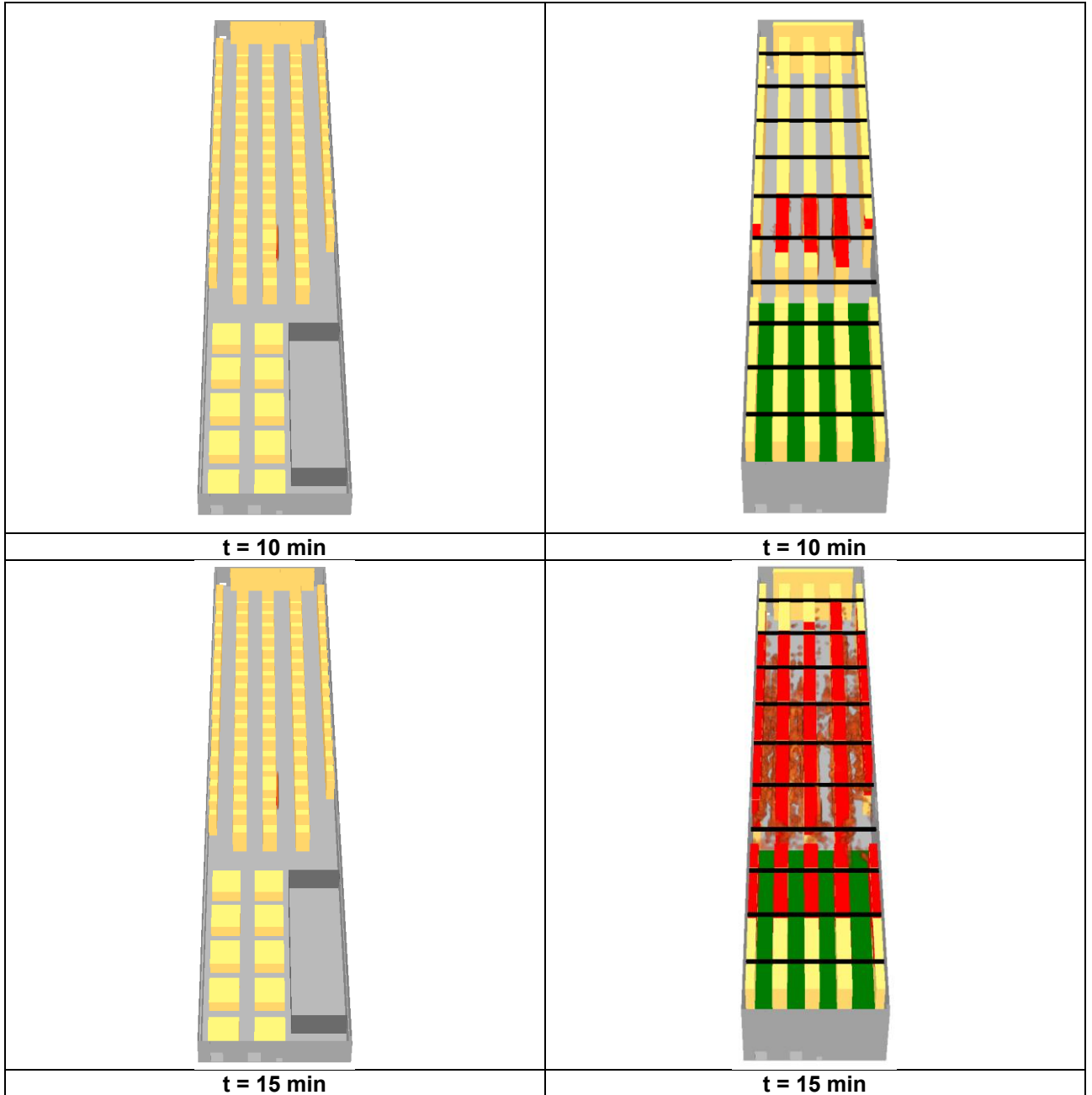
Les distances d'effets de flux thermiques évoluent selon la propagation de l'incendie. Le tableau ci-dessous illustre la propagation de l'incendie au sein de la cellule. Durant les cinq premières minutes, l'incendie est contrôlé et reste compris dans le rack de départ de feu. Il se propage ensuite sur un axe vertical toujours dans le rack de départ de feu avant qu'un flash over commence localement à se produire à partir de 10 minutes.

L'incendie est généralisé sur la quasi-totalité des racks (flash over généralisé) 15 minutes après le départ de feu et commence à se propager depuis le haut du stockage vers le bas du stockage. Après 17 minutes, l'incendie atteint le bas des racks, il est alors possible de considérer que les conditions vis-à-vis des flux thermiques sont dégradées à partir de cet instant.

Le personnel ayant évacué la cellule avant 5 minutes, il conserve des conditions acceptables lors de son évacuation au sol du RDC comme en mezzanine.

Pour les services de secours, les conditions deviennent difficiles à partir de 17 minutes.





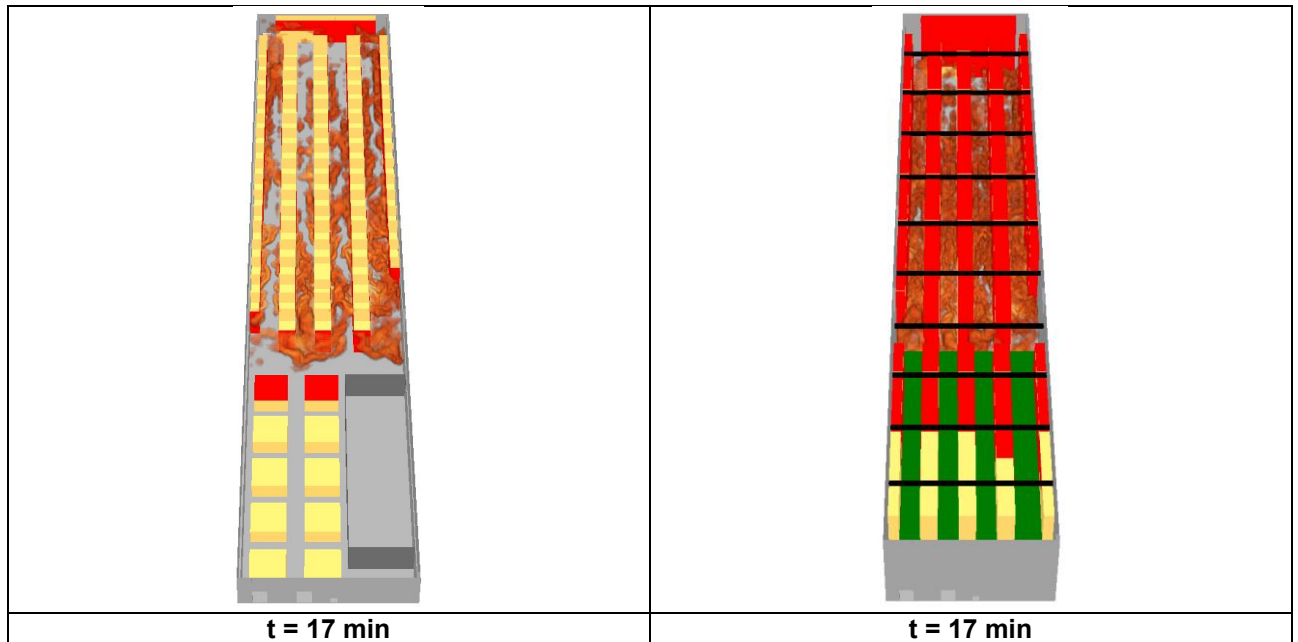


Tableau 8-46 : Evolution de la propagation de l'incendie dans la cellule

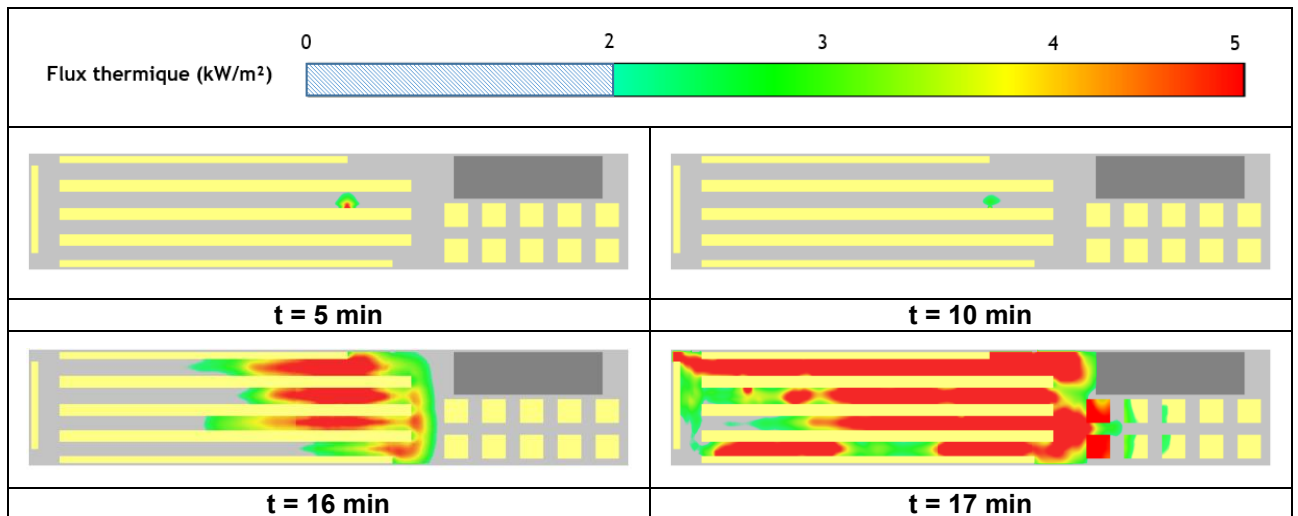


Tableau 8-47 : Flux thermiques reçu au niveau du sol

8.4.1. Concentration en monoxyde de carbone

Les résultats présentent les champs de monoxyde de carbone (CO) (échelle entre 0 et 300 ppm et avec troncature en dessous de 150 ppm – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la concentration en monoxyde de carbone restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel.

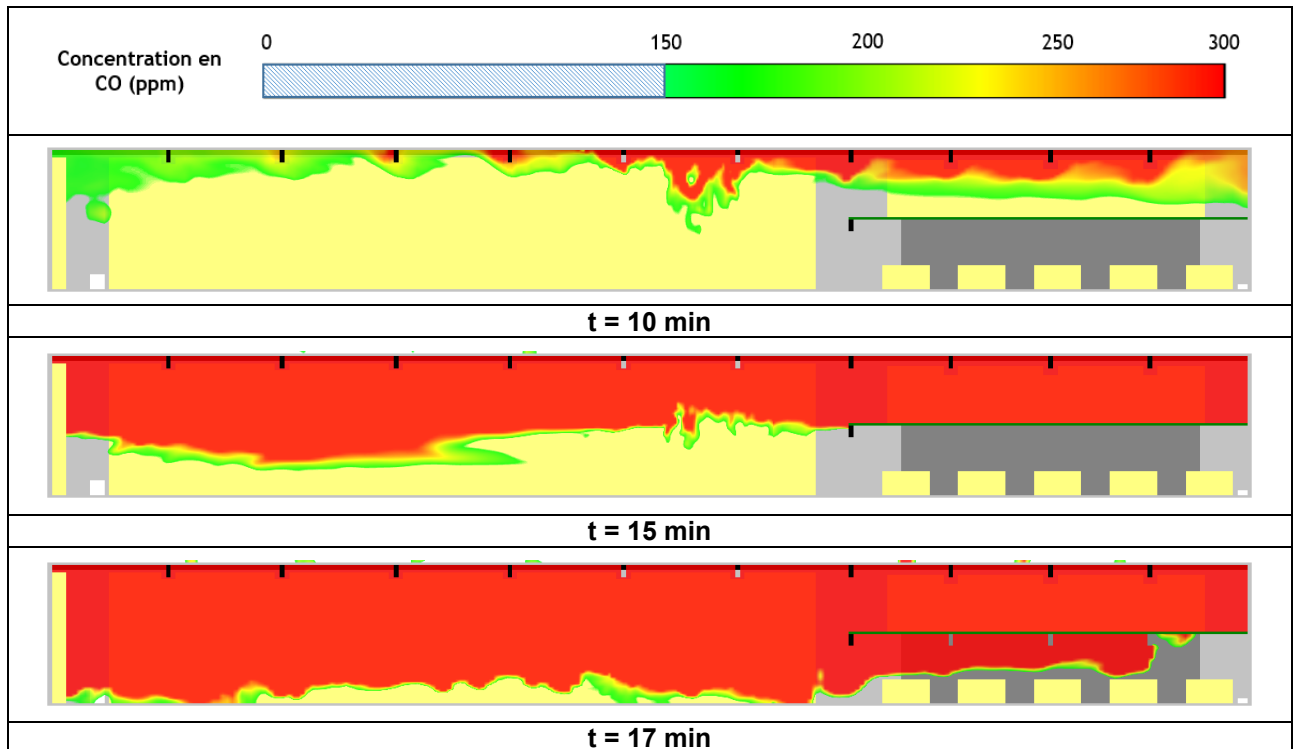


Tableau 8-48 : Vue en coupe verticale passant par le foyer – Concentration en CO

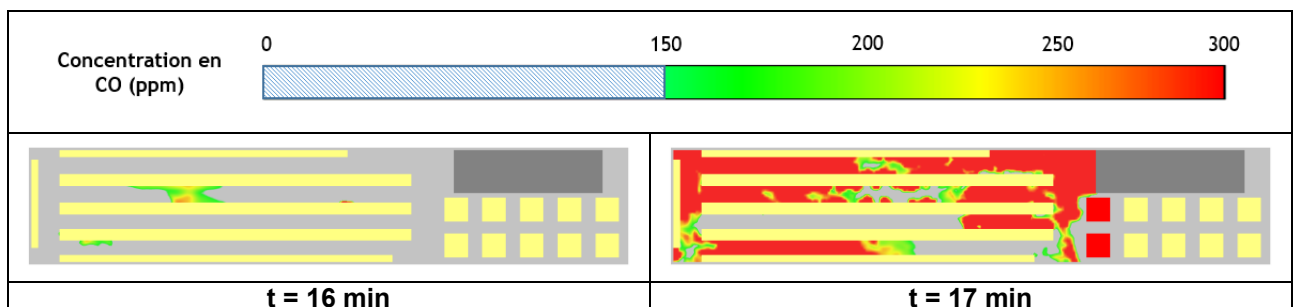


Tableau 8-49 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 2 m

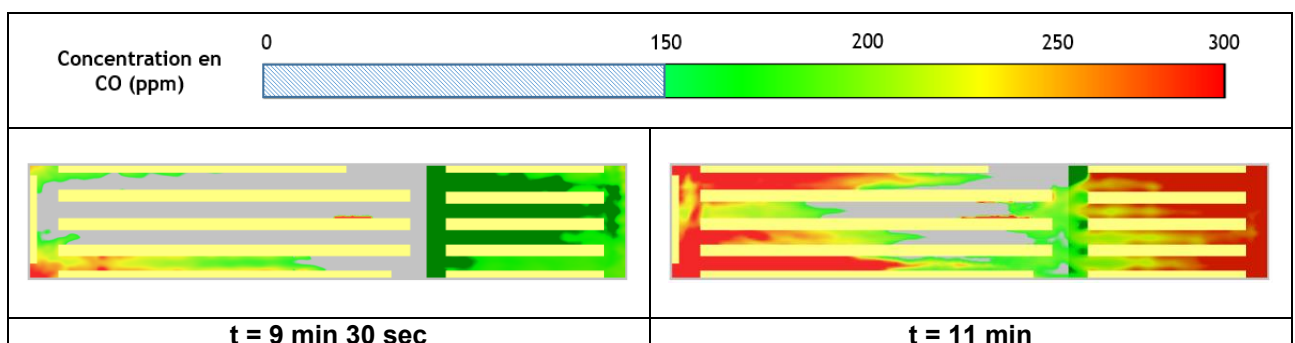


Tableau 8-50 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.5. SCENARIO 5 – INCENDIE SOUS LA MEZZANINE – CELLULE 1

Pour rappel, les temps d'évacuations sont de :

- 4 min 25 sec au RDC ;
- 3 min 43 sec en mezzanine du RDC.

8.5.1. Débit calorifique

Le débit calorifique suit bien la cinétique théorique « rapide » imposée durant les 5 premières minutes, et poursuit approximativement son évolution selon cette cinétique jusqu'à 19 minutes. A partir de cet instant le foyer croit selon une cinétique plus importante que la cinétique « rapide ». A 20 minutes, un débit calorifique d'environ 90 MW est atteint.

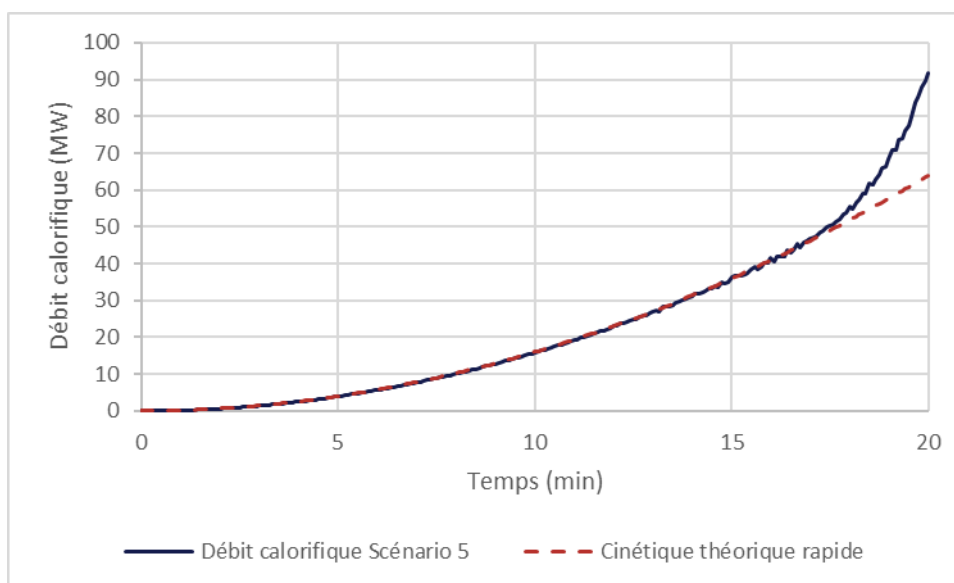


Figure 8-5 : Débit calorifique – Scénario 5

8.5.2. Coefficient d'extinction lumineuse (visibilité)

Les résultats présentent les champs de coefficient d'extinction lumineuse (échelle entre 0 et 1,6 m⁻¹ et avec troncature au-dessous de 0,4 m⁻¹ – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la visibilité restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel au RDC comme en mezzanine. Elles commencent à se dégrader localement à partir de :

- 7 minutes 30 secondes au RDC ;
- 6 minutes 30 secondes en mezzanine.

Pour les services de secours, au RDC la visibilité commence à devenir inférieure à 5 m à partir de 10 minutes. Dès 12 minutes, la visibilité est inférieure à 5 m sur l'ensemble de la cellule.

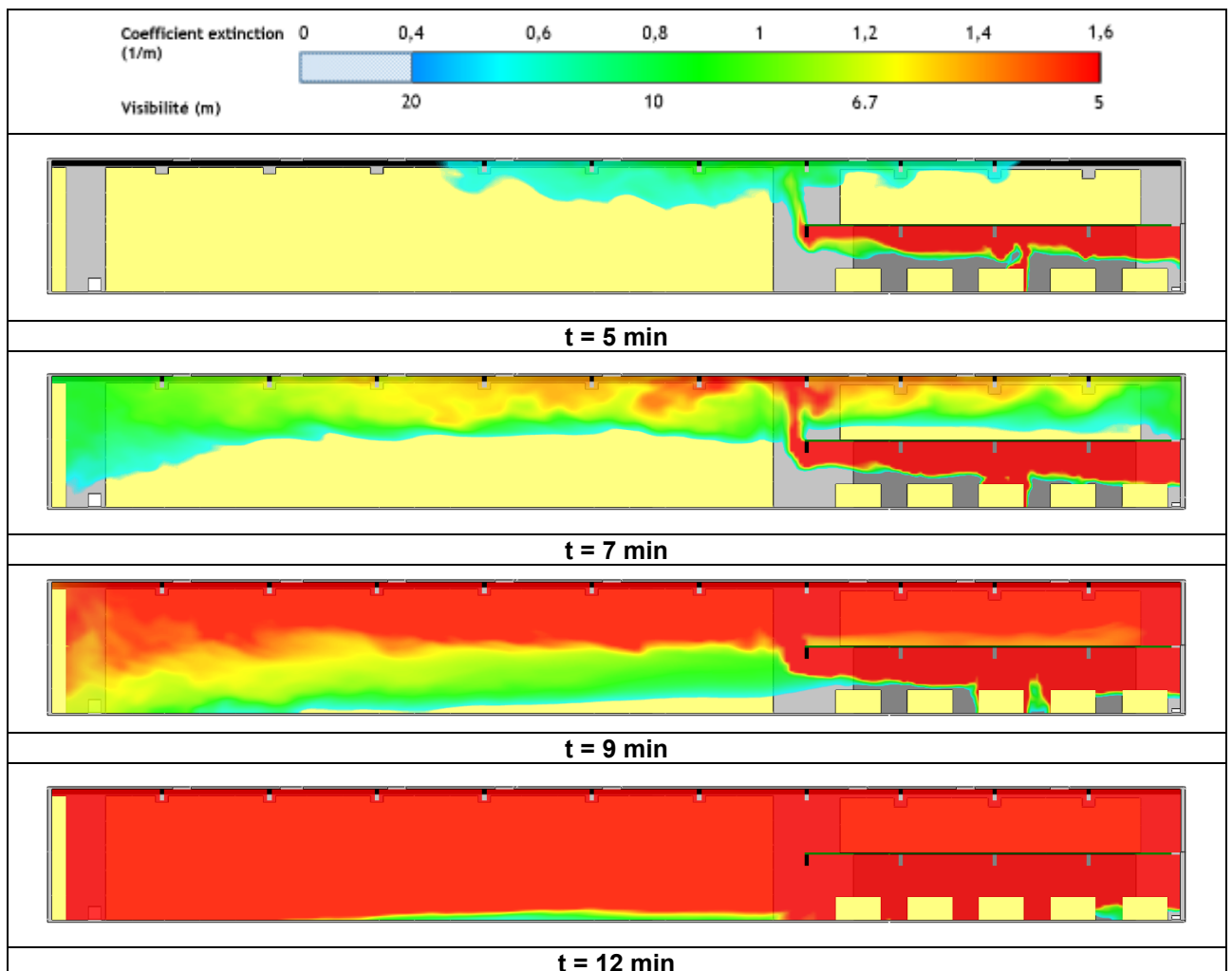


Tableau 8-51 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Coefficient d'extinction lumineuse

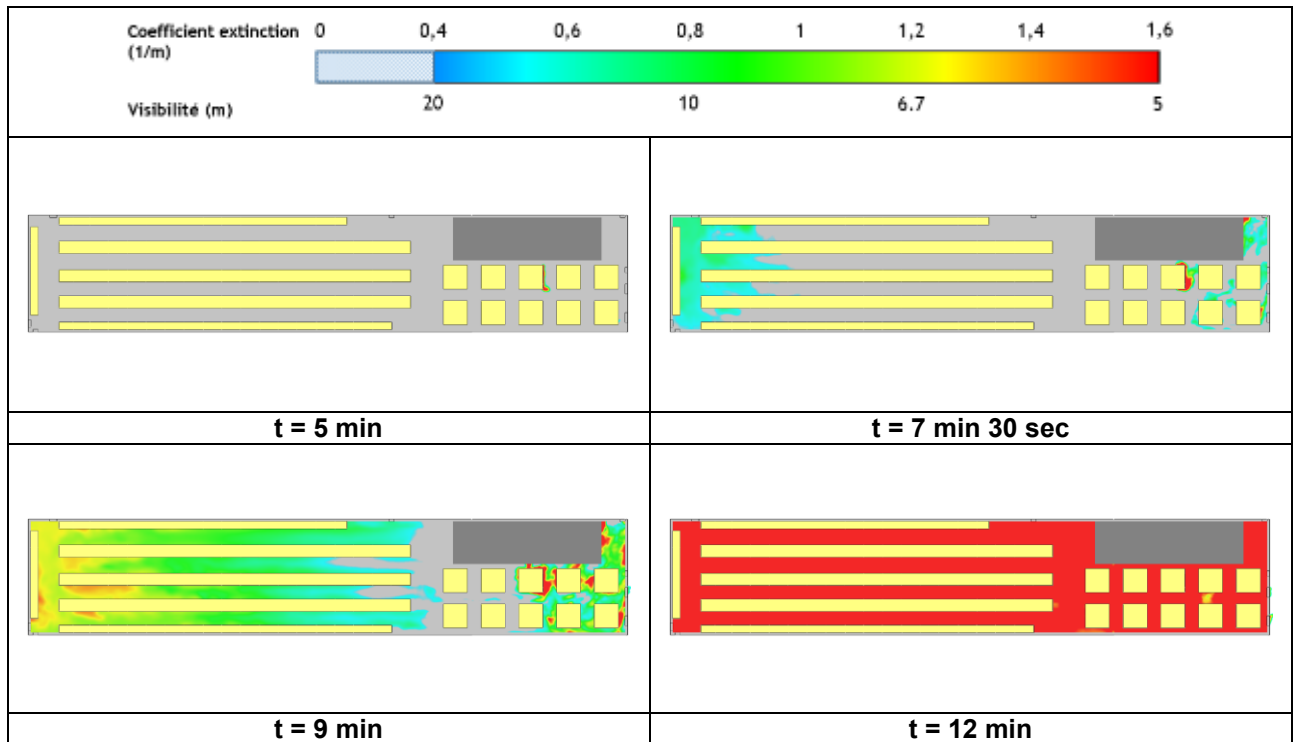


Tableau 8-52 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 2 m

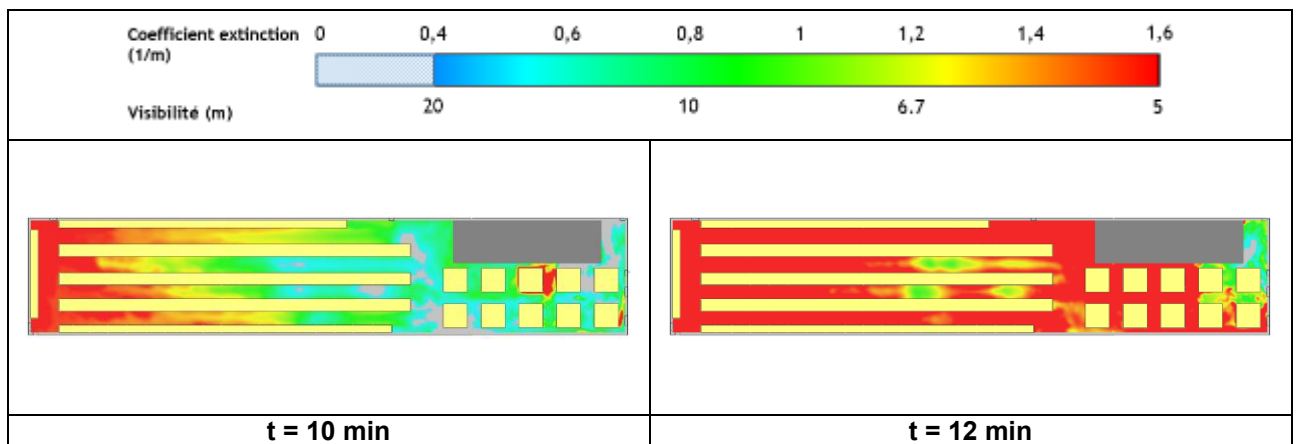


Tableau 8-53 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

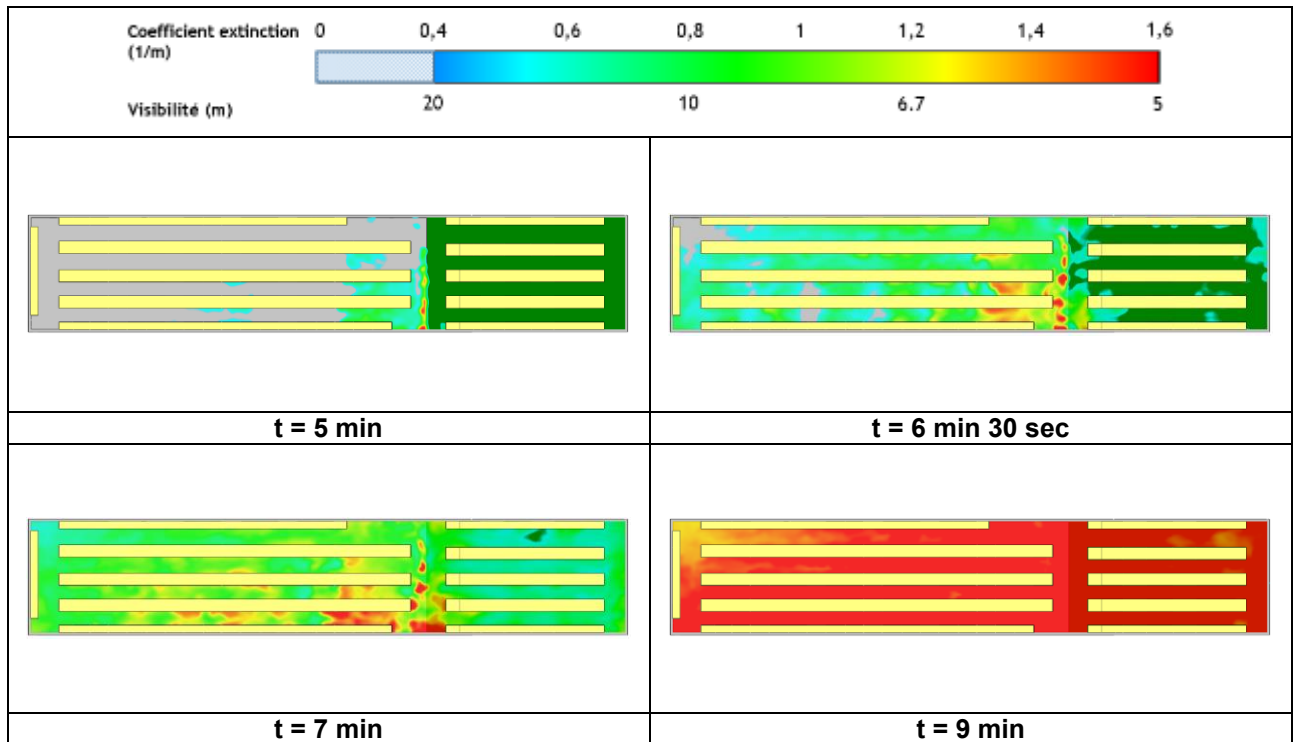


Tableau 8-54 : Champ de coefficient d'extinction lumineuse sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

8.5.3. Température

Les figures ci-dessous présentent les champs de température (échelle entre 20 et 100°C avec troncature au-dessous de 40°C – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la température restent acceptables au RDC comme en mezzanine jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel, et jusque 20 minutes après le départ de feu pour les services de secours, hormis sous la mezzanine où à 20 minutes les conditions commencent à se dégrader.

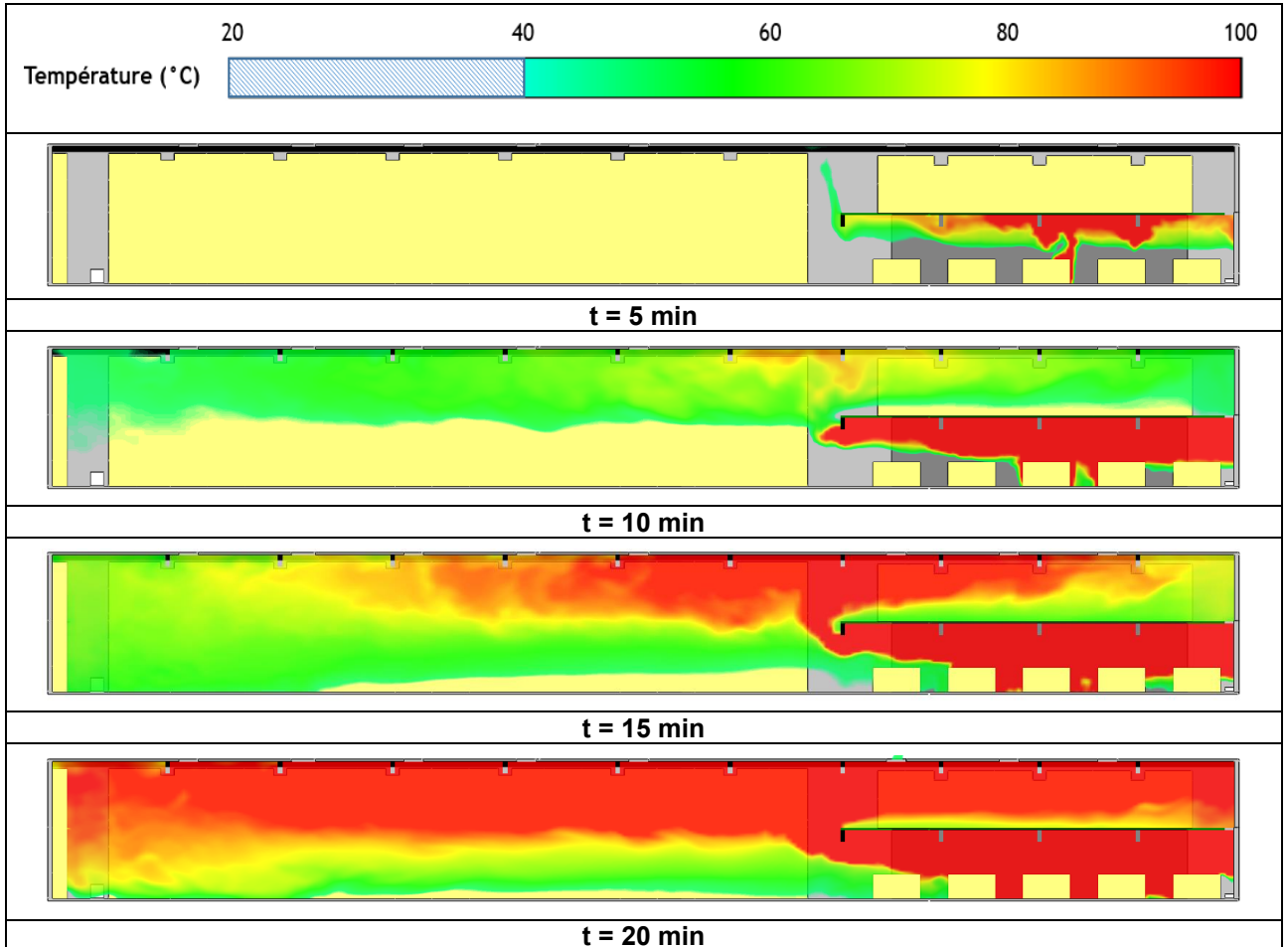


Tableau 8-55 : Vue en coupe verticale passant par le foyer - Température

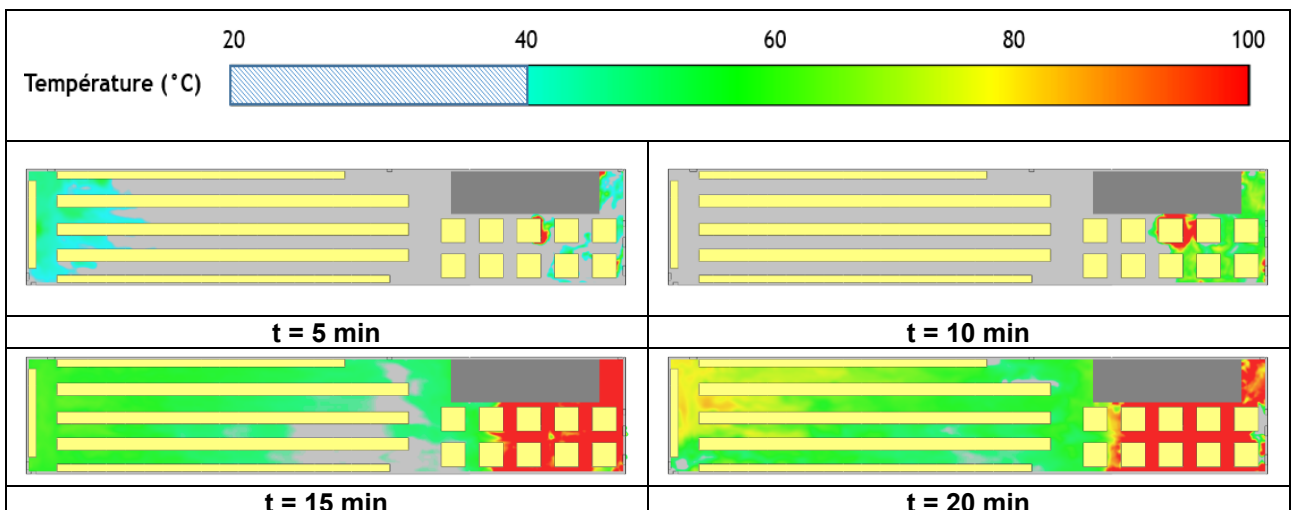


Tableau 8-56 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 2 m

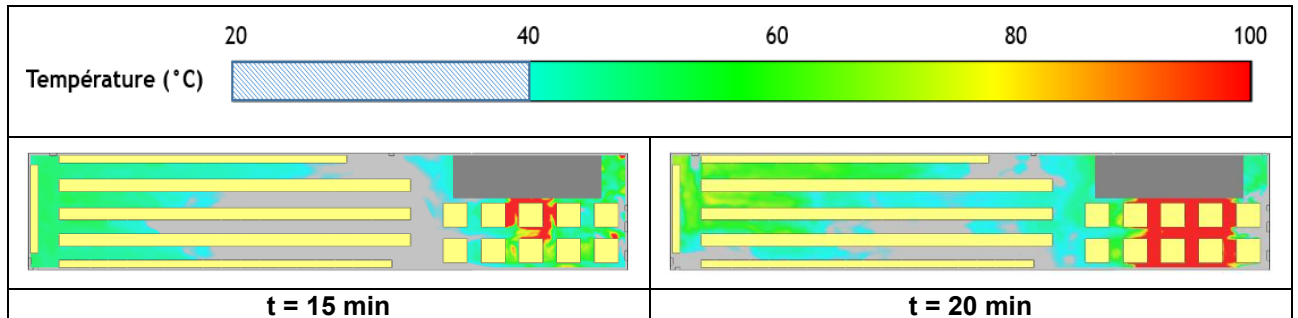


Tableau 8-57 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 1 m (service de secours)

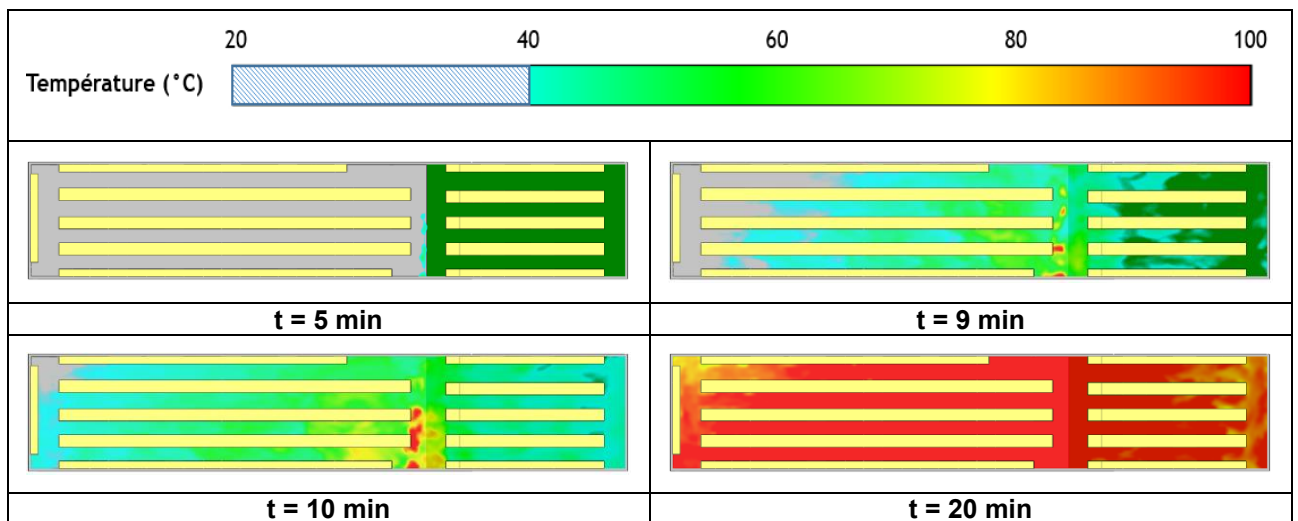


Tableau 8-58 : Champ de température sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

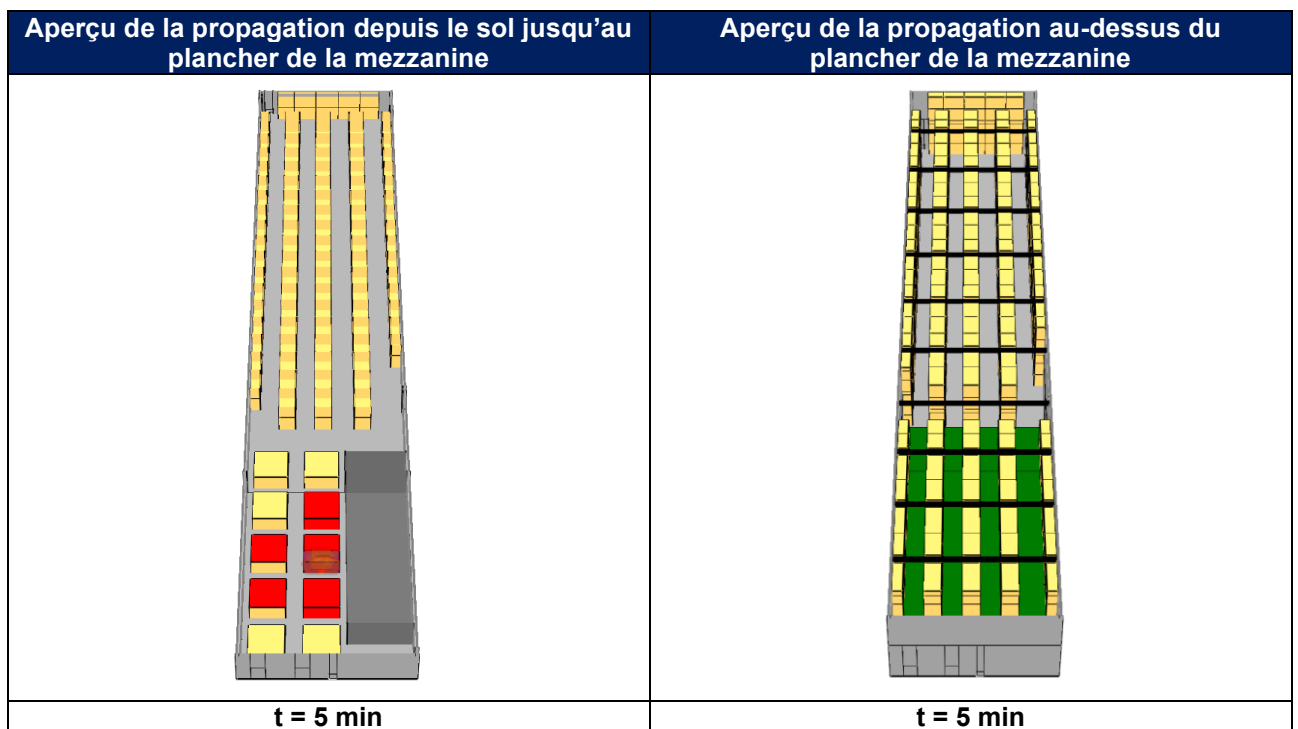
8.5.4. Flux thermiques

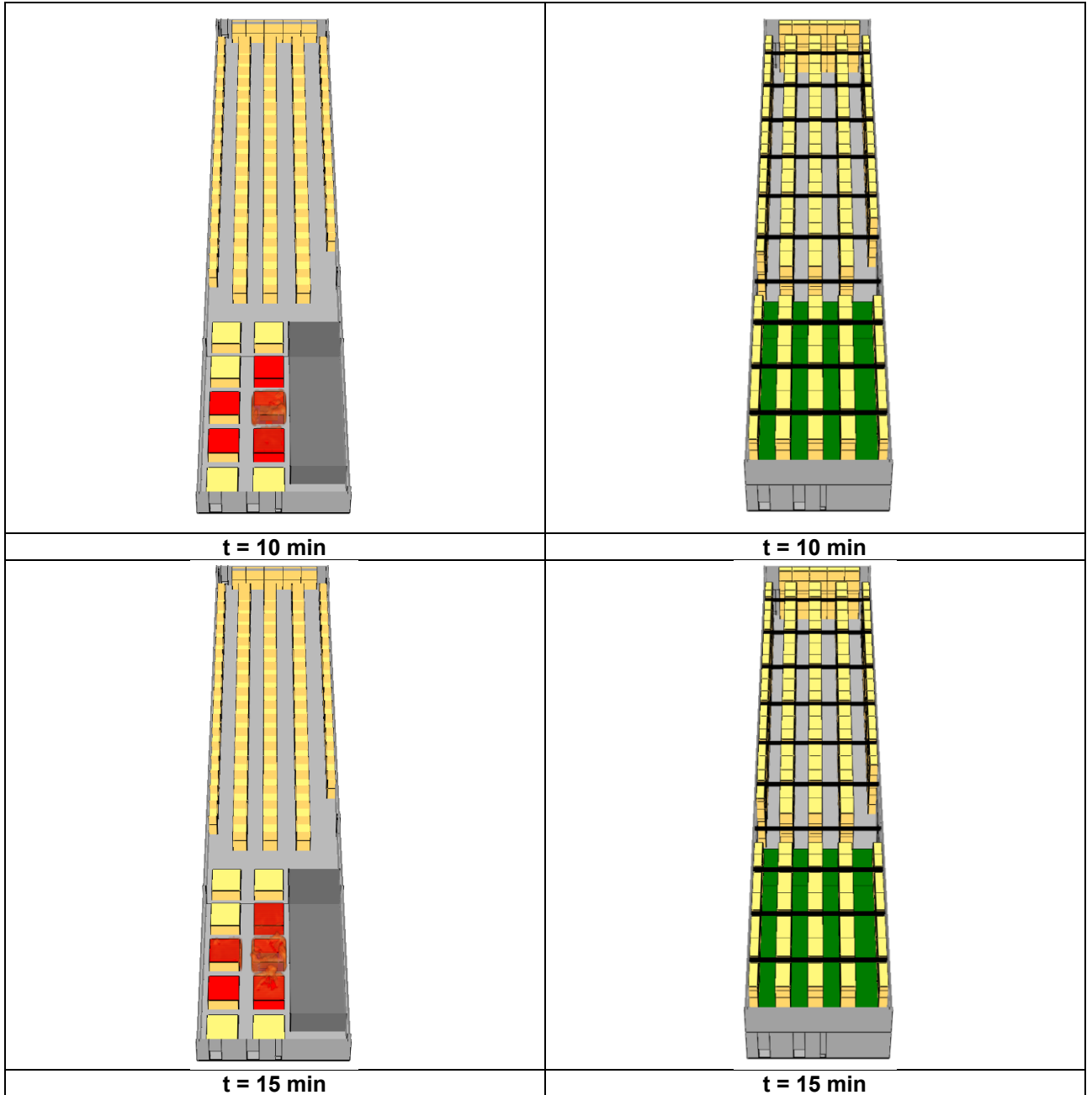
Les distances d'effets de flux thermiques évoluent selon la propagation de l'incendie. Le tableau ci-dessous illustre la propagation de l'incendie au sein de la cellule. Durant les cinq premières minutes, l'incendie est contrôlé et reste localisé au niveau du départ de feu (îlot sous mezzanine). Il se propage ensuite de proche en proche sous la mezzanine. Un flash over commencent à apparaître sous la mezzanine à partir de 20 minutes.

L'incendie reste localisé sur les îlots autour du départ de feu après 13 minutes avant de commencer à se propager au reste du stockage de la cellule. Néanmoins, le rayonnement émit par la couche de fumée chaude montre que les flux thermiques sont supérieurs à 2 kW/m² sous la quasi-totalité de la mezzanine à partir de 15 minutes. A partir de cet instant, il est possible de considérer que les conditions vis-à-vis des flux thermiques sont dégradées sous la mezzanine.

Le personnel ayant évacué la cellule avant 5 minutes, il conserve des conditions acceptables lors de son évacuation au RDC comme en mezzanine.

Pour les services de secours, les conditions restent acceptables sur les 20 premières minutes de feu, hormis sous la mezzanine à partir de 17 minutes.





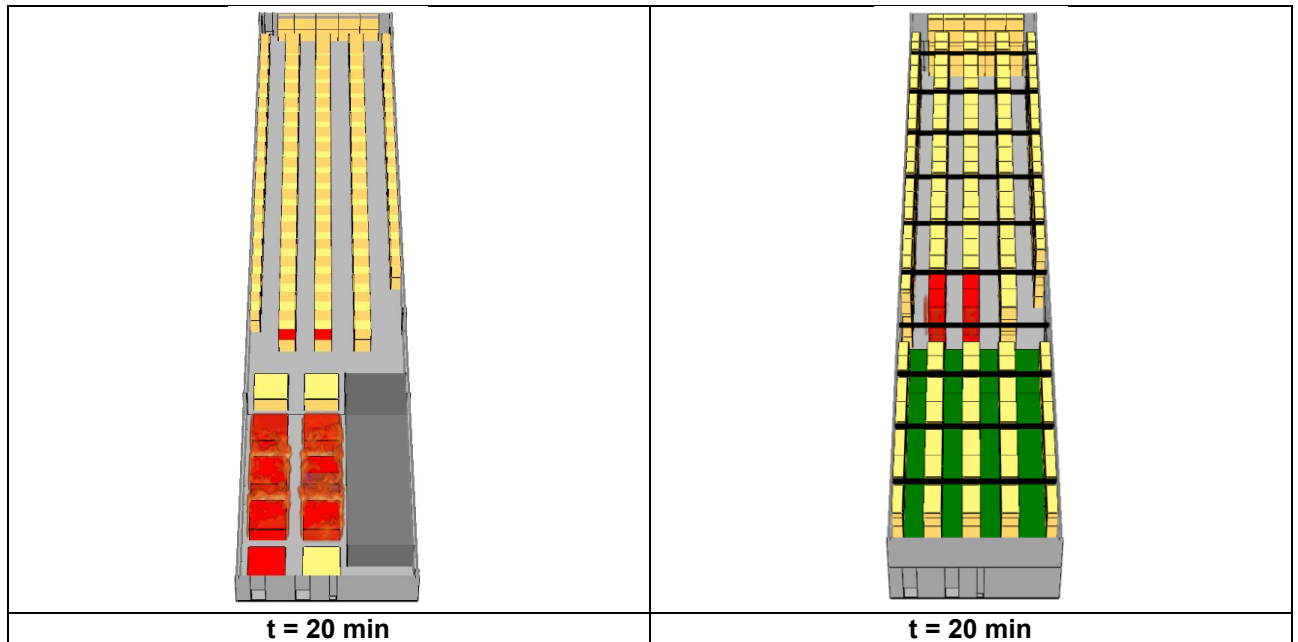


Tableau 8-59 : Evolution de la propagation de l'incendie dans la cellule

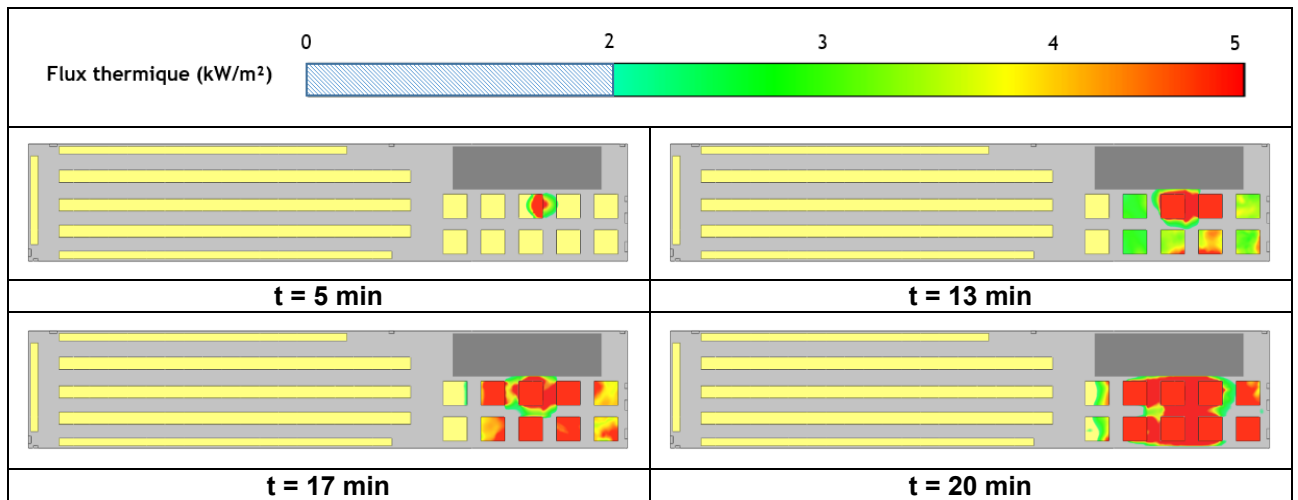


Tableau 8-60 : Flux thermiques reçus au niveau du sol

8.5.5. Concentration en monoxyde de carbone

Les résultats présentent les champs de monoxyde de carbone (CO) (échelle entre 0 et 300 ppm et avec troncature en dessous de 150 ppm – critère retenu pour les personnes dans le cadre de l'étude).

Les conditions de tenabilité au regard de la concentration en monoxyde de carbone restent acceptables jusqu'à la fin de l'évacuation du personnel.

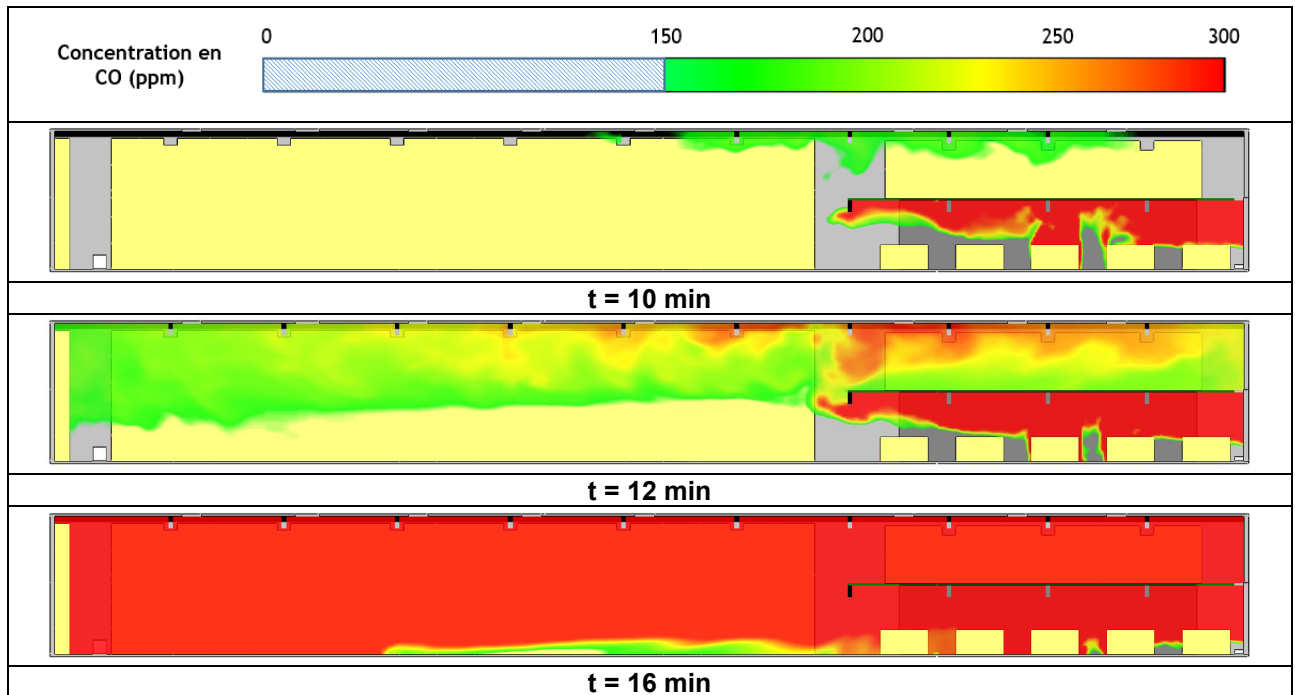


Tableau 8-61 : Vue en coupe verticale passant par le foyer – Concentration en CO

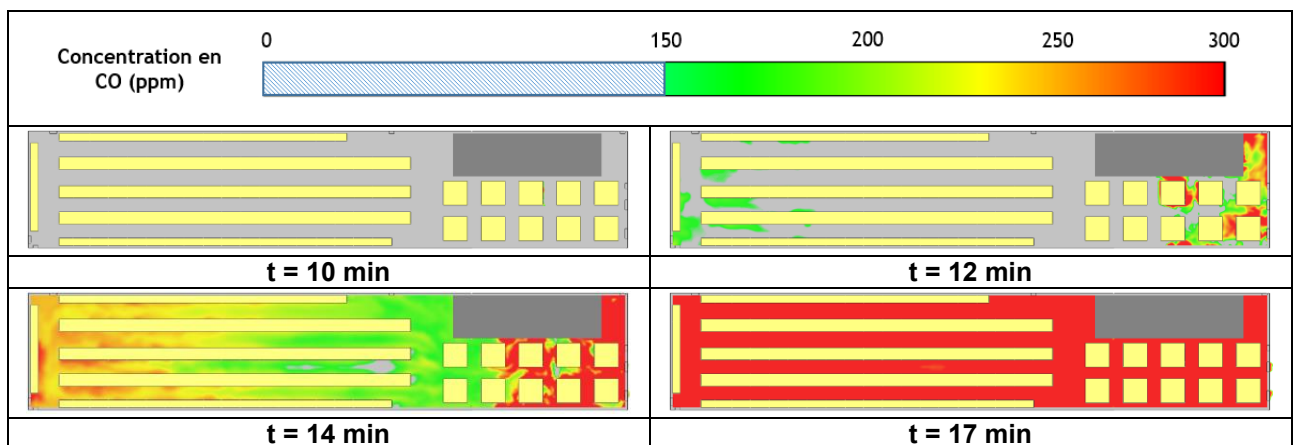


Tableau 8-62 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 2 m

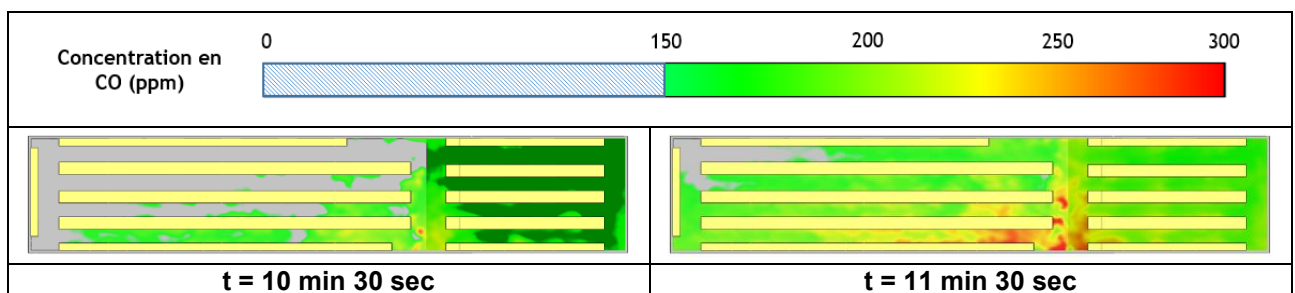


Tableau 8-63 : Champ de concentration en CO sur une coupe horizontale à z = 9,5 m (2 m de hauteur en mezzanine)

9. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Le tableau ci-dessous résume les temps de tenabilité suivant les critères de visibilité, de température, de flux et de monoxyde de carbone pour les occupants, ainsi que le temps auquel le premier critère est perdu pour les services de secours.

		Visibilité	Température	Flux	CO	Services de secours*	Temps d'évacuation des occupants
Scénario 1	RDC	15 min	17 min	18 min	17 min	16 min 30 s	4 min 37 s
	Mezzanine	8 min	10 min	15 min	12 min	12 min	3 min 41 s
Scénario 2	RDC	9 min	15 min	15 min	15 min	12 min	4 min 37 s
	Mezzanine	8 min	10 min	>20 min	14 min	11 min	3 min 41 s
Scénario 3	RDC	>20 min	>20 min	>20 min	>20 min	>20 min	4 min 37 s
	Mezzanine	12 min	20 min	>20 min	17 min	15 min	3 min 41 s
Scénario 4	RDC	14 min	16 min	17 min	16 min	15 min	4 min 25 s
	Mezzanine	6 min	10 min	15 min	9 min	8 min	3 min 43 s
Scénario 5	RDC	7 min 30 s	11 min	13 min	12 min	10 min	4 min 25 s
	Mezzanine	6 min 30 s	9 min	>20 min	11 min	8 min 30 s	3 min 43 s

Tableau 9-1 : Synthèse des temps d'atteinte des critères pour les personnes et les services de secours

**Pour les services de secours, le critère perdu en premier est celui de la visibilité dans la grande majorité des cas, sauf si les conditions sont perdues lorsque l'incendie est généralisé, alors c'est le critère des flux thermiques qui est perdu en premier.*

Pour l'ensemble des scénarios, les personnes peuvent évacuer dans des conditions acceptables que ce soit au RDC ou en mezzanine au regard des différents critères étudiés et des temps d'évacuation.

Concernant les services de secours, au moins un critère est perdu entre 8 et 17 minutes après le départ de feu selon les scénarios (excepté le RDC dans le cas du scénario 3).

10. CONCLUSION

Ce rapport s'est attaché à présenter les résultats relatifs à l'étude de désenfumage d'un projet d'entrepôt à La Hague (50). L'entrepôt sera classé sous la rubrique 1510 sous le régime de l'enregistrement de la nomenclature des ICPE.

L'objet de l'étude porte sur les cellules 1 et 2 pour lesquelles une mezzanine sans trémies (ouverture dans le plancher) est présente. De plus, le projet prévoit que les écrans de cantonnement présentent une hauteur de 1 m au lieu de 2 m réglementairement pour un entrepôt de cette hauteur (14,5 m en moyenne).

A noter que la présente étude ne comprend pas la vérification de la tenue au feu et le mode de ruine de la structure des mezzanines ni celle de l'enveloppe principale du bâtiment.

Les résultats de l'étude ont montré que l'évacuation du personnel s'effectue dans des conditions acceptables au regard de l'ensemble des critères analysés (coefficient d'extinction lumineuse (visibilité), température, flux thermiques, concentration en monoxyde de carbone).

Concernant les services de secours, les conditions d'interventions deviennent difficiles entre 8 et 17 minutes après le départ de feu selon les scénarios.

Efectis conclut que l'efficacité du système de désenfumage prévu dans la configuration projetée de l'entrepôt au regard des dispositions prévues notamment en matière de détection est en adéquation avec l'évacuation de l'ensemble du personnel.

Pour rappel, dans le cadre de l'étude et afin de proposer une démarche sécuritaire, le contrôle du feu par l'activation du système d'extinction automatique à eau n'est pas pris en compte dans les scénarios d'incendie investigués.

Par ailleurs, l'ANNEXE A présente la mise à jour des plans de stockage et d'exutoires par rapport à l'étude qui a été réalisée. Ces modifications n'entraînent pas de remise en cause des résultats et des conclusions de l'étude.

ANNEXE A : MISE A JOUR DES PLANS DE STOCKAGE ET D'EXUTOIRES

A.1 MISE A JOUR DES PLANS DE STOCKAGE

Les figures ci-dessous présentent les nouveaux plans de stockage au sol et en mezzanine pour les cellules 1 et 2, par rapport à ce qui a été étudié (cf. Figure 3-2 et Figure 3-3).

Pour la cellule 1 :

- le stockage en rack est beaucoup moins important que ce qui a été pris en compte dans l'étude ;
- le stockage en rack en mezzanine est équivalent.

Pour la cellule 2 :

- le stockage en rack au sol est équivalent ;
- l'Autostore présente une surface moins importante (712 m²) que l'Autostore pris en compte dans l'étude (1 035 m²).

Les nouveaux plans de stockage présentent donc un stockage moins important ou équivalent à ce qui a été étudié. **La mise à jour du stockage ne remet donc pas en cause les résultats et les conclusions de l'étude.**

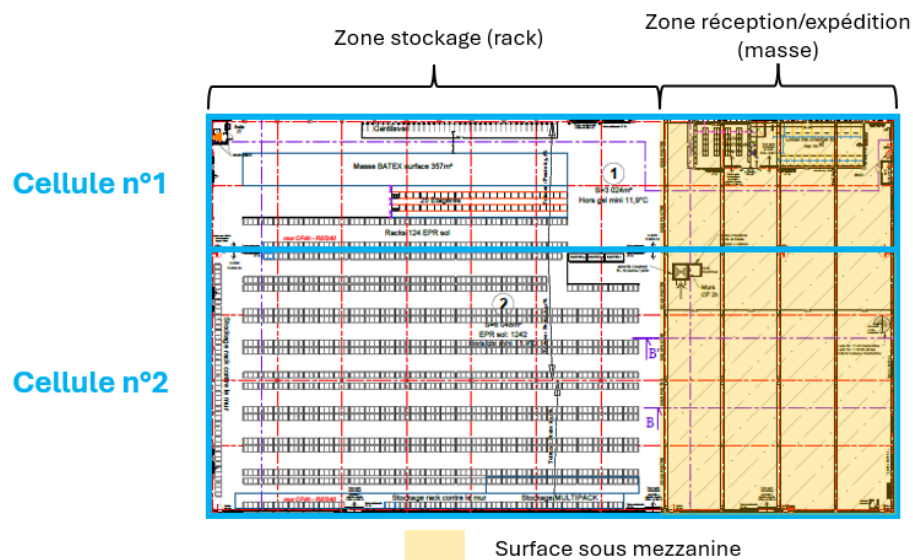


Figure A-1 : Aperçu et localisation du stockage au sol des cellules

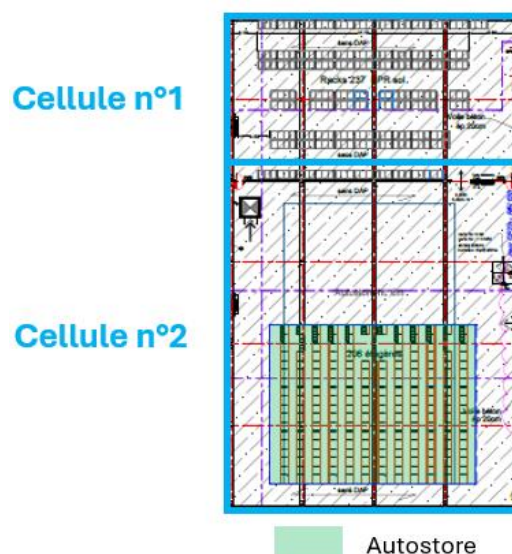


Figure A-2 : Aperçu et localisation du stockage en mezzanine des cellules

A.2 MISE A JOUR DU PLAN D'EXUTOIRES

La figure ci-dessous présente le nouveau plan des exutoires.

La seule modification significative réside sur le canton 2.3 pour lequel le nouveau plan présente 5 lanterneaux avec une SUE unitaire de 4,06 m² alors que dans l'étude il y avait 4 lanterneaux avec une SUE unitaire de 4,62 m².

Ainsi la SUE totale dans le canton 2.3 (20,3 m²) est supérieure à celle prise en compte dans l'étude (18,48 m²).

La mise à jour du plan d'exutoires ne remet donc pas en cause les résultats et les conclusions de l'étude.

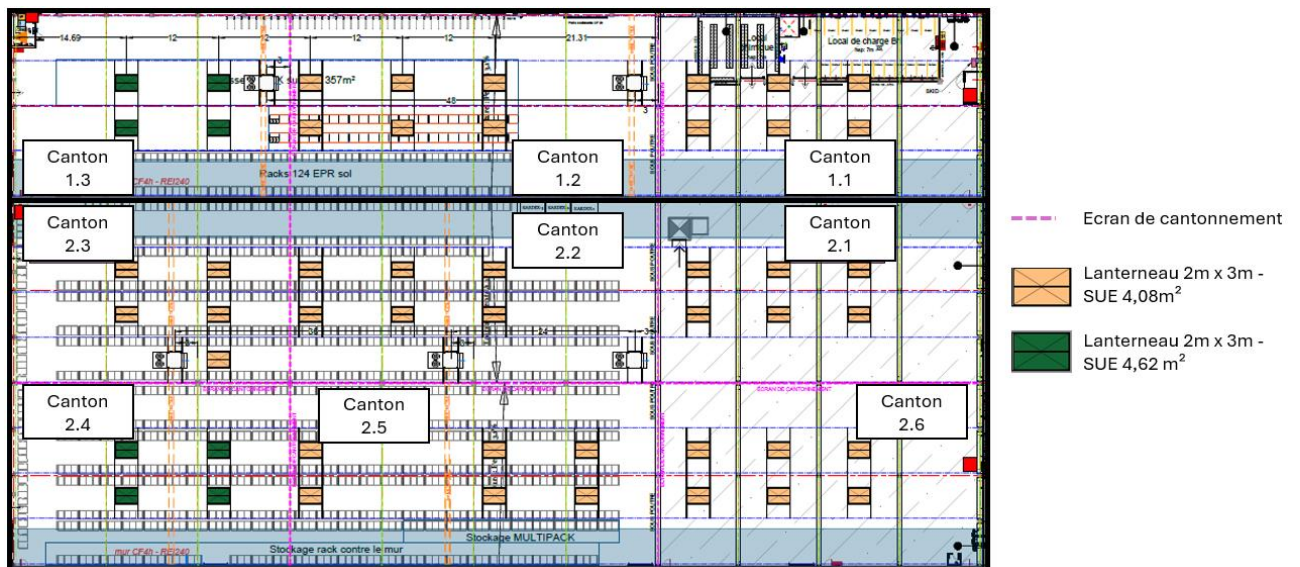


Figure A-3 : Localisation des écrans de cantonnement et du système de désenfumage