

NOTE

Objet	Modélisation des effets thermiques d'incendie dans le cadre d'un projet de centrale photovoltaïque au sol
Client	POLYREY à Baneuil (24)
Référence	POL BAN 003-N1.V1
De	Emmanuel BONHOMME et Cyril GERLAND
A	Isabelle MEYRIGNAC
Date	2 mai 2023

1 INTRODUCTION

POLYREY, entité du groupe Wilsonart, crée, fabrique et commercialise depuis 1955 des panneaux décoratifs pour l'agencement intérieur et extérieur. L'usine de Couze (17 ha) est située sur la commune de Baneuil en Dordogne (24).

Ce site est classé Seveso seuil haut pour le stockage et l'utilisation de produits toxiques et également soumis à un PPRT.

POLYREY a pour projet d'implanter une centrale de panneaux photovoltaïques au sol (présentée sur la Figure 1 et la Figure 2, page suivante), sur un terrain jouxtant le terrain sur lequel est implanté l'établissement classé Seveso.

Ce projet est porté par EDF ENR. La centrale sera en location-vente pour la production et l'autoconsommation sur le site de Baneuil.

L'administration demande à EDF ENR et POLYREY d'étudier les possibles effets dominos provenant du projet PV pour l'établissement Seveso Seuil Haut.

Dans ce contexte, la société POLYREY a sollicité ORIUM Conseil pour la modélisation des effets thermiques des incendies :

- De la centrale photovoltaïque au sol,
- Du local de transformation électrique HTA/BT.

SARL ORIUM CONSEIL

24, Rue Robert Desnos - 69 120 Vaulx-en-Velin
SARL au capital de 3000 €

Représentant légal : Emmanuel BONHOMMÉ

RCS Lyon 842 058 117 - SIRET : 842 058 117 00016 - APE : 7112B - N° de TVA intracommunautaire : FR 65 842058117



Figure 1 : Plan d'implantation de la centrale photovoltaïque au sol

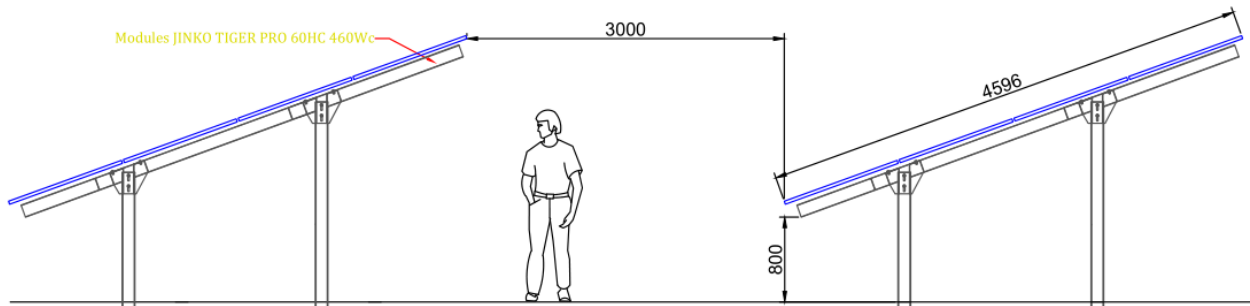


Figure 2 : Vue en coupe des tables supportant les modules photovoltaïques

2 SEUILS DE REFERENCE, METHODES ET MOYENS DE CALCUL

2.1 Seuils de référence pour les effets thermiques

Les seuils retenus dans le cadre de la modélisation des phénomènes dangereux sont définis par l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études des dangers des installations classées soumises à autorisation.

Les effets d'un phénomène de type incendie s'apprécient essentiellement en termes de flux reçu par une surface exposée. Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques pour les installations classées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l'homme	Flux thermique (kW/m ²)
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	-	20 kW/m ²
Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	-	16 kW/m ²
Seuil des effets domino et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine	8 kW/m ²
Seuil des destructions de vitres significatives	Seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine	5 kW/m ²
-	Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	3 kW/m ²

Seuils des effets dominos

La définition retenue pour un effet domino est la suivante : « Action d'un phénomène accidentel affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un phénomène accidentel sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des conséquences ».

Les effets subis par un bâtiment ou une installation en cas de phénomène accidentel survenant à proximité dépendent :

- du type de phénomène accidentel (incendie, explosion, diffusion toxique ou effet missile),
- des caractéristiques du bâtiment ou de l'installation vis-à-vis des effets,
- des mesures de protection existantes,
- de la cinétique des effets et des délais de mise en œuvre d'éventuels moyens de protection.

D'après l'Arrêté du 29/09/05 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation, la valeur seuil retenue à partir de laquelle un effet domino sur les installations voisines est envisageable pour les effets thermiques est la suivante : 8 kW/m², correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures.

2.2 Présentation de la méthode Flumilog

La méthode Flumilog, proposée pour déterminer les flux thermiques associés à un incendie se démarque sensiblement de celles utilisées dans le passé. En effet, les méthodes employées ne considéraient pas l'évolution temporelle de l'incendie.

Les distances d'effet étaient généralement déterminées en supposant l'incendie instantanément généralisé à une cellule avec un effacement total du toit et un effacement partiel ou total des parois selon les organismes en charge de l'étude. De plus, les valeurs considérées pour calculer les effets avaient un caractère global pour tout le stockage (vitesse de combustion par exemple) qui ne prenait pas non plus en compte le mode de stockage utilisé (rack ou masse par exemple).

Compte tenu des évolutions réglementaires avec notamment une prise en compte accrue de la cinétique du phénomène, il est apparu essentiel de développer une méthode qui puisse répondre au mieux à ces évolutions.

De fait, la méthode Flumilog développée permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. Elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie : d'une part lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer et d'autre part lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps. Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

La méthode permet également de calculer les flux thermiques associés à l'incendie de plusieurs cellules dans le cas où le feu se propagerait au-delà de la cellule où l'incendie a débuté. En effet, en fonction des caractéristiques des cellules, des produits stockés et des murs séparatifs, il est possible que l'incendie généralisé à une cellule se propage aux cellules voisines. Les différentes étapes de la méthode sont présentées sur le logigramme ci-après :

- Acquisition et initialisation des données d'entrée,
 - données géométriques de la cellule, nature des produits entreposés, le mode de stockage.
 - et détermination des données d'entrées pour le calcul : débit de pyrolyse en fonction du temps, comportement au feu des toitures et parois...
- Détermination des caractéristiques des flammes en fonction du temps (hauteur moyenne et émittance). Ces valeurs sont déterminées à partir de la propagation de la combustion dans la cellule, de l'ouverture de la toiture.
- Calcul des distances d'effet en fonction du temps. Ce calcul est réalisé sur la base des caractéristiques des flammes déterminées précédemment et de celles des parois résiduelles susceptibles de jouer le rôle d'obstacle au rayonnement.

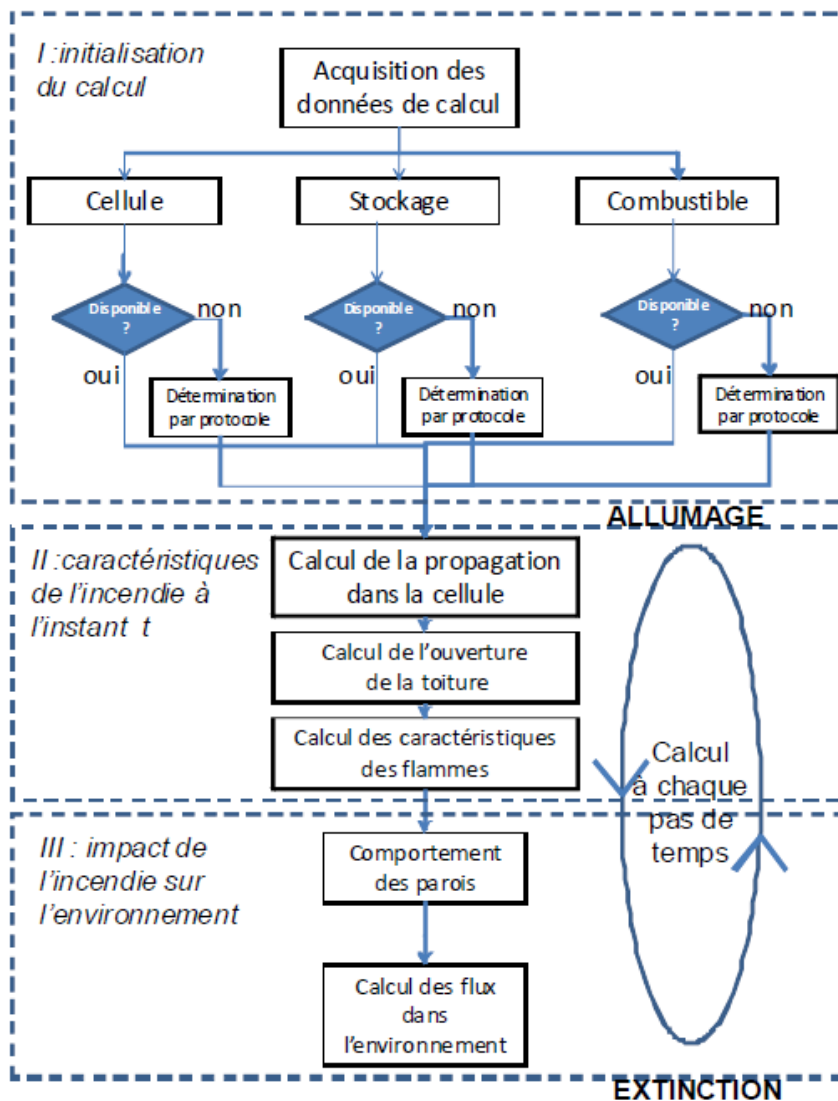


Figure 3 : Processus de calcul dans Flumilog

3 INCENDIE DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE AU SOL

3.1 Définition du terme source

On considère l'incendie de la centrale photovoltaïque au sol, qui est constituée de 6 516 modules photovoltaïques répartis dans 27 travées (orientées d'est en ouest).

La centrale compte 181 tables de 36 modules (une table comportant 9 colonnes de 4 modules). Ces tables sont réparties comme suit :

- Travée Sol01 (la plus au sud) : 2 tables,
- Travée Sol02 : 5 tables,
- Travées S03 à S26 : 7 tables,
- Travée S27 (la plus au nord) : 6 tables.

L'évaluation des effets thermiques de l'incendie est réalisée avec le modèle Flumilog (présenté au § 2.2).

Le champ de panneaux photovoltaïques au sol a été assimilé à un stockage extérieur en racks, dont la disposition est présentée sur la figure suivante :

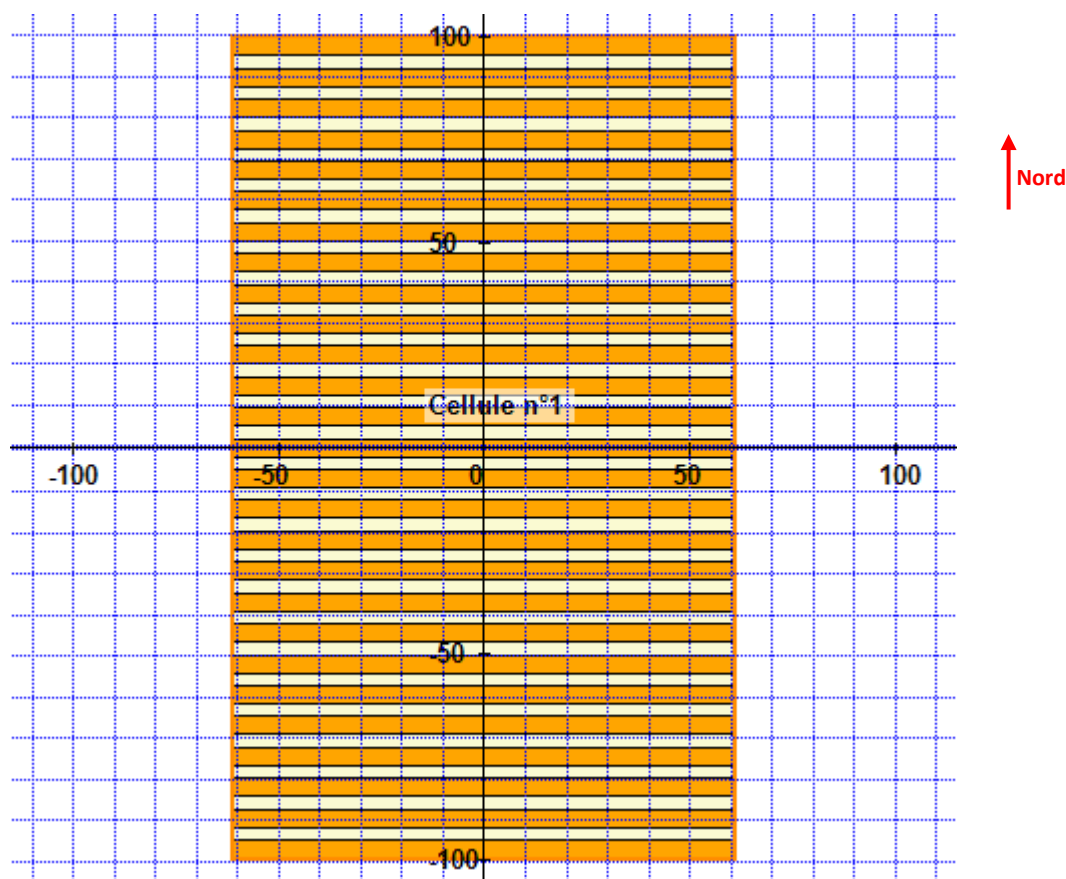


Figure 4 : Configuration retenue dans Flumilog pour la modélisation de l'incendie de la centrale photovoltaïque

Les zones en orange sont les 27 travées de doubles racks (4,5 m de large) qui correspondent aux zones d'implantation des panneaux. Elles sont séparées par des allées de 3 m de largeur.

La modélisation est pénalisante puisqu'elle considère que les 27 travées disposent toutes de 7 tables (soit 63 rangées de 4 panneaux), alors que les travées Sol01, Sol02 et Sol26 en compte entre 2 et 6. Ainsi, de façon majorante la centrale est considérée comme un rectangle de dimensions : L 200 m x l 122 m.

La figure ci-dessous présente la projection au sol d'une colonne de 4 modules photovoltaïques :

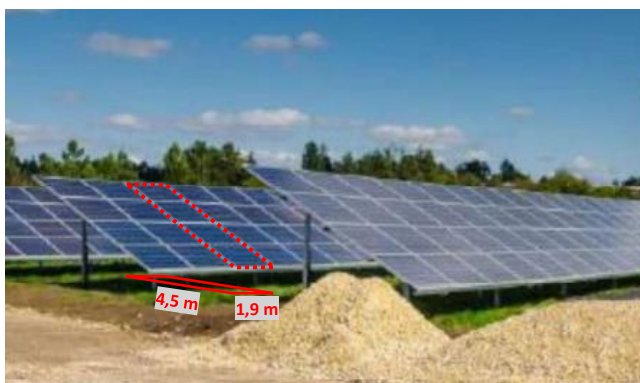


Figure 5 : Projection au sol d'une colonne de 4 modules photovoltaïques

Dans un rack double, une colonne de 4 modules PV a donc été assimilée à 8 palettes type (réparties en 2 piles de 4 palettes).

Les dimensions d'une palette sont : L 2,25 m x l 1,9 m.

La hauteur d'une palette (20 cm) correspond à l'épaisseur d'un panneau (quelques centimètres) auquel on ajoute la boîte de jonction et les câbles électriques sous les panneaux. Il n'est pas possible de considérer une palette de hauteur inférieure à 20 cm dans Flumilog.

La hauteur des racks est de 2,5 m, ce qui correspond à la hauteur maximale des panneaux.

Composition d'une palette type

La composition d'un module photovoltaïque (réf. JINKO TIGER PRO 60HC 460Wc) est fournie par le document « *Evaluation carbone simplifiée – ECS CRE4 n°029-2021_026* » de Certisolis (joint en Annexe A) :

- Polysilicium : 0,69 kg,
- Verre : 17,12 kg,
- EVA : 2,16 kg,
- PET : 0,84 kg,
- PVF : 0,07 kg.

A ces matériaux est ajouté le poids du cadre en aluminium (environ 2,4 kg) et le poids d'un boîtier de jonction en polyester (environ 0,9 kg).

Par ailleurs, le rapport réf. DRA-10-108218-13522A daté du 08/12/2010 intitulé « *Prévention des Risques associés à l'implantation de cellules photovoltaïques sur des bâtiments industriels ou destinés à des particuliers* » du CSTB et de l'INERIS indique qu'à un panneau photovoltaïque rigide est associée une densité de charge calorifique¹ (DCC) de 1 MJ/m² due à la présence des fils et connectiques électriques. Cette DCC correspond à environ 0,1 kg de matière plastique par panneau photovoltaïque.

¹ Cette charge calorifique est exprimée au travers de la Densité de Charge Calorifique (DCC), exprimée en MJ/m², qui représente le potentiel calorifique des combustibles présents dans une zone ramenée à la surface de cette zone.

Pour les besoins de la modélisation Flumilog, l'ensemble des matières plastiques (EVA, PET, PVF et polyester) est assimilée au polyéthylène. Le polysilicium est assimilé à l'acier.

La composition d'une palette type (qui correspond à ½ module) est la suivante :

- Acier : 0,34 kg,
- Verre : 8,6 kg,
- Polyéthylène : 2,0 kg,
- Aluminium : 1,2 kg.

3.2 Evaluation des effets

La Figure 6 présente la cartographie Flumilog des effets atteints à hauteur d'homme (h = 1,5 m) en cas d'incendie de la centrale photovoltaïque au sol :

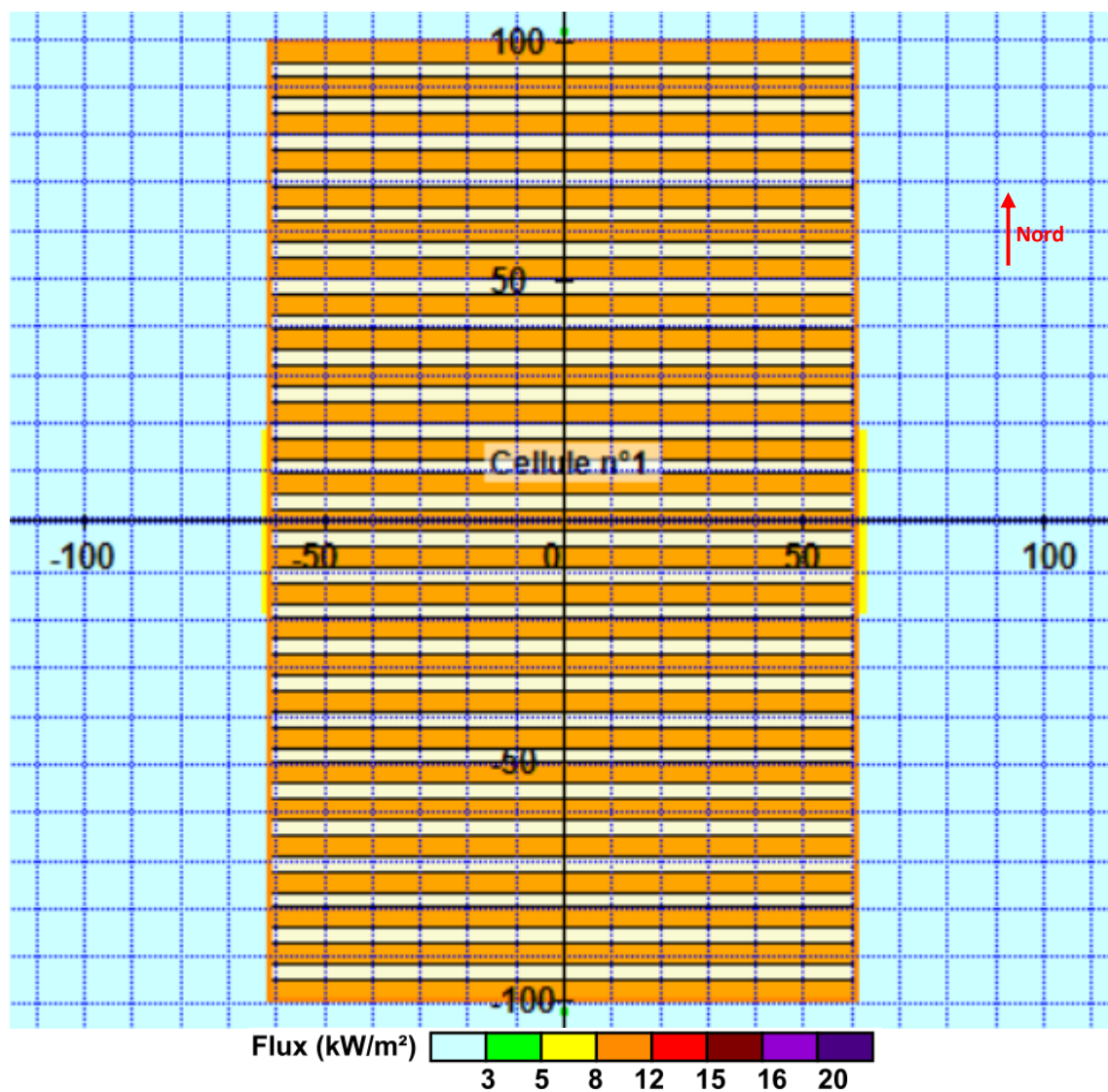


Figure 6 : Représentation Flumilog des effets thermiques en cas d'incendie de la centrale photovoltaïque au sol

Les distances d'effets calculées par Flumilog à 1,5 m de hauteur sont présentées dans le Tableau 2.

A noter que Flumilog indique que :

« Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m, et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m. »

Tableau 2 : Distances des effets thermiques en cas d'incendie de la centrale photovoltaïque au sol

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l'homme	Flux thermique	Distances d'effets	
			Face à la longueur (à l'est et à l'ouest)	Face à la largeur (au nord et au sud)
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	-	20 kW/m ²	Non atteint On retient 5 m	Non atteint On retient 5 m
Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	-	16 kW/m ²	Non atteint On retient 5 m	Non atteint On retient 5 m
Seuil des effets domino et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux significatifs (SELS)	8 kW/m ²	Non atteint On retient 5 m	Non atteint On retient 5 m
Seuil des destructions de vitres significatives	Seuil des premiers effets létaux (SEL)	5 kW/m ²	2 m On retient 5 m	Non atteint On retient 5 m
-	Seuil des effets irréversibles (SEI)	3 kW/m ²	3 m On retient 5 m	Non atteint On retient 5 m

Ainsi, on retient donc la valeur de 5 m comme distance correspondant au seuil des effets dominos (8 kW/m²).

Ces très faibles distances d'effets viennent corroborer la très faible densité de charge calorifique des panneaux photovoltaïques, qui est de l'ordre de 80 MJ/m², ce qui correspond à un risque incendie faible.

En effet, d'après le Traité Pratique de Sécurité Incendie, édité par le Centre National de Prévention et de Protection (CNPP), le risque incendie est :

- faible si la DCC est de l'ordre ou inférieure à 418 MJ/m²,
- moyen si la DCC est de l'ordre de 837 MJ/m²,
- élevé si la DCC est supérieure à 1 674 MJ/m².

3.3 Analyse des résultats

La Figure 7 présente les zones d'effets thermiques, correspondant aux seuils d'effets de 3, 5 et 8 kW/m² représentées sur un fond de plan du projet de la centrale photovoltaïque au sol.

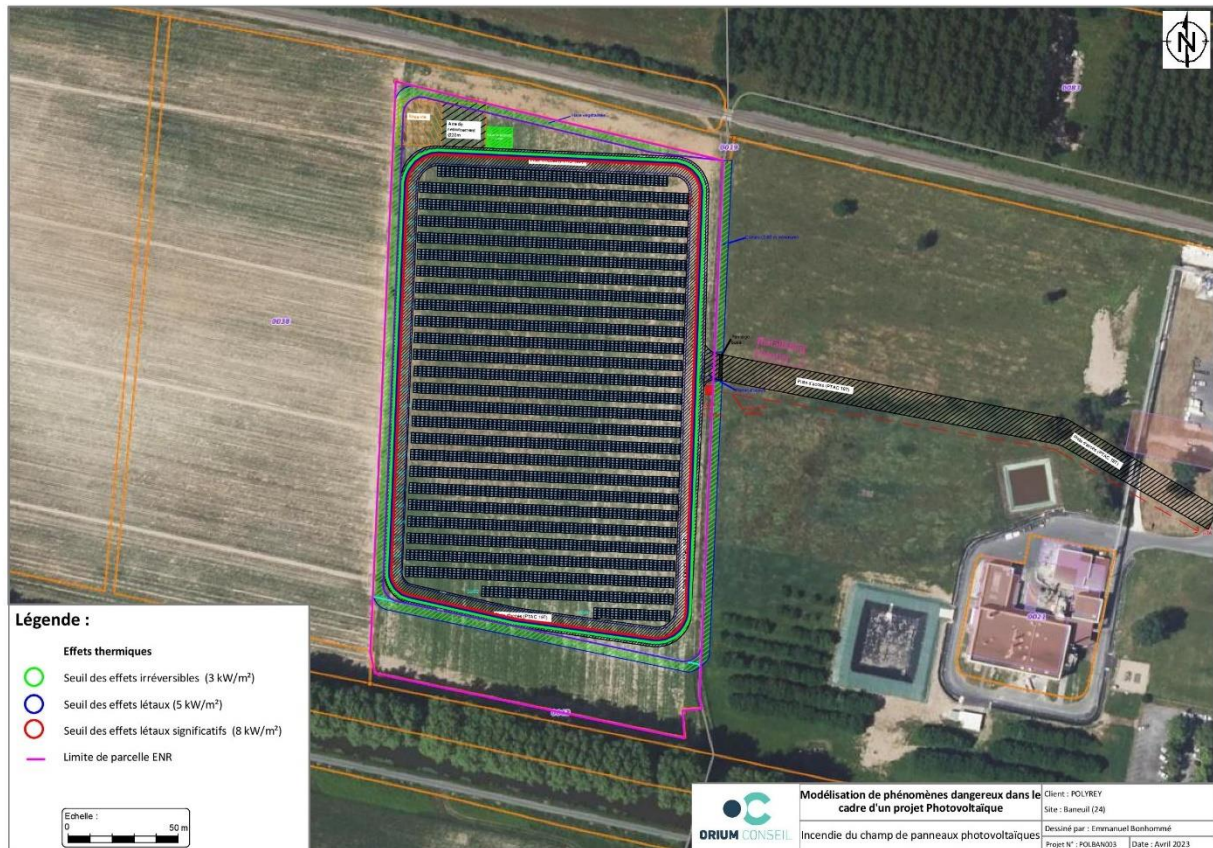


Figure 7 : Zones des effets thermiques (à h = 1,5 m) en cas d'incendie de la centrale photovoltaïque

L'incendie de la centrale photovoltaïque n'est pas susceptible d'engendrer d'effet domino sur le poste de transformation de la centrale, ni sur les autres installations du site industriel POLYREY (notamment les installations ICPE exploitées par POLYREY et relevant de la Directive Seveso).

4 INCENDIE DU LOCAL DE TRANSFORMATION ELECTRIQUE HTA/BT

4.1 Définition du terme source

On considère l'incendie du local de transformation électrique HTA/BT de la centrale.

Le poste sera constitué d'un pré-fabriqu² bâti d'environ L 5 m x l 3 m x h 2,5 m.

L'évaluation des effets thermiques de l'incendie est réalisée avec le modèle Flumilog (présenté au § 2.2) en considérant un incendie d'huile de transformateur.

La vitesse de pyrolyse retenue pour les huiles est de 39 g/m²/s. Le pouvoir calorifique est de 46,4 MJ/kg. Ces 2 valeurs sont celles proposées par Flumilog pour les huiles de transformateur.²

Le local transformateur sera du type préfabriqué en béton (murs et plafond).

Il disposera toutefois d'ouvertures réparties sur les murs (portes, grilles de ventilation...) dont les tailles et positions ne sont pas connues à ce jour.

Afin d'étudier l'impact de ces ouvertures sur le rayonnement thermique en cas d'incendie, des portes sont considérées sur 2 faces (1 longueur et 1 largeur du local). Afin d'être majorant, leur surface correspond à l'ensemble de la paroi sur lesquelles elles sont considérées (L 5 m x h 2,5 m sur la longueur, L 3 m x h 2,5 m sur la largeur du local).

Les 2 autres murs ont été considérés comme des parois sans ouvertures.

4.2 Evaluation des effets

La Figure 8 présente la cartographie Flumilog des effets atteints à hauteur d'homme (h = 1,5 m) en cas d'incendie du local de transformation électrique HTA/BT :

² La valeur de PCI proposée par Flumilog est cohérente avec les données techniques disponibles pour l'huile qui sera utilisée. En effet, celle-ci est classée 01 d'après la norme CEI 61-100 qui donne le classement des huiles minérales. Ce classement signifie que le point de feu est inférieur ou égal à 300°C et que le pouvoir calorifique inférieur est supérieur ou égal à 42 MJ/kg, donc du même ordre de grandeur (et légèrement plus faible) que la valeur proposée par Flumilog (46,4MJ/kg).

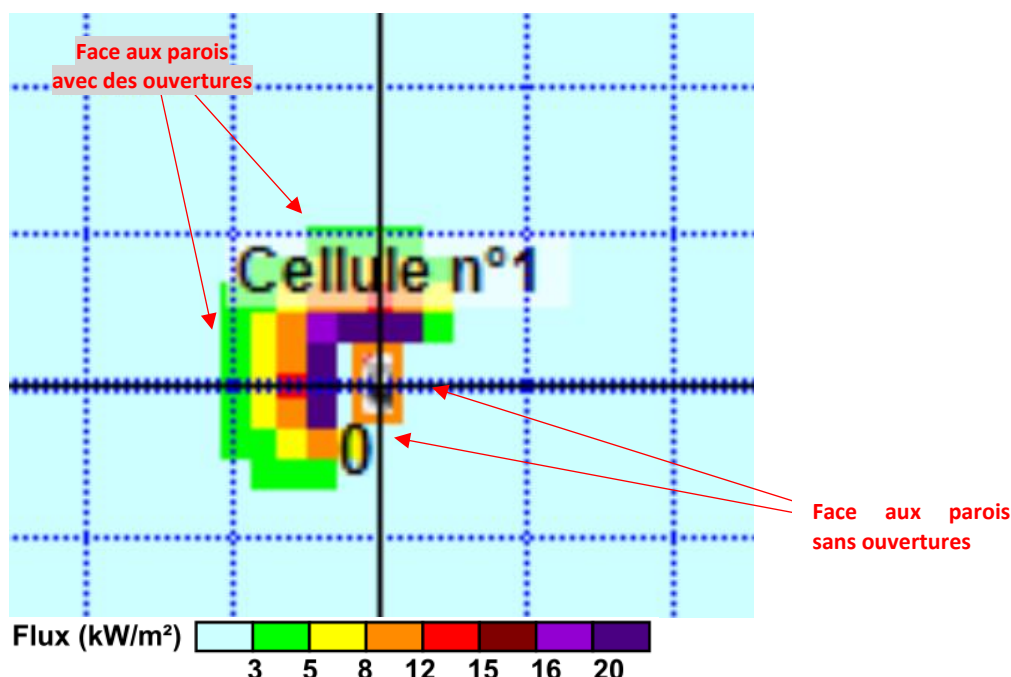


Figure 8 : Représentation Flumilog des effets thermiques en cas d'incendie du local de transformation électrique HTA/BT

Les distances d'effets calculées par Flumilog à 1,5 m de hauteur face aux parois disposant d'ouvertures (portes et grilles) sont présentées dans le Tableau 3

A noter que Flumilog indique que :

« Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m, et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m. »

Tableau 3 : Distances des effets thermiques en cas d'incendie du local de transformation électrique HTA/BT (face aux parois disposant d'ouvertures)

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l'homme	Flux thermique	Distances d'effets	
			Face à la longueur	Face à la largeur
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	-	20 kW/m ²	4 m On retient 5 m	3 m On retient 5 m
Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	-	16 kW/m ²	4 m On retient 5 m	3 m On retient 5 m
Seuil des effets domino et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux significatifs (SELS)	8 kW/m ²	6 m On retient 10 m	5 m On retient 5 m

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l'homme	Flux thermique	Distances d'effets	
			Face à la longueur	Face à la largeur
Seuil des destructions de vitres significatives	Seuil des premiers effets létaux (SEL)	5 kW/m ²	8 m On retient 10 m	6 m On retient 10 m
-	Seuil des effets irréversibles (SEI)	3 kW/m ²	10 m On retient 10 m	8 m On retient 10 m

Ainsi, on retient donc une distance de 10 m comme distance correspondant au seuil des effets dominos (8 kW/m²) face à la longueur du local, et une distance de 5 m face à la largeur du local.

4.3 Analyse des résultats

La Figure 9 présente les zones d'effets thermiques, correspondant aux seuils d'effets de 3, 5 et 8 kW/m² représentées sur un fond de plan du projet de centrale photovoltaïque au sol.

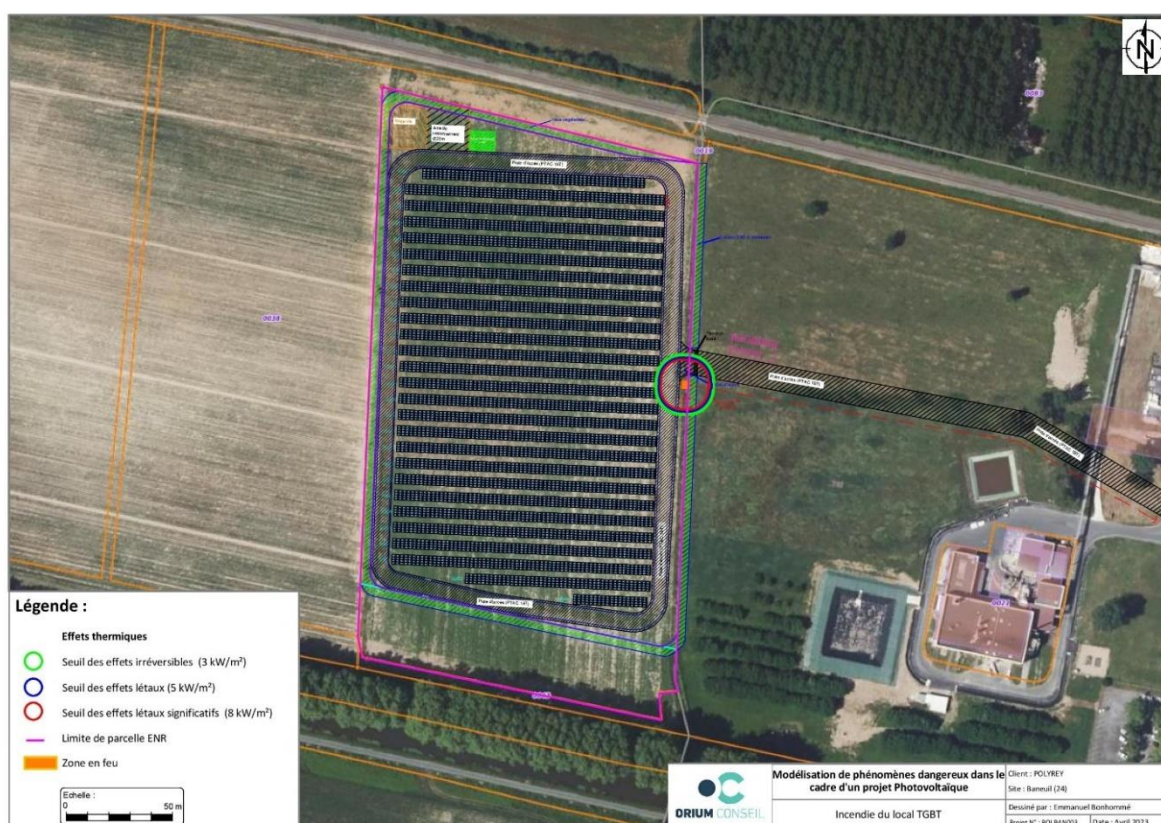


Figure 9 : Zones des effets thermiques (à h = 1,5 m) en cas d'incendie du local de transformation électrique HTA/BT

L'incendie du local de transformation électrique HTA/BT n'est pas susceptible d'engendrer d'effet domino sur les installations du site industriel POLYREY (notamment les installations ICPE exploitées par POLYREY et relevant de la Directive Seveso).

La centrale photovoltaïque est située à une distance de 11 mètres du local de transformation électrique HTA/BT, donc légèrement plus éloignée que la distance des effets dominos.

ANNEXES

Annexe A : Document « ECS CRE4 n°029-2021_026 » de Certisolis

Evaluation Carbone simplifiée

ECS CRE4 N°029 -2021_026

Titulaire du certificat :	Site de production modules :	Site de production cellules :	Site de production wafers :
Jinko Solar Co., Ltd. No.1, Lane1466, Shenchang Road, Minhang District, Shanghai, China	JINKO Solar Co., Ltd NO.1 Jinko Road Shangrao Economic Development Zone Jiangxi Province 334100 – CHINE Identification du site : 52	JINKO Solar Co., Ltd NO.1 Jinko Road Shangrao Economic Development Zone Jiangxi Province 334100 – CHINE Identification du site: 42	JINKO Solar Co., Ltd NO.1 Jinko Road Shangrao Economic Development Zone Jiangxi Province 334100 – CHINE Identification du site: 33
	Jinko Solar (Yiwu) Co., Ltd. No.1555, Chengxin Road, Niansanli Street, Yiwu City, Zhejiang, CHINE Identification du site: 53		

Produits concernés (modules de la production courante) :

Module monocristallin p-type TIGER : **JKMxxxM-60HL4-V** (120 demi-cellules Monofacial) : 440W à 460W
JKMxxxM-72HL4-V (144 demi-cellules Monofacial) : 530W à 550W
JKMxxxM-72HL4-TV (144 demi-cellules bifacial, Backsheet transparent) : 525W à 545W

Méthodologie :

Cahier des charges (CDC) de l'appel d'offres CRE4 portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir :

- De l'énergie solaire « Centrales au sol » (CDC modifié du 12/02/2021) Valable à partir de la sixième période
- De l'énergie solaire « Centrales sur bâtiments, serres et hangars agricoles et ombrières de parking de puissance comprise entre 100 kWc et 8 MWc » (CDC du 03/02/2021) : Valable à partir de la septième période
- D'énergies renouvelables en autoconsommation et situées en métropole continentale (CDC modifié du 04/06/2020). Valable à partir de la cinquième période
- D'énergies renouvelables en autoconsommation et situées dans les zones non interconnectées (CDC modifié du 09/06/2020). Valable pour les deux premières périodes
- De l'énergie solaire « transition énergétique du territoire de Fessenheim » (CDC modifié du 27/05/2020). Valable à partir de la deuxième période
- De l'énergie solaire et situées dans les zones non interconnectées (CDC modifié du 12/10/2020). Valable pour toutes les périodes

Cahier des charges de l'appel d'offres PPE2 portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir :

- De l'énergie solaire « Centrales au sol » (CDC modifié du 06/10/2021) Valable pour la première période
- D'énergies renouvelables en autoconsommation et situées en métropole continentale (CDC modifié du 06/10/2021) Valable pour la première période
- D'énergie solaire photovoltaïque, hydroélectrique ou éolienne, situées en métropole continentale (CDC modifié du 06/10/2021) Valable pour la première période
- De l'énergie solaire « Centrales sur bâtiments, serres agricoles, hangars et ombrières de puissance supérieure à 500 kWc » (CDC modifié du 05/10/2021) Valable pour la première période

Arrêté du 6 octobre 2021 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment, hangar ou ombrière utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée strictement supérieure à 100kWc jusqu'à 500 kilowatts.

Inventaire de la composition des modules :

Technologie	JKMxxxM-60HL4-V	JKMxxxM-72HL4-V/TV
	Monocristalline	
Polysilicium (kg)	0,69	0,83
Lingots (kg)	0,69	0,83
Wafers (nbre)	81,67	98,00
Cellules (nbre)	81,67	98,00
Modules (m²)	2,14	2,56
Verre (kg)	17,12	20,46
Trempe (kg)	17,12	20,46
EVA (kg)	2,16	2,59
PET (kg)	0,84	1,00
PVF (kg)	0,07	0,09

(Quantité pour un module)

Origine des sites de production :

	Coefficients répartition / Sites fabrication / Pays fabrication
	JKMxxxM-60HL4-V et JKMxxxM-72HL4-V/TV
Polysilicium	17% Xinjiang – Chine et 50% FBR Xuzhou – Chine * 33% Recyclé Xinjiang – Chine
Lingots	100% Xinjiang, Workshop n°2 – Chine
Wafers	100% Shangrao - Chine
Cellules	100% Shangrao - Chine
Modules	100% Shangrao – Chine et Yiwu - Chine
Verre et Trempe	100% Wuhu - Chine
EVA	100% Lin'an - Chine
PET	100% Ningbo - Chine
PVF	100% Ningbo - Chine

* L'approvisionnement du polysilicium FBR doit faire l'objet d'une confirmation pour la période de validité du certificat

CERTISOLIS TC atteste de l'origine des composants déclarés pour les produits visés ci-dessus. Certaines données doivent être vérifiées au cours d'un audit documentaire complémentaire.

Résultats :

Puissance Tolérance 0/+3%	JKMxxxM-60HL4-V					JKMxxxM-72HL4-V/TV					
	440W	445W	450W	455W	460W	525W	530W	535W	540W	545W	550W
G (kg eq CO2/kWc)	481,449	476,040	470,750	465,577	460,517	483,638	479,076	474,598	470,204	465,890	461,655

Détail du calcul :

	JKMxxxM-60HL4-V					JKMxxxM-72HL4-V/TV					
	440W	445W	450W	455W	460W	525W	530W	535W	540W	545W	550W
Gi											
Polysilicium	140,506	138,927	137,384	135,874	134,397	141,309	139,976	138,668	137,384	136,123	134,886
Lingots	90,025	89,014	88,025	87,057	86,111	90,539	89,685	88,847	88,025	87,217	86,424
Wafers	17,160	16,967	16,778	16,594	16,414	17,258	17,095	16,935	16,778	16,625	16,473
Cellules	98,445	97,339	96,258	95,200	94,165	99,008	98,074	97,157	96,258	95,375	94,508
Modules	55,664	55,039	54,427	53,829	53,244	55,751	55,225	54,709	54,203	53,705	53,217
Verre	45,739	45,225	44,723	44,231	43,750	45,811	45,378	44,954	44,538	44,129	43,728
Verre trempé	9,549	9,441	9,336	9,234	9,133	9,564	9,473	9,385	9,298	9,213	9,129
EVA	14,478	14,315	14,156	14,000	13,848	14,500	14,363	14,229	14,098	13,968	13,841
PET	5,432	5,371	5,311	5,253	5,196	5,440	5,389	5,338	5,289	5,241	5,193
PVF	4,451	4,401	4,352	4,304	4,258	4,458	4,416	4,375	4,334	4,295	4,256
G (kg eq CO2/kWc)	481,449	476,040	470,750	465,577	460,517	483,638	479,076	474,598	470,204	465,890	461,655

Typologie du numéro de série des modules et code ECS :

XXXX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX : Numéro de série

X :	identification module	XXXXXX :	date de production
X :	identification cellule	XXXXXXXX :	ordre de production
XX :	spécifications module	XXXX :	numéro de série chronologique pour chaque module
XX :	usine de production		

12 23 33 42 52: Marking label

- 1st~2nd : Polysilicon (12 : Xinte et 15 : GCL)
- 3rd-4th: Ingot (23(2): Jinko Xinjiang Workshop n°2)
- 5th-6th: Wafer (33: Jinko Shangrao)
- 7th-8th: Cell (42: Jinko Shangrao)
- 9th-10th: Module (52: Jinko Shangrao et 53: Jinko Yiwu)

Informations :

Les calculs ont été effectués sur la base des valeurs par défaut (Tableau 2 : Valeurs des émissions de GES en CO2eq pour la fabrication des composants) de la méthodologie citée ci-dessus à l'exception des valeurs :

- du procédé de fabrication du « Poly-Si recyclé » (Site de Xinjiang - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020,
 - du procédé de fabrication du « Poly-Si Siemens » (Site de Xinjiang - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020,
 - du procédé de fabrication du « Poly-Si FBR » (Site de Xuzhou - Chine) – validée par ADEME le 27/10/2021,
 - du procédé de fabrication des « Ingot mono » (Site de Xinjiang Workshop n°2 - Chine) – validée par ADEME le 31/12/2020,
 - du procédé de fabrication des « Wafers mono 156x156 » (Site de Shangrao - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020,
- qui sont issues d'une Analyse de cycle de vie récente. Les coefficients GWPIj issus d'ACV sont les suivants :

	GWPIj
Recycled Poly-Si (Chine)	0,379
Poly-Si Siemens (Chine)	68,452
Poly-Si FBR (Chine)	37,000
Ingot mono (Chine)	20,165
Wafers processing mono 156mmx156mm (Chine)	0,088

Date du dernier audit réalisé par un organisme accrédité sur le site d'assemblage des modules : Mai 2021 (Yiwu) et Mai 2021 (Shangrao)

Validité :

Certificat CRE4 N°029-2021_026 valide du 27/12/2021 au 27/06/2022

Le Bourget-du-lac, le 27 décembre 2021

Le Président



Laurent PRIEUR



Annexe B : Rapport FLUMILOG – Incendie de la centrale photovoltaïque

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

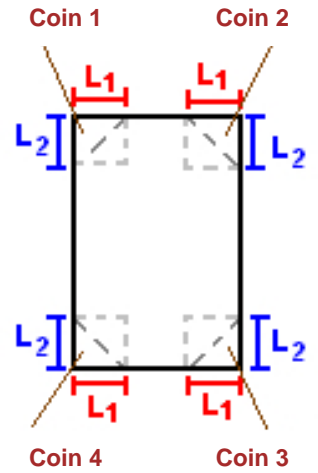
Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	CGE
Société :	ORIUM Conseil
Nom du Projet :	Incendie_PV_4niv
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	21/04/2023 à 11:44:05 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	21/4/23

I. **DONNEES D'ENTREE :****Donnée Cible**Hauteur de la cible : **1,5** m**Stockage à l'air libre****Oui****Géométrie Cellule1**

Nom de la Cellule :Cellule n°1			
Longueur maximum de la zone de stockage(m)	200,0		
Largeur maximum de la zone de stockage (m)	122,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0

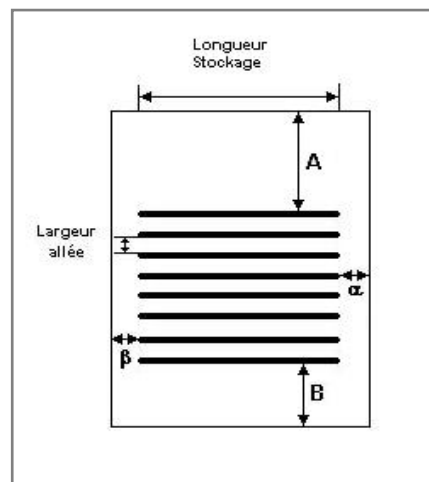


Stockage de la cellule : Cellule n°1

Nombre de niveaux **4**
 Mode de stockage **Rack**

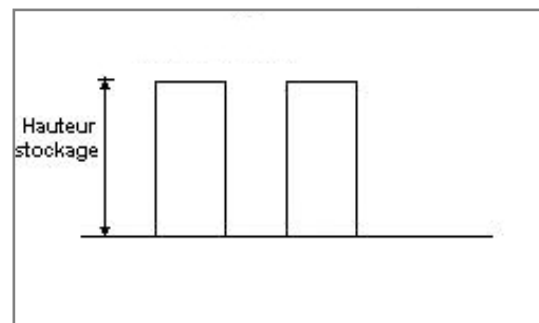
Dimensions

Longueur de stockage **122,0 m**
 Déport latéral A **0,0 m**
 Déport latéral B **0,0 m**
 Longueur de préparation a **0,0 m**
 Longueur de préparation b **0,0 m**
 Hauteur maximum de stockage **2,5 m**



Sens du stockage **dans le sens de la paroi 2**

Nombre de double racks **27**
 Largeur d'un double rack **4,5 m**
 Nombre de racks simples **0**
 Largeur d'un rack simple **2,3 m**
 Largeur des allées entre les racks **3,0 m**



PaLETTE type de la cellule Cellule n°1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **2,3 m**
 Largeur de la palette : **1,9 m**
 Hauteur de la palette : **0,2 m**
 Volume de la palette : **0,9 m³**
 Nom de la palette : **Demi-panneauPV**

Poids total de la palette : **12,1 kg**

Composition de la Palette (Masse en kg)

PE	Acier	Verre	Aluminium	NC	NC	NC
2,0	0,3	8,6	1,2	0,0	0,0	0,0

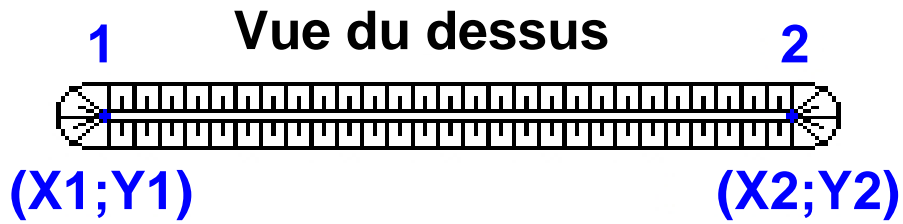
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **2,7 min**
 Puissance dégagée par la palette : **446,1 kW**

Merlons



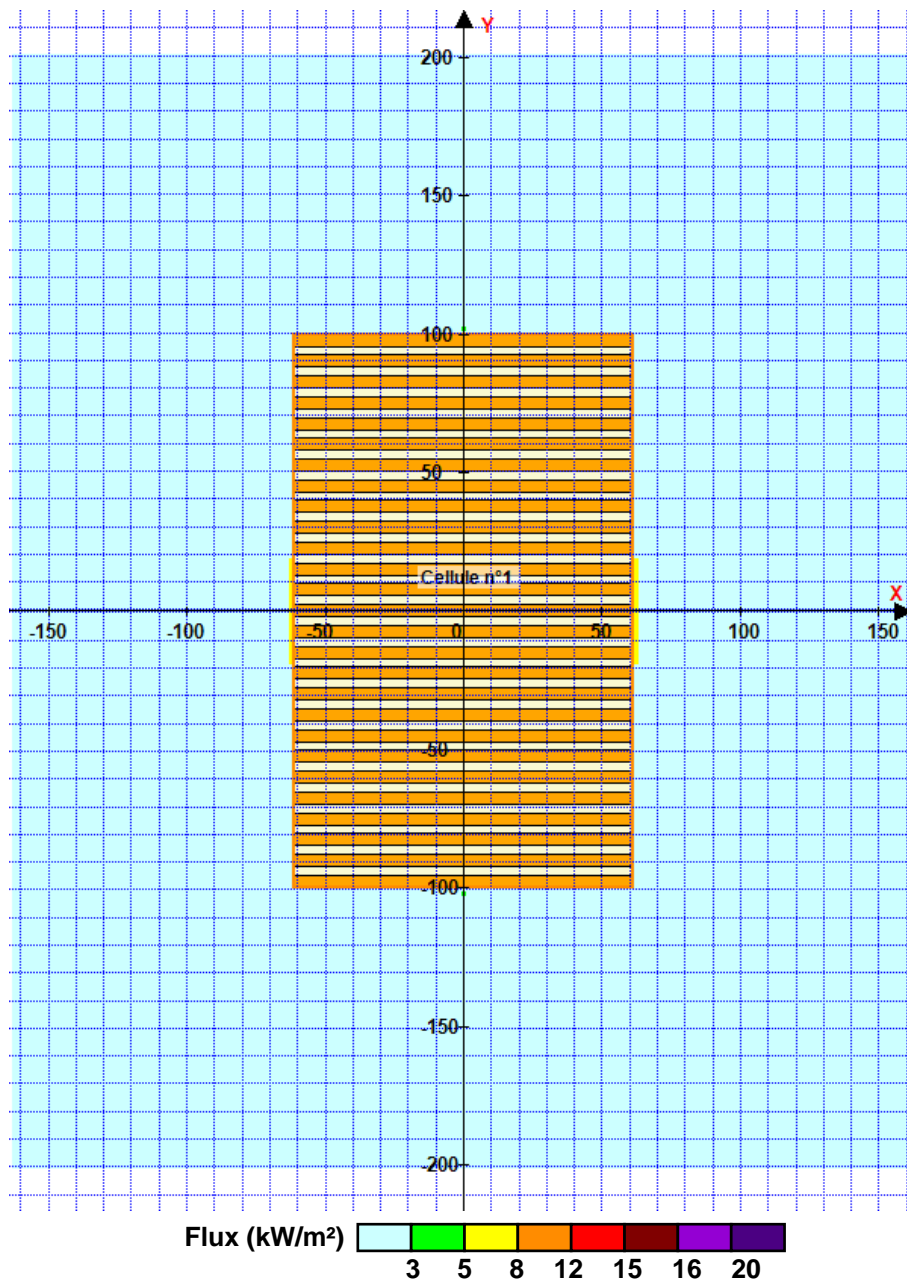
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1 **71,0** min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

Annexe C : Rapport FLUMILOG – Incendie du local de transformation électrique

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	CGE
Société :	ORIUM Conseil
Nom du Projet :	Feu_transfo_PV
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	24/04/2023 à 10:50:44 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	24/4/23

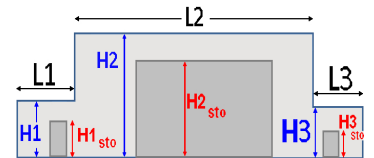
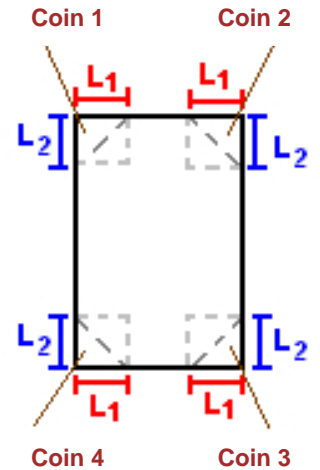
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,5 m**

Géométrie Cellule1

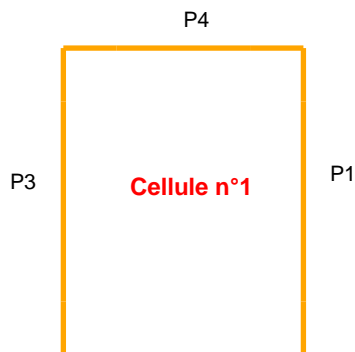
Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		5,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		3,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		2,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	120
Matériaux constituant la couverture	Dalle beton
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0
Résistance au feu de la dalle (min)	120

Parois de la cellule : Cellule n°1



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	0	1	1
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	5,0	3,0
Hauteur des portes (m)	2,5	2,5	2,5	2,5
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	120
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	120
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	120

Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **3** t



Palette type de la cellule Cellule n°1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Palette LI utilisateur**

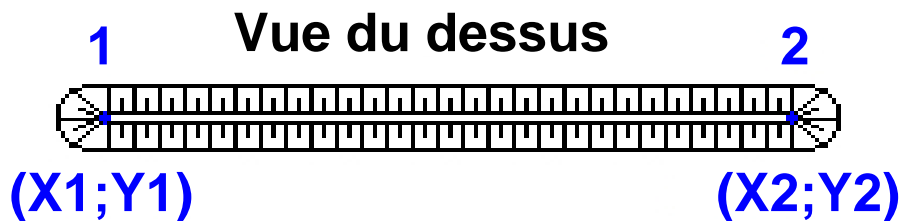
Poids total de la palette : **Par défaut**

La palette LI est définie par l'utilisateur.

Les données suivantes sont utilisées

Vitesse de combustion : **39** g/m²/s
 Chaleur de combustion : **46,4** MJ/kg

Merlons



Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

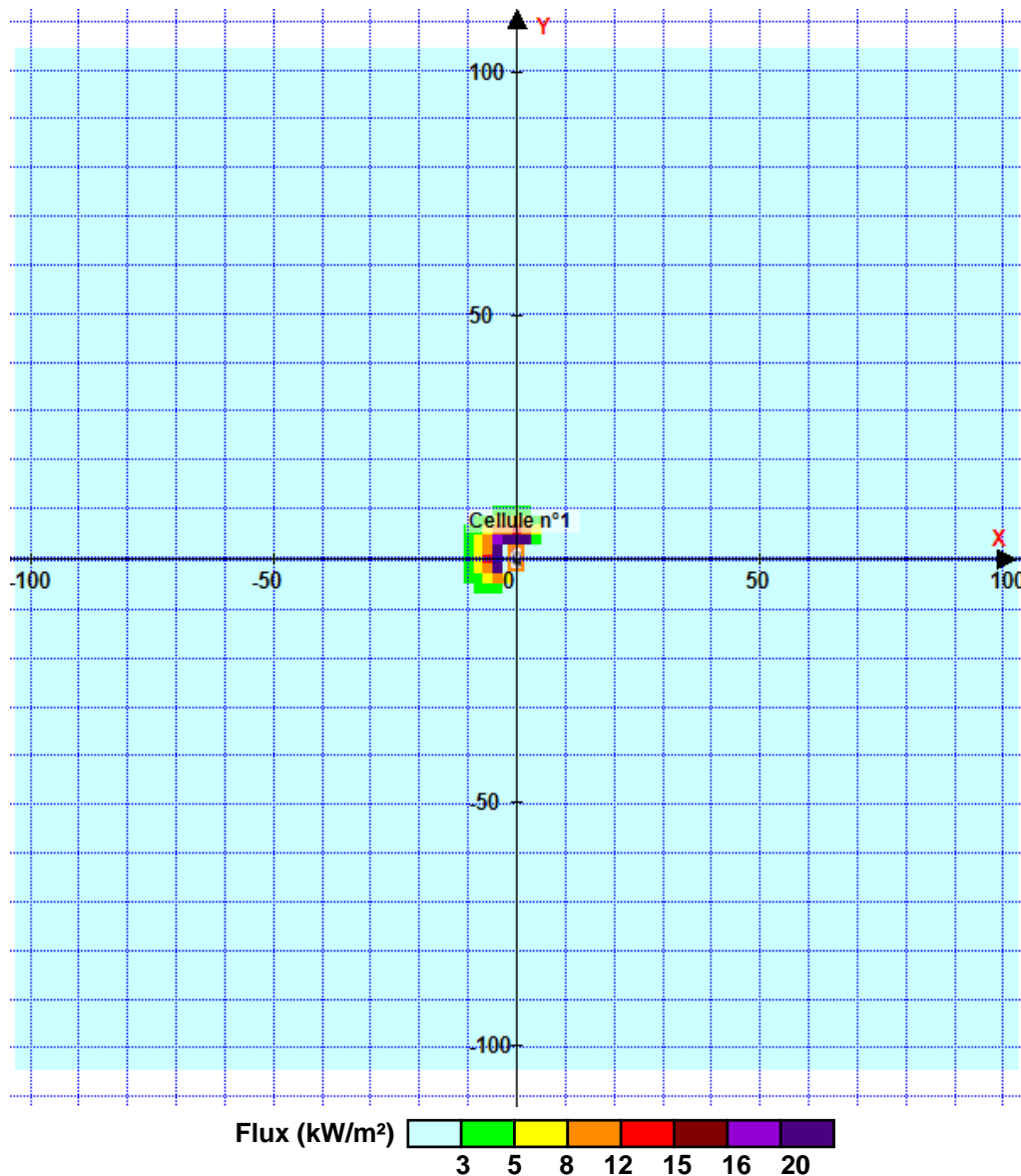
II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Cellule n°1 **85,5** min (durée de combustion calculée)

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.