

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
École Nationale Polytechnique



Département Qualité Hygiène sécurité et environnement
Mémoire de projet de fin d'études
Pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE- GRI

**Maîtrise des risques ATEX au sein d'un site industriel de
production pharmaceutique.
Cas d'Application : SANOFI Algérie**

Réalisé par :
MERAZGA Maroua
Présenté et soutenu publiquement le (07/07/2022)

Sous la direction de :

Promoteur	Mr. KERTOUS Aboubaker	Maitre assistant, ENP
Promoteur	Mme. BITCHIKH Karima	Maitre de conférence B
Promoteur	Mme. LAKBICHI Sarah	Superviseur Hse SAA AI
Promoteur	Mr. ZAIDI Idir	Responsable Hse Europe,Afrique

	Membres de jury :	
Président	Mr. YOUSEFI Hamid	Professeur, ENP
Examinateur	Mr. BOUSBAI M'hamed	Maitre de conférence B
Examinatrice	Mme. BENTALLA Souad	Maitre de conférence B

ENP 2022

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
École Nationale Polytechnique



Département Qualité Hygiène sécurité et environnement
Mémoire de projet de fin d'études
Pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE- GRI

**Maîtrise des risques ATEX au sein d'un site industriel de
production pharmaceutique.
Cas d'Application : SANOFI Algérie**

Réalisé par :
MERAZGA Maroua
Présenté et soutenu publiquement le (07/07/2022)

Sous la direction de :

Promoteur	Mr. KERTOUS Aboubaker	Maitre assistant, ENP
Promoteur	Mme. BITCHIKH Karima	Maitre de conférence B
Promoteur	Mme. LAKBICHI Sarah	Superviseur Hse SAA AI
Promoteur	Mr. ZAIDI Idir	Responsable Hse Europe,Afrique

	Membres de jury :	
Président	Mr. YOUSEFI Hamid	Professeur, ENP
Examinateur	Mr. BOUSBAI M'hamed	Maitre de conférence B
Examinatrice	Mme. BENTALLA Souad	Maitre de conférence B

ENP 2022

Dédicaces

Je profite de cette occasion pour dédier ce modeste travail :

A mon père et ma mère ;

A ma grand mère ;

A mes deux soeurs Safa et Maria ;

A ma confidente Hinda , que j'aime beaucoup, pour son amour et son soutien ;

A mes tantes et mes oncles ;

A mes cousines ;

A mes amis ;

A tous ceux et celles qui me sont chères .

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord au bon Dieu le tout Puissant pour la force qu'il m'a donné pour atteindre mes objectifs et arriver où je suis.

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur ZAIDI Idir responsable Hse regional Europe , Afrique et Madame LAKBICHI Sarah superviseur Hse pour leur aide immense, leurs conseils précieux ainsi que pour tout le temps qu'ils m'ont consacré tout au long de mon projet, espérant que celui-ci soit à la hauteur de leurs attentes.

Je tiens ensuite à adresser toute ma gratitude à mes chers enseignants Monsieur KERTOUS Aboubakar , Madame BITCHIKH Karima qui m'ont toujours convenablement orientés, leur regard critique m'a permis de structurer ce travail et de l'améliorer en permanence.

J'aimerais aussi remercier les membres du jury, Monsieur YOUSEFI Hamid , Professeur à l'ENP qui nous a fait l'honneur de présider ce jury, Monsieur M'hammed BOUSBAI et Madame BENTALLA Souad, enseignants à l'ENP, qui ont bien voulu accepter d'examiner et de juger ce travail.

Notre reconnaissance à l'ensemble des enseignants du Département QHSE-GRI pour la formation qu'ils nous ont prodiguée, les valeurs qu'ils nous ont inculquées et nos aptitudes qu'ils ont aiguisées.

Je dois aussi beaucoup aux collègues de Sanofi, en premier lieu Abdelkrim, ainsi que Sabah.

A toutes ces personnes, je présente mes plus sincères remerciements, mon respect et ma gratitude.

Table des matières

Introduction	12
1 Présentation de l'entreprise	14
1.1 Présentation du groupe Sanofi	15
1.2 Historique	15
1.3 Présentation de Sanofi Algérie	15
1.4 Etat des lieux Sanofi Sidi Abdellah	16
1.5 Description des processus de production :	17
1.5.1 Processus production de médicaments sous forme solide	17
1.5.2 Processus production de médicaments sous forme liquide	18
1.5.3 Processus production de médicaments sous forme sachet	18
2 Système de management HSE de SANOFI	19
2.1 Description du processus	20
2.2 Structure	21
2.3 Gestion des risques HSE	23
2.4 Cartographie des risques HSE	24
2.4.1 Conclusion et formalisation de la problématique	25
3 ATEX cadre conceptuel	27
3.1 Généralités sur l'explosion	28
3.2 Explosion ATEX	28
3.3 Accidentologie ATEX et retour d'expérience	31
3.4 Contexte réglementaire et normatif	33
3.4.1 Exigences réglementaires ATEX algériennes	33
3.4.2 Exigences ATEX de la norme IEC	33
3.5 Méthodologie de classification des emplacements dangereux	34
3.5.1 Choix de la méthodologie	34
3.5.2 Démarche de classification des zones ATEX gaz / vapeur	34
3.5.3 Démarche de classification des zones ATEX Poussières	39
3.6 Conformité des équipements en zone ATEX	41
3.6.1 Catégories d'appareils	42
4 Etude de cas	45
4.1 Classification des zones ATEX	46
4.1.1 Classification de zone ATEX Gaz	46
4.1.2 Classification de zone ATEX vapeur	52
4.1.3 Classification des zone ATEX poussières	73

Table des matières

4.2	Examen d'adéquation des équipements en zone ATEX	86
4.3	Plan d'action	92
A	Liste des Annexes	103
A.1	Inventaire des liquides inflammables	103
A.2	Inventaire des poudres inflammables	103
B	Liste des Annexes	104
B.1	Zones qui correspondent au degré de dégagement et efficacité de la ventilation selon la norme IEC 60079-10-1	104
B.2	Vitesses de ventilation indicatives en extérieur (uw) selon la norme IEC 60079-10-1	105
B.3	Emplacements dangereux – Symboles préférentiels pour les zones poussières selon la norme IEC 60079-10-1	105
B.4	Emplacements dangereux – Symboles préférentiels pour les zones Gaz/Vapeur	106
	Bibliographie	107

Table des figures

1.1	Plan de masse Sanofi Sidi Abdellah Algérie	17
2.1	Hiérarchie documentaire Sanofi	20
2.2	Structure du système de gestion santé, sécurité, environnement.	22
2.3	HSE dans son environnement	23
2.4	Processus de gestion des risques HSE de Sanofi	24
2.5	Cartographie des risques HSE : site de production SIDI ABDELLAH 2021	25
3.1	Hexagone de l'explosion ATEX	30
3.2	RÉPARTITION DES ACCIDENTS PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ EN 2021	31
3.3	Phénomènes dangereux liés aux accidents par secteurs d'activité	32
4.1	Classification en zone :local de charge batteries	49
4.2	Degré de dilution : station d'arrivée de gaz.	51
4.3	Degré de dilution :Local à solvant.	53
4.4	Distance dangeureuse.	54
4.5	Classification en zones : Local à solvant	55
4.6	Degré de dilution :Local de prélèvement des liquides inflammables	57
4.7	Classification en zone : Local de prélèvement des liquides inflammables	59
4.8	Classification en zone : Local de pesé liquide	64
4.9	Degré de dilution : Fabrication Liquide	66
4.10	Degré de dilution : Local de Fabrication des Aromes	70
4.11	Réalisation des plans de zonage ATEX : Local des aromes	72
4.12	Classification en zone : Local Fabrication Liquide	74
4.13	Classification en zone : Local de pesée des granulés	75
4.14	Classification en zone : Local de pesée des poudres	77
4.15	Shéma du procédé de granulation séchage callibrage	78
4.16	Classification en zone : Local de granulation	80
4.17	Classification en zone : Local de mélange	81
4.18	Classification en zone : Local de presse	82
4.19	Classification en zone : Local de pelliculage	84
4.20	Classification en zone : Zone technique	86
4.21	Planing de substitution des équipements électriques non ATEX	92
4.22	Plan de substitution des équipements non ATEX par priorité	93
4.23	Template d'affichage du mapping des zones ATEX	93
4.24	Cable de terre	95
4.25	Cable de terre	95

Table des figures

4.26	Evaluation de la maturité du process safety ATEX	98
4.27	Evaluation de la maturité du process safety ATEX	99

Liste des tableaux

3.1	Nombre d'explosion par type	32
3.2	Exigences normatives ATEX	33
3.3	Les classes de poussière selon la valeur Kst	40
3.4	Groupe de poussière selon la granulométrie et la résistivité	40
3.5	Adéquation et marquage des appareils Atex [1]	43
4.1	Description du local de charge des batteries	46
4.2	Tableau des caractéristiques de l'Hydrogène	46
4.3	Capacité nominale des batteries	48
4.4	Caractéristiques du méthane	50
4.5	Taux du dégagement du méthane	50
4.6	Synthèse des résultats du dégagement au niveau de la vanne d'arrivée de la chaudière	51
4.7	Description local à solvants	52
4.8	Taux de dégagement des flaques d'évaporation	52
4.9	Synthèse des résultats du local à solvants	54
4.10	Description du local de prélèvement des liquides inflammables	56
4.11	Taux de dégagement des flaques d'évaporation à l'ouverture des conteneurs .	56
4.12	Taux d'évaporation dû au trou dans les conteneurs	56
4.13	Résultats de l'étude : Local de prélèvement des liquides inflammables . . .	58
4.14	Résultats de l'étude : Local de prélèvement des liquides inflammables . . .	58
4.15	Description du local de pesé liquide	59
4.16	Taux de dégagement à l'intérieur et autour du conge : Local de pesé liquide	60
4.17	Taux de dégagement à l'ouverture des conteneurs : Local de pesé liquide .	60
4.18	Taux de dégagement du Trou dans les conteneurs : Local de pesé liquide .	61
4.19	Résultats de l'étude à l'intérieur et autour du conge : Local de pesé liquide	62
4.20	Résultats de l'étude à l'ouverture du conge : Local de pesé liquide	62
4.21	Résultats du Trou dans les conteneurs : Local de pesé liquide	63
4.22	Description de la fabrication liquide	64
4.23	Taux de dégagement du trou dans les conteneurs : Fabrication liquide . . .	65
4.24	Résultats du local de la fabrication liquide	66
4.25	Description du local de fabrication des aromes	67
4.26	Taux de dégagement de l'ouverture des conteneurs : Local de fabrication des aromes	68
4.27	Taux de dégagement de déversement des conteneurs : Local de fabrication des aromes	68
4.28	Taux de dégagement de vapeur	69

Liste des tableaux

4.29	Résultats de l'ouverture des conteneurs : Local de fabrication des arômes	71
4.30	Résultats de déversement : Local de fabrication des arômes	71
4.31	Résultats de dégagement de la vapeur : Local de fabrication des arômes	72
4.32	Description du local de fabrication liquide	73
4.33	Description du local de pesée des granulés	74
4.34	Description du local de pesée des poudres	76
4.35	Description du local de granulation	77
4.36	Description du local de presse	81
4.37	Description du local de pelliculage	83
4.38	Equipements du Local de prélèvement des liquides inflammables	86
4.39	Equipements du Local de pesée liquide	87
4.40	Equipements du Local de Fabrication des Aromes	87
4.41	Equipements du Local de Fabrication Liquide	87
4.42	Equipements du Local de pesée des granulés	88
4.43	Equipements du Local de pesée des poudres	88
4.44	Equipements du Local de granulation	89
4.45	Equipements du Local de mélange	89
4.46	Equipements du Local de presse	90
4.47	Equipements du Local de pelliculage	90
4.48	Equipements du Local de charge des chariots	90
4.49	Equipements de la Zone technique	91
4.50	Programme de maintenance préventive des éléments clefs de sécurité	94
4.51	Protocole de chargement des batteries	97

ملخص

في هذا العمل، نركز على إدارة مخاطر الانفجارات داخل مصانع إنتاج الأدوية. تتكون منهجية عملنا من ثلاثة أجزاء: في الجزء الأول، قمنا بتصنيف مناطق ATEX باستخدام طريقة كمية لتصنيف المناطق - غاز و بخار وطريقة نوعية لتصنيف المناطق - الغبار، في هذا الجزء أشرنا إلى معايير IEC 1-10-60079 و IEC 60079-10-2. بعد ذلك، درسنا في الجزء الثاني امثال مختلف المنشآت والمعدات في الموقع وفقاً لمناطق ATEX المحددة. للقيام بذلك قمنا بمراجعة امثال المرافق للمتطلبات النظامية. وأخيراً، اقترحنا خطة عمل للحد من خطر الانفجار، تأخذ في الاعتبار القيود المالية والموارد البشرية المتاحة.

الكلمات المفتاحية: ATEX , انفجار الغاز والبخار, انفجار الغبار, تدقيق امثال المنشآت

Abstract

In this work, we focus on the management of explosive atmosphere risks within the pharmaceutical industry. Our work methodology is composed of three parts: In the first part, we classified the ATEX zones using a qualitative method for the classification of areas – Explosive dust atmospheres and a quantitative method for the classification of areas – Explosive Gas / Vapor atmospheres , in this part we referred to the IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2 standards.

After that, in the second part We studied the compliance of the various installations and equipment on-site according to the ATEX zones identified. To do this we audited the compliance of facilities with regulatory requirements.

Finally, we proposed an action plan to reduce the risk of explosion, the latter taking into consideration the financial constraints and the human resources available.

Key words: ATEX, Gas and vapor explosion, Dust explosion, ATEX Zoning, ATEX adequacy test

Résumé

Dans ce travail nous nous intéressons à la gestion des risques des atmosphères explosives au sein d'une usine de production pharmaceutique. Notre méthodologie de travail est composée de trois parties :

Tout d'abord, nous avons classé les zones ATEX en appliquant une méthode quantitative pour le classement des zones de Gaz / vapeurs et une méthode qualitative pour le classement des zones de poussières, dans cette partie nous nous sommes référés à la norme IEC 60079-10-1 et IEC 60079-10-2.

Par la suite, nous étudions la conformité des différentes installations sur le site en fonction des zones ATEX identifiées. Pour ce faire, nous avons audité la conformité des installations suivant les exigences réglementaires.

Enfin, nous avons proposé un plan d'action pour réduire le risque d'explosion, ce dernier, prend en considération les contraintes financières et les ressources humaines disponibles de l'entreprise

Mots clés : ATEX , Explosion des gaz et vapeur , Explosion des poussières, Zonage ATEX, Examen d'adéquation ATEX

Abréviations

ARIA : Analyse, Recherche et Information sur les Accident

ATEX : Atmosphère explosive

CEI : Comité électrotechnique international

CME : Concertation minimale d'explosivité

EMI : Energie minimale d'inflammabilité

LII : Limite inférieure d'inflammabilité

LSI : Limite supérieure d'inflammabilité

NF : Norme française

TAI : Temperature d'auto inflammation

TMI : Température minimale d'inflammabilité

Symboles

A_p	surface de la flaque (m^2);
C_d	coefficient de débit (sans dimension) caractéristique des ouvertures de dégagement et qui prend en compte les effets de turbulence et de viscosité, généralement de 0,50 à 0,75 pour les orifices à arête vive et de 0,95 à 0,99 pour les orifices arrondis;
c_p	chaleur massique à pression constante ($J/kg\ K$);
γ	indice polytropique de la détente adiabatique ou rapport des chaleurs massiques (sans dimensions);
M	masse molaire du gaz ou de la vapeur ($kg/kmol$);
p	pression dans le conteneur (Pa);
Δp	différence de pression dans l'ouverture qui fuit (Pa);
p_a	pression atmosphérique (101 325 Pa);
p_c	pression critique (Pa);
p_v	pression de vapeur du liquide à la température T (Pa);
Q_g	débit volumétrique du gaz inflammable par rapport à la source (m^3/s);
R	constante universelle des gaz (8314,5 $J/kmol\ K$);
ρ	densité du liquide (kg/m^3);
ρ_g	densité du gaz ou de la vapeur dans les conditions ambiantes (kg/m^3);
S	section transversale de l'orifice (trou) par lequel le fluide est dégagé (m^2);
T	température du fluide, du gaz ou du liquide (K);
T_a	température ambiante (K);
u_w	vitesse du vent à la surface de la flaque de liquide (m/s);
W	taux de dégagement du liquide (masse par unité de temps, kg/s);
W_e	vitesse d'évaporation du liquide (kg/s);
W_g	taux de dégagement massique du gaz (kg/s);
Z	facteur de compressibilité (sans dimension).

Introduction générale

Dans un environnement concurrentiel mondial, les entreprises se sont inscrites dans une démarche de recherche constante de l'innovation afin d'augmenter leur productivité. Toutes ces avancées technologiques posent néanmoins de nouveaux défis en matière de gestion des risques industriels.

L'industrie pharmaceutique est aujourd'hui le secteur le plus exposé à ces risques se classant en seconde position après les industries pétrochimiques. En effet, les explosions impliquant les procédés industriels et provoquées par des gaz, vapeurs et poussières sont très rares, néanmoins, souvent invalides et meurtrières, elles impliquent des conséquences humaines et matérielles lourdes.

Les institutions réglementaires mondiales ont adopté différentes lois et mis en place de nouvelles directives afin de réduire à la fois la probabilité et la gravité des accidents liés à la mise en œuvre des produits dangereux. Ces lois concernent spécifiquement les risques liés à l'exposition des travailleurs aux atmosphères explosives. Elles imposent l'évaluation des caractéristiques physicochimiques des produits dangereux et les risques induits par ces derniers dans le but d'identifier les zones dangereuses où peuvent se former des atmosphères explosives.

La cartographie des risques HSE du site de production SANOFI de Sidi Abdellah a montré une augmentation du niveau de risque des zones d'atmosphères explosives, pour cela l'entreprise souhaite mettre en place un système de management des risques strict et rigoureux pour pouvoir maîtriser les risques relatifs aux zones d'atmosphères explosives et cela en adaptant les mesures de prévention et de protection adéquates.

C'est dans ce cadre là que s'inscrit notre projet de fin d'étude, nous allons classer les zones ATEX et réaliser un audit technique de ses installations pour déterminer les risques potentiels d'explosion liés à la mise en œuvre de liquides, gaz et solides inflammables et définir les contraintes sur le matériel et l'exploitation. L'objectif de cet audit est de fournir un état des lieux de la situation des installations vis-à-vis des risques ATEX.

Ce présent document s'articule autour de quatre (4) parties :

La première partie et la seconde sont consacrées à la présentation de l'entreprise d'accueil et une étude de l'existant en termes de processus de gestion des risques HSE de Sanofi ainsi qu'une description du processus de production dans sa globalité c'est ce qui nous a permis de cerner la problématique.

La troisième partie concerne la définition des principaux concepts nécessaires à la compréhension de l'étude, en premier lieu, nous exposerons les généralités liées aux explosions, ainsi que le contexte réglementaire et normatif associé. Dans un second temps, nous traçons la méthodologie de classification des emplacements dangereux avec les exigences de conformité des équipements dans ces derniers.

La quatrième et dernière partie concerne l'application de la démarche de classification citée dans le chapitre précédent en complétant avec la mise en conformité vis-à-vis de la réglementation ATEX à travers un examen d'adéquation de l'installation

A la fin de ce mémoire nous proposerons une évaluation de la maturité du process safety ATEX, dans l'optique d'une amélioration continue

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise

Ce chapitre est consacré à la présentation du contexte de notre étude, ainsi qu'à la présentation de l'organisme d'accueil, Sanofi Algérie. Dans la dernière partie il sera consacré à la description du processus de production qui nous permettra d'effectuer notre étude.

1.1 Présentation du groupe Sanofi

Un des leaders mondiaux de l'industrie de la santé (4ème rang mondial avec 4,4 de parts de marché selon le rapport de l'agence ProClinical. Chiffres 2017), Sanofi est une entreprise biopharmaceutique, transnationale française engagée dans la recherche, le développement, la fabrication et la commercialisation de produits de santé incluant notamment la pharmacie et les vaccins.

Sanofi assure une présence internationale forte avec plus de 105 000 employés présents dans 110 pays, aussi bien sur les marchés traditionnels tels que les États-Unis et la France que dans les régions émergentes comme l'Afrique et le Moyen-Orient. Elle est répartie sur 5 grandes aires thérapeutiques :

- Médecine générale et marchés émergents : division rassemblant les produits matures, les génériques ainsi que l'ensemble de l'activité pharmaceutique des marchés émergents de Sanofi. Elle représentait selon un communiqué officiel de Sanofi 38% de son chiffre d'affaires en 2018.

- Médecine de spécialités (Sanofi Genzyme) : division comprenant les médicaments destinés à traiter les maladies rares. Elle représentait selon un communiqué officiel de Sanofi 21% de son chiffre d'affaires en 2018.

- Vaccins (Sanofi Pasteur) : division gérant le portefeuille de vaccins. Elle représentait selon un communiqué officiel de Sanofi 15% de son chiffre d'affaires en 2018.

- Diabète et maladies cardiovasculaires : aire regroupant les traitements du diabète et les médicaments cardiovasculaires. Elle représentait selon un communiqué officiel de Sanofi 13% de son chiffre d'affaires en 2018.

- Santé grand public. Elle représentait selon un communiqué officiel de Sanofi 13% de son chiffre d'affaires en 2018. [2]

1.2 Historique

Sanofi a été créé en 1973. A l'origine filiale de ELF Aquitaine, l'entreprise est dénommée Omnium financier Aquitaine pour l'hygiène et la santé. En 2004, l'entreprise effectue une opération de fusion avec Aventis, groupe pharmaceutique franco-allemand, et prend le nom de Sanofi-Aventis. En février 2011, elle acquiert Genzyme. En mai 2011, le groupe est rebaptisé Sanofi.

1.3 Présentation de Sanofi Algérie

Une présence industrielle de plus de 27 ans. La première usine ayant été lancée en 1991, Un acteur industriel de premier plan qui s'implique directement dans le transfert de technologie et de savoir-faire par la fabrication locale de 70 des produits disponibles en Algérie. Deux usines de production, une située à Oued Smar spécialisée dans les formes

sèches, et une autre à Aïn Bénian spécialisée dans les formes liquides. Depuis 2011, Sanofi démontre sa volonté de localisation de sa production en Algérie, avec 85 millions d'euros investis dans la construction d'une nouvelle usine et d'un centre de distribution sur le campus de Sidi Abdallah. Un projet avec une capacité de production de plus de 100 millions de boîtes par an, représente le plus important complexe de production de médicaments en Afrique et au Moyen-Orient et permettra de fabriquer sur place plus de 80 des médicaments de Sanofi disponibles en Algérie. [3]

- Sanofi Winthrop Pharma Saïdal Oued S'Mar (WPS) : Premier site de production de Sanofi en Algérie, c'est le fruit d'un partenariat qui a été conclu en juillet 1997 entre le groupe Saïdal et Sanofi Aventis permettant la création en septembre 1999 de W.P.S. La filiale développe des offres complètes de médicaments intervenant dans le marché du générique depuis sa préparation, sa fabrication, son façonnage jusqu'à sa commercialisation.

- Sanofi Aventis Ain Benian : Lancée en 2004, l'usine d'Ain Benian est détenue à 100% par SAA. On y produit des solutions pharmaceutiques de forme liquide. SAA prévoit de transférer les lignes de production vers le site de Sidi Abdallah d'ici la fin de 2019 suite à la saturation de ses capacités de production, l'impossibilité d'extension du site de Ain Benian, un besoin de regrouper l'ensemble des flux de production et en réponse au besoin de moderniser les processus techniques de fabrication.

- Sanofi Sidi Abdallah : Le plus important complexe de production de médicaments de Sanofi en Afrique et au Moyen-Orient avec un investissement de 10,6 Milliards de dinars, soit près de 85M€, par sa couverture géographique sur un terrain de 6,6 hectares dont surface des bâtiments estimés à 3,5 hectares dédiés à la production, distribution, stockage, utilités, administratifs.

1.4 Etat des lieux Sanofi Sidi Abdallah

Le site de Sidi Abdallah est dédié à la production et au conditionnement de formes pharmaceutiques solides, liquides et suppositoires ainsi qu'à la distribution de produits pharmaceutiques pour le marché algérien. Il occupe une surface de 66000 m² dont 33000 m² bâtis.

Le site est entré en exploitation en décembre 2017 par la distribution. Concernant la production, le 1er lot de validation a été lancé au mois de novembre 2019.

Le magasin de stockage des matières premières et articles de conditionnements à une capacité de stockage de 5000 palettes. Il se trouve dans le même bâtiment que le magasin de la distribution dont la capacité de stockage est de 10 000 palettes, et dont l'activité est la distribution des produits finis en Algérie. Le site produira environ de 75 millions de boîtes par an. Sanofi-Aventis Algérie est subdivisée en deux entités qui sont en étroite collaboration :

- Affaires Industrielles (IA) Algérie : entité chargée de développer, produire, conditionner des médicaments selon les standards Sanofi.

- Affaires commerciales Algérie : entité chargée de la vente et de la distribution des produits Sanofi sur l'ensemble du territoire.

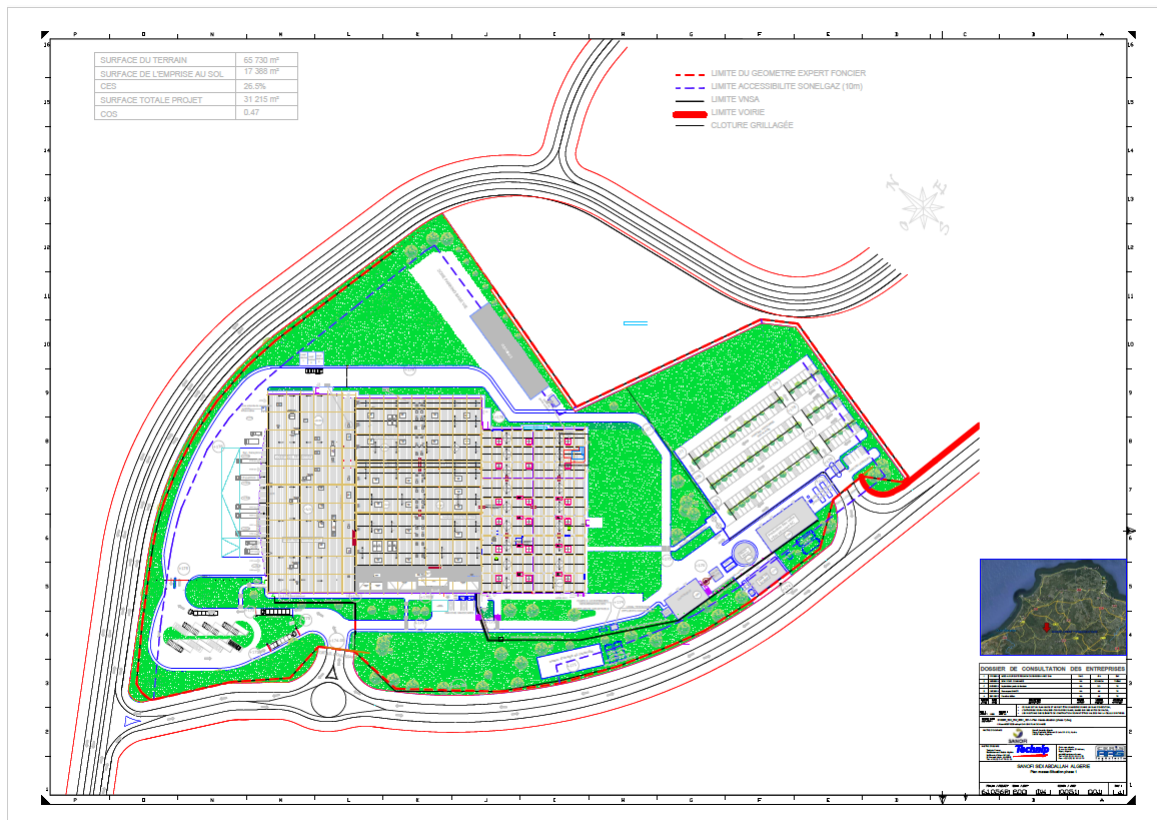


FIGURE 1.1 – Plan de masse Sanofi Sidi Abdellah Algérie

1.5 Description des processus de production :

Cette partie abordera la description fonctionnelle des processus de production de Sidi Abdellah :

1.5.1 Processus production de médicaments sous forme solide

Les phases de ce processus se déroulent de manière séquentielle comme suit :

- Pesée des MP : La première phase de production proprement dite est la phase de pesée des excipients et des principes actifs suivant les mesures transmises via le dossier de lot.

- Mélange : lors de cette phase on procède au mélange des différentes poudres (principe actif, excipients) sur un Bin7 durant une durée prédéfinie t en utilisant un mélangeur.

- Granulation : Suite au mélange des MP, cette phase sera constituée tout d'abord d'une étape de mouillage de la poudre, ensuite un séchage et calibrage sont effectués afin d'avoir une poudre homogène et enfin une étape de lubrification.

- Compression : la phase de compression est assurée par les machines de compression où la poudre est transformée en comprimé brut par le cycle : remplissage de moule, dosage du granulé, compression, éjection du comprimé

- Pelliculage : Cette phase constitue la dernière phase en vue d'obtenir un produit semi-fini (le comprimé), et celle-ci n'est faite que pour certains produits.

- Conditionnement : La dernière phase est la phase de conditionnement, qui elle-même est subdivisée en deux parties ; le conditionnement primaire où il s'agit principalement de mettre les comprimés sous blisters (grâce aux machines dédiées) ; et le conditionnement secondaire où il s'agit de mettre les blisters et les notices dans un étui étiqueté, et les boîtes dans des cartons.

1.5.2 Processus production de médicaments sous forme liquide

Les phases de ce processus se déroulent de manière séquentielle comme suit :

- Pesée des MP : Après cette opération de vérification, la première phase de production peut être entamée, la phase de pesée des excipients et des principes actifs grâce aux mesures transmises via le dossier de lot.

- Fabrication : Par la suite les MP sont transférées vers un autre atelier pour la phase de fabrication après avoir effectué au préalable les vérifications nécessaires sur l'atelier. La fabrication se fait par mélange des MP dans une cuve chauffée à une température T pendant une durée t .

Après avoir réalisé la solution finale, celle-ci est filtrée et transférée vers une cuve tampon afin de commencer la phase de conditionnement.

- Conditionnement : La phase de conditionnement est subdivisée en deux parties ; le conditionnement primaire où il s'agit principalement de mettre la solution dans des flacons (grâce aux machines dédiées) ; et le conditionnement secondaire où il s'agit de mettre les bouteilles et les notices dans un étui étiqueté, et les bouteilles dans des cartons.

1.5.3 Processus production de médicaments sous forme sachet

Les phases de ce processus se déroulent de manière séquentielle comme suit :

- Pesée et transfert du granulé : Après avoir exécuté les consignes de sécurité et de qualité, la première phase de production peut être entamée, qui consiste à peser les Big bags transférés par le magasin vers l'unité de production. Le contenu de ces Big bags est par la suite chargé sur un Bin en vue du transfert vers l'atelier de mélange. Par la suite le Bin contenant les MP est transféré vers un mélangeur après avoir effectué au préalable les vérifications nécessaires.

- Mélange et transfert du granulé : l'opération de mélange consiste à paramétrer le mélangeur sur une vitesse de rotation et une durée définie par la nature du produit qui est fabriqué. Après mélange des MP, le Bin est dirigé vers un box de chargement pour le vider de son contenu dans des stands de chargement afin d'effectuer l'opération d'ensachage.

- Conditionnement : La phase de conditionnement est subdivisée tout comme les deux autres processus en deux parties ; le conditionnement primaire où il s'agit principalement de mettre le granulé dans des sachets (ensachage) et les sachets dans des étuis (encartonnage) ; et le conditionnement secondaire où il s'agit de mettre les boîtes issues du conditionnement primaire dans des cartons grâce à des machines dédiées (fardeleuses).

Chapitre 2

Systeme de management HSE de SANOFI

Ce chapitre présente l'approche structurée, les principes et le cadre de mise en oeuvre de la gestion des sujets HSE au sein de Sanofi, les éléments et les méthodologies qui constituent le système de gestion HSE.

2.1 Description du processus

Le système de gestion HSE de Sanofi est un ensemble d'exigences et de référentiels organisés en pyramide pour refléter l'origine et la maintenance des différents documents, ainsi que le niveau de détail et le domaine d'application du document.

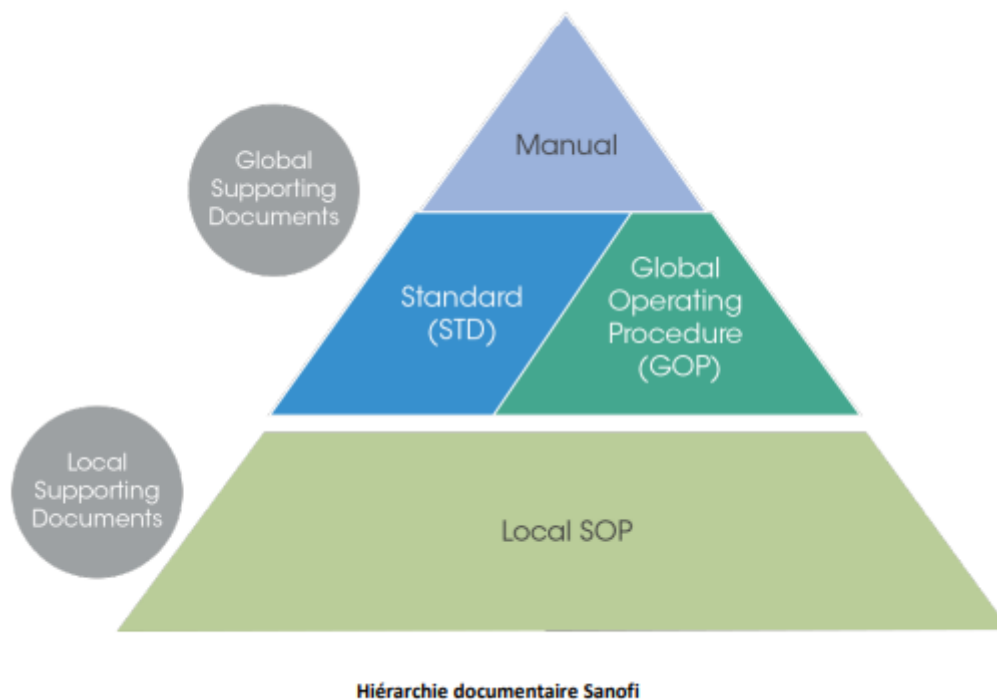


FIGURE 2.1 – Hiérarchie documentaire Sanofi

Le Manuel du système de gestion HSE, incluant les règles fondamentales HSE constituent l'ensemble des exigences applicables et vérifiables pour tous les sites. L'applicabilité des exigences spécifiques dépend du contexte.

Les standards HSE globaux sont obligatoires et auditable sur tous les sites / filiales où le sujet est applicable. En général, ils nécessitent une procédure locale d'implémentation.

Les procédures opérationnelles globales HSE (GOP) sont obligatoires et auditable sur tous les sites / filiales où le sujet est applicable. En général, elles s'appliquent directement.

Des documents supports peuvent être attachés à des Standards ou des Procédures Opérationnelles Globales. Il est indiqué dans le document principal si ces documents sup-

ports sont obligatoires ou informationnels.

2.2 Structure

La structure du système de gestion HSE est basée sur les principes des systèmes des normes internationales de gestion et est conçue avec une structure « Planifier – Déployer - Contrôler – Améliorer » (équivalente à l’approche d’amélioration continue appelée Plan-Do-Check-Act ou cycle PDCA).

Le système de gestion HSE de Sanofi comprend les éléments suivants :

- Élément 1 – Leadership Gouvernance :

La direction fait preuve d’un leadership visible en matière de HSE et soutient les stratégies, les politiques et les plans HSE, ainsi que la définition des rôles et responsabilités HSE pour tous les employés.

- Élément 2 – Planifier :

Une approche fondée sur les risques est développée pour permettre l’établissement d’objectifs et de plans d’ensemble visant à améliorer la gestion des risques et à assurer la conformité aux réglementations applicables et aux exigences internes.

- Élément 3 – Opérer :

Les contrôles, procédures et processus opérationnels sont mis en œuvre pour garantir des pratiques de travail sûres et un contrôle efficace des risques.

- Élément 4 – Surveiller :

Les résultats HSE et les indicateurs clés de performance sont surveillés régulièrement pour mesurer la performance par rapport aux objectifs et aux cibles.

L’audit est effectué pour évaluer l’efficacité du système.

- Élément 5 – Améliorer :

Des revues de direction régulières sont effectuées pour assurer la réalisation des objectifs.

Des actions correctives et préventives sont mises en œuvre pour améliorer continuellement les performances HSE.

Un processus d’apprentissage par le retour d’expérience est en place pour permettre

l'amélioration continue suite à des événements HSE.

- Elément 6 – Soutenir :

Des processus et des programmes sont en place pour assurer une gestion adéquate des documents, les compétences des employés et la communication des progrès réalisés pour atteindre le niveau de performance HSE souhaité.

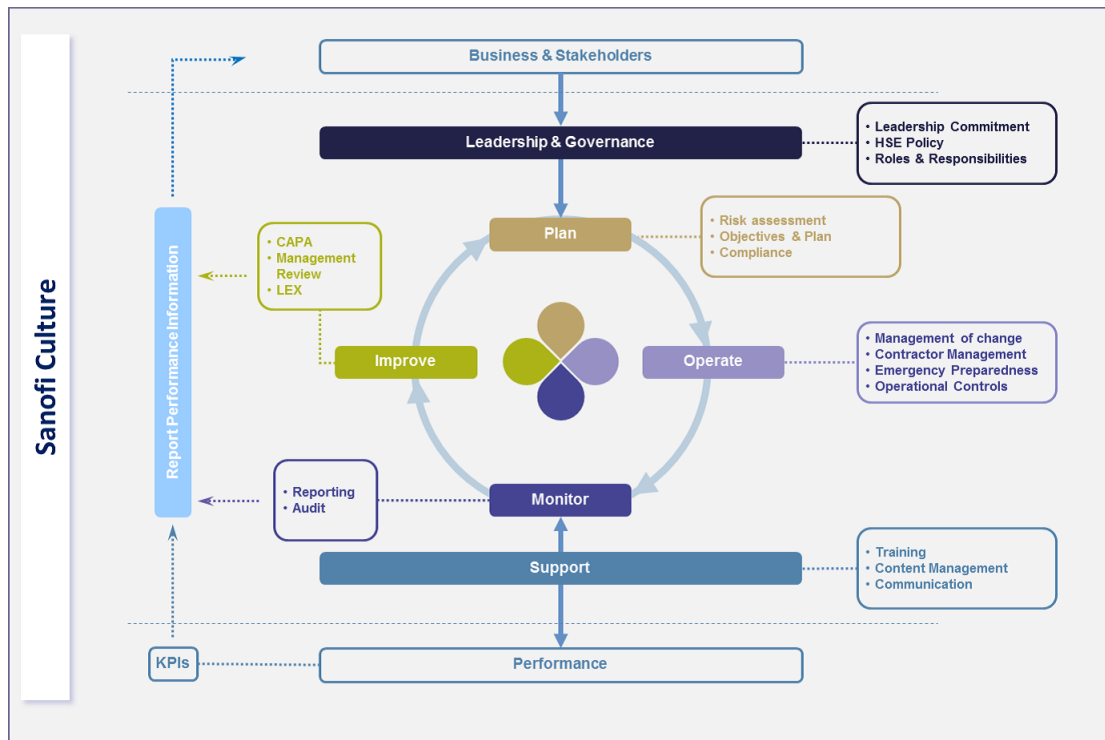


FIGURE 2.2 – Structure du système de gestion santé, sécurité, environnement.

Ce schéma de gestion de la gouvernance définit le cadre permettant de gérer les aspects liés à la santé, la sécurité et l'environnement, susceptibles d'apparaître dans le cycle de vie de Sanofi, comme le montre la figure suivante.

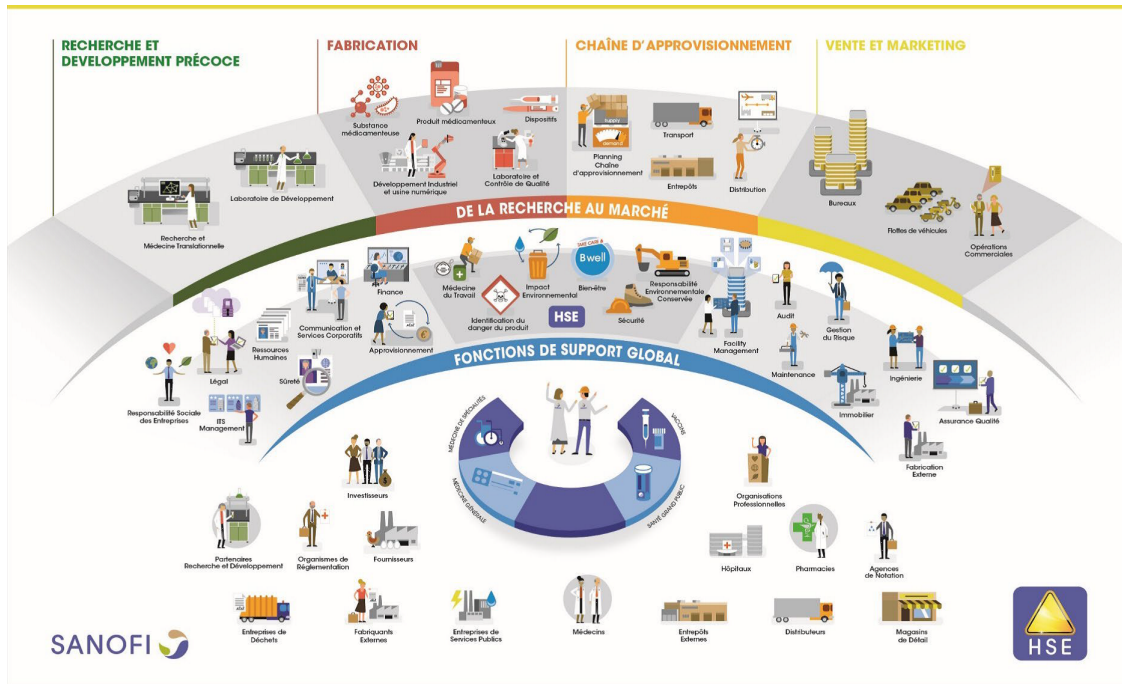


FIGURE 2.3 – HSE dans son environnement

2.3 Gestion des risques HSE

Le processus d'identification et de gestion des risques est un pilier du système global de gestion de la Santé, de la Sécurité et de l'Environnement. Son objectif principal est d'identifier les dangers et les risques, d'évaluer leur probabilité et leurs effets potentiels, d'établir une cartographie globale des risques et de mettre en œuvre des mesures de réduction des risques.

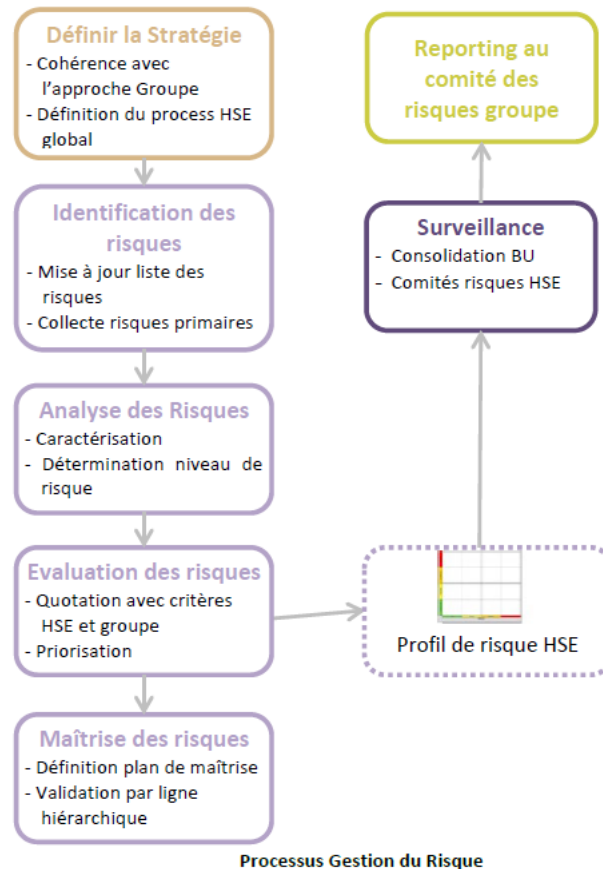


FIGURE 2.4 – Processus de gestion des risques HSE de Sanofi

Les risques au niveau du site sont consolidés chaque année dans une cartographie des risques au niveau des activités de l'entreprise pour répertorier tous les risques majeurs restants et définir des priorités en fonction de leur impact potentiel sur les activités de Sanofi.

La direction HSE Globale consolide toutes les cartographies de risque provenant des activités pour fournir une cartographie des risques HSE unique de la Société. Cette cartographie des risques de l'entreprise représente une vue globale et synthétique de la situation de la société en matière HSE.

La direction Globale HSE consolide les risques HSE dans le processus de gestion des risques du groupe. Le planning de ces activités est visible dans le diagramme du calendrier annuel HSE.

2.4 Cartographie des risques HSE

[4] Les résultats des évaluations sont rassemblés dans un document de synthèse qui identifie tous les types de risques du site / de l'activité et définit un niveau de risque acceptable. Ces risques font l'objet d'une hiérarchisation pour action, au moyen d'une cartographie appropriée.

- Cartographie des risques HSE des usines Affaires Industrielles de Sanofi

Les opérations de la production impliquent la manipulation de substances chimiques ou des agents biologiques, un process avec des machines en mouvement, de la vapeur sous haute pression, des taches de conditionnement et d’emballage, sources de multiples risques chimiques, Physiques, et des risques d’incendie et d’explosion.

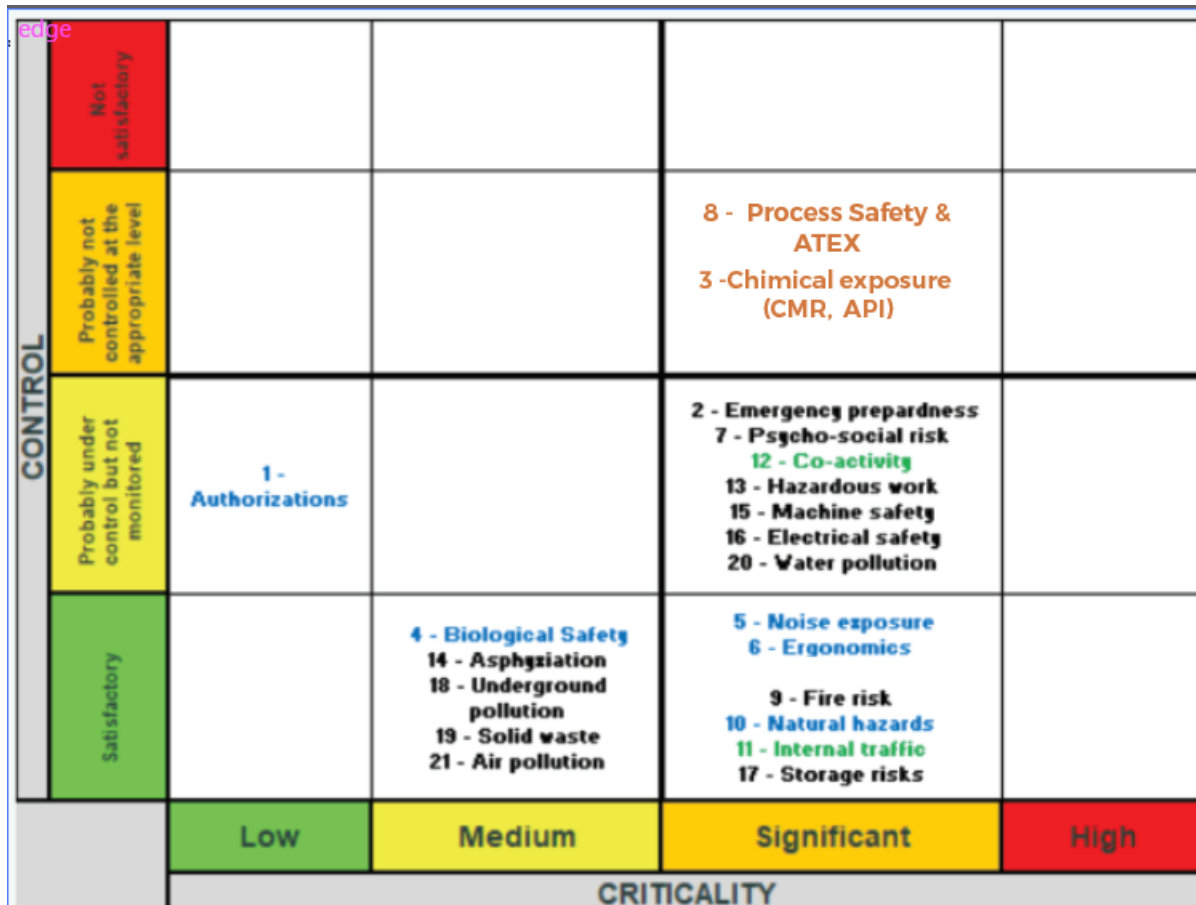


FIGURE 2.5 – Cartographie des risques HSE : site de production SIDI ABDELLAH 2021

Après le transfert des procédés de différents sites Sanofi, on constate l’augmentation du niveau de risque « Process Safety ATEX » à cause de la manipulation récente des gaz et liquides inflammables et des poudres combustibles, de nombreuses situations peuvent se produire dans lesquelles un mélange de ces substances avec de l’air est généré dans des concentrations comprises entre les limites d’explosion. Les conséquences, qui, selon le degré de confinement peuvent aller d’un feu flash dans une atmosphère ouverte à une explosion confinée.

2.4.1 Conclusion et formalisation de la problématique

En conclusion, au cours de ce chapitre, nous avons mis en évidence le système de gestion des risques global HSE au niveau de sanofi, une étude détaillée nous a donc permis

de faire ressortir les risques majeurs, qui sont :

- Exposition aux produits chimiques.
- Sécurité des procédés et atmosphères explosives.

Et c'est dans le cadre de ce dernier que nous allons intervenir, nous tenterons de répondre à la problématique suivante :

Gestion des risques ATEX au sein d'un site industriel de production pharmaceutique

Ce programme inclut la limitation et l'identification des zones d'atmosphères potentiellement explosives, l'élimination des sources d'inflammation, le choix des équipements appropriés et la mise en œuvre de la protection constructive.

Chapitre 3

AT&E cadre conceptuel

Dans ce chapitre nous décrivons la phénoménologie d'explosion de gaz, de vapeur et de poussière ainsi les textes réglementaires et les normes en vigueur, la démarche appliquée pour le zonage des locaux concernés par l'explosion d'atmosphère et la conformité des équipements en zone ATEX.

3.1 Généralités sur l'explosion

Une explosion est la libération soudaine d'énergie accompagnée d'une augmentation de la pression. Elle est souvent de nature destructrice et a un impact à la fois sur l'installation et sur l'homme. La prévention et la protection sont donc une nécessité industrielle.

Il existe deux types d'explosion : l'explosion physique, sans changement de la composition de la matière, et l'explosion chimique, qui implique un changement de la composition.

Différents phénomènes physiques peuvent donner lieu à une explosion. Ainsi parmi ceux-ci, il est possible de retenir principalement :

- Les explosions dues à une réaction chimique : Plus ou moins rapides, celles-ci pouvant impliquer des solides condensés, des poussières, des liquides ou des gaz, voire des aérosols. Il s'agit du type d'explosion pris en compte dans le cadre d'une démarche ATEX sur un site.

- Les explosions pneumatiques : Elles correspondent à l'éclatement, à la rupture brutale d'une capacité sous pression. Ces capacités peuvent être des bouteilles ou des réservoirs. L'éclatement libère ainsi brutalement une grande quantité d'énergie stockée "sous pression".

- Les explosions dues à une vaporisation ultra-rapide d'un liquide : Le fameux phénomène de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Il est consécutif à la vaporisation quasi instantanée d'un liquide sous pression surchauffé et libéré brutalement à l'atmosphère. C'est un phénomène particulièrement dangereux et dévastateur (effets thermiques, onde de choc, projectiles issus de l'enveloppe.)

3.2 Explosion ATEX

L'explosion ATEX se définit par une réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément.

Il ne peut y avoir explosion qu'après formation d'une atmosphère explosive (ATEX). Celle-ci résulte d'un mélange d'air et de substances combustibles dans des proportions permettant l'explosion en cas de présence d'une source d'inflammation d'énergie suffisante. [5]

L'explosion ATEX se définit par une réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément. De nombreuses substances sont susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer des explosions. Ce sont les gaz, les vapeurs, les brouillards et les poussières combustibles (telles que l'hydrogène, l'éthanol, la farine, le sucre, la poudre de lait, les céréales, les poussières de bois, de métaux, de plastiques. . .).

Il ne peut y avoir explosion qu'après formation d'une atmosphère explosive (ATEX). Celle-ci résulte d'un mélange d'air et de substances combustibles dans des proportions permettant l'explosion en cas de présence d'une source d'inflammation d'énergie suffisante. Par analogie avec le triangle du feu 5, les conditions pour qu'une explosion d'ATEX ait lieu, peuvent être représentées par un hexagone.[6]

Six conditions sont à réunir simultanément pour qu'une explosion ait lieu :

-Présence d'un combustible ; Une substance inflammable pouvant être : un gaz (méthane, acétylène, etc.), un liquide (essence, solvant, ect.) ou un solide (soufre, bois, sucre, ect.)

-Présence d'un comburant ; en général l'oxygène de l'air qui en contient environ 21% mais également d'autres gaz tels que le Dichlore (Cl₂), le Dioxyde d'azote (NO₂), le Trifluorure d'azote (NF₃), etc.

-Présence d'une source d'inflammation ;

Électrique (étincelles, échauffement, etc.)

Décharges électrostatiques

Élévation de température (par ex : surfaces chaudes)

Thermique (flammes nues, cigarettes, surfaces chaudes, etc.)

Mécanique (étincelles, échauffement, etc)

Climatique (foudre, soleil, etc.)

-État particulier du combustible, qui doit être pré mélangé à l'air sous forme gazeuse, de brouillard ou de poussières en suspension ;

-Atteinte du domaine d'explosivité (domaine de concentrations du combustible dans l'air à l'intérieur duquel les explosions sont possibles) ;

-Condition non indispensable mais aggravante : confinement suffisant (en absence de confinement, on observe un phénomène de combustion rapide avec d'importantes flammes type boule de feu mais, généralement, sans effet de pression notable).



FIGURE 3.1 – Hexagon de l'explosion ATEX

Une réaction de combustion dans le régime de l'explosion est extrêmement rapide. Elle donne lieu à une augmentation brutale de pression (provoquant un effet de souffle) accompagnée de flammes. Cette surpression brutale a des effets dévastateurs, aussi bien sur l'homme (rupture du tympan, lésions graves aux oreilles ou aux poumons, décès immédiat) que sur les constructions (bris de vitres, effondrement des murs, dégradation des structures et des installations...). La zone de flamme peut envahir un volume dix fois supérieur à celui de l'atmosphère explosive initiale. Elle est à l'origine de brûlures pour les personnes et peut rapidement initier un départ d'incendie. [7]

3.3 Accidentologie ATEX et retour d'expérience

Chaque année, un incident majeur semble faire la une de l'actualité, la plupart de ces incidents pourraient être évités grâce à une meilleure planification et à une maintenance et à des équipements appropriés. Même les entreprises les mieux préparées peuvent facilement commettre des erreurs. Cependant, dans des zones dangereuses, ces erreurs peuvent s'avérer désastreuses. Une bonne préparation, ainsi qu'une formation aux normes réglementaires et l'utilisation d'équipements appropriés, sont autant de points essentiels afin de sécuriser la production dans des zones dangereuses.

Les informations relatées dans ce chapitre sont issues de la base de données Aria (analyse, recherche et information sur les accidents) du ministère chargé de l'environnement, accessible gratuitement. Elle dénombre, au 31/12/2021, plus de 55 000 événements. L'inventaire est à retrouver [8]

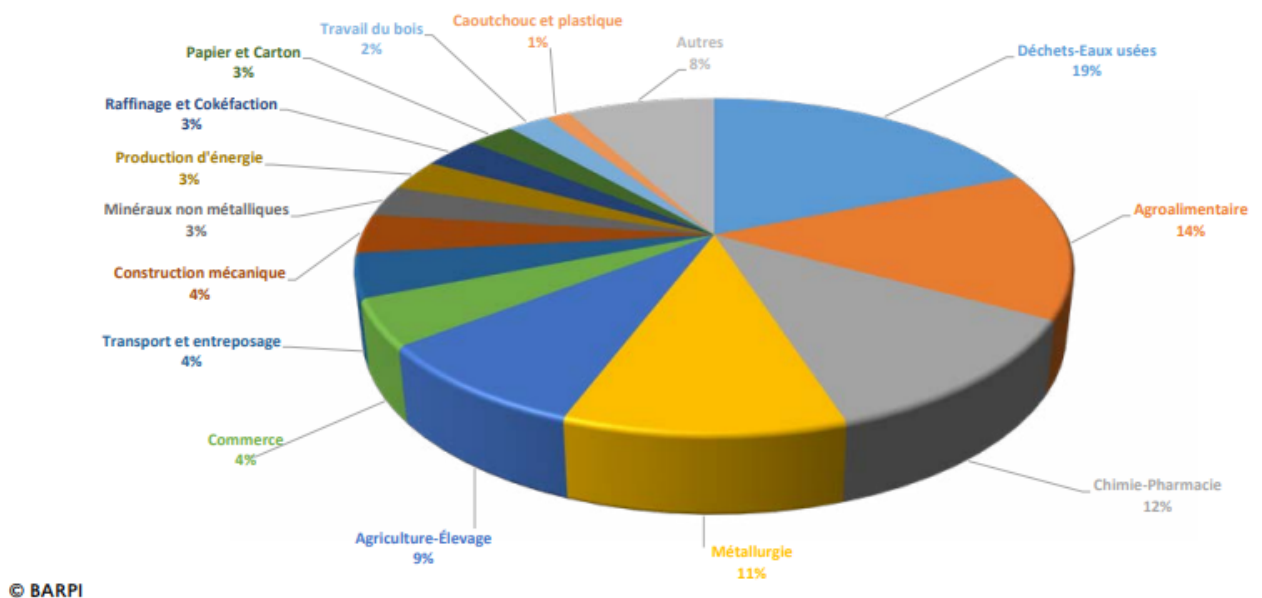


FIGURE 3.2 – RÉPARTITION DES ACCIDENTS PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ EN 2021

L'industrie chimique et pharmaceutique est classée en 3ème position

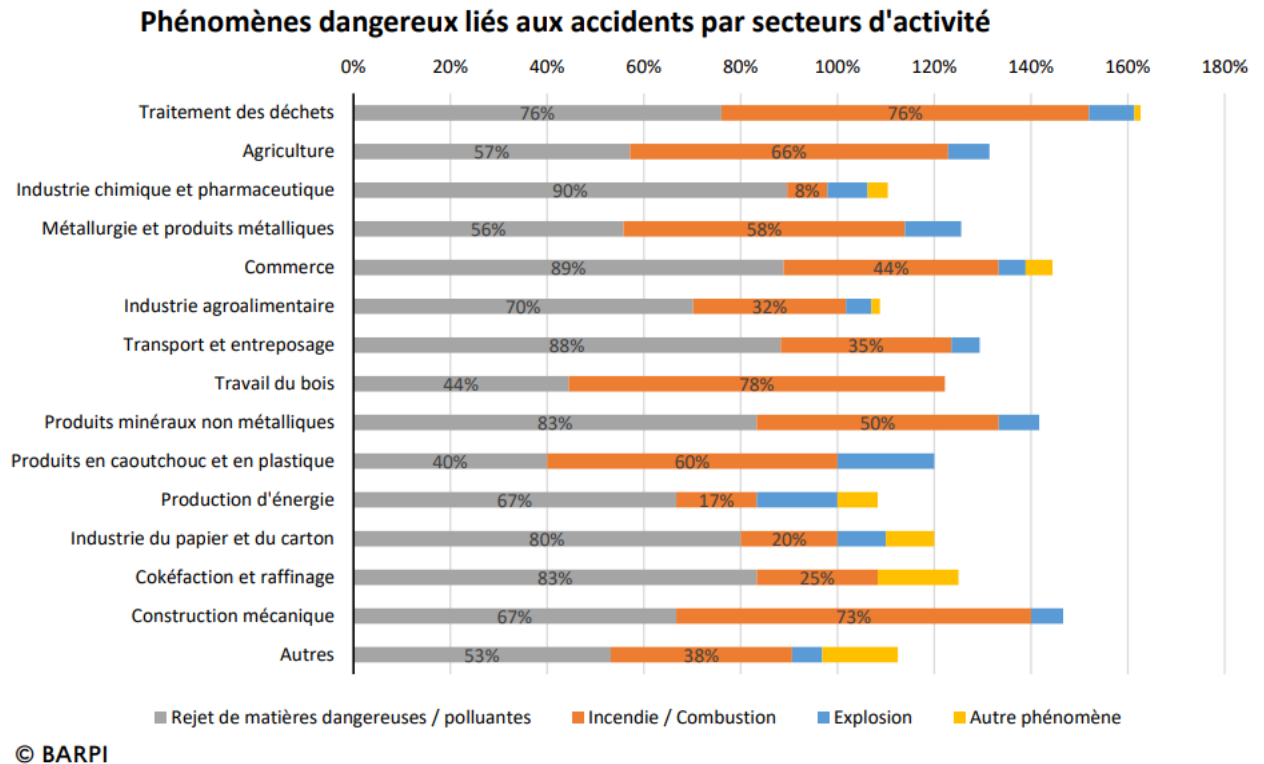


FIGURE 3.3 – Phénomènes dangereux liés aux accidents par secteurs d'activité

Si les explosions représentent un faible nombre d'accidents du travail, leur gravité est souvent supérieure à celle d'autres accidents.

TABLE 3.1 – Nombre d'explosion par type
[9]

Type d'explosion	Nombre (2020-2021)	Nombre (2010-2011)
Explosion Gaz et Vapeurs	< 100	172
Explosion Poussières	< 20	22

La réglementation ATEX s'impose depuis de nombreuses années et malgré cela, un nombre

considérable d'incidents, de presque accidents et d'accidents continuent à avoir lieu au quotidien. Ceci est en partie dû à des difficultés rencontrées par certains industriels pour son application. En effet, la réglementation se fonde sur deux volets complémentaires mais distincts.

D'une part, celui applicable aux concepteurs/fabricants de l'équipement et d'autre part, celui qui concerne les exploitants/utilisateurs de cet équipement. Un fossé existe parfois entre les deux protagonistes de cette chaîne.

En particulier l'utilisateur exploitant peut se sentir couvert par le seul certificat de conformité de l'équipement, alors qu'il lui incombe d'évaluer correctement les risques, d'identifier les emplacements dangereux (zones ATEX), de mettre en place des mesures

de prévention et de protection, dont une formation adéquate du personnel, et de maintenir dans le temps les caractéristiques des équipements par un entretien adapté.

3.4 Contexte réglementaire et normatif

3.4.1 Exigences règlementaires ATEX algériennes

Décret exécutif n° 01-342 du 28 octobre 2001 relatif aux prescriptions particulières de protection et de sécurité des travailleurs contre les risques électriques au sein des organismes employeurs.[10]

Art. 5. (Matériel conforme aux normes pour les ATEX)

Art. 59 (Zonage ATEX)

Art. 61. (Prescriptions et Formation du personnel aux risques)

Art. 62 (contrôle et surveillance des installations ATEX)

Art. 63 (les travaux de maintenances ATEX doivent être réalisés par un personnel qualifié)

Art. 73. (L'application des normes ATEX peut devenir obligatoire)

3.4.2 Exigences ATEX de la norme IEC

Les exigences normatives ATEX sont représentés dans le tableau suivant :[11]

TABLE 3.2 – Exigences normatives ATEX

Equipement électrique ATEX	Norme IEC	Normes-EN
Exigences Générales	IEC 60079-0	EN 60079-0
Classification des emplacements - Atmosphères explosives gazeuses	IEC 60079-10-1	EN60079-10-1
Classification des emplacements- Atmosphères explosives poussiéreuses	IEC 60079-10-2 EN	60079-10-2
Inspection et entretien des installations électriques	IEC 60079-17	EN 60079-17
Règles de sécurité pour les batteries et les installations de batteries - Partie 3 : batteries de traction	IEC 62485-3	EN 50272-3

3.5 Méthodologie de classification des emplacements dangereux

L'une des étapes primordiales de la démarche d'évaluation du risque d'explosion est la délimitation des zones à risques d'explosion (dites « zones ATEX »). Ce zonage s'attache à caractériser la possibilité de formation d'une atmosphère explosive et à quantifier le volume de celle-ci. Ces emplacements dangereux sont classés en zones à risque, en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une atmosphère explosive.

En fonction des mesures techniques et organisationnelles de prévention mises en place, sous réserve de leur pérennité, le zonage final pourra éventuellement être moins contraignant en occurrence et/ou en volume.

3.5.1 Choix de la méthodologie

Les normes NF EN/IEC 60079-10-1 -2 offrent une méthode plus précise de définition du classement des gaz, vapeurs et poussières. La démarche utilisée est plus lourde puisqu'elle intègre des calculs sur la ventilation et les dégagements. Par exemple, il faudra prendre en compte les calculs du débit de la ventilation ainsi que leurs conditions de maintenance. Les normes liquides et gaz permettent de définir à l'instant T le dégagement de vapeur. Pour les poussières, c'est plus difficile car leur mise en suspension n'est pas régie par des règles pouvant être exprimées sous forme de formule (la caractérisation des poussières se base sur le retour d'expérience, l'observation).

3.5.2 Démarche de classification des zones ATEX gaz / vapeur

Selon la norme IEC 60079-10-1 : méthode quantitative. [12]

Identification des substances inflammables

Cette première étape consiste à faire un inventaire des produits combustibles en identifiant notamment leurs caractéristiques physico-chimiques :

- La masse molaire
- Le point d'éclair
- Le point d'ébullition
- La température d'auto-inflammation
- La pression de vapeur
- La densité de vapeur
- Les limites d'inflammabilité
- Le groupe de matériels et la classe de température

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

Chaque installation de travail doit faire l'objet d'une étude qui tiendra compte des différentes conditions de fonctionnement.

On s'attachera à analyser, en particulier, les types de dysfonctionnements raisonnablement envisageables. Ce seront, par exemple, les arrêts ou altérations des performances de systèmes de ventilation ou de refroidissement, les fuites de produits, les pannes prévisibles, les arrêts accidentels d'alimentation en produits, les interruptions du procédé.

Il existe trois degrés de dégagement de base, énumérés ci-dessous dans l'ordre décroissant de fréquence d'occurrence :

- Degré « dégagement continu » : dégagement qui est continu ou qui est supposé apparaître fréquemment ou sur de longues périodes

- Degré « dégagement primaire » : dégagement qui peut être périodique ou occasionnel, en fonctionnement normal

- Degré « dégagement secondaire » : dégagement non prévisible en fonctionnement normal.

Une source de dégagement peut donner lieu à n'importe lequel de ces degrés de dégagement ou à une combinaison de deux degrés ou plus.

Détermination du taux de dégagement

Le taux de dégagement exige d'évaluer un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, dont certains sont des propriétés intrinsèques de la substance inflammable, les autres étant spécifiques à la situation.

- Taux de dégagement d'un gaz avec une vitesse du gaz non constante (dégagements subsoniques) :

- Le taux de dégagement d'un gaz d'un conteneur, si la vitesse du gaz n'est pas constante, peut être estimé par l'approximation suivante :

$$W_g = C_d S p \sqrt{\frac{M}{ZRT} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right]} \left(\frac{p_a}{p} \right)^{1/\gamma} \text{ (kg/s)}$$

Le débit volumétrique de gaz, en (m³/s) est égal à :

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} \text{ (m}^3 \text{ / s)}$$

- Taux de dégagement d'un gaz avec une vitesse du gaz constante (dégagements soniques) :

Le taux de dégagement d'un gaz d'un conteneur, si la vitesse du gaz est réduite, peut être estimé par l'approximations suivantes :

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{Z R T} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (\text{kg/s})$$

- Taux de dégagement des flaques d'évaporation : Les flaques d'évaporation peuvent être le résultat d'un déversement accidentel de liquide ou d'une fuite dans une zone entourée d'un mur de protection, mais également se former dans le cadre d'un système de production dans lequel un liquide inflammable est stocké ou manipulé dans une cuve ouverte.

L'évaluation présentée dans cette section ne s'applique pas aux déversements sur des surfaces minces étant donné qu'il n'est tenu aucun compte des facteurs spécifiques qui peuvent être adaptés à ce type de déversements accidentels (entrée thermodynamique depuis la surface sur laquelle le liquide est déversé, par exemple).

La vitesse d'évaporation peut être estimée à l'aide de l'équation suivante :

$$W_e = \frac{18,3 \times 10^{-3} u_w^{0,78} A_p p_v M^{0,667}}{R \times T} \quad (\text{kg/s})$$

Étant donné que la densité de vapeur en (kg/m³) est de :

$$\rho_g = \frac{p_a M}{R T_a} \quad (\text{kg/m}^3)$$

La vitesse d'évaporation volumétrique en (m³/s) est donc d'environ :

$$Q_g \approx \frac{18,15 \times 10^{-8} u_w^{0,78} A_p p_v}{M^{0,333}} \times \frac{T_a}{T} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

La caractéristique de dégagement volumétrique de la source (m³/s) .

$$Q_c = \frac{W_g}{\rho_g \times LFL}$$

Le taux de dégagement dépend de paramètres tels que :

- La nature et le type de dégagement

Cela est lié aux caractéristiques physiques de la source de dégagement (par exemple : surface libre, bride sur laquelle il y a une fuite, etc.).

- La vitesse de dégagement

Pour une source de dégagement donnée, le taux de dégagement augmente avec la pression de dégagement. Pour un dégagement subsonique de gaz, la vitesse de dégagement est liée à la pression de travail. La dimension d'un nuage de gaz ou de vapeur inflammable est déterminée par le taux de dégagement de gaz ou de vapeur inflammable et le taux de dilution. Le gaz et la vapeur qui s'échappent à grande vitesse par une fuite entraînent l'air et peuvent s'auto diluer. L'étendue de l'atmosphère explosive gazeuse peut alors être presque indépendante du débit d'air. Si la substance est dégagée à basse vitesse ou si un objet solide réduit sa vitesse, elle est transportée par le débit d'air et sa dilution et son étendue dépendent du débit d'air.

- La concentration

La masse de la substance inflammable dégagée augmente avec la concentration du gaz ou de la vapeur inflammable dans le mélange dégagé.

- La volatilité d'un liquide inflammable

Cela est lié principalement à la pression de vapeur et à l'enthalpie ("chaleur") de vaporisation. Si la pression de vapeur n'est pas connue, le point d'ébullition et le point d'éclair peuvent servir de guide.

Une atmosphère explosive ne peut pas exister si le point d'éclair est au-dessus de la température maximale appropriée du liquide inflammable (voir la NOTE 1). Plus le point d'éclair est bas, plus l'étendue de zone peut être importante. Cependant, si une substance inflammable est dégagée de façon à former un brouillard (par pulvérisation, par exemple), une atmosphère explosive peut être produite à une température inférieure au point d'éclair de cette substance.

- La température du liquide

L'augmentation de la température du liquide augmente la pression de vapeur, augmentant ainsi le taux de dégagement dû à l'évaporation. La température du liquide peut augmenter après dégagement (par une surface chaude ou une température ambiante éle-

vée, par exemple). Toutefois, la vaporisation tend également à refroidir le liquide tant qu'une condition d'équilibre n'a pas été obtenue, en fonction de l'apport énergétique et de l'enthalpie du liquide.

Evaluation de la ventilation et de la dilution

- Degré de dilution

Le degré de dilution doit être pris en considération lors de l'estimation du type de classification en zones.

En règle générale, un degré moyen de dilution donne lieu à des types de zones prédéterminés en fonction des types de sources de dégagement. Un degré élevé de dilution permet une classification moins sévère (Zone 1 au lieu de la Zone 0, Zone 2 au lieu de la Zone 1 et même, dans certains cas, une Zone d'étendue négligeable, par exemple). Par ailleurs, un degré faible de dilution exige une classification plus sévère.

- Disponibilité de la ventilation

La disponibilité de la ventilation a une influence sur la présence ou la formation d'une atmosphère explosive gazeuse et, par conséquent, également sur le type de zone. La probabilité de ne pas disperser les atmosphères explosives gazeuses augmente au fur et à mesure de la diminution de la disponibilité (ou fiabilité) de la ventilation. La classification en zones a tendance à être plus sévère, c'est-à-dire qu'une Zone 2 peut devenir une Zone 1, voire une Zone 0.

Détermination du type de l'étendue de la zone

La probabilité de présence d'une atmosphère explosive gazeuse dépend principalement du degré de dégagement et de la ventilation. Cela est identifié comme une zone. Les zones sont reconnues de la manière suivante :

- Zone 0 : emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse est présente en permanence, ou pour de longues périodes ou fréquemment. i

- Zone 1 : emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

- Zone 2 : emplacement dans lequel une atmosphère explosive gazeuse n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal.

- Zone non dangereuse : zone d'étendue négligeable telle que si l'inflammation se produit, ses conséquences sont négligeables.

L'étendue de zone dépend de la distance estimée ou calculée sur laquelle existe une

atmosphère explosive avant sa dispersion pour atteindre une concentration dans l'air au-dessous de sa limite inférieure d'inflammabilité.

Synthèse des résultats de l'étude dans un tableau

Réalisation des plans de zonage ATEX

3.5.3 Démarche de classification des zones ATEX Poussières

Selon la norme IEC 60079-10-2 : méthode qualitative [13]

Identification des poussières inflammables

Cette première étape consiste à faire un inventaire des produits combustibles en identifiant notamment leurs caractéristiques physico-chimiques :

- Concentration minimale d'explosion

Concentration minimale de poussières combustibles dispersées dans l'air, mesurée en unité de masse par volume, permettant de produire une explosion

- Température minimale d'inflammation

Si un nuage de poussière entre en contact avec une surface chaude, il peut s'auto-allumer et exploser. L'indice de température minimale d'inflammation MIT indique la température minimale à laquelle une surface chaude enflammera un nuage ou une couche de poussière après son contact. Pour les éléments tels que les séchoirs, il est important de tester la température minimale d'inflammation afin d'éviter une explosion de poussières par contact avec une surface chaude.

- Violence d'explosion (P_{max} et K_{st})

L'indice KST mesure le degré de destruction d'une poudre donnée une fois que l'explosion a commencé. Il est équivalent à l'augmentation maximale de la pression dans un environnement dans des conditions d'explosion et est mesuré en bar.m/sec. Plus la valeur K_{st} est élevée, plus l'explosion provoquée par la poudre est grave.

Les poussières combustibles sont classées dans l'une des quatre classes suivantes : St0, St1, St2, St3.

Le niveau de gravité de l'explosion augmente avec le numéro de la classe. Un matériau dont le risque d'explosion est nul ($K_{st} = 0$) appartient à la classe St0.

TABLE 3.3 – Les classes de poussière selon la valeur Kst

Classe de poussière	Valeur Kst	Type d'explosion
ST 0	0	pas d'explosion
ST1	1 à 200	Explosion Faible
ST2	201 à 300	Explosion Forte
ST3	> 300	Explosion très forte

L'indice Pmax est utilisé pour calculer les dégâts que la poussière est capable de causer dans un environnement fermé. Il est mesuré en augmentant la concentration de poussière à l'intérieur d'une chambre fermée et en mesurant la pression de l'explosion jusqu'à ce que le maximum soit atteint (pour déterminer le dommage maximal possible).[13]

- Énergie minimale d'inflammation (EMI) et groupe de poussière (IIIA, IIIB, IIIC)

L'indice MIE (Minimum Ignition Energy Index) indique la quantité d'énergie nécessaire pour qu'une poudre spécifique s'enflamme. Certaines poudres nécessitent beaucoup d'énergie pour s'enflammer, tandis que d'autres peuvent s'enflammer avec beaucoup moins d'énergie. Lorsque l'on parle de poussières explosives, il faut garder à l'esprit que l'indice MIE est lié à la taille des particules : les particules fines ont tendance à avoir des énergies d'allumage plus faibles que les poussières grossières.

Les poussières peuvent être catégorisées selon leur type, leur taille (diamètre moyen des particules) et leur résistivité (qualité d'un matériau à opposer des difficultés au passage du courant qui le traverse) , ils sont représentés dans le tableau suivant.

TABLE 3.4 – Groupe de poussière selon la granulométrie et la résistivité

Groupe de poussières	Type de poussières	Granulométrie « µm »	Résistivité « Ampère.m »
IIA	Particules combustibles en suspension	> 500	-
IIIB	Poussières non conductrices	< 500	> 10 ³
IIIC	Poussières conductrices	< 500	< 10 ³

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

Chaque installation de travail doit faire l'objet d'une étude qui tiendra compte des différentes conditions de fonctionnement. On s'attachera à analyser, en particulier, les types de dysfonctionnements raisonnablement envisageables. Ce seront, par exemple, les arrêts ou altérations des performances de systèmes de ventilation ou de refroidissement, les fuites de produits, les pannes prévisibles, les arrêts accidentels d'alimentation en produits, les interruptions du procédé.

Il existe trois degrés de dégagement de base, énumérés ci-dessous dans l'ordre décroissant de fréquence d'occurrence :

- Degré « dégagement continu » : dégagement qui est continu ou qui est supposé apparaître fréquemment ou sur de longues périodes

- Degré « dégagement primaire » : dégagement qui peut être périodique ou occasionnel, en fonctionnement normal

- Degré « dégagement secondaire » : dégagement non prévisible en fonctionnement normal.

Délimitation et classement des Zones ATEX

La probabilité de présence d'une atmosphère explosive poussières dépend du degré de dégagement. Cela est identifié comme une zone. Les zones sont reconnues de la manière suivante :

Zone 20 : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 21 : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 22 : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal.

Réalisation des plans de zonage ATEX

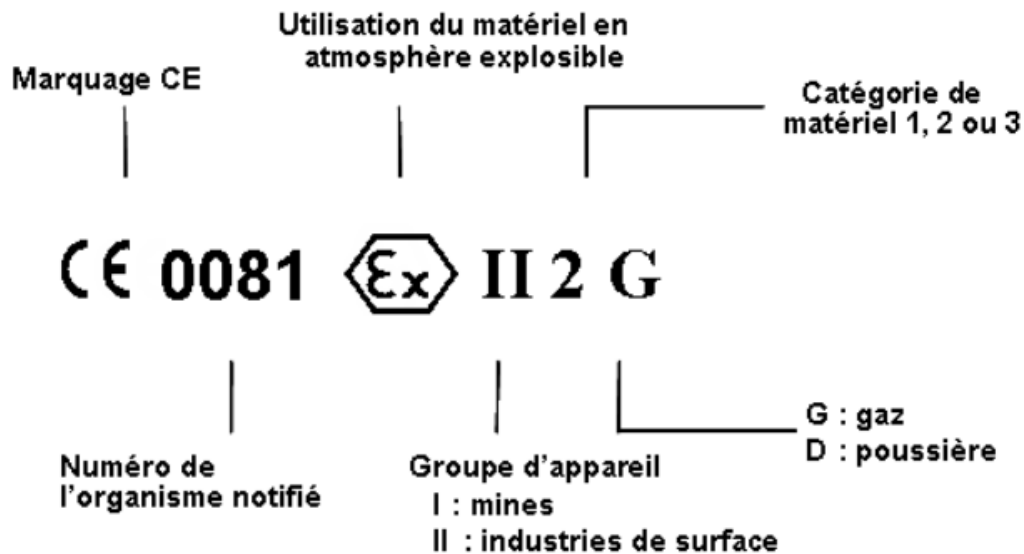
3.6 Conformité des équipements en zone ATEX

Suite au zonage proposé au sous-chapitre précédent, un examen d'adéquation matériels électriques et non électriques installés en zone ATEX doit être réalisé.

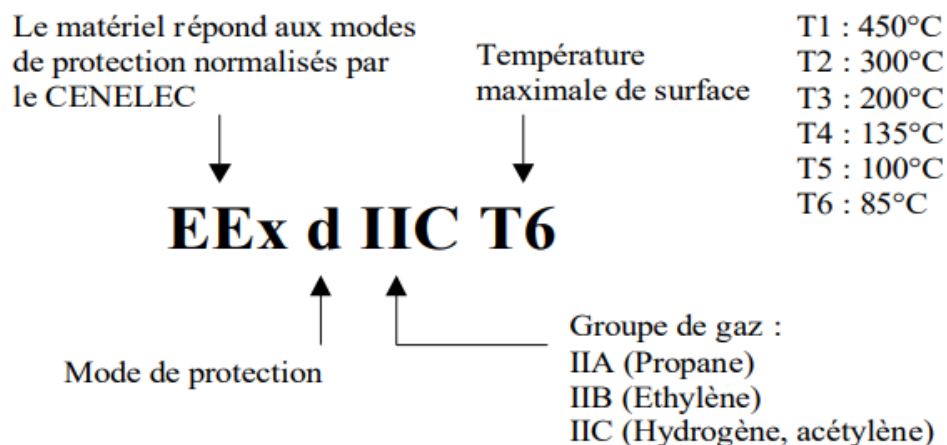
Cet examen de conformité des équipements aboutit à la définition des mesures de maîtrise des risques afin de prévenir la formation d'ATEX et conditionne le choix des équipements électriques et non électriques. Celle-ci passe par la mise en œuvre des mesures matérielles et organisationnelles visant à éviter la présence ou l'activation de sources d'inflammation.[11]

Chaque matériel installé doit porter le marquage minimal imposé par son certificat de conformité correspondant. Le marquage des appareils est décrit ci-dessous :

- Exemple de marquage principal :



- Exemple de marquage complémentaire gaz pour les équipements électriques :



3.6.1 Catégories d'appareils

Il convient d'utiliser dans tous les emplacements où des atmosphères explosibles peuvent se présenter des appareils et des systèmes de protection conformes aux groupes d'appareils et aux catégories d'appareils.

- La catégorie 1 comprend les appareils conçus pour fonctionner conformément aux paramètres opérationnels établis par le fabricant et assurer un très haut niveau de protection.

Les appareils de cette catégorie sont destinés à un environnement où règne constamment, ou pour une longue période, ou fréquemment une atmosphère explosible due au mélange de l'air avec des gaz, des vapeurs, des brouillards ou des poussières (zone 0 et zone 20).

Ces appareils devant assurer le niveau de sécurité requis, même en cas de dérangement

rare, ils sont dotés de moyens de protection tels que :

En cas de défaillance d'un des moyens de protection, au moins un second moyen indépendant assure le niveau de protection requis .

En cas d'apparition de deux défauts indépendants, le niveau de sécurité requis reste assuré.

-La catégorie 2 comprend les appareils conçus pour fonctionner conformément aux paramètres opérationnels établis par le fabricant et assurer un haut niveau de protection.

Les appareils de cette catégorie sont destinés à un environnement où il faut prévoir occasionnellement une atmosphère explosible dues à des gaz, des vapeurs, des brouillards ou au mélange d'air et de poussières (zone 1 et zone 2).

Les moyens dont sont dotés ces appareils assurent le niveau de sécurité requis, même en cas de dérangements fréquents ou de défauts de fonctionnement dont il faut habituellement tenir compte.

- La catégorie 3 comprend les appareils conçus pour fonctionner conformément aux paramètres opérationnels établis par le fabricant et assurer un niveau normal de protection.

Les appareils de cette catégorie sont destinés à un environnement où il ne faut pas s'attendre à une atmosphère explosible due à des gaz, des vapeurs, des brouillards ou au mélange d'air et de poussières et où une telle atmosphère, si elle survient, ne subsistera que brièvement (zone 2 et zone 22). [14]

Les appareils de cette catégorie assurent le niveau de protection requis en cas de fonctionnement normal.

TABLE 3.5 – Adéquation et marquage des appareils Atex [1]

Risque	Groupe *	Adéquation zone ◀ ▶	Appareil marqué	Marquage **
Permanent	II	Zone 0 → Catégorie 1 Zone 20 → Catégorie 1		CE Ⓜ II 1 G CE Ⓜ II 1 D
Occasionnel	II	Zone 1 → Catégorie 2 (ou 1) Zone 21 → Catégorie 2 (ou 1)		CE Ⓜ II 2 G (ou 1 G) CE Ⓜ II 2 D (ou 1 D)
Potentiel	II	Zone 2 → Catégorie 3 (ou 2 ou 1) Zone 22 → Catégorie 3 (ou 2 ou 1)		CE Ⓜ II 3 G (ou 2 G ou 1 G) CE Ⓜ II 3 D (ou 2 D ou 1 D)

* groupe II = industries de surface – groupe I = mines et industries extractives (non évoqué dans le document)

** G pour gaz / vapeurs, D pour poussières

Les équipements électriques doivent être conçus, choisis, installés et entretenus conformément aux normes européennes en vigueur EN IEC 60079-14 «Installations électriques dans les emplacements dangereux » et EN IEC 60079-17 «Inspection et entretien des installations électriques dans les emplacements dangereux

L'électricité statique

L'électricité statique se forme lors de processus de contact/séparation de charges. Des décharges (en étincelles, en couronne, en aigrette, glissante de surface et de cône) peuvent se produire, p. ex. lors de :

- Transvasement, transport, brassage, pulvérisation, p. ex. d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, d'éther.
- Déplacement avec des chaussures isolantes sur un sol non-conducteur, p. ex. revêtu de matière synthétique
- Transvasement, mise en suspension, écoulement de poudres ou de matières formant des poussières.
- Écoulement de suspensions ou de gaz, pollués par des matières solides ou des gouttelettes.
- Dévidage de rubans (rouleaux) de papier ou de matières synthétiques.

Il s'agit d'étincelles qui peuvent se former lors un frottement ou un choc .

A partir de matériaux compacts des éléments peuvent se détacher et la température de ces derniers peut s'élever en raison de l'énergie dégagée lors du processus de séparation. Si les particules (étincelles) sont constituées de substances oxydables, p. ex. fer ou acier, elles peuvent s'oxyder et atteindre ainsi des températures encore plus élevées.

Chapitre 4

Etude de cas

Dans ce chapitre nous allons identifier les endroits concernés par l'explosion d'atmosphère. Par la suite on va appliquer la démarche représentée dans le chapitre précédent afin d'attribuer un zonage approprié pour chaque local et d'examiner la conformité des équipements en zone ATEX , et pour enfin proposer des moyens de protection et de prévention pour la maîtrise de ce risque.

4.1 Classification des zones ATEX

4.1.1 Classification de zone ATEX Gaz

Local de charge des batteries

Description

L'extraction (non Ex) fonctionne en continu. Elle est situé en partie haute. Une ouverture dans le bas du mur assure en permanence une entrée d'air extérieur. Les chargeurs s'arrêtent lorsque la batterie est pleine. On peut charger 7 chariots en même temps. Le local est séparé du reste du magasin par une porte métallique qui est ouverte en permanence.

TABLE 4.1 – Description du local de charge des batteries

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
59,5	7,0	Non	2944 m ³ /h ; 7,1 vol/h	20-25°C

Caractéristiques de l'hydrogène

TABLE 4.2 – Tableau des caractéristiques de l'Hydrogène

Matière	Température d'auto-inflammation(°C)	LIE	LES	Densité /air	EMI (microjoule) 10 ⁻⁶
Hydrogene	560°	4%	75%	0,1	17

Identification des sources de dégagement et la détermination du

Degré de dégagement

Nombre de batteries : 8

Nombre d'éléments par batterie : 24

Evaluation de la ventilation et de la dilution

L'objectif est de vérifier, si dans des conditions majorantes, la ventilation est suffisante pour exclure les risques d'apparition d'atmosphères explosives.

Une atmosphère explosive peut être présente pendant la charge soit dans l'environnement immédiat des batteries en charge, soit dans l'ensemble du local en fonction de sa taille, de sa ventilation ou de la présence d'un explosimètre asservi.

Nos calculs sont basés sur l'application de la Norme IEC 62485-3 , [15] qui indique au paragraphe 6.2 que « Les locaux contenant des batteries doivent être considérés comme sûrs en termes de risque d'explosion lorsque par ventilation naturelle ou artificielle, la concentration d'hydrogène est maintenue en dessous de la limite de 4% »

La norme définit l'apport d'air nécessaire à la ventilation d'un emplacement où sont entreposées des batteries en charge :

$$Q=0,05*n*I*C_n/100$$

Avec :

Q = Flux d'air de ventilation en m³/h

n = nombre d'éléments

I_{gaz} = courant produisant du gaz pendant la phase gaz de charge (A/100Ah) :

Nous prenons I_{gaz} = 7 A/100 Ah, retenu comme une valeur majorante, conformément à la norme NF EN 50272-3

C_n = capacité nominale de la batterie (A/h)

TABLE 4.3 – Capacité nominale des batteries

Batterie ID	Nombre d'éléments	Capacité de chaque élément	Capacité nominale totale
Tridi 1	24	1240	29760
Tridi 2	24	1240	29760
Tridi 3	24	1240	29760
Latéral 1	24	465	11160
Latéral 2	24	465	11160
Latéral 3	24	465	11160
Frontal 1	24	625	15000
Frontal 2	24	625	15000
-	-	Total	152760

$$Q_{\min}=535 \text{ m}^3/\text{h}$$

On multiplie le débit calculé par la formule précédente par 4, ce qui nous amène à 25% de la Limite inférieure d'explosivité .

$$4*Q_{\min}=2140 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le calcul indique une ventilation minimale de 2140 m³/h, ce qui est bien inférieur aux 2944 m³/h assurés par l'extraction, ce qui est suffisant pour supprimer les risques d'apparition d'une atmosphère explosive en dehors de l'environnement immédiat des batteries en charge .

Détermination du type et l'étendue de la zone

On peut déclasser une zone 1 sur tout le local à conditions :

-Pour une ventilation artificielle, la norme IEC 62485-3 précise que l'on doit envisager un interverrouillage entre le chargeur et la ventilation. Une perte de la ventilation doit entraîner une coupure de l'alimentation des chargeurs.

-Les zones de charge soient clairement définies par un marquage au sol permanent.

-Ces zones sont associées à une classe de température T2 (300°C) et à un groupe de gaz IIC.[16]

Mesures prises déjà :

-Les chargeurs s'arrêtent lorsque la batterie est pleine.

-La ventilation est artificielle, le système de chargement des batteries est asservi à la ventilation. En cas d'arrêt de la ventilation le chargement de batterie s'arrête.

-Le paragraphe 6.5 de la norme IEC 62485-3 indique que : A proximité des batteries, la dilution des gaz explosifs n'est pas toujours assurée, c'est pourquoi il faut prévoir une distance minimale de sécurité de 0,5 m sans flammes, étincelles, arcs ou dispositifs incandescents (température max. de surface 300°C).

Zone 1 : dans un rayon de 0,5 m autour de chaque batterie en charge

Réalisation des plans de zonage ATEX

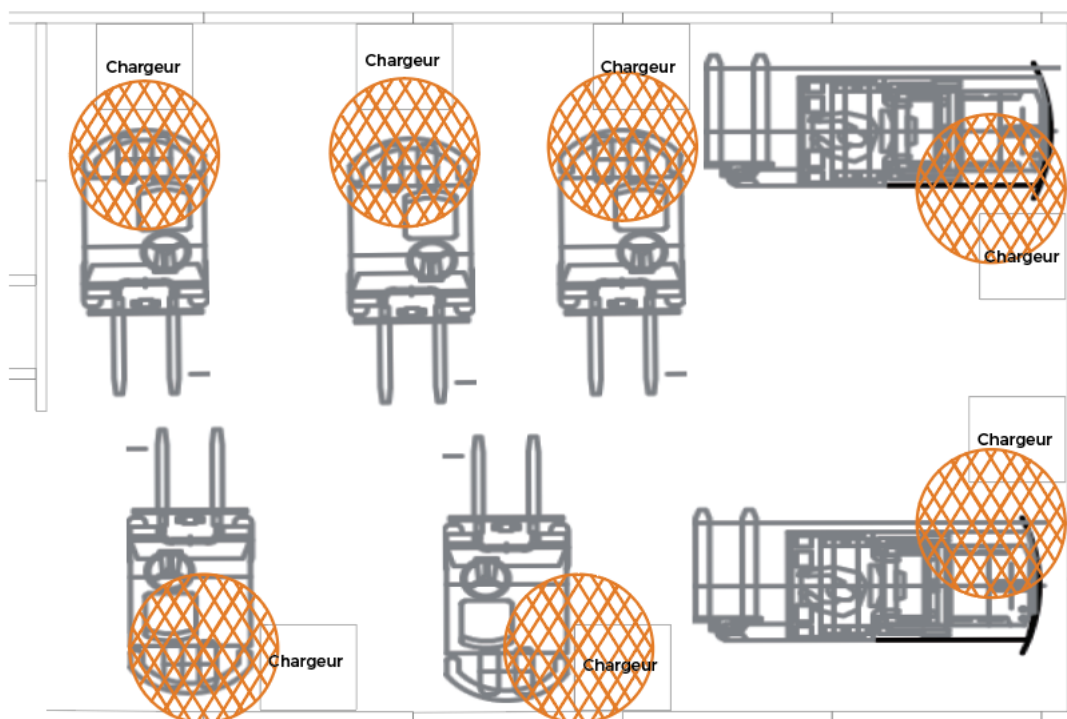


FIGURE 4.1 – Classification en zone :local de charge batteries

Vanne d'arrivée du gaz la chaudière

Description

-A l'extérieur

Substances inflammables

TABLE 4.4 – Caractéristiques du méthane

Substance	Masse-molaire	Limite inférieure d'inflammation	Température d'auto-inflammation	Densité du gaz	Pression de gaz (bar)	Température
Méthane	16.042	5%	540°C	0.657	4bar	15°C

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

Raccord boulonnés vanne d'arrivé de gaz : dégagement secondaire.

Détermination du taux de dégagement de gaz

TABLE 4.5 – Taux du dégagement du méthane

substance	Wg(kg/s)
Méthane	0.001217911

Evaluation de la ventilation et de la dilution

-Degré de dilution :

Vitesse de ventilation :

$$U_w = 0.5m/s$$

Caractéristique de dégagement volumétrique $Q_c = 0.0037m^3/s$.

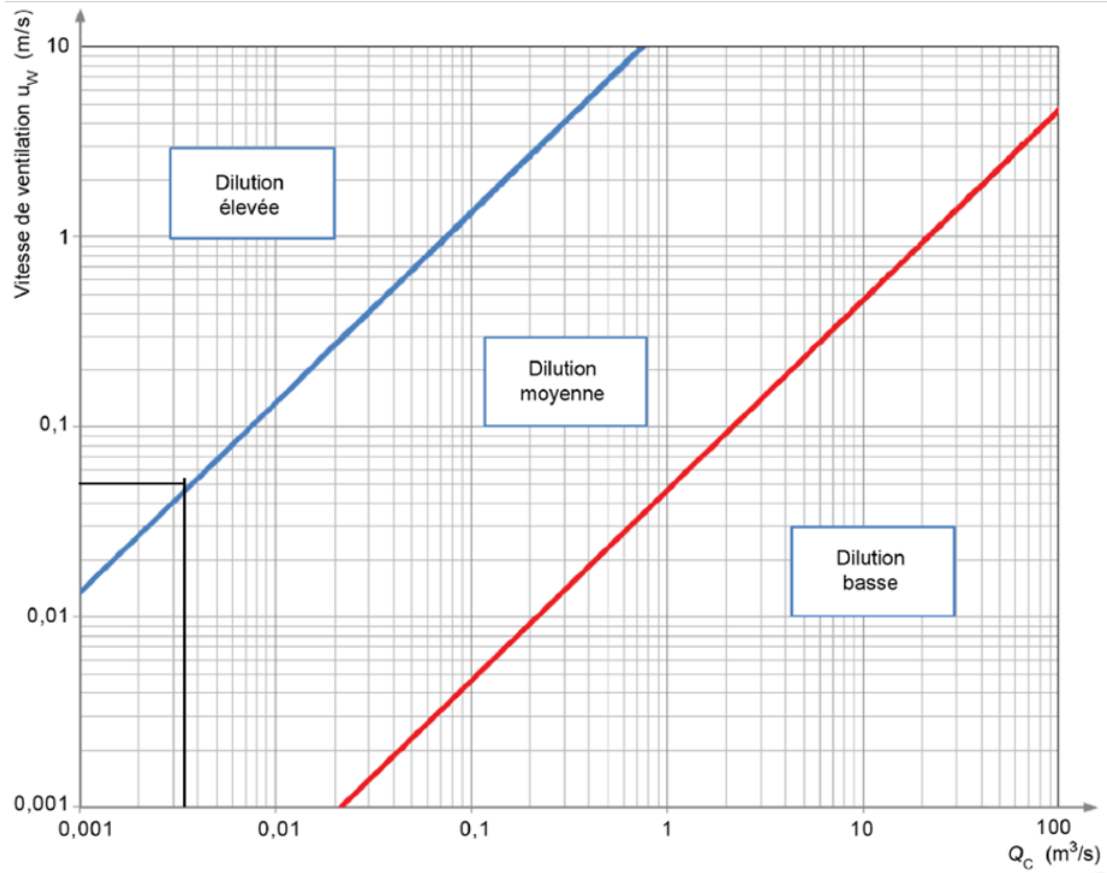


FIGURE 4.2 – Degré de dilution : station d’arrivée de gaz.

+ Degré de dilution : élevé

-Disponibilité de la ventilation :
Bonne (vitesse du vent en conditions calmes)

Détermination du type et de l’étendue de la zone

(Zone 2 EN) Non dangereuse : l’étendue est négligeable autour de la vanne.

Une zone théorique dont l’étendue est négligeable dans les conditions normales.

Synthèse des résultats de l’étude dans un tableau

TABLE 4.6 – Synthèse des résultats du dégagement au niveau de la vanne d’arrivée de la chaudière

Source de dégagement	Cd	S	Pg	γ	ρ	M	T	Z	R
	-	mm ²	Bars	-	Kg/m ³	Kg/kmol	K	-	J/kmol*K
Gaz naturel	0,75	2,5	4	1,1	0,657	16	288,15	1	8314

Source de dégagement	Pa	Pc	Écoulement	Wg	Qg	LII	Qc
	Bars	Bars	-	Kg/s	m ³ /s	% Vol	m ³ /s
Gaz naturel	1,01325	1,733001355	Critique	0,001217911	0,001853746	5	0,087074923

4.1.2 Classification de zone ATEX vapeur

Local à solvant :

Description :

Dans ce local sont stockés tous les liquides inflammables, en particulier les arômes. Les conteneurs ne sont pas ouverts. Ils sont tous stockés sur palette, et déplacés à l'aide du chariot Ex ou de transpalettes.

TABLE 4.7 – Description local à solvants

Superficie(m ²)	Hauteur(m)	Sol dissipateur	Taux de renouvellement d'air	Température (°C)
178.8	7.0	Oui	12600m ³ /h ; 10.1 vol/h	120-25 °C

Substances inflammables :

Voir (annexe A.1).

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

-Trou dans les conteneurs :dégagement secondaire

Détermination du taux de dégagement des flaques d'évaporation

TABLE 4.8 – Taux de dégagement des flaques d'évaporation

Source de dégagement	We Kg/s
Ehtanol	0.002447796
Isopropanol	0.002080567
Acétone	0.011959855
Acétonitrile	0.003787739
Acétate d'éthyle	0.00722492

Note : On prend en considération le taux de dégagement le plus élevé dans la suite de l'étude qui est l'Acétone.

Evaluation de la ventilation et de la dilution

-Degré de dilution :

Ainsi, le degré de dilution est déclaré comme bas dans tous les cas.

Vitesse de ventilation :

$$U_w = 0.008389262 \text{ m/s}$$

Caractéristique de dégagement :

$$Q_c = 0.23151882 \text{ m}^3/\text{s}$$

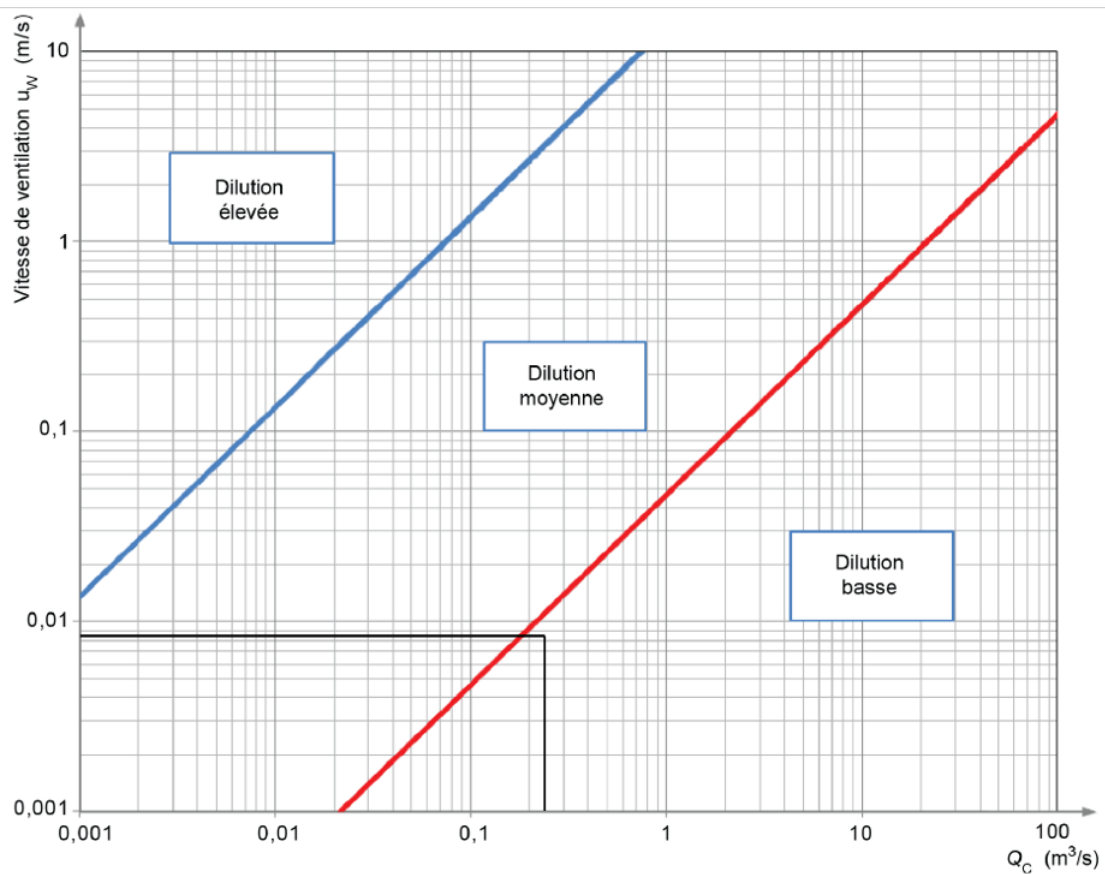


FIGURE 4.3 – Degré de dilution :Local à solvant.

Disponibilité de ventilation : Bonne.

Détermination du type et de l'étendue de la zone

Zone 1 : sur l'ensemble du local, jusqu'à 1,3 m de hauteur .

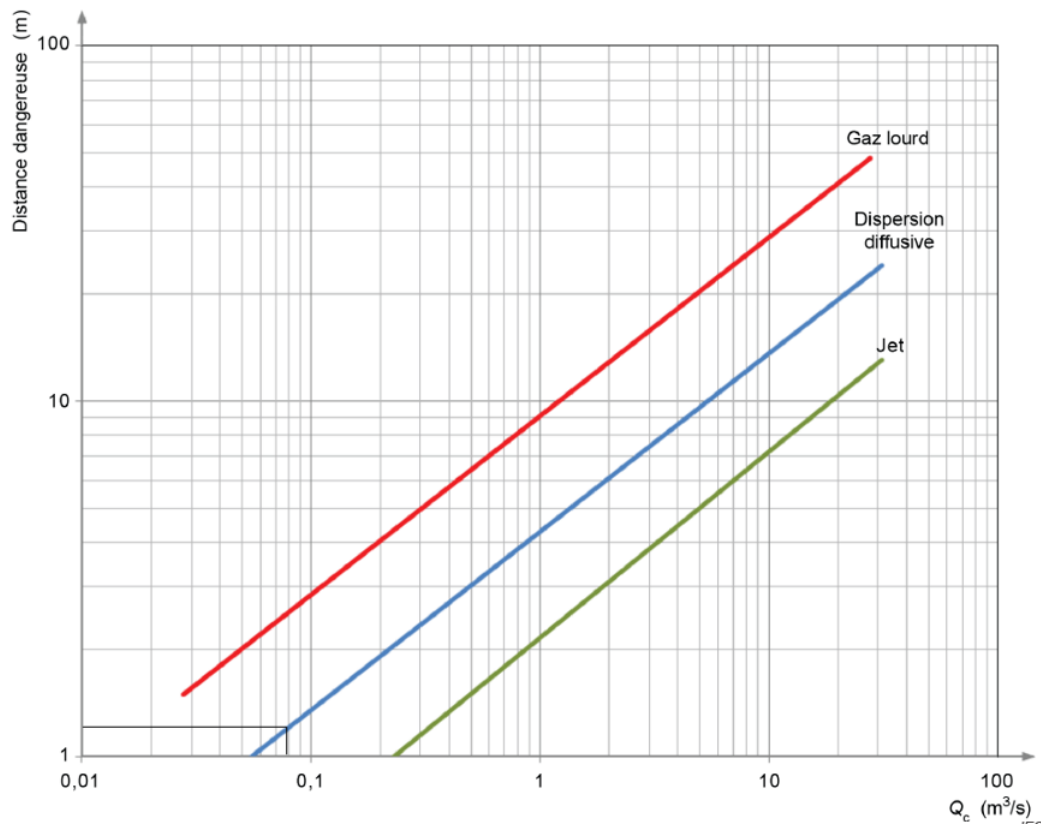


FIGURE 4.4 – Distance dangeureuse.

Synthèse des résultats de l'étude dans un tableau

TABLE 4.9 – Synthèse des résultats du local à solvants

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	3,5	417,2
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	3,5	417,2
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	3,5	417,2
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	3,5	417,2
Acétate d'éthyl	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	3,5	417,2

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m ²	Kg/s	m ³ /s	% Vol	m ³ /s
Ethanol	0,008389262	178,8	0,0024478	0,00128435	3,3	0,03891961
Isopropanol	0,008389262	178,8	0,00208057	0,00083682	2	0,04184107
Acétone	0,008389262	178,8	0,01195985	0,00497765	2,15	0,23151882
Acétonitrile	0,008389262	178,8	0,00378774	0,00223045	3	0,0743483
Acétate d'éthyle	0,008389262	178,8	0,00722493	0,00198214	2,5	0,07928549

Réalisation des plans de zonage ATEX

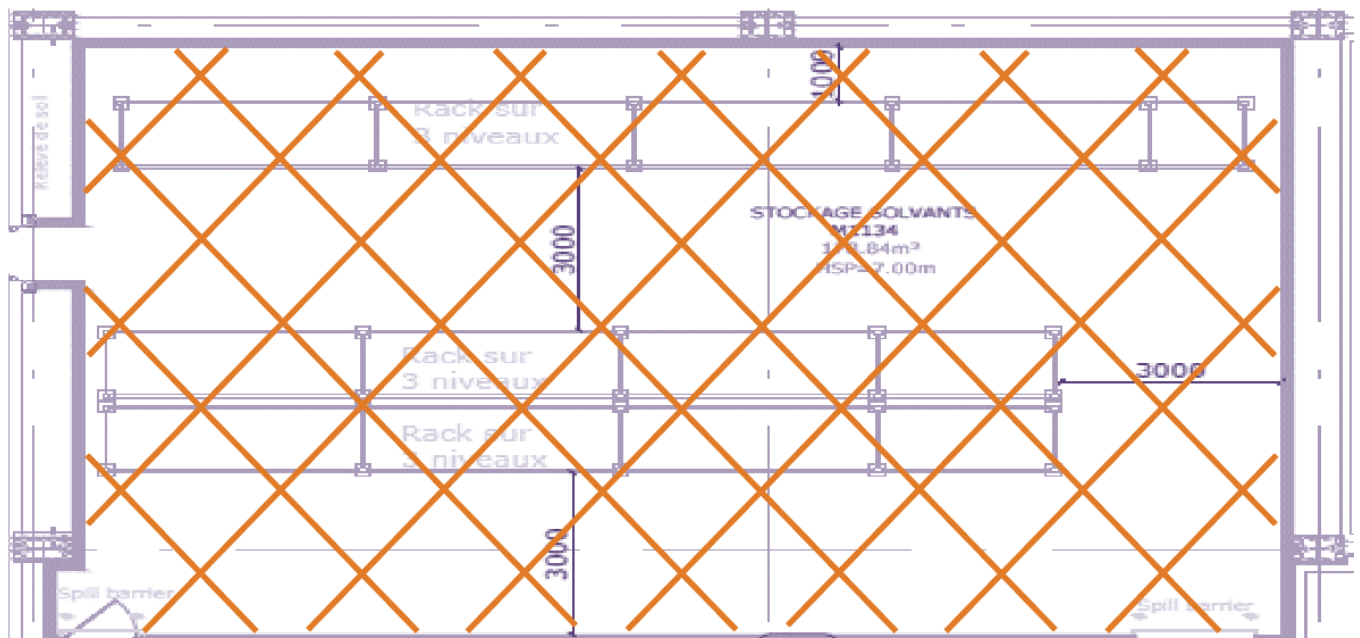


FIGURE 4.5 – Classification en zones : Local à solvant

Local de prélèvement des liquides inflammables

Description

Dans ce local sont réalisées les opérations de prélèvement de liquides inflammables pour analyse. Il est muni d'une hotte aspirante (débit : 2195 m³/h) sous laquelle les conteneurs sont ouverts sur une table. Les conteneurs sont déplacés sur palette à l'aide d'un transpalette.

TABLE 4.10 – Description du local de prélèvement des liquides inflammables

Superficie(m ²)	Hauteur(m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air(h ⁻¹)	Temperature(°C)
27.3	3.0	Oui	2195 m ³ /h ; 26,8 vol/h	20-25°C

Substances inflammables :

Voir annexe A.1

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- A l'ouverture des conteneurs : dégagement primaire
- Trou dans les conteneurs : dégagement secondaire

Détermination du taux de dégagement des flaques d'évaporation

- A l'ouverture des conteneurs :

TABLE 4.11 – Taux de dégagement des flaques d'évaporation à l'ouverture des conteneurs

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	1.46916E-05
isopropanol	1.24875E-05
Acétone	7.17827E-05
Acétonitrile	2.27339E-05
Acétate d'éthyle	4.33638E-05

- Trou dans les conteneurs :

TABLE 4.12 – Taux d'évaporation dû au trou dans les conteneurs

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	0.000802162
isopropanol	0.000681818
Acétone	0.003919337
Acétonitrile	0.001241271
Acétate d'éthyle	0.002367665

Note : On prend en considération le taux de dégagement le plus élevé dans la suite de

l'étude qui est l'Acétone .

Evaluation de la ventilation et de la dilution

- Degré de dilution :

Vitesse de ventilation : $u_w = 0.022334147$ m/s

Caractéristique de dégagement volumétrique :

- A l'ouverture des conteneurs : $Q_c = 0.00138957$ m³/s
- Trou dans les conteneurs : $Q_c = 0.075870513$ m³/s

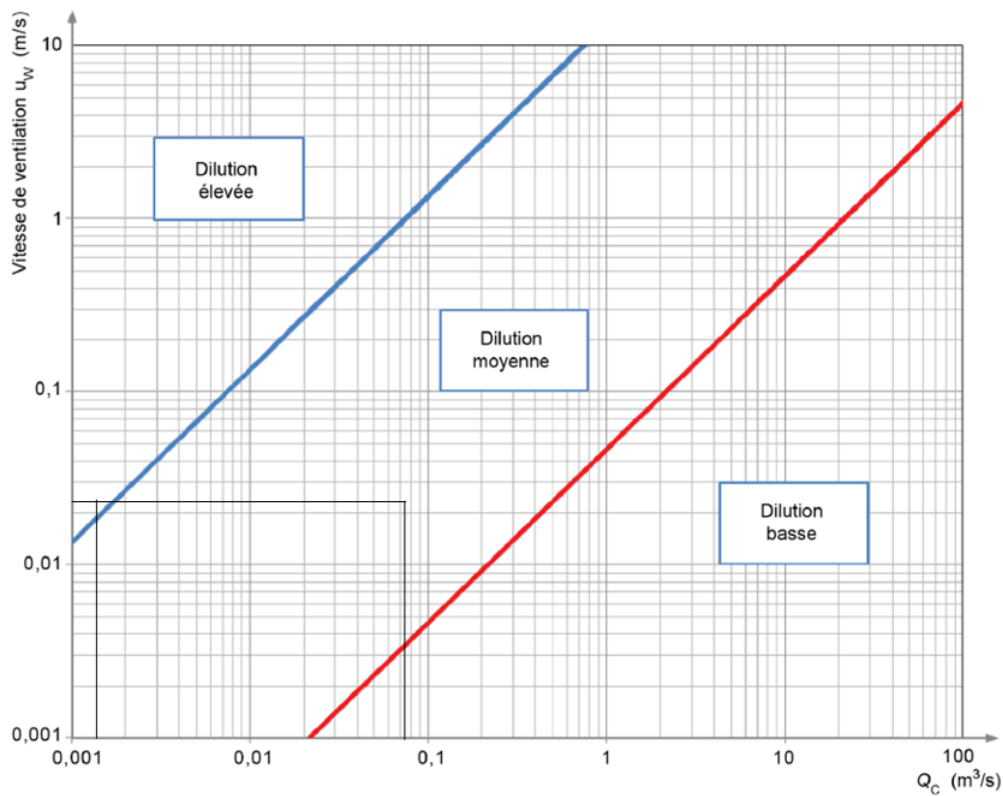


FIGURE 4.6 – Degré de dilution :Local de prélèvement des liquides inflammables

Trou dans les conteneurs : Dilution moyenne

A l'ouverture des conteneurs : Dilution élevée

- Disponibilité de la ventilation : Bonne.

Détermination du type et de l'étendue de la zone

Chapitre 4. Etude de cas

Non dangereuse (Zone 1 EN) : l'étendue est négligeable autour du Table de prélèvement à l'ouverture des conteneurs.

Zone 2 : Ensemble du local, jusqu'à 1 m de hauteur Caractéristique de dégagement volumétrique moins de 0,01 m³/s

Synthèse des résultats de l'étude dans un tableau

- A l'ouverture des conteneurs :

TABLE 4.13 – Résultats de l'étude : Local de prélèvement des liquides inflammables

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m ³ /s	m ²
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,51388889	19,1333333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,51388889	19,1333333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,51388889	19,1333333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0966	0,51388889	19,1333333
Acétate d'éthyle	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,51388889	19,1333333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m ²	Kg/s	m ³ /s	% Vol	m ³ /s
Ethanol	0,026858304	0,5	1,6965E-05	8,9015E-06	3,3	0,00026974
Isopropanol	0,026858304	0,5	1,442E-05	5,7998E-06	2	0,00028999
Acétone	0,026858304	0,5	8,2891E-05	3,4499E-05	2,15	0,0016046
Acétonitrile	0,026858304	0,5	2,6252E-05	1,5459E-05	3	0,00051529
Acétate d'éthyle	0,026858304	0,5	5,0074E-05	1,3738E-05	2,5	0,00054951

- Trou dans les conteneurs :

TABLE 4.14 – Résultats de l'étude : Local de prélèvement des liquides inflammables

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m ³ /s	m ²
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,51388889	19,1333333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,51388889	19,1333333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,51388889	19,1333333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0966	0,51388889	19,1333333
Acétate d'éthyle	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,51388889	19,1333333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m ³ /s	% Vol	m ³ /s
Ethanol	0,026858304	16,4	0,00055645	0,00029197	3,3	0,00884752
Isopropanol	0,026858304	16,4	0,00047297	0,00019023	2	0,00951165
Acétone	0,026858304	16,4	0,00271881	0,00113156	2,15	0,05263073
Acétonitrile	0,026858304	16,4	0,00086106	0,00050704	3	0,01690146
Acétate d'éthyle	0,026858304	16,4	0,00164243	0,0004506	2,5	0,01802382

Réalisation des plans de zonage ATEX

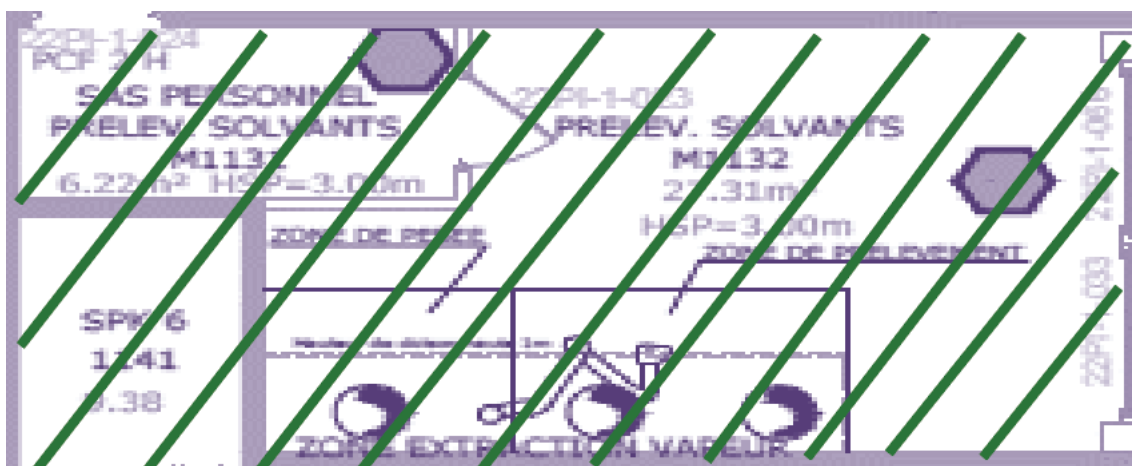


FIGURE 4.7 – Classification en zone : Local de prélèvement des liquides inflammables

Local de pesé liquide

Description

Le local est dédié à la préparation de charges liquides (20 kg maxi) dans des congés inox liés à la terre qui sont fermés après opération. Les produits inflammable contenus dans des bidons de 25 L ou des fûts de 200 L, sont transférés dans le conge sur balance à l'aide d'un vide-fûts Ex.

TABLE 4.15 – Description du local de pesé liquide

Superficie(m ²)	Hauteur(m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air(h ⁻¹)	Temperature(°C)
16.4	3.5	Non	1850 m ³ /h ; 32,2 vol/h	20-25°C

Il est dédié à la préparation de charges liquides (20 kg maxi) dans des congés inox liés à la terre qui sont fermés après opération. Les arômes contenus dans des bidons de 25 L ou des fûts de 200 L, sont transférés dans le conge sur balance à l'aide d'un vide-fûts

Substances inflammables

Voir annexe A.1

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- A l'intérieur et autour du congé : dégagement continu
- A l'ouverture des conteneurs : dégagement primaire
- Trou dans les conteneurs : dégagement secondaire

Détermination du taux de dégagement des flaques d'évaporation

-A l'intérieur et autour du congé :

TABLE 4.16 – Taux de dégagement à l'intérieur et autour du congé : Local de pesé liquide

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	4.26378E-06
isopropanol	3.62411E-06
Acétone	2.08327E-05
Acétonitrile	6.5978E-06
Acétate d'éthyle	1.2585E-05

- A l'ouverture des conteneurs :

TABLE 4.17 – Taux de dégagement à l'ouverture des conteneurs : Local de pesé liquide

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	1.6965E-05
isopropanol	1.44199E-05
Acétone	8.28906E-05
Acétonitrile	2.62518E-05
Acétate d'éthyle	5.00741E-05

- Trou dans les conteneurs :

TABLE 4.18 – Taux de dégagement du Trou dans les conteneurs : Local de pesé liquide

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	0.000556453
isopropanol	0.000472971
Acétone	0.002718811
Acétonitrile	0.000861059
Acétate d'éthyle	0.001642429

Note : On prend en considération le taux de dégagement le plus élevé dans la suite de l'étude qui est l'Acétone .

Evaluation de la ventilation et de la dilution

- Degré de dilution :

Vitesse de ventilation : $uw = 0.026858304$ m/s

Caractéristique de dégagement volumétrique :

- A l'intérieur et autour du conge : $Q_c = 8.67049E-06$ m³/s
- A l'ouverture des conteneurs : $Q_c = 3.44988E-05$ m³/s
- Trou dans les conteneurs : $Q_c = 0.001131561$ m³/s

Dans les trois cas : Dilution élevée

- Disponibilité de la ventilation : Bonne

Détermination du type et de l'étendue de la zone

Caractéristique de dégagement volumétrique moins de 0,01 m³/s

Non dangereuse (Zone 0 EN) : l'étendue est négligeable à l'intérieur et autour du conge

Non dangereuse (Zone 1 EN) : l'étendue est négligeable à l'ouverture des conteneurs

Non dangereuse (Zone 2 EN) : l'étendue est négligeable sur l'ensemble du local

il est préférable de ne pas déclasser le local même si La disponibilité de la ventilation est Bonne « selon la fiabilité de la hotte » mais Une zone 2 est déclaré à l'intérieur de la hotte à flux laminaire « où les congés et les conteneurs sont déposés et ouverts »

Synthèse des résultats de l'étude dans un tableau

- A l'intérieur et autour du conge :

TABLE 4.19 – Résultats de l'étude à l'intérieur et autour du conge : Local de pesé liquide

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,51388889	19,1333333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,51388889	19,1333333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,51388889	19,1333333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	0,51388889	19,1333333
Acétate d'éthyle	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,51388889	19,1333333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m^3/s	% Vol	m^3/s
Ethanol	0,0268583	0,12566371	4,2638E-06	2,2372E-06	3,3	6,7793E-05
Isopropanol	0,0268583	0,12566371	3,6241E-06	1,4576E-06	2	7,2882E-05
Acétone	0,0268583	0,12566371	2,0833E-05	8,6705E-06	2,15	0,00040328
Acétonitrile	0,0268583	0,12566371	6,5978E-06	3,8852E-06	3	0,00012951
Acétate d'éthyle	0,0268583	0,12566371	1,2585E-05	3,4527E-06	2,5	0,00013811

- A l'ouverture des conteneurs :

TABLE 4.20 – Résultats de l'étude à l'ouverture du conge : Local de pesé liquide

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,51388889	19,1333333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,51388889	19,1333333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,51388889	19,1333333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	0,51388889	19,1333333
Acétate d'éthyle	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,51388889	19,1333333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m^3/s	% Vol	m^3/s
Ethanol	0,026858304	0,5	1,6965E-05	8,9015E-06	3,3	0,00026974
Isopropanol	0,026858304	0,5	1,442E-05	5,7998E-06	2	0,00028999
Acétone	0,026858304	0,5	8,2891E-05	3,4499E-05	2,15	0,0016046
Acétonitrile	0,026858304	0,5	2,6252E-05	1,5459E-05	3	0,00051529
Acétate d'éthyle	0,026858304	0,5	5,0074E-05	1,3738E-05	2,5	0,00054951

- Trou dans les conteneurs :

TABLE 4.21 – Résultats du Trou dans les conteneurs : Local de pesé liquide

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,51388889	19,1333333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,51388889	19,1333333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,51388889	19,1333333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	0,51388889	19,1333333
Acétate d'éthyle	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,51388889	19,1333333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m^3/s	% Vol	m^3/s
Ethanol	0,026858304	16,4	0,00055645	0,00029197	3,3	0,00884752
Isopropanol	0,026858304	16,4	0,00047297	0,00019023	2	0,00951165
Acétone	0,026858304	16,4	0,00271881	0,00113156	2,15	0,05263073
Acétonitrile	0,026858304	16,4	0,00086106	0,00050704	3	0,01690146
Acétate d'éthyle	0,026858304	16,4	0,00164243	0,0004506	2,5	0,01802382

Réalisation des plans de zonage ATEX



FIGURE 4.8 – Classification en zone : Local de pesé liquide

Fabrication Liquide

Description

TABLE 4.22 – Description de la fabrication liquide

Superficie(m ²)	Hauteur(m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air(h ⁻¹)	Temperature(°C)
14.4	3.0	Non	1265 m ³ /h ; 29,3 vol/h	20°C

Par ce sas matériel transitent les matières premières des fabrications liquides, qui arrivent en fût ou conge sur palette, sans rétention secondaire. Il peut arriver que les matières restent quelques heures à cet endroit. Les fûts ou congés ne sont pas ouverts.

Substances inflammables

Voir annexe A.1

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Trou dans les conteneurs et déversement : dégagement secondaire

Détermination du taux de dégagement des flaques d'évaporation

- Trou dans les conteneurs :

TABLE 4.23 – Taux de dégagement du trou dans les conteneurs : Fabrication liquide

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	1.6965E-05
isopropanol	1.44199E-05
Acétone	8.28906E-05
Acétonitrile	2.62518E-05
Acétate d'éthyle	5.00741E-05

Note : On prend en considération le taux de dégagement le plus élevé dans la suite de l'étude qui est l'Acétone

Evaluation de la ventilation et de la dilution

- Degré de dilution :

Vitesse de ventilation : $uw = 0.024402006$ m/s

Caractéristique de dégagement volumétrique :

$Q_c = 0.00104226$ m³/s

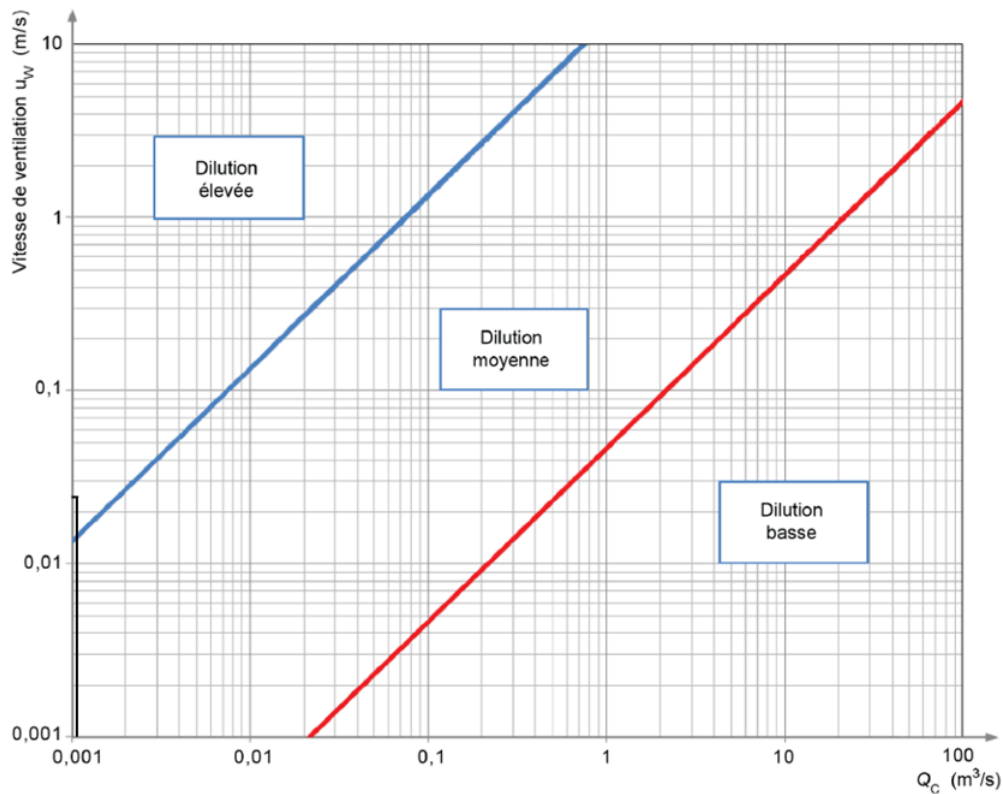


FIGURE 4.9 – Degré de dilution : Fabrication Liquide

Dilution élevée

-Disponibilité de la ventilation : Bonne

Détermination du type et de l'étendue de la zone

Non dangereuse (Zone 2 EN) : l'étendue est négligeable sur l'ensemble du local

Synthèse des résultats de l'étude dans un tableau .

TABLE 4.24 – Résultats du local de la fabrication liquide

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,35138889	14,4
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,35138889	14,4
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,35138889	14,4
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	0,35138889	14,4
Acétate d'ét	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,35138889	14,4

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m ³ /s	% Vol	m ³ /s
Ethanol	0,02440201	0,35	1,102E-05	5,7819E-06	3,3	0,00017521
Isopropanol	0,02440201	0,35	9,3663E-06	3,7672E-06	2	0,00018836
Acétone	0,02440201	0,35	5,3841E-05	2,2408E-05	2,15	0,00104226
Acétonitrile	0,02440201	0,35	1,7052E-05	1,0041E-05	3	0,0003347
Acétate d'éthyle	0,02440201	0,35	3,2525E-05	8,9232E-06	2,5	0,00035693

Local de Fabrication des Aromes

Description

Ce local est dédié à l'introduction de poudres et de liquides inflammables dans les cuves de fabrication. Il est muni d'une cuve agitée C400 (500 L), que l'on remplit sous vide à l'aide de deux cannes d'introduction, l'une pour les liquides, l'autre pour les solides. La cuve peut être inertée, mais cet inertage n'est pas utilisé actuellement.

TABLE 4.25 – Description du local de fabrication des aromes

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
10,7	3,5	Oui	905 m ³ /h ; 24,2 vol/h	20°C

Ce local est dédié à l'introduction de poudres et de liquides inflammables. Il est muni d'une cuve agitée C400 (500 L), que l'on remplit sous vide à l'aide de deux cannes d'introduction, l'une pour les liquides, l'autre pour les solides (flexible spiralé). La cuve peut être inertée. La continuité électrique est assurée par les flexibles dissipateurs et une prise de terre pour les conteneurs métalliques (conge en inox 25 L pour les liquides) mis sous rétention.

Un fois les mélanges réalisés dans cette cuve, la proportion d'éthanol dans le mélange est de l'ordre de 50 pourcentage donc le point éclair est de 20-25°C, proche de la température de procédé : il y a un risque ATEX.

Le mélange est transféré sous vide dans les cuves du local adjacent (GOAVEC) via le tableau de répartition.

Substances inflammables

Voir annexe A.1

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- A l'ouverture des conteneurs : dégagement primaire
- Au niveau des flexibles d'aspiration : dégagement primaire
- A l'intérieur de la cuve : dégagement continu
- Vanne supérieure de la cuve : dégagement secondaire
- Tableau de répartition : dégagement secondaire

Détermination du taux de dégagement

- A l'ouverture des conteneurs : Des flaques d'évaporation

TABLE 4.26 – Taux de dégagement de l'ouverture des conteneurs : Local de fabrication des aromes

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	1.35521E-05
isopropanol	1.15189E-05
Acétone	6.62149E-05
Acétonitrile	2.09706E-05
Acétate d'éthyle	4.00003E-05

- En cas de déversement :

TABLE 4.27 – Taux de dégagement de déversement des conteneurs : Local de fabrication des aromes

Source de dégagement	We (Kg/s)
Ethanol	0.000290014
isopropanol	0.000246505
Acétone	0.001417
Acétonitrile	0.00044877
Acétate d'éthyle	0.000856007

- De vapeur :

De la vanne supérieure de la cuve :

TABLE 4.28 – Taux de dégagement de vapeur

Substance dégagée	Wv (Kg/s)
Acétone	0.00169434

Evaluation de la ventilation et de la dilution

- Degré de dilution

Vitesse de ventilation : $uw = 0.024402006$ m/s

Caractéristique de dégagement volumétrique :

- Des flaques d'évaporation « ouverture des conteneurs » : $Q_c = 0.001281788$ m³/s
- Des flaques d'évaporation « déversement » : $Q_c = 0.027430274$ m³/s
- De la vapeur « vanne » : $Q_c = 0.000100544$ m³/s

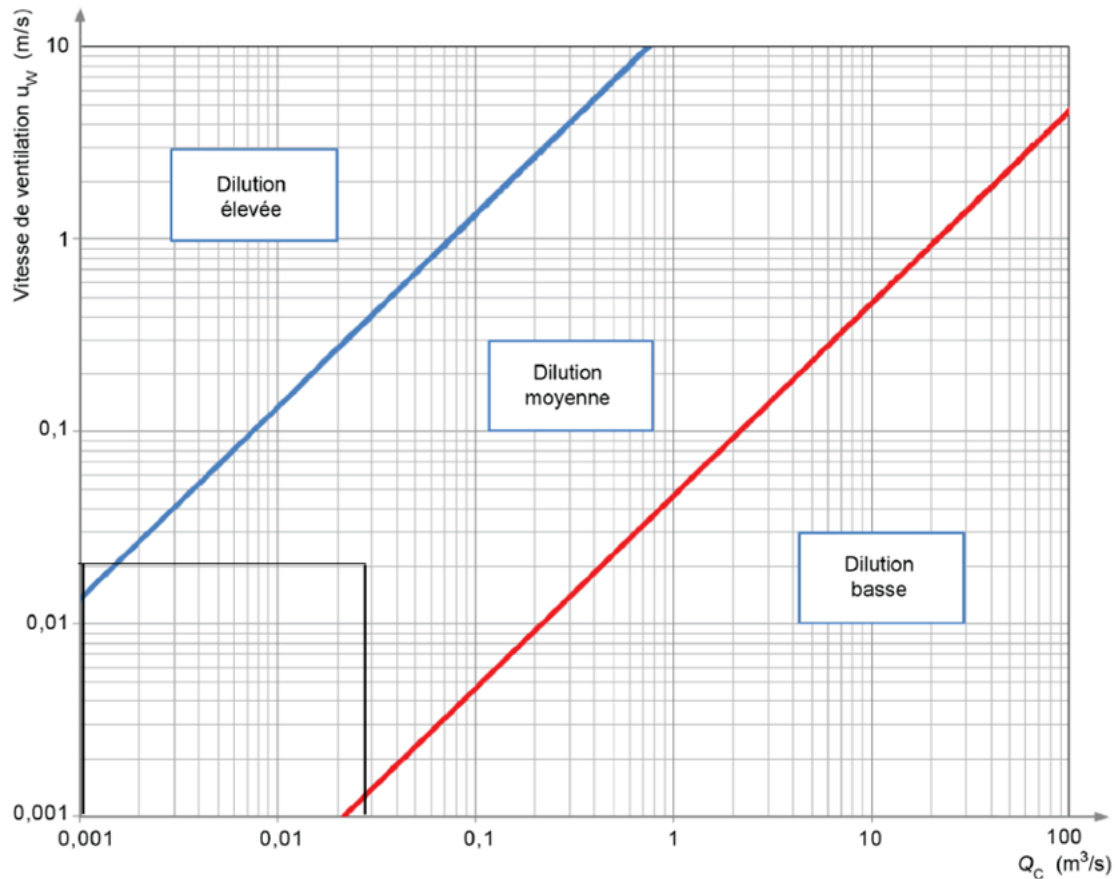


FIGURE 4.10 – Degré de dilution : Local de Fabrication des Arômes

- Des flaques d'évaporation « ouverture des conteneurs » : Dilution élevée
- Des flaques d'évaporation « déversement » : Dilution moyenne
- De la vapeur « vanne » : Dilution élevée
- Disponibilité de la ventilation : Bonne

Détermination du type et de l'étendue de la zone

Zone 0 : à l'intérieur de la cuve

Caractéristique de dégagement volumétrique moins de 0,01 m³/s

Non dangereuse (Zone 1 EN) : l'étendue est négligeable à l'ouverture des conteneurs

Non dangereuse (Zone 2) : sur l'ensemble du local

Synthèse des résultats de l'étude dans un tableau :

- A l'ouverture des conteneurs :

TABLE 4.29 – Résultats de l'ouverture des conteneurs : Local de fabrication des arômes

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air Qa	surface de ventilation
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,25138889	12,4833333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,25138889	12,4833333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,25138889	12,4833333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	0,25138889	12,4833333
Acétate d'éth	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,25138889	12,4833333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m^3/s	% Vol	m^3/s
Ethanol	0,02013796	0,5	1,3552E-05	7,1107E-06	3,3	0,00021548
Isopropanol	0,02013796	0,5	1,1519E-05	4,633E-06	2	0,00023165
Acétone	0,02013796	0,5	6,6215E-05	2,7558E-05	2,15	0,00128179
Acétonitrile	0,02013796	0,5	2,0971E-05	1,2349E-05	3	0,00041162
Acétate d'éthyle	0,02013796	0,5	4E-05	1,0974E-05	2,5	0,00043896

- Déversement :

TABLE 4.30 – Résultats de déversement : Local de fabrication des arômes

Source de dégagement	M	T	Ta	R	Pa	Pv à T	Débit d'air	surface de
	Kg/kmol	K	K	J/kmol*K	Bars	Bars	m3/s	m2
Ethanol	46,07	293,15	293,15	8314	1,01325	0,059	0,25138889	12,4833333
Isopropanol	60,1	293,15	293,15	8314	1,01325	0,042	0,25138889	12,4833333
Acétone	58,08	293,15	293,15	8314	1,01325	0,247	0,25138889	12,4833333
Acétonitrile	41,05	293,15	293,15	8314	1,01325	0,0986	0,25138889	12,4833333
Acétate d'éthyle	88,11	293,15	293,15	8314	1,01325	0,113	0,25138889	12,4833333

Source de dégagement	vitesse de ventilation	Ap	We	Qg	LII	Qc
	m/s	m2	Kg/s	m^3/s	% Vol	m^3/s
Ethanol	0,02013796	10,7	0,00029001	0,00015217	3,3	0,00461118
Isopropanol	0,02013796	10,7	0,0002465	9,9146E-05	2	0,00495732
Acétone	0,02013796	10,7	0,001417	0,00058975	2,15	0,02743027
Acétonitrile	0,02013796	10,7	0,00044877	0,00026426	3	0,00880876
Acétate d'éthyle	0,02013796	10,7	0,00085601	0,00023484	2,5	0,00939372

- Dégagement de la vapeur :

TABLE 4.31 – Résultats de dégagement de la vapeur : Local de fabrication des arômes

Source de dégagement	Cd	S	Pv	Y	P	M	T	Z	R
	-	mm ²	Bars	-	Kg/m ³	Kg/kmol	K	-	J/kmol*K
Acétone	0,75	2,5	3	1,0713293	783,8	58,08	298,15	1	8314

Source de dégagement	Pa	Pc	Ecoulement	Wv	Qv	LII	Qc
	Bars	Bars	-	Kg/s	m ³ /s	% Vol	m ³ /s
Acétone	1,01325	1,71514341	Critique	0,00169434	2,1617E-06	2,15	0,00010054

Réalisation des plans de zonage ATEX

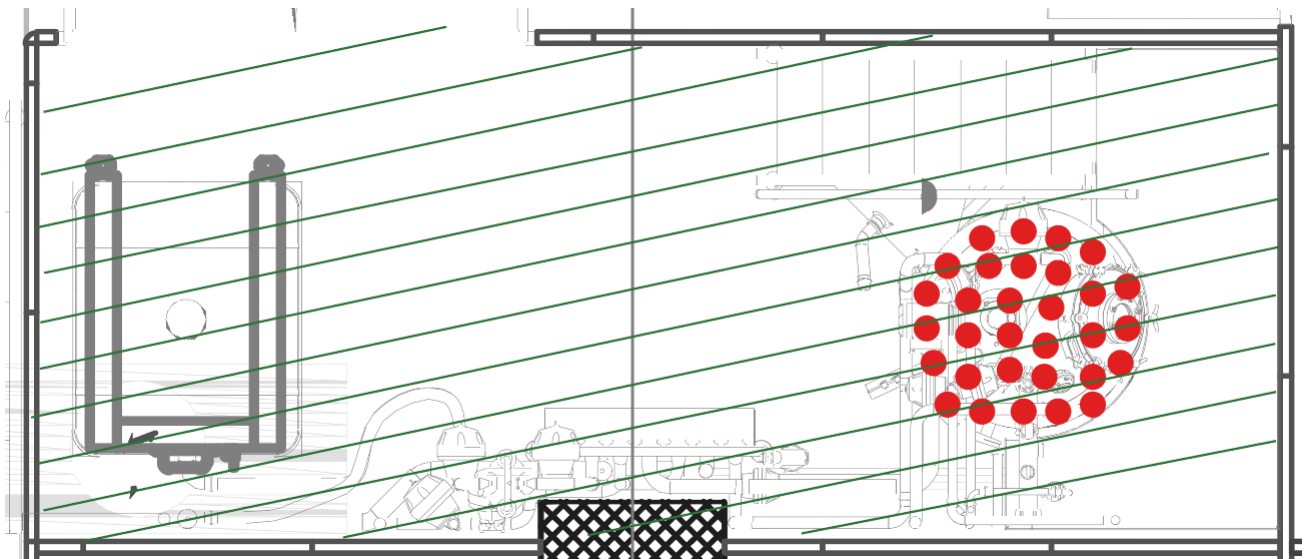


FIGURE 4.11 – Réalisation des plans de zonage ATEX : Local des arômes

4.1.3 Classification des zone ATEX poussières

Local de fabrication Liquide

Description

Ce local est muni de 3 cuves : cuves de fabrication C100 (7000 L), C300 (1000 L) et cuve de stockage C200 (7000 L). Les deux premières sont munies de cannes d'introduction de liquides et de poudres. Ces cuves sont remplies sous vide à partir des cannes d'introduction.

TABLE 4.32 – Description du local de fabrication liquide

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
10,7	3,5 Oui	905	m ³ /h ; 24,2 vol/h	20°C

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2 .

Identification des sources de dégagement et la détermination

du degré de dégagement

- Dégagement primaire dans le flexible d'aspiration.
- Pas de dégagement secondaire : il n'y a pas de transfert par gravité, et les conteneurs ne peuvent pas tomber de plus de leur hauteur.
- Pas de dégagement : À l'intérieur de la cuve lors de l'aspiration des poudres dans la solution aromatique. Les poudres arrivent par en-dessous et ne forment pas de nuage.
- Une zone 21 à l'intérieur du dispositif d'aspiration des poudres.

Délimitation et classe Zones ATEX

- Une zone 21 à l'intérieur du dispositif d'aspiration des poudres.

Réalisation des plans de zonage ATEX

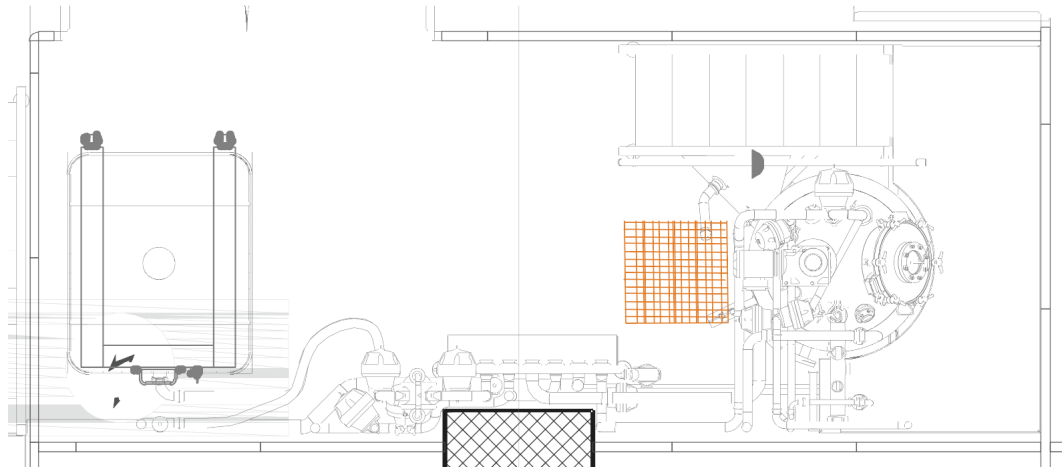


FIGURE 4.12 – Classification en zone : Local Fabrication Liquide

Local de pesée des granulés

Description

Ce local est dédié au transfert de granulés contenus dans des big-bags dans les bins inox destinés aux presses.

Le big-bag est levé à l'aide d'un palan sur potence et positionné au dessus de l'ouverture du bin qui est placé sur la balance. L'ouverture de la vanne permet de transférer par gravité la quantité voulue de granulés dans le bin.

TABLE 4.33 – Description du local de pesée des granulés

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
72,4	3,5	Oui	4000 m ³ /h ; 13,8 vol/h	20-25°C

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Dégagement primaire à l'intérieur du bin, au début du transfert.

- Dégagement secondaire en cas de fuite du big-bag lorsque celui-ci est en position haute.

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 21 est déclarée à l'intérieur du bin.
- Une zone 22 de 1 m de hauteur est déclarée dans le local.

Réalisation des plans de zonage ATEX

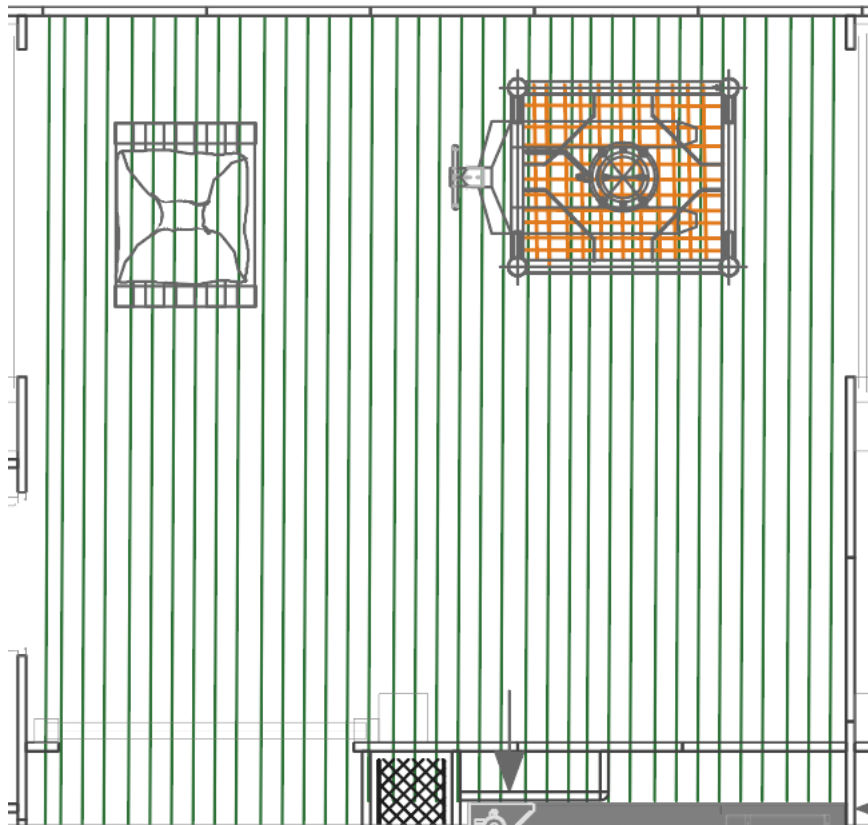


FIGURE 4.13 – Classification en zone : Local de pesée des granulés

Local de pesée des poudres

Description

Ce local sert à la préparation de charges solides contenues en fûts, dans des saches (25 kg maxi). Les sacs sont fermés et placés dans des chariots cages. Aucun solvant n'est utilisé, sauf des petites quantités pour le nettoyage des surfaces.

TABLE 4.34 – Description du local de pesée des poudres

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
11,1	3,5	Oui	2700 m ³ /h ; 69,5 vol/h	20-25°C

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Dégagement primaire à l'intérieur de l'aspirateur
- Dégagement secondaire en cas de déversement d'un sac ouvert.

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 22 sphérique de 1 m de rayon est déclarée autour de la balance
- Une zone 21 à l'intérieur de l'aspirateur

Réalisation des plans de zonage ATEX

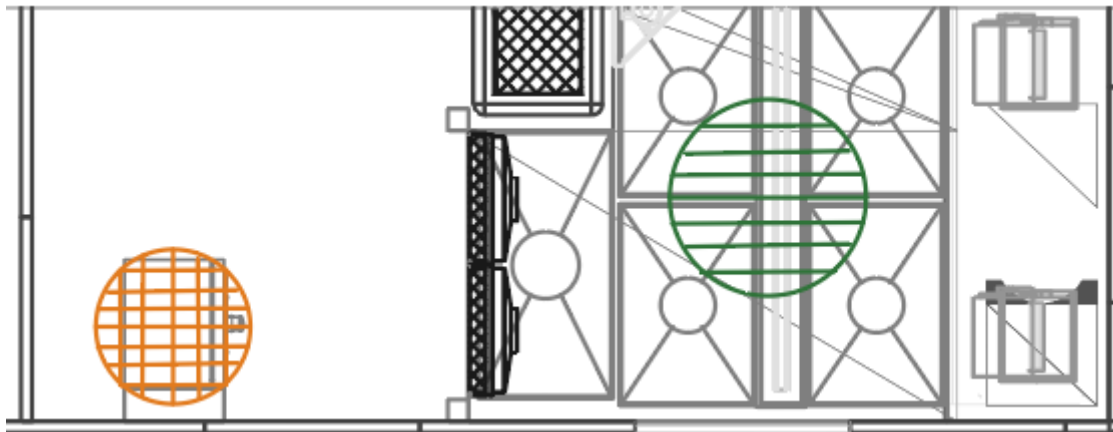


FIGURE 4.14 – Classification en zone : Local de pesée des poudres

Local de granulation

Description

Les appareils ne sont pas ouverts en fonctionnement normal : ils sont connectés par des flexibles et les transferts s'effectuent sous vide. Les vannes entre appareils ne sont donc ouvertes qu'au moment du transfert.

Les matières premières solides sont chargées dans le granulateur à partir de conges inox, sous vide (canne et flexible dissipateurs). Les conges sont remplis au fur et à mesure en vidant les matières premières contenues dans les sacs par aspiration.

Aucun liquide inflammable n'est utilisé dans ces opérations.

TABLE 4.35 – Description du local de granulation

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
72,4	4,5	Oui	4000 m ³ /h	20-25°C



FIGURE 4.15 – Schéma du procédé de granulation séchage calibrage

Le local est équipé d'un train complet de granulation constitué :

- D'un granulateur Bosch-Hüttlin résistant à 10 bars et pouvant être inerté
- D'un calibre Frewitt pour les granulés humides
- D'un sécheur à lit d'air fluidisé (LAF) Bosch-Hüttlin résistant à 10 bars.
- D'un conteneur de chargement des bins muni d'un calibre Frewitt pour les granulés secs.

Les appareils ne sont pas ouverts en fonctionnement normal : ils sont connectés par des flexibles et les transferts s'effectuent sous vide. Les vannes entre appareils ne sont donc ouvertes qu'au moment du transfert.

Les matières premières solides sont chargées dans le granulateur à partir de congés inox, sous vide (canne et flexible dissipateurs).

Les congés sont remplis au fur et à mesure en vidant les matières premières contenues dans les sacs PE par aspiration. De même, la solution de mouillage est préparée dans la salle, en chargeant une recette mobile agitée par gravité (vidage de sacs).

Aucun solvant n'est utilisé dans ces opérations

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Dégagement continu à l'intérieur du LAF.
- Dégagement primaire dans le granulateur.
- Dégagement primaire dans le conteneur au-dessus du calibreux.
- Dégagement secondaire en dessous du LAF, lorsque la cuve est enlevée (généralement la quantité de poudre qui tombe est faible)
- De façon exceptionnelle, dans le reste de la pièce en cas de déversement accidentel.

Entre le granulateur et le LAF, on n'attend pas de formation de nuage de poudre explosif car les granulés sont humides.

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 20 est déclarée à l'intérieur du LAF.
 - Une zone 21 est déclarée dans le granulateur.
 - Une zone 21 est déclarée dans les tuyaux de transfert.
 - Une zone 21 est déclarée dans le conteneur à granulés secs, le calibreux final et en-dessous (cylindre de 1,5 m de haut et 1 m de rayon).
- Une zone 22 est déclarée sous le LAF (cylindre de 1 m de haut et 1,5 m de rayon).

Réalisation des plans de zonage ATEX

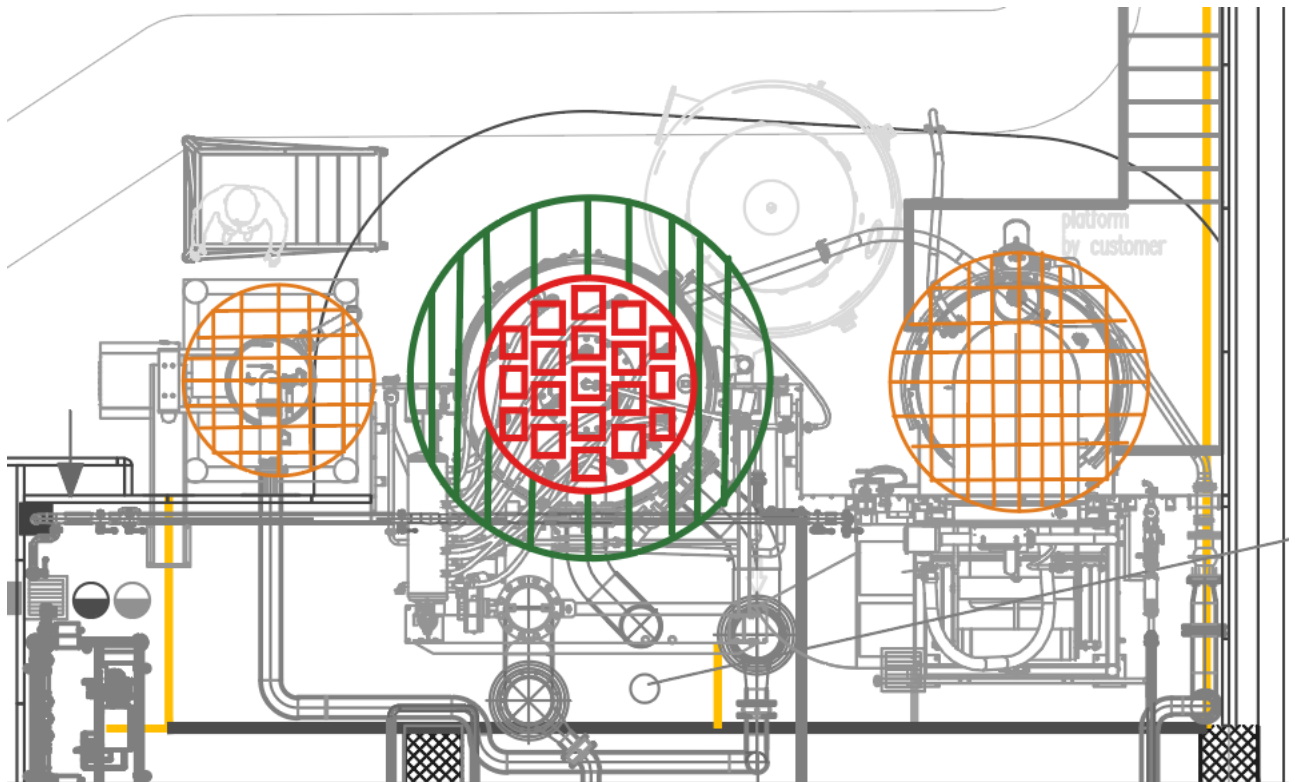


FIGURE 4.16 – Classification en zone : Local de granulation

Local de mélange

Description

On y trouve un mélangeur, qui sert à homogénéiser le contenu de bins. La rotation s'effectue avec un mouvement lent (environ 12 tours/min).

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2

Identification des sources de dégagement et la détermination

du degré de dégagement

- Dégagement secondaire en dessous du mélangeur « vanne mal fermée »

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 22 est déclarée sous le mélangeur (sphère de 1m)

Réalisation des plans de zonage ATEX

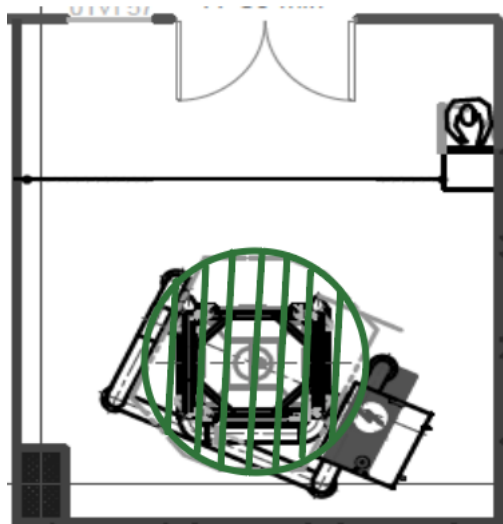


FIGURE 4.17 – Classification en zone : Local de mélange

Local de presse

Description

La presse est alimentée par des bins qui sont levés et mis en place par une potence. Ils ne sont pas retournés. Un interlock bloque le mouvement vertical si la vanne de fond est détectée ouverte, ce qui limite le risque de vidage accidentel du bin en position haute.

TABLE 4.36 – Description du local de presse

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
35.4	5.2	non	2400 m ³ /h ; 15,0 vol/h	19-25°C

Les presses sont alimentées par des bins qui sont levés et mis en place par une potence. Ils ne sont pas retournés. Un interlock bloque le mouvement vertical si la vanne de fond est détectée ouverte, ce qui limite le risque de vidage accidentel du bin en position haute.

Note : Des flexibles d'aspiration sont connectés à un circuit de vide dans la zone technique.

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Dégagement primaire au niveau du bin
- Dégagement secondaire 1 m autour de la vanne de fond en cas de fuite
- Dégagement secondaire dans les tuyaux d'aspiration « quantité faibles »

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 21 à l'intérieur du bin
- Une zone 22 d'une sphère de 1m de diamètre autour de la vanne de fond
- Une zone 22 est déclarée dans les tuyaux jusqu'au filtre primaire.

Réalisation des plans de zonage ATEX

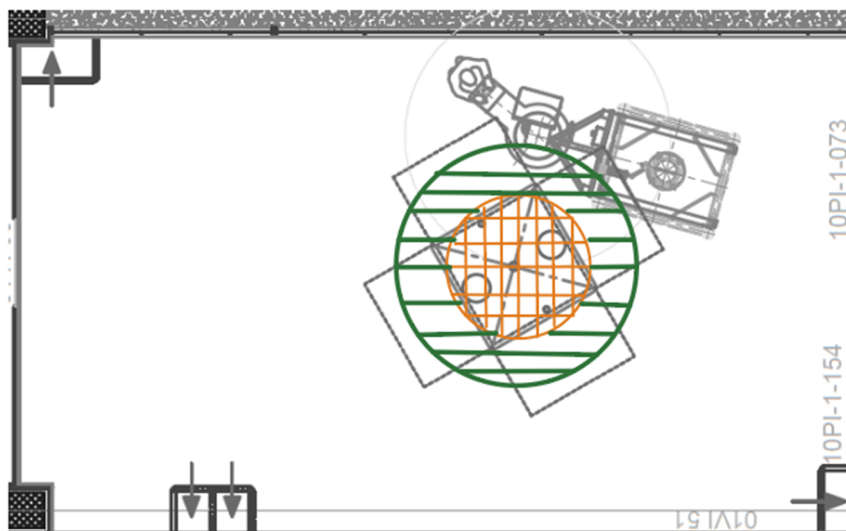


FIGURE 4.18 – Classification en zone : Local de presse

Local de pelliculage

Description

La solution de pelliculage (pas de liquide) est préparée dans une nourrice en vidant les sacs d'excipients (au plus quelques kg) dans l'eau, sous agitation. Les comprimés sont chargés manuellement dans le tambour du pelliculeur. Puis, sous agitation lente, la solution est pulvérisée par des buses sur les comprimés, sous un flux d'air chaud. Les comprimés pelliculés sont récupérés par gravité dans des fûts plastique.

TABLE 4.37 – Description du local de pelliculage

Superficie (m ²)	Hauteur (m)	Sol dissipateur ?	Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	Température (°C)
26,1	4	oui	1810 m ³ /h ; 17,3 vol/h	20-25°C

La solution de pelliculage (pas de solvants) est préparée en vidant les sacs d'excipients (au plus quelques kg) dans l'eau, sous agitation.

Les comprimés sont chargés manuellement dans le tambour du pelliculeur. Puis, sous agitation lente, la solution est pulvérisée par des buses sur les comprimés, sous un flux d'air chaud. Les comprimés pelliculés sont récupérés par gravité dans des fûts plastique.

Identification des poussières inflammables

Table inventaire en annexe!!

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Dégagement primaire, lors du vidage des sacs dans la recette agitée.
- Dégagement secondaire, autour de la recette en cas de déversement.
- Dégagement secondaire, dans le pelliculeur, par dispersion de poussières par le flux d'air.

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 21 à l'intérieur de la recette.
- Une zone 22 d'une sphère de 1m est déclarée autour de la recette.
- Une zone 22 à l'intérieur du pelliculeur.

Réalisation des plans de zonage ATEX

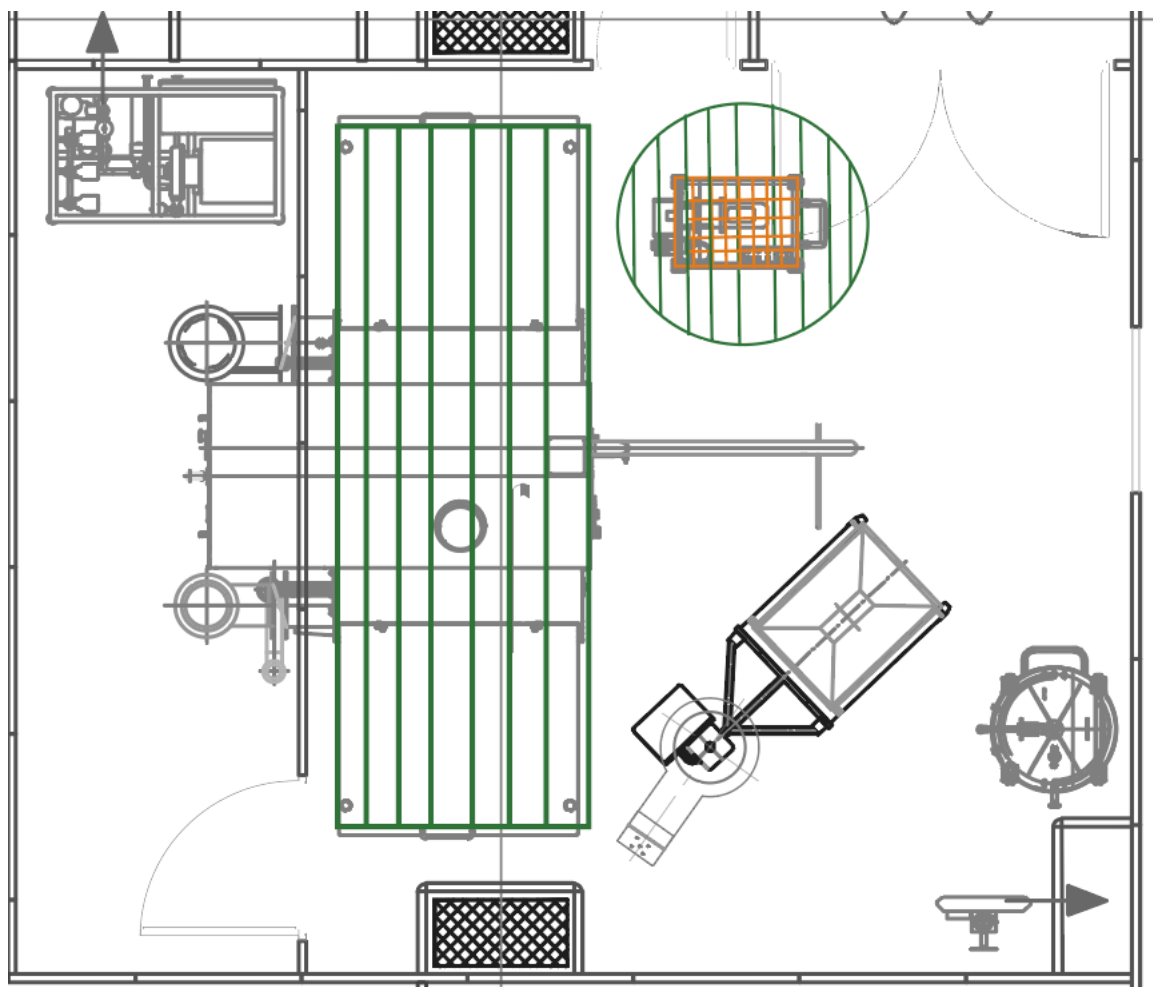


FIGURE 4.19 – Classification en zone : Local de pelliculage

Zone technique

Description

- La zone technique se situe au-dessus des salles de fabrication. On y trouve les CTA, les événements des LAF et les dépoussiéreurs.

- Le circuit d'air des deux LAF Bosch-Hüttlin est muni de 2 vannes VENTEX. Un détecteur de poussières stoppe la ventilation en cas de défaut des filtres primaires du LAF.
- L'évent des presses est relié par un flexible spiralé à un dépoussiéreur. Les poudres sont récupérées dans un sac plastique à l'intérieur du seau inox inférieur.
- Pour vider le seau, on secoue le filtre manuellement au-dessus du seau et fermer le sac.
- La turbine de pelliculage est reliée à un dépoussiéreur muni d'un évent d'explosion. Les filtres sont secoués régulièrement par action d'air comprimé. La poudre est recueillie dans la partie pyramidale inférieure.

Identification des poussières inflammables

Voir annexe A.2

Identification des sources de dégagement et la détermination du degré de dégagement

- Dégagement primaire, dans le dépoussiéreur des presses et celui du pelliculeur (y compris les seaux).
- Dégagement secondaire, en aval du 1^o filtre de chaque dépoussiéreur
- Dégagement secondaire, dans les tuyaux d'aspiration.

Délimitation et classement des Zones ATEX

- Une zone 21 à l'intérieur des aspirateurs presses (jusqu'au filtre primaire)
- Une zone 21 à l'intérieur des dépoussiéreurs LAF et pelliculeuse
- Une zone 22 sur l'aval du 1^o filtre de chaque dépoussiéreur
- Une zone 22 dans les tuyaux d'aspiration
- Une zone 21 ou les seaux sont vidés

Réalisation des plans de zonage ATEX

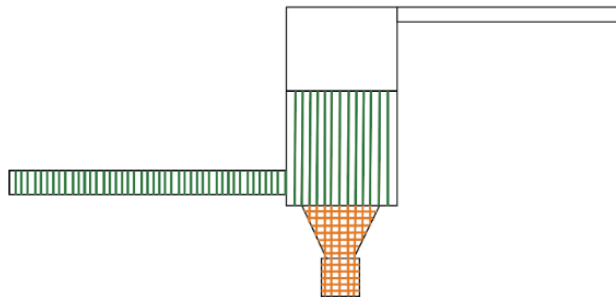


FIGURE 4.20 – Classification en zone : Zone technique

4.2 Examen d'adéquation des équipements en zone ATEX

Local de prélèvement des liquides inflammables

TABLE 4.38 – Equipements du Local de prélèvement des liquides inflammables

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 2	Ensemble du local, jusqu'à 1 m de hauteur	Equipement électrique	Hotte à flux laminaire	Ex II 3G 3D	Oui	-
			Transpalette	-	Non	Acquérir un transpalette avec roues conductrices pour assurer la continuité électrique
			Table	-	Oui	Assurer la mise à la terre
			Détecteur de solvant	Ex II 2G	Oui	

Local de pesée liquide .

TABLE 4.39 – Equipements du Local de pesée liquide

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 2	L'intérieur de la hotte à flux laminaire	Equipement électrique Décharge étincelle	Hotte à flux laminaire	Ex II 3G 3D	Oui	
			Imprimante	Non	Non	Acquérir une imprimante Ex II 3G
			Balance	Ex II 1G	Oui	-
			Conge	-	Non	Assurer La mise à la terre
			Un vide-fûts	Ex II 1G	Oui	-
			Détecteur de solvant	Ex II 2G	Oui	-

Local de Fabrication des Aromes .

TABLE 4.40 – Equipements du Local de Fabrication des Aromes

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 0	L'intérieur de la cuve	Décharge étincelle	Cuve	Ex II 3G c T3	Oui	
Zone 2	Ensemble du local, jusqu'à 1m de hauteur	Décharge étincelle	Conteneurs	-	Non	Assurer La mise à la terre
			Détecteur de solvant	Ex II 2G	Oui	

Local de Fabrication Liquide .

TABLE 4.41 – Equipements du Local de Fabrication Liquide

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 21	L'intérieur du dispositif d'aspiration des poudres	Décharge étincelle	-	-	-	-

Local de pesée des granulés .

TABLE 4.42 – Equipements du Local de pesée des granulés

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 21	L'intérieur du bin		Bin	-	Oui	Bin systématique mis à la terre par la potence
Zone 22	Ensemble du local, jusqu'à 1m de hauteur	Equipement électrique Décharge étincelle	Balance	Non	Non	

Local de pesée des poudres .

TABLE 4.43 – Equipements du Local de pesée des poudres

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 22	Sphère de 1 m de rayon est déclarée autour de la balance	Equipement électrique Décharge étincelle	Une hotte à flux laminaire	Ex II 3G 3D	Oui	
			Une balance	Non	Non	Acquérir une balance Ex II 3D
			Une imprimante	Non	Non	Acquérir une imprimante Ex II 3D

Local de granulation

TABLE 4.44 – Equipements du Local de granulation

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 20	L'intérieur du LAF	Décharge étincelle Point chaud Procédé à 80°C		Ex II 1G IIA + Ethanol T3 Ex II 1/2/3/-D T140°C +10°C ≤ Ta ≤ +30°C	Oui	
Zone 21	L'intérieur du granulateur	Point chaud (Une solution chaude) procédé à température élevée		Ex II 1G IIA + Ethanol T3 Ex II 2D T140°C +10°C ≤ Ta ≤ +30°C	Oui	
Zone 21	Le calibreur et en dessous (cylindre de 1.5 de haut et 1 m de rayon)	Décharge étincelle Friction mécanique (frottement)	Calibreur	Ex II 1G 1D	Oui	-
			Conteneurs	-	Non	Assurer la mise à la terre

Local de mélange

TABLE 4.45 – Equipements du Local de mélange

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 22	Sous le mélangeur (sphère de 1m)	Equipement électrique Décharge étincelle Décharge aigrette	Mélangeur		Oui	NA

Local de presse .

TABLE 4.46 – Equipements du Local de presse

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 21	A l'intérieur du bin		Bin		Oui	Bin systématique mis à la terre par la potence

Local de pelliculage .

TABLE 4.47 – Equipements du Local de pelliculage

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 21	L'intérieur de la recette	Décharge étincelle	Recette mis à la terre	-	-	NA
Zone 22	D'une sphère de 1m est déclarée autour de la recette	Décharge étincelle	Recette mis à la terre	-	-	NA
Zone 22	L'intérieur de pelliculeuse	Décharge étincelle	Turbine pelliculeuse	Ex II 2G 2D T6	Oui	NA

Local de charge des chariots .

TABLE 4.48 – Equipements du Local de charge des chariots

Chapitre 4. Etude de cas

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 1 T2 / IIC	0.5 m autour des batterie	Equipement électrique	8 prises électriques / 8 Chargeurs / 8 Disjoncteur	Non	Non	A remplacer par du matériels conformes. Ex II 2G IIC

Zone technique

TABLE 4.49 – Equipements de la Zone technique

Zone	Etendue de la zone	Source d'inflammation	Equipement	Marquage ATEX	Conforme pour la zone	Recommandation
Zone 21	À l'intérieur des aspirateurs	Décharge étincelle	3 sur 5 Aspirateurs	Non	Non	A remplacer par des aspirateurs conformes Ex II 2D.
Zone 21	A l'intérieur des dépoussiéreurs	Décharge étincelle	Dépoussiéreurs	Ex II 2D	Oui	

Cet examen nous a orienté vers l'apport des mesures de prévention techniques et organisationnels appropriées aux risques d'explosion.

4.3 Plan d'action

- Suivre le plan de substitution des Equipement électriques non ATEX présents dans des zones ATEX réalisé selon les priorités qu'on a définie :

- L'Energies Minimales d'Inflammabilité :

Ordre de priorité croissant : Gaz, Liquides, Solide.

- Le type de la zone :

Ordre de priorité croissant :

- Gaz / Vapeur : Zone 0, Zone 1, Zone 2

- Poussières : Zone 20, Zone 21, Zone 22

Priorité	Equipements	Cout Estim	Date de début prévu	Date de fin prévu
1	6 Chargeurs Atex EX II 2G IIC Local de chargement DC	18 000.00 €	01/10/2022	31/12/2022
2	5 Chargeurs Atex EX II 2G IIC Local de chargement Pharma	15 000.00 €	01/01/2023	31/03/2023
3	6 Prises electriques Local de chargement DC	1 500.00 €	01/04/2023	30/06/2023
4	Transpalette a roues conductrices (Inox)	3 000.00 €	01/07/2023	30/09/2023
5	Imprimante Atex EX II 3G	5 000.00 €	01/10/2023	31/12/2023
6	3 Aspirateurs Atex EX II 2D	45 000.00 €	01/01/2024	31/03/2024
7	Balance Atex EX II 3D	4 500.00 €	01/04/2024	30/06/2024
8	Imprimante Atex EX II 3D	5 000.00 €	01/07/2024	30/09/2024
Total		97 000.00 €		

FIGURE 4.21 – Planing de substitution des équipements électriques non ATEX

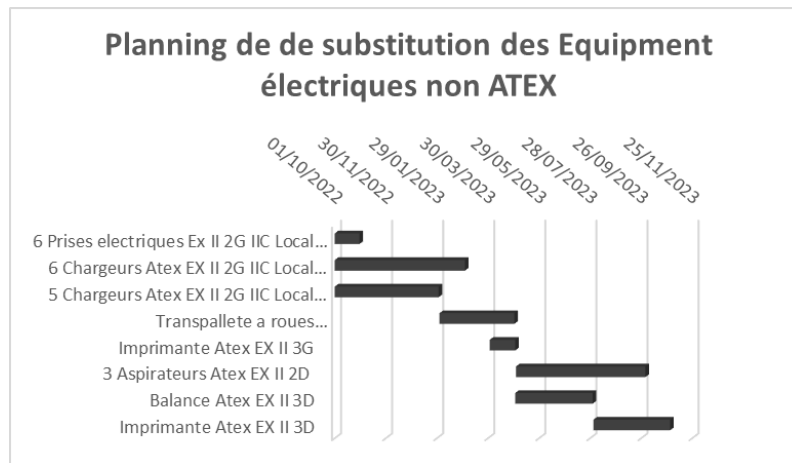


FIGURE 4.22 – Plan de substitution des équipements non ATEX par priorité

Plan de substitution des équipements non ATEX par priorité - Mise à jour du Mapping des zones ATEX du site, affichage et signalisation à l'entrée des locaux, sur cette Template :

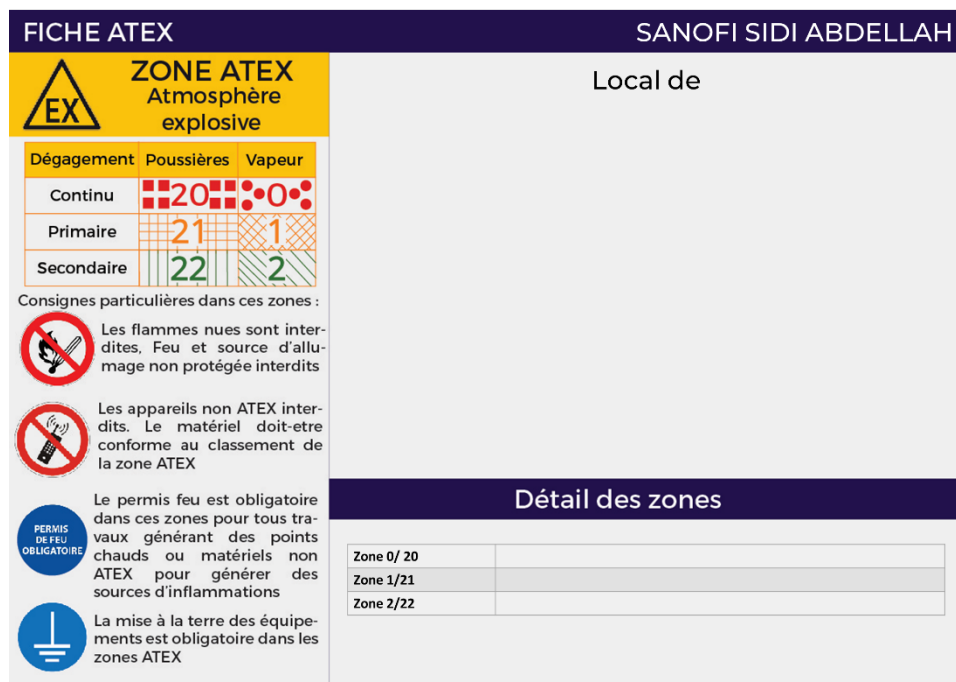


FIGURE 4.23 – Template d'affichage du mapping des zones ATEX

- L'identification des barrières de sécurité contre le risque d'explosion, les considérées comme éléments clés de sécurité pour les priorisés dans le programme de maintenance.

TABLE 4.50 – Programme de maintenance préventive des éléments clés de sécurité

Local	Élément clé pour la sécurité	Type de Contrôle	Périodicité
Cabine de prélèvement des produits inflammable	Hotte a flux laminaires	Inspection	Mensuelle
		Qualification	Annuelle
	Détecteur de solvant	Calibration	Annuelle
		Test de fonctionnement	Semestrielle
La continuité électrique	Test de continuité	Annuel	
Local de stockage des produits inflammables	Détecteur de solvant	Calibration	Annuelle
		Test de fonctionnement	Semestrielle
	La continuité électrique	Test de continuité	Annuel
Local chargement des batteries chariots	Système d’asservissement entre la ventilation et l’alimentation en électricité des chargeurs de batteries	inspection + test fonctionnel	Annuel
Locaux de pesée	Hotte a flux laminaires	Inspection	Mensuelle
		Qualification	Annuelle
	La continuité électrique	Test de continuité	Annuel
Fabrication Liquide aromes	Détecteur de solvant & alarme	Calibration	Annuelle
		Test de fonctionnement	Semestriel
	La continuité électrique	Test de continuité	Annuel
Granulation LAF	Filtre a Poche	Nettoyage /Inspection	Après chaque campagne de production
Pelliculage	La continuité électrique	Test de continuité	Annuel
Zone technique (LAF / Dépoussiéreurs)	Détecteur de poussières	Test de fonctionnement	Trimestriel
	Vannes VENTEX	Entretien	Annuel
	Event d’explosion	Entretien	Annuel

- Mise à la terre active avec surveillance : [17]

Ceci s’applique en particulier aux objets mobiles « fûts et bidons », qui doivent être mis à la terre à chaque utilisation. Le contact de la pince de mise à la terre peut non seulement être perturbé par des dépôts de produit ou des peintures de protection, les connexions des câbles peuvent également être rouillées ou en mauvais état, de sorte qu’une mauvaise connexion n’est pas visible à première vue.

Pour pallier à cette problématique et pour sécuriser les liaisons entre les produits dangereux et la terre, des systèmes de mise à la terre actifs avec indication d’état ont donc été développés.

Principe de fonctionnement :

Grâce au voyant lumineux, ils permettent aux utilisateurs de vérifier la connexion sécurisée entre les objets à risque de charge électrique et le point de mise à la terre. Quand la LED passe au vert, les employés savent qu'ils peuvent exécuter leurs opérations en toute sécurité. Le système de mise à la terre surveille en permanence la boucle de terre pour s'assurer que les charges électrostatiques générées par le processus sont éliminées en toute sécurité de la zone ATEX

Budget estimé Une somme de 11300 € : 1407 € par câble présents dans 8 locaux



FIGURE 4.24 – Cable de terre



FIGURE 4.25 – Cable de terre

Des liaisons équipotentielles soient réalisées entre les masses et les éléments conducteurs étrangers aux installations électriques, le but est de mettre au même potentiel ou à des potentiels voisins toutes les parties conductrices n'appartenant pas aux circuits

électriques. Par l'intermédiaire des conducteurs de protection Les éléments à prendre en compte pour la mise à la terre et la liaison équipotentielle :

- Les personnes travaillant dans ces zones doivent être formées en conséquence afin de se familiariser avec les équipements destinés à la mise à la terre et à l'équipotentialité et de pouvoir les utiliser comme prévu (une attention particulière doit être portée aux erreurs typiques de mise à la terre, par exemple la mise à la terre ultérieure des objets ou équipements déjà chargés)

- Les équipements de mise à la terre et d'équipotentialité doivent être régulièrement contrôlés par des personnes formées

- Les notices d'utilisation doivent être disponibles pour travailler dans les zones ATEX

- Les pinces de mise à la terre doivent être fixées avant de commencer le travail et rester en place jusqu'à ce que toutes les charges dangereuses aient été déchargées.

- Renforcer le processus de gestion des interventions à risque (Permis de travail) en intégrant plus en détails les aspects ATEX « mise à jour de la procédure des entreprises extérieures »

- Etablir un plan de Formation Niveau 1 des intervenants dans les zones ATEX sur le risque ATEX a leurs postes de travail.

- Etablir un plan de Formation Niveau 2 des intervenants sur les opérations de maintenance des équipements ATEX.

- Mise à jour du document relative à la protection contre les explosions.

Plan d'actions spécifique au local de charge

- Les zones de charge soient clairement définies par un marquage au sol permanent.

- Implémenter un protocole de chargement des batteries chariots électriques au niveau des deux locaux de charge avec un programme de formation des caristes sur ce protocole

TABLE 4.51 – Protocole de chargement des batteries

Etape	Description des tâches
1	Laisser toute appareil électrique ou électronique à l'extérieur du local avant d'y accéder (téléphone, appareil photos...) Retirer tous les éléments métalliques (bagues, montres, bracelets, colliers)
2	Stationner le chariot dans la zone dédiée de chargement et s'assurer que l'appareil est éteint et la clé retirée
3	Débrancher le câble de charge d'alimentation électrique de l'engin
4	Brancher le câble d'alimentation électrique de l'engin au câble de chargement de la batterie et s'assurer que le câble est correctement branché
5	Allumer d'abord le disjoncteur électrique général Mettre sous tension le chargeur de batterie
6	Laisser le chariot en cours de charge pendant 2h
7	S'assurer que la batterie est rechargée
8	Une fois la batterie chargée, Mettre Hors tension le chargeur de batterie vers position « O ». Eteindre disjoncteur général
9	Débrancher le câble d'alimentation de l'engin du câble de chargement de la batterie
10	Brancher le câble d'alimentation de l'engin au connecteur du chariot
11	Mettre le contact électrique de l'engin et vérifier l'indicateur de charge de batterie

Conclusion

La présente étude nous a permis de définir précisément les procédés mis en œuvre et les risques d'explosion induits par les installations techniques, Il en résulte la détermination des zones dans lesquelles sont susceptibles de se former des mélanges vapeur/air ou poussières/air inflammables.

La détermination des zones à risques d'explosions constitue la première étape de la mise en conformité ATEX.

L'examen des installations a mis en évidence des non conformités vis-à-vis des exigences concernant l'utilisation des équipements dans les zones susceptibles de présenter un risque au sens des atmosphères explosives, pour cela on a proposé un plan d'action dans le but d'améliorer la maîtrise des risques d'explosion.

Afin de concrétiser notre étude, une évaluation de la maturité du process safety & ATEX a été réalisé sur une feuille de route d'un an et demi selon plusieurs axes :

- L'audit global HSE : Non-conformité critique, Non-conformité majeure, Non-conformité mineure.
- Les formations ATEX : Aucune formation, Pas tous les opérateurs en zone ATEX,

Tous les opérateurs en zone ATEX

- Données de sécurité : Non disponibles, Manque des données, Disponibles
- Description du processus : Non complète, Complète
- Zonage : Non fini, Fini mais non optimisé, Fini
- Source d'inflammation : Définie, Non définie
- Contremesures : Définie, Définie mais non mis en place, Non définie
- Document relative à la protection contre les explosions : Existant, Non fini, finit mais non mise à jour, Fini.
- Maintenance : Procédure basique de la maintenance, Equipements Ex conformes, Des intervenants certifiés .

Paramètres	Avant	Actuel	Objectif fin 2022
Global HSE Audit	50%	50%	75%
Formations	66%	66%	100%
Les données de sécurité	100%	100%	100%
Description du procédé	100%	100%	100%
Zonage	66%	100%	100%
Sources d'inflammation	66%	100%	100%
Countermeasures	0%	50%	100%
DRPCE	100%	100%	100%
Maintenance	33%	33%	66%

FIGURE 4.26 – Evaluation de la maturité du process safety ATEX

Process safety Maturity Assessment

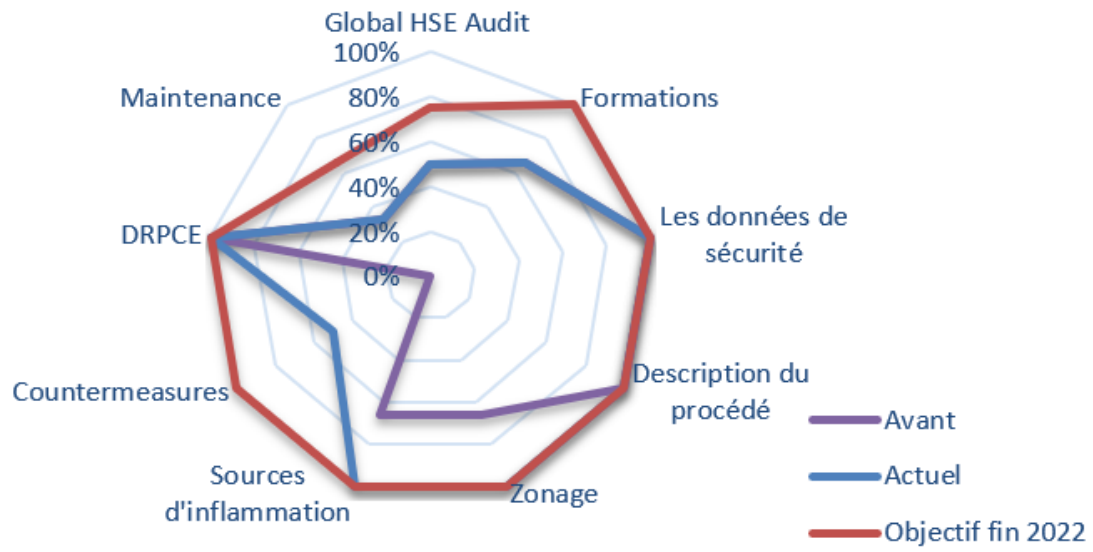


FIGURE 4.27 – Evaluation de la maturité du process safety ATEX

Conclusion générale

Ce travail est effectué dans le cadre de la gestion des risques ATEX au sein du Sanofi Sidi Abdellah, Nous avons répondu à la problématique avec une méthodologie basée sur trois parties :

La première partie consiste à classer les zones ATEX poussières avec une méthode qualitative selon le niveau de degré de dégagement. ensuite les zones ATEX Gaz/vapeurs avec une méthode quantitative, pour cela nous sommes passées par plusieurs étapes :

-Dans un premier temps, nous avons identifié les produits inflammables

-Ensuite, nous avons identifié les sources et degré de dégagement

-Ainsi, nous avons déterminé le taux de dégagement des gaz, vapeur et flaques d'évaporation.

-Par ailleurs, une évaluation de la ventilation et de la dilution s'impose Enfin, nous avons déterminé le type et l'étendue de la zone.

La deuxième partie consiste à étudier la conformité de l'installation en prenant en considération la classification des zones effectuée dans la première étape précédente. A l'issue de cette partie, l'examen a mis en évidence les non conformités concernant l'utilisation de matériel électrique dans les zones susceptibles de présenter un risque au sens des atmosphères explosibles.

L'audit d'adéquation des équipements et installations électriques des zones à risque d'explosion a été réalisé pour les locaux suivants :

- Local de prélèvement des liquides inflammables
- Local de pesée liquide
- Local Fabrication Liquide Arômes
- Local Fabrication Liquide
- Local de pesée des granulés
- Local de pesée des poudres
- Local de granulation
- Local de mélange
- Local de presse

- Local de pelliculage
- Local de charge des chariots
- Zone technique

Ce contrôle vise à vérifier, pour chacun des équipements, que :

- Le mode de protection est adapté à la zone (catégorie, classement en température...)
- Le câblage propres au ATEX est respecté
- L'équipement est utilisé conformément aux prescriptions prévues par le constructeur.

D'où nous avons trouvé 24 équipements non appropriés aux zones ATEX avec l'absence de la mise à la terre dans des éléments conducteurs distribués dans les locaux suivants :

- Local de prélèvement des liquides inflammables
- Local de pesée liquide
- Local de pesée des granulés
- Local de pesée des poudres
- Local de charge des chariots
- Zone technique

Dans la dernière partie, nous avons établi un plan d'action pour améliorer la maîtrise du risque d'explosion sur le site, avec des mesures techniques en prenant en considération les contraintes financières et les ressources humaines disponibles, la feuille de route du plan de substitution des équipements non conformes s'étale sur un an et demi, ainsi que des mesures organisationnelles.

Annexe A

Liste des Annexes

A.1 Inventaire des liquides inflammables

Solvant	T ébull. (°C)	Point éclair (°C)	Solvant résistif ?	LIE (%)	Groupe de gaz	TAI (°C)	Classe de T	Densité (g/L)
Ethanol	78,3	13	Non	3,3	IIA	423	T2	789
Isopropanol	82,2	12	Non	2,0	IIA	399	T2	786
Acétone	56,1	-18	Non	2,5	IIA	465	T1	790
Acétonitrile	81,6	2	Non	3,0	IIA	524	T1	782
Acétate d'éthyle	77,1	-4	Non	2,5	IIA	484	T1	901

A.2 Inventaire des poudres inflammables

Poudre	MEI (mJ)	K_{st} bar.m/s	Pmax Bar	Energie de décomposition J/g	Température min d'inflammation °C
AMLODIPINE BESILATE	8	195	7	61	>500
IRBERSARTAN	1.1	376	9.9	385	660
Glimépiride micronisée	14.3-20	250	8.7	NA	220
OXOMEMAZINE	15	256	8.2	NA	
Hydrochlorothiazide	>1000	25	4.5		280
KETOPROFENE	1.5	1-200			
GLIMEPIRIDE	13	273	8,7	815	400
PSEUDOEPHEDRINE CHLORHYDRATE	13	261	8	432	
AMISULPRIDE	10	200-300			340
Alpha-AMYLASE	300 - 1.000	124	7,4	510	NA
PARACETAMOL	26	156	8.1	597	> 540
GLIMEPIRIDE	13	273	8.7	147	400
ACIDE ACETYLSALICYLIQUE	7	240	8.3	615	700
ALFUZOSINE CHLORHYDRATE	< 10	188	NA	NA	520
AMISULPRIDE	10	200-300	NA	NA	340

Annexe B

Liste des Annexes

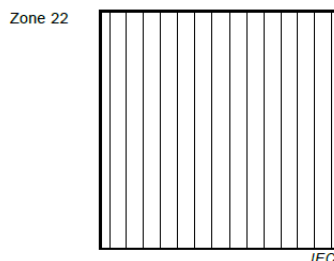
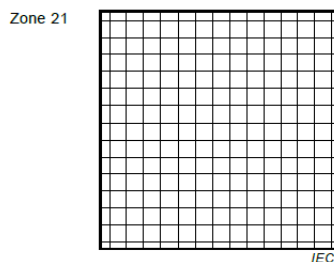
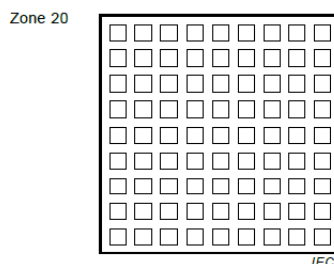
B.1 Zones qui correspondent au degré de dégagement et efficacité de la ventilation selon la norme IEC 60079-10-1

Degré de dégagement	Efficacité de la ventilation						
	Dilution élevée			Dilution moyenne			Dilution faible
	Disponibilité de la ventilation						
	Bonne	Assez bonne	Médiocre	Bonne	Assez bonne	Médiocre	Bonne, assez bonne ou médiocre
Continu	Non dangereuse (Zone 0 EN) ^a	Zone 2 (Zone 0 EN) ^a	Zone 1 (Zone 0 EN) ^a	Zone 0	Zone 0 + Zone 2 ^c	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Primaire	Non dangereuse (Zone 1 EN) ^a	Zone 2 (Zone 1 EN) ^a	Zone 2 (Zone 1 EN) ^a	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 ou zone 0 ^c
Secondaire^b	Non dangereuse (Zone 2 EN) ^a	Non dangereuse (Zone 2 EN) ^a	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1 et même Zone 0 ^d
<p>^a Zone 0 EN, Zone 1 EN ou Zone 2 EN indique une zone théorique dont l'étendue est négligeable dans les conditions normales.</p> <p>^b L'emplacement en Zone 2 créé par un degré "dégagement secondaire" peut dépasser celui qui correspond à un degré "dégagement primaire" ou à un degré "dégagement continu", auquel cas, il convient de prendre la plus grande distance.</p> <p>^c La Zone 1 est inutile ici. C'est-à-dire qu'une petite Zone 0 se trouve dans un emplacement où le dégagement n'est pas maîtrisé par la ventilation, et une Zone 2 plus grande en cas de défaillance de la ventilation.</p> <p>^d correspond à la Zone 0 si la ventilation est très faible et le dégagement tel qu'en pratique une atmosphère explosive gazeuse est présente de façon pratiquement permanente (c'est-à-dire que la situation est proche d'une situation d'absence de ventilation).</p> <p>Le signe "+" signifie "entouré par".</p> <p>La disponibilité de la ventilation dans des espaces clos à ventilation naturelle n'est souvent pas considérée comme étant bonne.</p>							

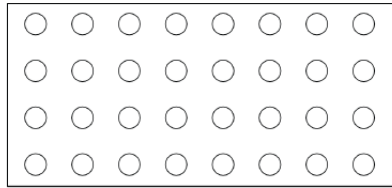
B.2 Vitesses de ventilation indicatives en extérieur (uw) selon la norme IEC 60079-10-1

Élévation au-dessus du sol Type de dégagement	Emplacements non obstrués			Emplacements obstrués		
	≤ 2 m	> de 2 m jusqu'à 5 m	> 5 m	≤ 2 m	> de 2 m jusqu'à 5 m	> 5 m
Dégagements de gaz/vapeur plus légers que l'air	0,5 m/s	1 m/s	2 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	1 m/s
Dégagements de gaz/vapeur plus lourds que l'air et à flottabilité neutre	0,3 m/s	0,6 m/s	1 m/s	0,15 m/s	0,3 m/s	1 m/s
Vitesse d'évaporation de la flaque de liquide quelle que soit l'élévation	> 0,25 m/s			> 0,1 m/s		

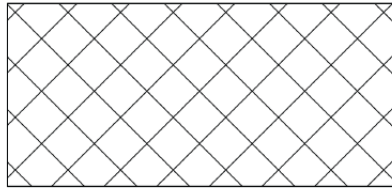
B.3 Emplacements dangereux – Symboles préférentiels pour les zones poussières selon la norme IEC 60079-10-1



B.4 Emplacements dangereux – Symboles préférentiels pour les zones Gaz/Vapeur



Zone 0



Zone 1



Zone 2

IEC /

Bibliographie

- [1] B.Sallé T.Houeix et J.Chaineaux A.Mardirossian, F.Marc. *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex) ED 945*. 2020.
- [2] Sanofi. Document interne de sanofi. 2019.
- [3] Sanofi. Présentation de l'entreprise sanofi algérie.
- [4] Document interne de Sanofi. Cartographie des risques hse saa. 2019.
- [5] SUVAPRO. Prévention des explosions 2153.f.
- [6] Atex ineris généralités.
- [7] institut national de recherche et de sécurité.
- [8] ARIA. *Inventaire incidents et accidents technologiques survenus en 2021*. 2022.
- [9] ARIA. La base de donnée aria.
- [10] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE. Décret exécutif n 01-342. 2001.
- [11] IEC 60079-17. *Normes internationales :Inspection et entretien des installation électriques*. 2013.
- [12] Document interne de SANOFI. Cartographie des fiches hse. 2022.
- [13] IEC 60079-10-2. *Normes internationales : Classement des zones ATEX poussieres*. 2015.
- [14] INERIS. *ATEX pour les Néophytes*. 2017.
- [15] IEC. Exigences de sécurité pour les batteries de traction. 2014.
- [16] Sté STEF B. Sallé title = C. Duparc, S. Lefebvre.
- [17] Institut national de recherche et de sécurité. Systeme de mise À la terre - guide pratique, 2022.