



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Inspection générale de l'environnement  
et du développement durable  
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses  
sur les Risques Industriels



# Rapport d'enquête

Sur l'incendie suivi d'explosions  
survenu au sein de la plateforme  
ARKEMA située à Jarrie (38) le 10  
novembre 2022

## **Bordereau documentaire**

Organisme auteur : Bureau d'Enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI)

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur l'incendie suivi d'explosions survenu au sein de la plateforme ARKEMA située sur la commune de Jarrie (38), site classé SEVESO seuil haut

N° : MTE-BEARI-2023-009

Date du rapport : 15/12/2023

Proposition de mots-clés : incendie, explosion, chlorate de sodium, comburant.

## Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Au titre de ce rapport on entend par :

- Cause de l'accident : toute action ou événement de nature technique ou organisationnelle, volontaire ou involontaire, active ou passive, ayant conduit à la survenance de l'accident. Elle peut être établie par les éléments collectés lors de l'enquête, ou supposée de manière indirecte. Dans ce cas le rapport d'enquête le précise explicitement.
- Facteur contributif : élément qui, sans être déterminant, a pu jouer un rôle dans la survenance ou dans l'aggravation de l'accident.
- Enseignement de sécurité : élément de retour d'expérience tiré de l'analyse de l'évènement. Il peut s'agir de pratiques à développer car de nature à éviter ou limiter les conséquences d'un accident, ou à éviter car pouvant favoriser la survenance de l'accident ou aggraver ses conséquences.
- Recommandation de sécurité : proposition d'amélioration de la sécurité formulée par le BEA-RI, sur la base des informations rassemblées dans le cadre de l'enquête de sécurité, en vue de prévenir des accidents ou des incidents. Cette recommandation est adressée, au moment de la parution du rapport définitif, à une personne physique ou morale qui dispose de deux mois à réception, pour faire part au BEA des suites qu'elle entend y donner. La réponse est publiée sur le site du BEARI.

## Synthèse

Le jeudi 10 novembre 2022 à 8h32, un début d'incendie prend naissance dans le bâtiment de conditionnement du chlorate de sodium de l'usine ARKEMA, ICPE classée SEVESO seuil haut, à Jarrie (38). L'incendie sera rapidement suivi de 6 explosions ayant soufflé l'intérieur du bâtiment et la toiture en fibrociment.

Le vent sur le site au moment de l'incendie étant nul, un panache de fumées vertical très important se crée et est visible à des kilomètres à la ronde.

Le déclenchement de l'installation d'extinction automatique de type déluge du bâtiment, associée à l'intervention des sapeurs-pompiers du site, permettra de maîtriser rapidement le sinistre.

L'enquête du BEA-RI et les investigations réalisées par le Centre de Recherches Rhône-Alpes (CRRA) d'ARKEMA ont permis de mettre au jour une réaction explosive entre le plastique fondu des big-bags et des palettes plastiques soutenant ces derniers et le chlorate de sodium fondu, dans des proportions finalement peu importantes. Les effets de cette réaction ont certainement été augmentés sous l'effet du confinement qui a pu se produire de par la configuration des éléments présents dans l'atelier comme l'explique le présent rapport.

A l'issue de l'enquête, le BEA-RI a émis des recommandations à l'attention de l'exploitant :

### **Limiter l'accumulation de poussières comburantes**

Lors du fonctionnement de l'atelier, le process produit des fines et poussières de matières comburantes qui se déposent au sol mais également dans des parties plus difficilement accessibles. L'atelier doit être pensé de manière à limiter au maximum l'accumulation de poussières dans les endroits inaccessibles, et de façon à ce que le nettoyage régulier du local permette de retirer au maximum ces matières comburantes.

Les matériels et/ou installations pouvant être à l'origine d'un incendie doivent être particulièrement protégés des retombées de poussières de matières comburantes, et/ou combustibles, tels que les passages de câbles électriques.

### **Limiter le stockage de matières combustibles**

L'atelier de conditionnement de chlorate contenait, au moment de l'incendie, des stockages de palettes plastiques, de big-bags vides ou encore de fûts vides possédant une sache interne en matière plastique, en quantités importantes.

Les matières combustibles présentes dans un lieu où est stockée, produite ou conditionnée une matière comburante, doivent être présentes dans des quantités strictement utiles au bon fonctionnement de la production prévue. Les excès de matières combustibles doivent être déplacés à l'extérieur ou dans des locaux de stockage adaptés (coupe-feu 2h), afin de limiter le flux thermique généré par un éventuel incendie.

### **Limiter les éléments pouvant propager un incendie**

Les gaines d'aspiration ont fortement contribué à la propagation de l'incendie naissant.

Lors de la conception d'une installation servant à produire ou conditionner des matières comburantes, il convient de limiter la présence des éléments pouvant propager un incendie.

L'arrêt de l'aspiration devrait être asservie au système de détection incendie lorsque l'atelier est équipé d'une telle installation.

Les câbles électriques doivent être non propagateurs de flamme.

### **Proscrire l'utilisation des palettes plastiques**

L'utilisation des palettes plastiques (polymères) pour la manutention, le conditionnement ou le stockage du chlorate de sodium doit être proscrit. Il sera préféré l'utilisation de palettes métalliques ou en bois ignifugé.

### **Mettre à jour les documents de prévention des risques**

Suite à ce retour d'expérience, il est nécessaire de mettre à jour les fiches de données de sécurité (FDS) en citant le risque d'explosion induit par le mélange de chlorate de sodium et de matière plastique fondus.

L'analyse de risque et l'étude de dangers devront être enrichies de ce retour d'expérience en vue de proposer le cas échéant des mesures de maîtrise des risques.

### **Améliorer la réactivité du système d'extinction**

Les systèmes de détection et d'extinction doivent être adaptés au process et au scénario de montée en puissance de l'incendie afin d'améliorer leur efficacité, le retour d'expérience ayant montré un délai relativement important du déclenchement de l'installation d'extinction manuelle de type déluge qui était en place.

### **Enrichir la sensibilisation au risque des opérateurs**

L'accident a mis en évidence le caractère explosif du chlorate de sodium pris dans un incendie, dans certaines conditions bien spécifiques. Ce retour d'expérience peut alimenter la formation des opérateurs et des services de secours sur le risque et les conduites à suivre en cas de sinistre.

### **La défaillance de l'installation électrique**

Au vu de l'absence de déclenchement des protections de l'installation électrique qui semble s'être produit, il convient d'apporter une vigilance particulière à la conception de cette dernière dans le cadre des travaux de remise en état.

## Sommaire

|       |                                                                                         |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Rappel sur l'enquête de sécurité.....                                                   | 8  |
| II.   | Constats immédiats et engagement de l'enquête .....                                     | 8  |
|       | II.1 Les circonstances de l'accident .....                                              | 8  |
|       | II.2 Le bilan de l'accident .....                                                       | 9  |
|       | II.3 Les mesures prises après l'accident.....                                           | 9  |
|       | II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête .....                                  | 10 |
| III.  | Contextualisation.....                                                                  | 10 |
|       | III.1 L'entreprise.....                                                                 | 10 |
|       | III.2 L'installation.....                                                               | 11 |
|       | III.2.1 Le site.....                                                                    | 11 |
|       | III.2.2 L'atelier de conditionnement de chlorate de sodium.....                         | 12 |
|       | III.2.3 La prévention suite aux risques générés et le stockage présent .....            | 13 |
|       | III.2.4 La délégation à un sous-traitant .....                                          | 13 |
| IV.   | Compte-rendu des investigations menées.....                                             | 14 |
|       | IV.1 Reconnaissance de terrain .....                                                    | 14 |
|       | IV.2 Analyse de l'inspection des installations classées.....                            | 14 |
|       | IV.3 La commission d'enquête d'ARKEMA .....                                             | 14 |
|       | IV.4 L'appui de l'INERIS .....                                                          | 16 |
| V.    | Déroulement de l'évènement.....                                                         | 16 |
|       | V.1 Déclenchement de l'évènement.....                                                   | 16 |
|       | V.2 L'intervention des secours publics et du site .....                                 | 19 |
| VI.   | Conclusions sur le scénario de l'évènement.....                                         | 20 |
|       | VI.1 Scénario .....                                                                     | 20 |
|       | VI.1.1 Le point d'origine de l'incendie .....                                           | 20 |
|       | VI.1.2 La propagation de l'incendie.....                                                | 21 |
|       | VI.1.3 Détermination de l'origine des explosions liées au chlorate .....                | 24 |
|       | VI.1.4 Le régime de l'explosion généré par la réaction.....                             | 26 |
|       | VI.2 Facteurs ayant contribué à influencer sur les conséquences de l'explosion .....    | 27 |
|       | VI.2.1 La présence de matières comburantes dans l'atelier .....                         | 27 |
|       | VI.2.2 La présence de matières combustibles au sein de l'atelier.....                   | 27 |
|       | VI.2.3 La conception de l'installation du système d'extinction automatique à eau .....  | 27 |
|       | VI.2.4 Une gestion des moyens en eau efficace par le service de sécurité incendie ..... | 28 |
|       | VI.2.5 Les moyens de lutte contre l'incendie de l'industriel.....                       | 28 |
|       | VI.2.6 La conception de l'installation électrique.....                                  | 28 |
| VII.  | Enseignements de sécurité.....                                                          | 29 |
|       | VII.1.1 Le comportement du chlorate de sodium pris dans un incendie.....                | 29 |
|       | VII.1.2 L'utilisation des palettes plastiques .....                                     | 29 |
|       | VII.1.3 L'utilisation des big-bags.....                                                 | 29 |
|       | VII.1.4 S'assurer de l'adéquation du système d'extinction automatique à eau .....       | 29 |
| VIII. | Recommandations de sécurité.....                                                        | 30 |
|       | A l'issue de cette enquête, le BEA-RI émet les recommandations suivantes. ....          | 30 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| VIII.1 A destination de l'exploitant.....                            | 30 |
| VIII.1.1 Limiter l'accumulation de poussières comburantes.....       | 30 |
| VIII.1.2 Limiter le stockage de matières combustibles.....           | 30 |
| VIII.1.3 Limiter les éléments pouvant propager un incendie.....      | 30 |
| VIII.1.4 Proscrire l'utilisation des palettes plastiques .....       | 30 |
| VIII.1.5 Mettre à jour les documents de prévention des risques ..... | 31 |
| VIII.1.6 Améliorer la réactivité du système d'extinction.....        | 31 |
| VIII.1.7 Enrichir la sensibilisation au risque des opérateurs.....   | 31 |
| VIII.1.8 La défaillance de l'installation électrique .....           | 31 |

# Rapport d'Enquête

## Sur l'incendie suivi d'explosions survenu au sein de la plateforme d'ARKEMA située sur la commune de Jarrie (38)

### I. Rappel sur l'enquête de sécurité

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement. Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités. En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

### II. Constats immédiats et engagement de l'enquête

#### II.1 Les circonstances de l'accident

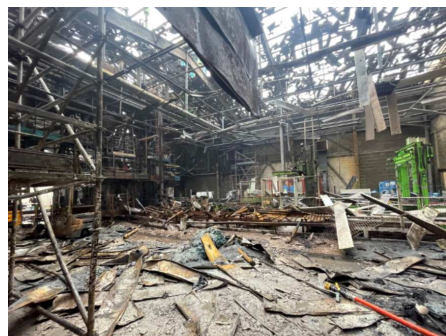
Le jeudi 10 novembre 2022 à 8h32, un début d'incendie prend naissance dans le bâtiment de conditionnement du chlorate de sodium de l'usine ARKEMA, ICPE classée SEVESO seuil haut, à Jarrie (38). L'incendie sera rapidement suivi de 6 explosions ayant soufflé l'intérieur du bâtiment et la toiture en fibrociment.

Le vent sur le site au moment de l'incendie étant nul, un panache de fumées vertical très important se crée et est visible à plusieurs kilomètres.

Le déclenchement de l'installation d'extinction automatique de type déluge du bâtiment, associée à l'intervention des sapeurs-pompiers du site, permettra de maîtriser rapidement le sinistre.

Le plan d'opération interne (POI) est mis en œuvre rapidement et les sirènes sont déclenchées à 8h42. Le plan particulier d'intervention (PPI) sera déclenché dans un second temps à 9h19 par le préfet de département et le centre opérationnel départemental (COD) de la préfecture sera activé durant la gestion de crise de l'évènement.

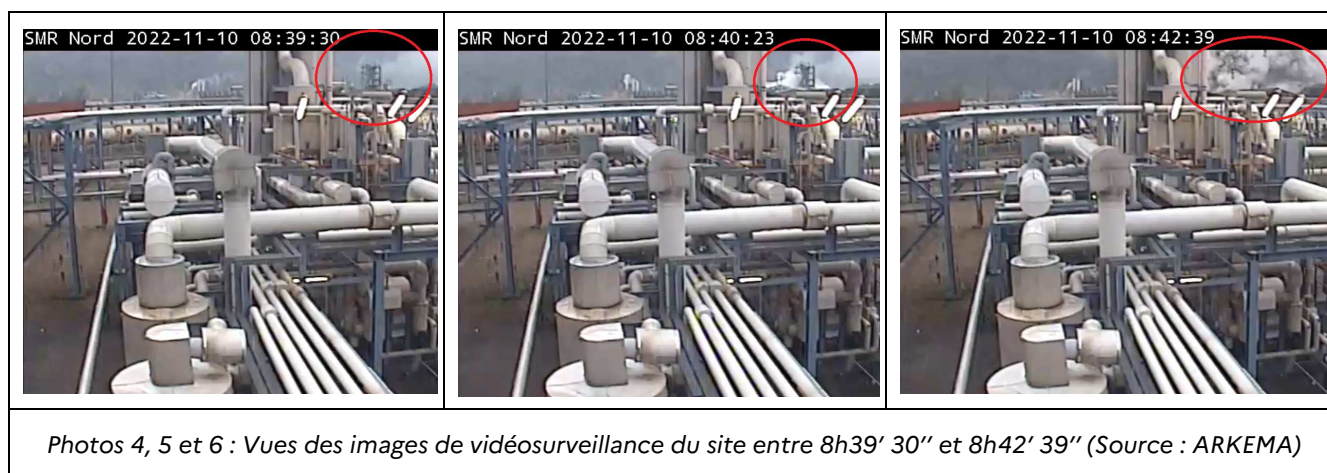
Le feu sera considéré comme éteint à partir de 9h20 et le PPI sera levé à 10h20.



Photos 1 et 2 : Vues de l'incendie le jeudi 10 novembre 2022 vers 9h du matin

Photo 3 : Vue de l'intérieur du bâtiment soufflé par l'explosion





## II.2 Le bilan de l'accident

Des « explosions sourdes » et quelques vibrations ont été ressenties à 400 mètres environ de l'explosion, mais ces dernières n'ont pas généré d'effet domino ou d'altération des structures et des vitres sur les installations implantées à proximité.

Sur le plan humain, 15 personnes ont été prises en charge par le service médical du site afin de gérer des problématiques d'acouphènes et de choc psychologique. Une cellule psychologique a d'ailleurs été rapidement mise en place pour recevoir le personnel d'ARKEMA ainsi que des entreprises extérieures.

Les personnels de la société FRAMATOME, présents sur la plateforme, ont été confinés durant le temps de l'intervention.

Les circulations routière (N85) et ferroviaire situées à proximité ont été arrêtées entre 9h20 et 10h50.

L'exploitant a rapidement mis en œuvre 3 canisters<sup>1</sup> d'acide chlorhydrique (HCl) et un réseau de mesures de chlore (Cl<sub>2</sub>) sur 5 points situés à l'extérieur du site. L'ensemble des relevés se sont avérés négatifs.

L'obturation du réseau des eaux pluviales au niveau de l'atelier a permis de confiner sur le site les eaux d'extinction, qui ont ensuite été orientées vers le bassin de rétention. Le détournement a eu lieu de 9h20 à 22h45. Les analyses des rejets du site n'ont pas montré de dépassements des seuils réglementaires autorisés au cours de la journée du 10 novembre.

La rivière « La Romanche » située à proximité n'a ainsi pas été impactée.

Les unités de fabrication de chlorate et perchlorate ont été mises à l'arrêt par les équipes postées de ces ateliers mais l'accident n'a pas eu de conséquences directes sur ces installations.

Concernant l'impact environnemental, l'incident n'a eu aucune conséquence notable à l'extérieur du site en dehors du panache de fumées.

## II.3 Les mesures prises après l'accident

A la suite de l'accident, l'installation a été consignée et mise en sécurité dans l'attente notamment d'inspections ultérieures.

<sup>1</sup> Un canister est un dispositif de prélèvement d'air, qui permet des mesures quantitatives de certains gaz.

## II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances et du contexte de l'accident, le directeur du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a décidé l'ouverture d'une enquête après en avoir informé le directeur général de la prévention des risques.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont rendus sur place le mercredi 23 novembre 2022. Ils ont rencontré les représentants de la société ARKEMA et de l'inspection des installations classées.

Ils ont recueilli les témoignages ou déclarations écrites des acteurs impliqués dans l'évènement et dans sa gestion. Ils ont eu, consécutivement à ces entretiens et aux réunions techniques organisées par la suite, communication des pièces et documents nécessaires à leur enquête.

De son côté, au vu du caractère exceptionnel et du phénomène inconnu ayant conduit à l'accident et notamment à l'explosion du chlorate, ARKEMA a mis en œuvre, dans les jours qui ont suivi, une commission d'enquête interne intégrant un représentant du CSSCT<sup>2</sup>, afin d'obtenir un retour d'expérience sur ce cas précis.

## III. Contextualisation

### III.1 L'entreprise

Organisé autour de trois segments cohérents et complémentaires dédiés aux matériaux de spécialités (les adhésifs, les matériaux avancés et les solutions de revêtement) qui représentent 85,5% de ses ventes, le groupe réalise un chiffre d'affaires de 9,5 milliards d'euros.

ARKEMA emploie 20 200 collaborateurs au niveau mondial et l'entreprise est présente dans près de 55 pays.

Au niveau de la France, ARKEMA emploie directement ou via ses filiales (MLPC International, Rheology and Specialty Additives et Bostik) près de 7 300 personnes, ce qui représente 36% de l'effectif global du groupe. ARKEMA dispose en France de 26 sites de production et de 7 centres de recherche et de développement répartis sur le territoire.

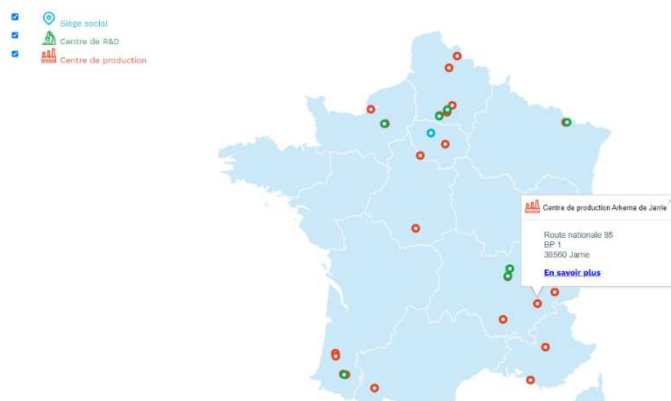


Figure 1 : Implantations des différents sites d'ARKEMA et du site de Jarrie (38) (Source : ARKEMA)

<sup>2</sup> La commission santé, sécurité et conditions de travail (CSSCT) est une commission spécifique créée au sein du comité social et économique (CSE), qui traite des questions de santé, de sécurité et des conditions de travail.

## III.2 L'installation

### III.2.1 Le site

Historiquement spécialisée dans la fabrication du chlore et de ses dérivés, l'usine ARKEMA de Jarrie est aujourd'hui la plus importante unité de production d'eau oxygénée du groupe. Ses produits sont principalement utilisés pour le blanchiment et la désinfection.

C'est à 15 kilomètres de Grenoble, au carrefour de l'Europe du Nord et du Sud, que l'industriel Charles Lefebvre décide en 1916 de fonder une usine dédiée à la production de chlore et de chlorure de chaux pour répondre aux besoins de la défense nationale.

Aujourd'hui propriété d'ARKEMA, l'usine de Jarrie comprend un effectif de 340 salariés.

Le site de Jarrie s'est spécialisé dans la fabrication d'intermédiaires chimiques utilisés dans l'industrie papetière ou les détergents. ARKEMA produit ainsi de l'eau oxygénée, de l'eau de Javel, du chlorate et perchlorate de sodium, du chlore ou encore de la soude. D'autres dérivés chlorés sont fabriqués à Jarrie et permettent de fabriquer des silicones, des produits diélectriques et des fluides caloporteurs. Chaque année, l'usine de Jarrie produit plus de 500 000 tonnes de produits finis.

Ces matériaux ont de nombreuses applications dans la vie quotidienne : bricolage, technologie, loisirs, santé, hygiène, jardinage ou encore cuisine.

La plateforme de Jarrie s'étend sur environ 80 hectares et accueille 5 sociétés (ARKEMA qui possède le site, Framatome, Air liquide, Engie et Rubis).



Figure 2 : Localisation du site ARKEMA à Jarrie (38) et du bâtiment de conditionnement de chlorate (Source : Googlemaps)

La plateforme est divisée en deux parties :

- ✓ La partie Nord où est produit le chlorate, le perchlorate et l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) ;
- ✓ La partie Sud qui comprend les risques les plus importants est dédiée à la chimie du chlore.

Le site est également divisé en 10 zones qui font l'objet d'une étude de dangers spécifique (EDD).

On peut noter qu'aucun phénomène dangereux susceptible de générer un accident majeur n'est associé à l'atelier de conditionnement de chlorate dans l'EDD.

### III.2.2 L'atelier de conditionnement de chlorate de sodium

L'accident s'est produit au sein de l'unité de fabrication de chlorate de sodium et plus particulièrement de l'atelier de conditionnement du produit, qui a débuté la production en 1986.

Le chlorate de sodium est produit par électrolyse d'une solution saline (NaCl) en milieu légèrement acide. Le produit de cette électrolyse est ensuite traité de deux façons différentes :

- ✓ Un essorage pour un produit vrac (2% d'eau) - produit très lourd, très dense et très soluble dans l'eau (expédition en citerne) ;
- ✓ Un essorage puis un séchage pour un produit conditionné (produit sec, expédition en sac de densité 1,6).

L'incendie s'est produit dans la partie conditionnement qui assure l'expédition des produits hors vrac

L'atelier comportait 2 lignes de conditionnement :

- ✓ 1 ligne pour des fûts de 50 kg ;
- ✓ 1 ligne pour des big-bags de 900, 1000 ou 1250 Kg, remplis par quantités de 100 Kg. Ces modes de conditionnement répondent aux volontés des différents clients de l'usine.

La chaîne de conditionnement était quant à elle capotée ou sous aspiration.

Les principaux usages du produit sont les suivants :

- ✓ Blanchiment de la pâte à papier ;
- ✓ Désinfection et traitement de l'eau ;
- ✓ Mines (traitement du minerai d'uranium) ;
- ✓ Electronique (gravure de circuits imprimés).

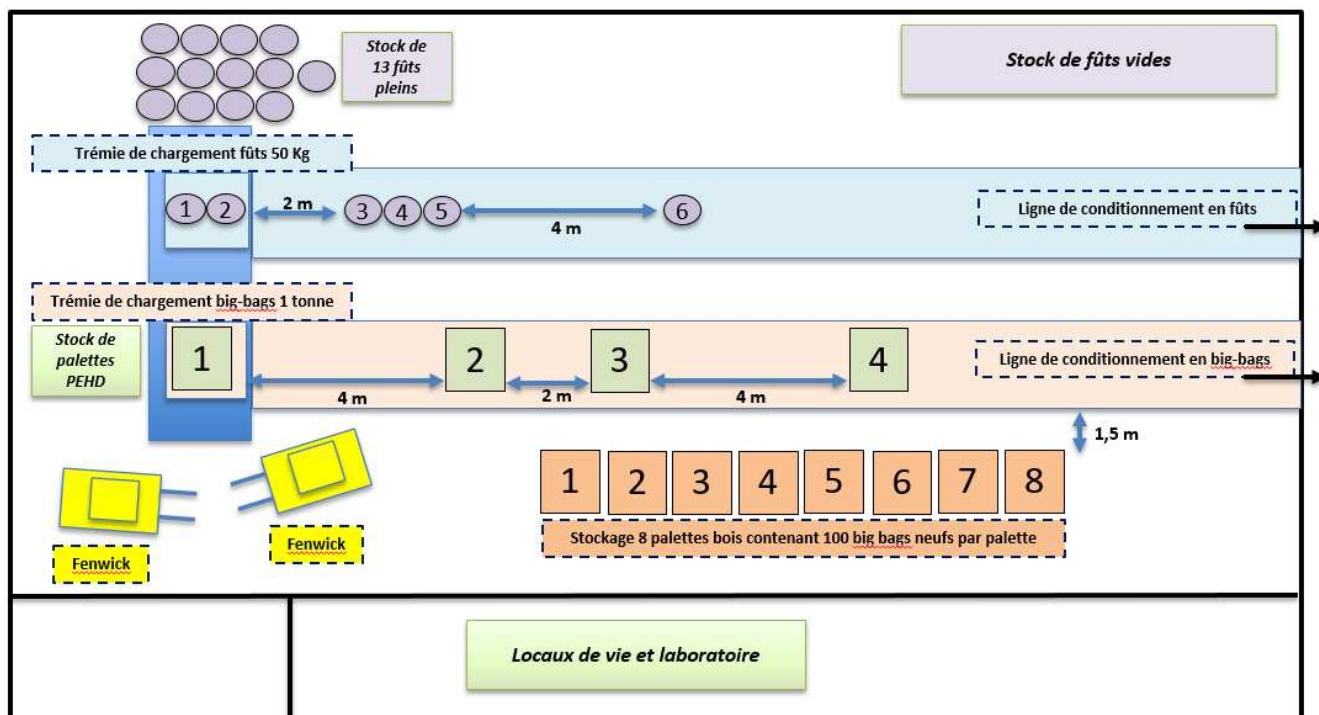


Figure 3 : Schéma représentant l'atelier de chlorate au moment de l'accident (Source BEARI)

### III.2.3 La prévention suite aux risques générés et le stockage présent

La présence de matières organiques dans l'atelier est réduite au maximum afin de limiter le risque d'explosion par combinaison d'une telle matière avec le chlorate de sodium :

- ✓ Les big-bags sont composés d'une sache externe en polyéthylène et d'une sache interne en polypropylène. Un big-bag vide pèse environ 3kg. Ils sont livrés sur des palettes bois. Un stockage d'environ 800 big-bags vides était présent dans l'atelier ;
- ✓ Il existait un stock d'une dizaine de palettes plastiques en début de chaîne et une vingtaine de palettes en totalité dans l'atelier ;
- ✓ Les fûts, quant à eux, sont livrés sur des palettes en bois ignifugé et pèsent 50kg lorsqu'ils sont remplis. Un stock de fûts vides était présent dans l'angle nord-est de l'atelier, et 13 fûts pleins étaient situés en début de chaîne afin de compléter le remplissage des fûts sur la chaîne permettant d'atteindre le bon conditionnement ;
- ✓ Une huile minérale spécifique est utilisée dans ce dernier et les graissages sont réalisés avec une graisse adaptée. Tout autre combustible est interdit dans l'atelier (bois, carton...).

Les installations électriques de l'atelier font l'objet d'un contrôle par un organisme tiers. Le dernier contrôle avait été réalisé le 7 février 2022 selon le référentiel R18 de l'APSA.

Le rapport Q18 (vérification des installations électriques) ne mentionne aucune non-conformité.

L'installation électrique du bâtiment concerné avait un schéma de liaison à la terre de type IT<sup>3</sup>.

Il n'y avait pas de dispositifs différentiels à courant résiduel (DDR) en amont de l'installation en défaut mais un contrôleur permanent d'isolement (CPI) était présent sur l'installation en défaut.

### III.2.4 La délégation à un sous-traitant

ARKEMA a transféré l'exploitation de l'atelier de conditionnement de chlorate de sodium à une entreprise sous-traitante, qui effectue également le petit entretien au sein de l'atelier.

Le contrôle des installations est réalisé par ARKEMA et le gros entretien (électricité, etc) est quant à lui réalisé par des sociétés spécialisées.

Différents niveaux de personnels de l'entreprise sous-traitante sont présents dans l'atelier de chlorate :

- ✓ Des opérateurs ;
- ✓ Des chefs d'équipe ;
- ✓ Un chef d'atelier.

Le chef d'atelier rend compte à un coordinateur d'ARKEMA désigné spécifiquement pour assurer la relation avec l'entreprise sous-traitante. Ce dernier réalise régulièrement des audits de l'atelier et de l'entreprise sous-traitante.

L'atelier emploie une quinzaine de personnes, et l'organisation journalière de l'atelier repose sur 5 opérateurs en charge normale. Quatre opérateurs étaient présents le jour de l'incendie.

Les horaires de travail sont en deux 7 et un nettoyage journalier a lieu en fin de poste pour chaque équipe à 11h et 17h. L'entreprise sous-traitante prodigue des formations relatives à la sécurité à ses employés dont le scénario pédagogique est validé par ARKEMA.

---

<sup>3</sup> Le régime de neutre IT correspond au neutre du transfo isolé de la terre et à la masse des appareils (côté utilisateur) raccordé à la terre. Il existe deux autres configurations possibles : TT ou TN.



## IV. Compte-rendu des investigations menées

### IV.1 Reconnaissance de terrain

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont rendus sur la plateforme ARKEMA le mercredi 22 novembre 2022 après avoir échangé avec l'inspection des installations classées de l'Unité Départementale de l'Isère et contacté des représentants des sapeurs-pompiers de l'Isère (SDIS 38).

La visite de terrain a permis de visualiser les installations impliquées dans la séquence accidentelle et de comprendre le fonctionnement des installations.

La visite et les échanges sur site ont permis de prendre connaissance de la politique de prévention des accidents, de l'organisation mise en place en terme de gestion de la sécurité et, plus spécifiquement en lien avec l'objet de l'enquête.

### IV.2 Analyse de l'inspection des installations classées

Le matin de l'accident, les inspecteurs de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes étaient présents dès le début de l'incendie car un exercice inopiné de crise avait été déclenché vers 5h à la demande de l'inspection des installations classées, dans un lieu différent du bâtiment concerné par l'accident.

Ce dernier s'était terminé vers 8h30. Les inspecteurs de la DREAL et le responsable sécurité du site d'ARKEMA étaient donc déjà sur site lorsque la sirène est entendue. La cellule de crise a alors été ré-ouverte rapidement à 8h44, heure à partir de laquelle le poste de commandement exploitant était opérationnel.

Outre les informations habituellement communiquées dans le cadre de l'enquête, la présence sur les lieux de l'inspection au moment de l'événement permet de disposer d'une source de témoignage complémentaire à celui de l'exploitant et des services de secours.

### IV.3 La commission d'enquête d'ARKEMA

Le chlorate, sans être mélangé à un précurseur, se décompose mais n'explose pas. Le potentiel combustible présent dans l'atelier étant limité, l'origine du phénomène qui s'est produit a généré des interrogations auprès des experts d'ARKEMA.

Aussi, ARKEMA a rapidement constitué une commission d'enquête technique dès la survenue de l'accident, composée de 4 spécialistes, qui s'est appuyée sur les analyses du CRRA<sup>4</sup> d'ARKEMA, laboratoire spécialisé dans la sécurité des procédés, afin de comprendre la formation et la cinétique du phénomène observé.

La production de chlorate de sodium concerne peu de sociétés en Europe et moins d'une dizaine de personnes constituent un cercle d'experts sur ce sujet.

La méthodologie mise en œuvre a été la suivante :

1. Recherche dans la bibliographie d'événements similaires ;
2. Lecture des archives de la sécurité des procédés ;
3. Lecture croisée des deux points précédents.

---

<sup>4</sup> Centre de Recherches Rhône-Alpes (CRRA)

L'objectif a été de proposer une hypothèse et de recommander de nouveaux essais ou des consultations d'experts et, en finalité, de communiquer avec les industriels travaillant sur les mêmes process.

Pour ce faire, le CRRA a compulsé une riche bibliographie française et internationale produite sur la période de 1968 à 2021 comprenant des études du CERCHAR, de l'Ineris, de la SNPE<sup>5</sup> et du groupe ARKEMA lui-même.

Il s'est également intéressé à l'accidentologie dans laquelle était impliqué le chlorate de sodium entre 1977 et 2017 en France et à l'étranger et y compris des événements qui ont concerné des sites exploités par le groupe ARKEMA.

Il ressort de ces éléments que le chlorate de sodium a fait l'objet de nombreuses études pour étudier ses propriétés physiques et chimiques, seul ou associé à d'autres substances, afin d'évaluer les risques liés à sa fabrication, son stockage et son emploi.

Le CRRA tire de ces éléments les conclusions suivantes :

- ✓ Le chlorate de sodium est un comburant non combustible peu énergétique ;
- ✓ La température de fusion du chlorate de sodium varie de 248°C à 302°C<sup>6</sup> suivant les auteurs. Sa pyrolyse libère de l'oxygène et forme du chlorure de sodium ;
- ✓ L'incendie de chlorate de sodium est relativement peu énergétique. Des essais d'inflammation des poussières de chlorate ont montré que le produit ne s'enflamme pas et, exposé à la flamme, le chlorate de sodium n'explose pas ;
- ✓ Même si des articles relatent des explosions de grandes quantités de chlorate pris dans des incendies importants (stockage de fûts très serrés pris dans des incendies très violents, comme le feu d'entrepôt à Glasgow en 1977 ou le feu au port de Hambourg en avril 1985), les essais ne le démontrent pas sauf dans des conditions particulières (feu intense et confinement) où la décomposition thermique du chlorate de sodium peut s'accompagner d'explosion. Ce point a toutefois été examiné plus précisément et les essais ont montré que l'aptitude du chlorate de sodium à exploser est négligeable dès lors que le contenant est peu résistant. En revanche, le mélange de chlorate de sodium à de la matière organique présente des risques d'incendie et d'explosion importants. C'est la raison pour laquelle les incidents mettent généralement en jeu du chlorate de sodium et des matières combustibles. De nombreux essais ont permis de confirmer la sensibilité du mélange chlorate de sodium avec des matières combustibles (polyéthylène, huiles minérales, textiles imprégnés...).

Trois hypothèses ont alors été étudiées par ARKEMA :

- ✓ Lorsqu'on chauffe le chlorate dans des conditions douces, ce dernier rejette du sel et du dioxygène, puis il fond au-delà de 250°C. A partir de ce moment et au bout de 10 minutes, si on continue à le chauffer, il rejette de l'O<sub>2</sub> uniquement. La première hypothèse a été d'étudier le comportement du chlorate lorsqu'on le chauffe dans des conditions violentes ;
- ✓ Dans un deuxième temps, il a été nécessaire de déterminer les éléments présents dans l'atelier au moment du sinistre pouvant alimenter l'équation : combustible + comburant + source de chaleur aboutit à l'explosion du chlorate. L'analyse des conséquences concernant le mélange de plastique fondu (apporté par le biais des big-bags et/ou des palettes en polyéthylène) et de

<sup>5</sup> Société nationale des poudres et des explosifs

<sup>6</sup> La fiche internationale de sécurité chimique du chlorate de sodium retient une température de 248°C.

chlorate fondu (apporté par le chlorate stocké sur la chaîne de conditionnement) a été l'objet de la seconde hypothèse ;

- ✓ La troisième hypothèse a été de déterminer l'enthalpie du système étudié.

Un rapport d'enquête interne a été produit au mois de mars 2023 par cette commission d'enquête, dont une partie de l'analyse est reprise dans le rapport d'enquête du BEA-RI.

#### IV.4 L'appui de l'INERIS

Le BEA-RI a fait appel à l'INERIS afin de valider le protocole et les essais mis en œuvre par ARKEMA et d'apporter leur éclairage et avis sur le document de synthèse et la description des essais réalisés dans un second temps.

### V. Déroulement de l'évènement

#### V.1 Déclenchement de l'évènement

Le jeudi 10 novembre, un exercice inopiné demandé par l'unité départementale des installations classées avait eu lieu tôt le matin entre 5h et 7h30 environ sur le site d'ARKEMA.

Une partie des opérateurs de l'entreprise sous-traitante travaillant au sein de l'atelier de conditionnement de chlorate était partie en pause à 7h45.

Vers 8h30, une opératrice intérimaire, en poste depuis une quinzaine de jours, était en train d'apprendre à remettre en route la ligne de conditionnement du chlorate en fûts, assistée par un opérateur plus expérimenté. Ce dernier lui expliquait la procédure de mise en route ainsi que celle de nettoyage.

Ils ont alors entendu un bruit de sifflement d'air et ont vu des étincelles provenant d'un chemin de câbles situé entre les trémies de remplissage des fûts et des big-bags au-dessus des deux lignes de conditionnement du chlorate.

L'opérateur est immédiatement intervenu sur le départ de feu en utilisant 2 extincteurs à eau sans arriver à éteindre le sinistre.

Le chef d'équipe présent leur a alors demandé de sortir de l'atelier, et une série de plusieurs explosions s'est produite peu de temps après, détruisant en grande partie l'atelier de chlorate. L'incendie s'est alors propagé rapidement à la totalité de l'atelier.

Le point d'origine de l'incendie est ainsi localisé entre les 2 lignes de chargement des fûts et des big-bags, au niveau du chemin de câbles situé à proximité des trémies de remplissage de chlorate de sodium.



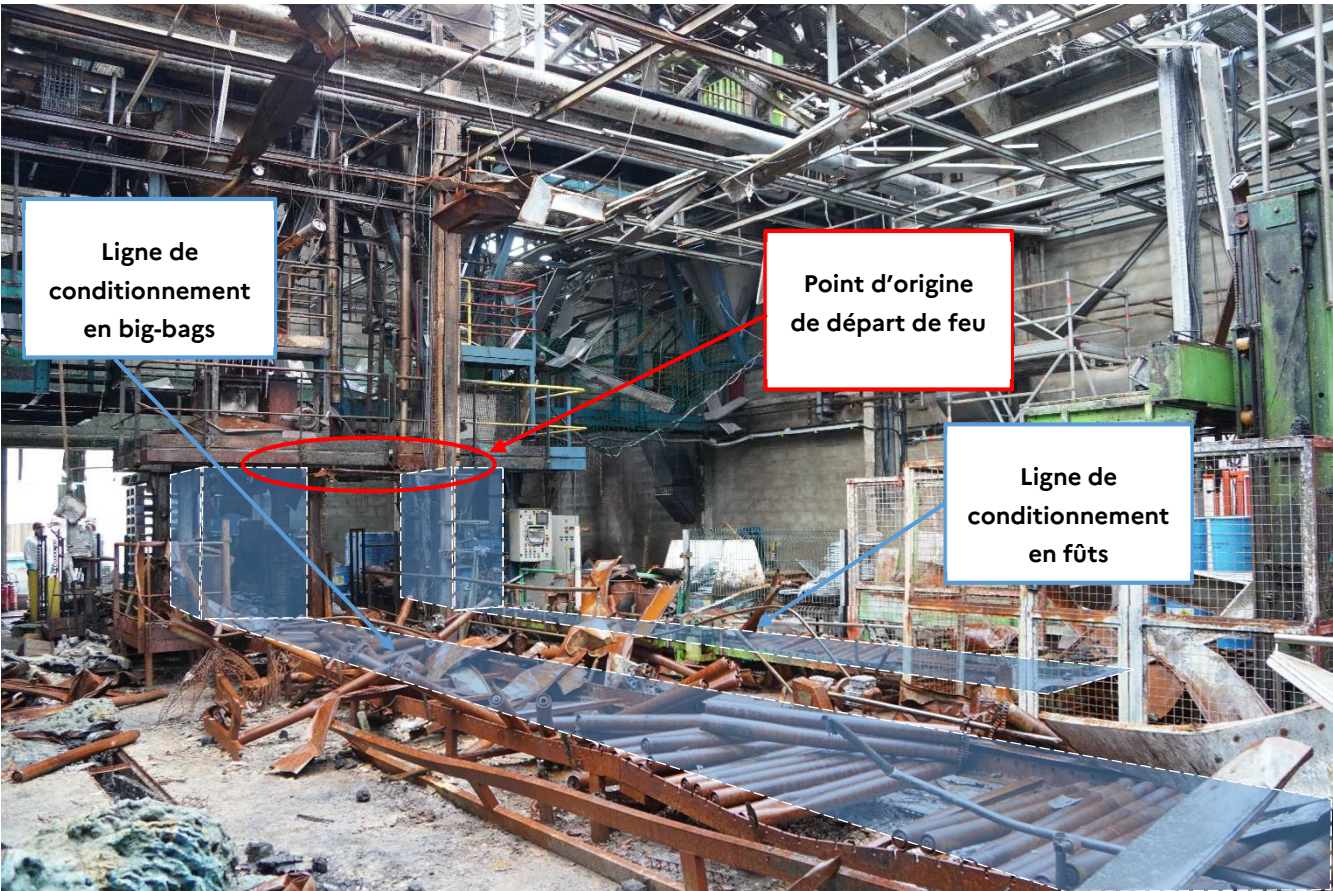


Figure 4 : Vue des deux lignes de conditionnement du chlorate après sinistre (Source BEARI)

|                                                                                           |                                                                               |                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                           |                                                                               |                                                                               |
| Photo 7 : Vue de la ligne de conditionnement en big-bag avant le sinistre (Source ARKEMA) | Photo 8 : Vue de l'atelier et des lignes de conditionnement après le sinistre | Photo 9 : Zoom sur un big-bag sur palette en PEHD sur la ligne de remplissage |

Lorsque le feu éclot, 4 big-bags étaient présents sur la ligne de conditionnement (représentés par les carrés verts numérotés sur le schéma), posés sur des palettes en PEHD<sup>7</sup> de 23kg. Le premier était en cours de remplissage sous la trémie et contenait déjà plusieurs centaines de kilos de chlorate, et les trois autres étaient situés sur la chaîne à des distances de 4 à 10 mètres du premier big-bag. Chacun de ces big-bags contenait une tonne de chlorate chacun.

Un stock d'une dizaine de palettes vides en PEHD était situé à proximité de la trémie de chargement.

A 1m50 le long de la chaîne, un stockage de 800 big-bags vides, constitué par 8 palettes en bois contenant chacune 100 big-bags, était présent. Deux chariots élévateurs étaient positionnés de ce côté de l'atelier également.

Sur l'autre chaîne, 6 fûts métalliques de 50kg étaient présents. Les deux premiers étaient ouverts et ont été peu impactés par l'incendie. Le troisième était ouvert et plus impacté. Les quatrième, cinquième et sixième fûts étaient fermés et présentaient des traces d'effets thermiques.

Un stockage de 13 fûts pleins était situé à proximité de la trémie de chargement, servant à compléter les niveaux des fûts venant d'être remplis.

Au fond de l'atelier, côté chaîne de conditionnement des fûts, un stockage de fûts vides était présent.

Ces éléments sont représentés sur le schéma ci-dessous.

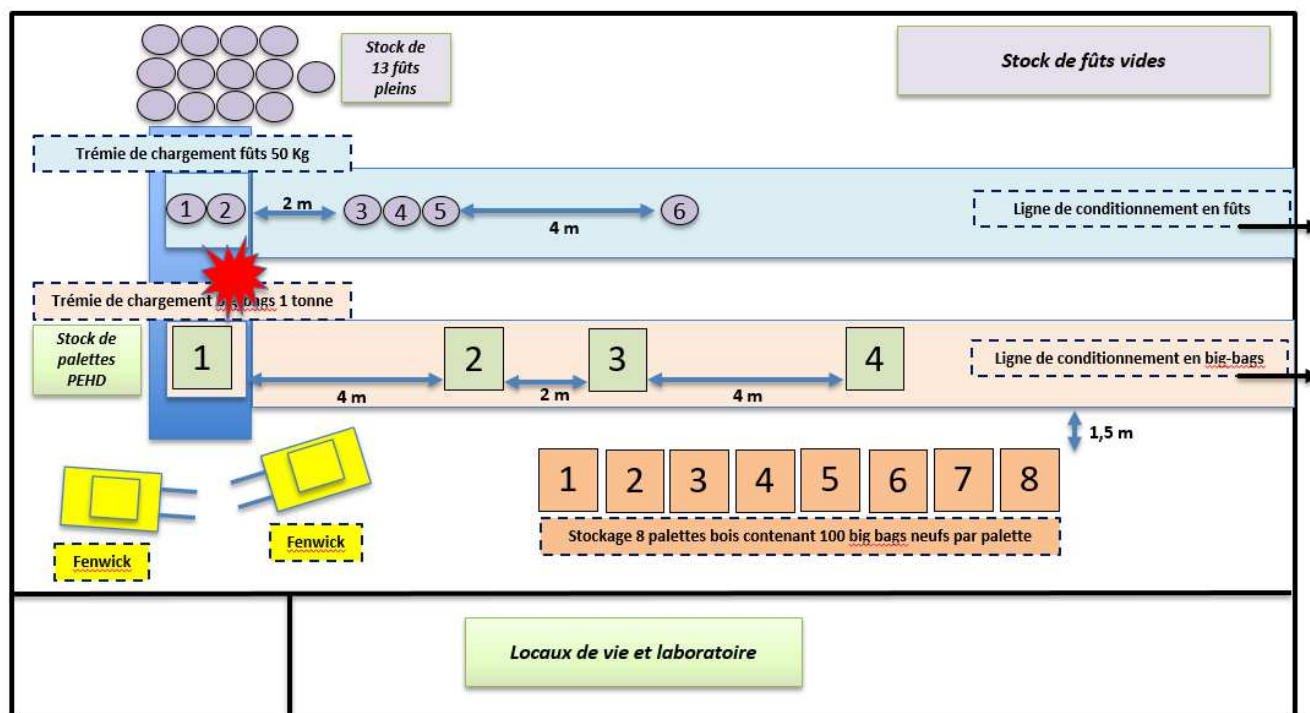


Figure 5 : Localisation du départ de feu (en rouge) au niveau du chemin de câbles (Source BEA-RI)

<sup>7</sup> Polyéthylène haute densité



En parallèle, l'enregistrement des caméras de vidéosurveillance du site a permis d'établir plus précisément la chronologie de l'évènement :

- ✓ 8h39 40' : premières fumées blanches visibles en sortie de toiture. Le panache se développe puis se noircit progressivement.
- ✓ 8h42 35' : première explosion. Pas de flamme visible mais le volume des fumées éjectées est notable et de couleur gris foncé.
- ✓ 8h43 17' : une seconde explosion survient avec des flammes visibles mais brèves en partie haute du bâtiment.
- ✓ 8h43 33' : une troisième explosion se produit avec des flammes visibles et brèves en partie haute du bâtiment.
- ✓ 8h44 42' : quatrième explosion, avec flammes visibles, suivie d'une 5<sup>ème</sup> explosion 10 secondes plus tard avec intensification des flammes qui restent visibles encore pendant 30 secondes environ. La quatrième explosion est plus violente que les précédentes si l'on compare les niveaux de vibration des caméras de surveillance sur chaque explosion. Cette séquence de 40 secondes au total est la plus violente observée.
- ✓ 8h45 30' : sixième explosion, modérée sans augmentation de la vitesse d'éjection des fumées. Après cette dernière explosion, émission de fumées noires jusqu'à 8h57.
- ✓ 8h57 à 9h15 : phase d'extinction du départ de feu par les équipes de secours internes du site où l'on voit clairement la couleur des fumées passer du noir au clair à 8h58 pour ne pratiquement plus apercevoir aucune fumée à partir de 9h15 environ.

## V.2 L'intervention des secours publics et du site

Le local concerné comprenait 2 détecteurs de fumées et 1 détecteur de flammes qui ont bien fonctionné et transmis l'alarme au PC sécurité.

La sirène POI a été déclenchée à 8h42 et le premier camion d'extinction ARKEMA (VME) est arrivé à proximité de l'atelier à 8h45.

A l'arrivée des pompiers du site, des flammes étaient visibles par les 3 ouvertures situées au nord du bâtiment, et ces derniers avaient alors une information indiquant qu'il manquait 2 personnes à l'appel. Deux lances à eau ont été positionnées au niveau des sorties des convoyeurs et une reconnaissance a été réalisée à l'intérieur pour rechercher les personnels absents. L'information s'avérera finalement erronée et les deux personnes seront bien recensées ultérieurement.

L'installation de déluge du bâtiment sera déclenchée par les pompiers du site à 8h58 soit près de 16 min après le départ de feu. Les pompiers du site mettront en œuvre un véhicule mousse extinction (VME) et un véhicule premier secours (VPS) avec 2 lances à débit variable sur chaque véhicule.

A 9h08, les moyens du SDIS arrivent sur site accompagnés quelques minutes plus tard par les moyens de la plateforme de Pont de Claix dans le cadre de l'accord de soutien mutuel des deux plateformes industrielles.

A 9h10, le feu est déclaré maîtrisé. Un arrêt des moyens hydrauliques des sapeurs-pompiers sera réalisé vers 9h15, afin d'effectuer une reconnaissance du bâtiment.

Au vu de l'extinction tout de même rapide du sinistre, les services de secours publics n'ont pas eu besoin d'utiliser de moyens d'extinction. Ils ont réalisé essentiellement les mesures atmosphériques aux limites du site, les reconnaissances diverses et les diagnostics bâtimentaires.

Lors de l'exercice inopiné du matin, le chef du service incendie d'ARKEMA avait demandé à ne pas utiliser la totalité des réserves en eau disponibles dans le cas où un incendie réel surviendrait à l'issue de l'exercice, ce qui fût une bonne pratique à souligner.

## VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

### VI.1 Scénario

La cinétique de l'incendie qui a été détaillée plus haut permet de distinguer deux phases qui se sont produites lors de cet accident :

- ✓ Une phase de naissance et de propagation de l'incendie ;
- ✓ Une phase comprenant plusieurs explosions du chlorate de sodium qui s'est combiné à d'autres produits précurseurs.

Il a donc été nécessaire de déterminer quels produits ont pu se combiner pour aboutir aux nombreuses explosions du chlorate, en sachant que cet atelier fait normalement l'objet d'une limitation des matières combustibles organiques présentes. Pour cela, le BEA-RI s'est appuyé en grande partie sur les résultats des essais et sur l'analyse d'ARKEMA.

#### VI.1.1 Le point d'origine de l'incendie

La présence de deux opérateurs de la société sous-traitante au moment de la survenue du sinistre a permis de localiser le point d'origine de l'incendie au niveau d'une goulotte dans laquelle passaient des câbles électriques de 220V et 400V, située entre les deux postes de conditionnement en fûts et en big-bags. Cette goulotte était située à 2,20m de hauteur, juste en-dessous du premier niveau de la structure.



Photo 10 : Vue de la goulotte située entre les deux lignes de conditionnement  
(Source ARKEMA)



Photo 11 : Vue du chemin de câbles après l'incendie (Source ARKEMA)

Bien que la cause de ce départ de feu ne soit pas identifiée, l'hypothèse d'un arc électrique au niveau d'un câble de 400V semble être la cause la plus probable.

Cette hypothèse d'un arc électrique repose sur le constat d'un défaut d'isolement sur le réseau 400V qui a été enregistré à 8h35. Cependant, ce défaut ne s'est pas transformé en défaut court-circuit qui

aurait eu pour effet de couper l'alimentation 400 V sur le réseau<sup>8</sup>, ce qui n'a pas été le cas puisqu'aucun des départs 400V n'ont déclenché. Il repose également sur la présence de gouttes de fusion de certains fils de cuivre en une zone précise du câble.

Cet arc pourrait être la conséquence d'une usure du câble liée à son vieillissement et/ou provoquée par les vibrations des équipements voisins tels que les trémies doseuses des lignes de conditionnement. Il peut être aussi consécutif à une ancienne agression externe, le chemin de câble se situant au niveau du plancher supérieur et n'étant pas protégé des chocs ou de la chute d'objet.

Compte tenu de l'environnement dans lequel le câble était placé (proche du remplissage des big-bags donc des endroits potentiellement empoussiérés<sup>9</sup>), le CRRA a procédé à plusieurs essais pour caractériser le comportement du câble affecté d'un défaut en présence de chlorate de sodium. Il ressort de ces essais :

- La simple surchauffe du câble électrique ne provoque pas d'inflammation. Par conséquent, l'hypothèse d'une simple surchauffe d'une des phases de l'alimentation en 400V comme pouvant être à l'origine de l'incendie n'est pas retenue.
- Les mêmes tests en présence d'un câble souillé au chlorate de sodium et dont l'isolant retardateur de flamme a été retiré (pour seulement laisser l'isolant en PE<sup>10</sup> de chaque phase apparent) conduisent à la combustion rapide du câble.

Dans ces conditions, il ressort des constats dressés sur l'installation électrique et des essais réalisés en laboratoire que l'incendie pourrait être le résultat d'un arc électrique suite à un défaut d'isolement qui aurait enflammé la gaine en PE (isolant des phases) en présence de poudre de chlorate déposée au cours du temps. L'intensité de cette combustion serait cohérente avec le témoignage de la première personne ayant détecté le début de l'incendie qui a mentionné une combustion rapide.

### VI.1.2 La propagation de l'incendie

La propagation de l'incendie semble avoir été favorisée par les gaines d'aspiration des fines de chlorate situés au niveau des trémies et du big-bag en chargement. Les dépôts de chlorate dans la zone, visibles sur la photo ci-dessous prise avant le sinistre, semblent quant à eux avoir contribué à la progression rapide de l'incendie.

Ces gaines en polyuréthane contenaient de la poussière de chlorate à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur et étaient parcourues par un flux d'air. La charge calorifique était donc importante et la propagation a été accélérée par le chlorate et l'air d'aspiration. Le cheminement de ces gaines est aussi compatible avec la propagation en direction du poste de conditionnement des big-bags. Lors de l'incendie, les gaines ont brûlé et seules les armatures métalliques sont restées visibles.

Une fois le poste de remplissage atteint, le feu a pu se propager aux goulottes et au big-bag en cours de remplissage.

---

<sup>8</sup> Dans un régime IT, le premier défaut ne coupe pas l'alimentation, ce qui permet d'assurer la continuité de service. L'installation est restée alimentée, mais le bon dimensionnement de la section des conducteurs de mise à la terre associé à des dispositifs de sécurité limitent le courant et la tension à des valeurs protégeant une personne du risque d'électrocution par contact indirect (i.e. si un utilisateur touche le châssis métallique de l'appareil ou le chemin de câbles).

Le régime IT est utilisé là où la continuité d'exploitation est primordiale.

<sup>9</sup> Le poste de remplissage a beau disposer de système de captation des poussières, une opération génère une proportion de poussières diffuses qui peuvent s'accumuler au fil du temps (cf. photographie 12).

<sup>10</sup> Polyéthylène



Les essais réalisés au CRRA montrent une forte réactivité du polyuréthane et du chlorate à une température de l'ordre de 300°C ainsi qu'une réaction importante en présence de flamme. Une propagation de flamme a également été observée, contrairement aux essais réalisés avec les câbles électriques.

Aussi, une propagation de l'incendie par les câbles électriques n'est pas retenue. Tous les câbles de l'atelier sont du même type et disposent d'une gaine externe de protection en PVC qui assure la non propagation d'une flamme le long du câble en cas d'incendie. Des tests sur des câbles de l'atelier ont été effectués au CRRA et confirment cette propriété de non propagation de flamme.

Tous les câbles situés sur la zone de conditionnement des big-bags ont été détériorés par rayonnement direct et/ou par les flammes de l'incendie.

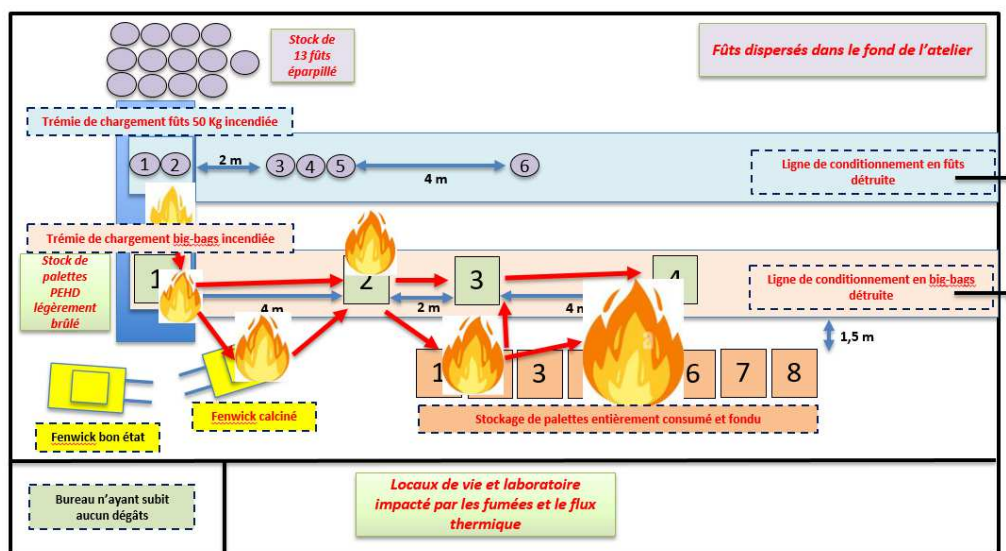


Figure 6 : Schéma de propagation possible de l'incendie (Source : BEARI)



Photo 12 : Vue de l'une des gaines d'aspiration (boa) avant l'incendie (Source ARKEMA)



Photo 13 : Vue du même équipement après l'incendie. La gaine d'aspiration a brûlé lors de l'incendie (Source ARKEMA)



Photo 14 : Vue des stocks de fûts de 50 kg



Photo 15 : Vue de l'arrière des lignes de conditionnement et des trémies de remplissage



Photo 16 : Vue de la chaîne de conditionnement et du stockage de big-bags



Photo 17 : Vue de la toiture au centre du bâtiment



Photo 18 : Vue des deux chariots élévateurs après l'incendie



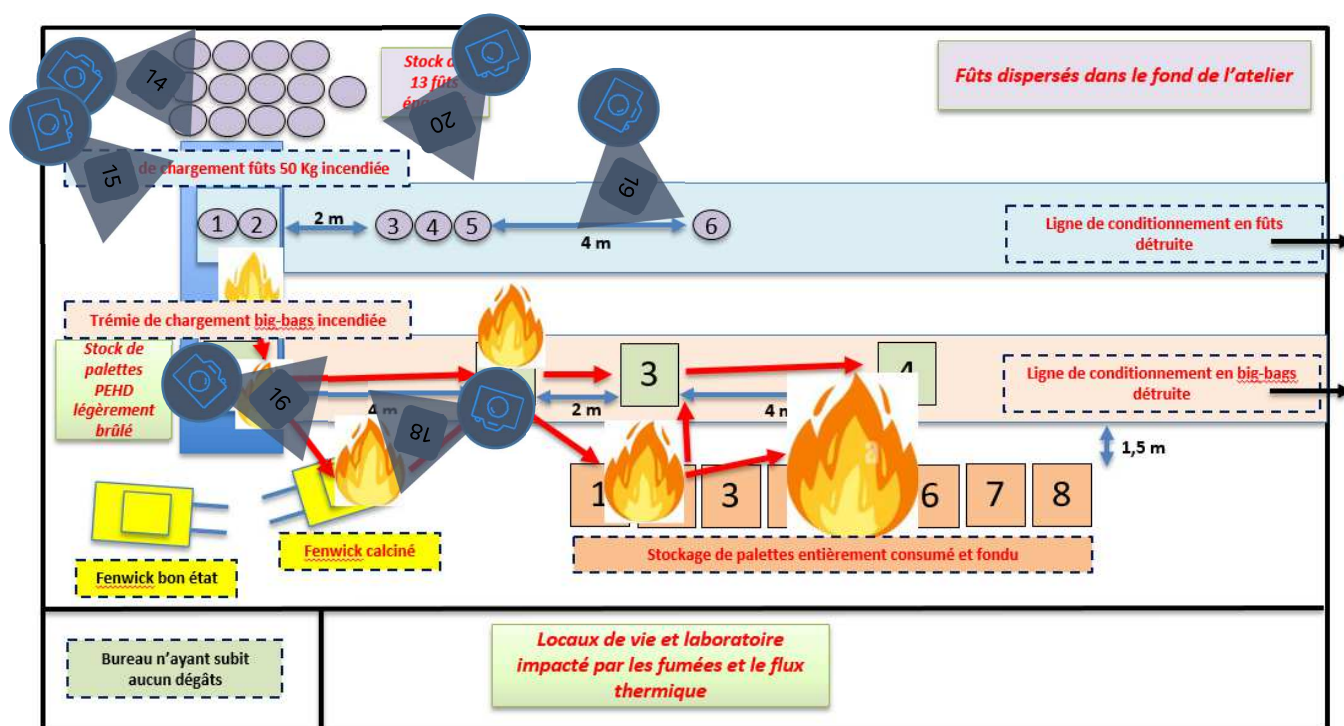


Figure 7 : Schéma de l'atelier avec les points de vue des photos

### VI.1.3 Détermination de l'origine des explosions liées au chlorate

Dans un second temps, le CRRA a étudié les réactions possibles ayant pu conduire à l'explosion du chlorate.

L'exploitant a évalué l'onde de surpression produite entre 50 et 150 mbar à l'intérieur du bâtiment. Le chlorate de sodium est un produit qui augmente le potentiel comburant de l'oxygène de l'air en cas d'incendie. Le chlorate soumis à la chaleur d'un incendie se décompose en sel et di-oxygène (O<sub>2</sub>).

Il produit ainsi 1,5 mole d'O<sub>2</sub> pour 1 de sel ce qui peut devenir un accélérateur d'un incendie.

L'explosion du chlorate peut survenir dans les 2 situations suivantes :

|          |                                                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chlorate | → Soit chauffé -> décomposition vers 450°C et production d'O <sub>2</sub> en milieu confiné |
|          | → Soit mélangé avec une matière combustible                                                 |

L'analyse bibliographique réalisée par le CRRA sur de nombreuses sources n'a pas permis de trouver les informations nécessaires permettant d'expliquer les informations observées.

En effet, les sources consultées concernent principalement soit du chlorate seul ou en présence de catalyseurs (métaux) ou d'acides (HCl), soit des essais réalisés sur des matériaux imprégnés de chlorate (bois, tissus).

En conséquence des essais complémentaires ont été réalisés au CRRA afin de déterminer le potentiel explosif d'un mélange chlorate/polymères (PE, PEHD, PP, PVC<sup>11</sup>).

Il ressort de ces essais, d'une part, la confirmation que le chlorate seul ne présente pas de risque particulier du point de vue de sa stabilité thermique et d'autre part que le mélange chlorate/PE ou chlorate/PEHD est fortement réactif à partir d'une température supérieure à 400°C. Cette température de début de réaction étant nettement supérieure aux températures de fusion du chlorate (260°C) et des polymères constitutifs des big-bags et des palettes plastiques (PE/PEHD) qui sont de l'ordre de 140°C environ, nous indique que la décomposition n'a pu se produire que lors d'une réaction à l'état fondu du comburant (chlorate) et du combustible (PE/PEHD/PP).

Les essais ARRST (Advanced Reactive System Screening Tool) ont également mis en évidence une décomposition violente des mélanges chlorate/PE et chlorate/PEHD associée à une explosion en phase gaz car la température observée lors de ces essais était supérieure à 700°C, la réaction la plus violente étant notée en présence de PEHD.

L'analyse thermique faite par DSC (Differential Scanning Calorimetry) a quant à elle mesuré une chaleur de réaction de 3600 J/g entre le chlorate et le PEHD à l'état fondu.

Les essais réalisés par le CRRA ont permis de démontrer qu'une réaction explosive pouvait être provoquée par un mélange chlorate/PEHD (le plus réactif) à l'état fondu à une température supérieure à 400°C. Cette condition de température nécessite que, lors de l'incident, ce mélange se soit retrouvé dans une situation de confinement partiel ayant permis sa décomposition et son explosion.

Compte tenu de l'origine, de la propagation du feu et de la configuration des lieux, il est possible d'envisager que le mélange fondu de chlorate et de PEHD se soit formé progressivement au fur et à mesure que le big-bag se consumait (pour le premier en chargement) puis par une exposition à un rayonnement intense pour les autres. La palette de 23kg en PEHD, qui supportait chaque big-bag, a fondu progressivement avec le chlorate disponible (en excès) formant le mélange sous les rouleaux des chaînes de conditionnement.

Le modèle de l'équivalent TNT a été utilisé par ARKEMA de manière à estimer la quantité de PEHD fondu qui, mélangé à du chlorate fondu, aurait pu engendrer les effets de surpression observés lors de ces explosions. Cette quantité a été estimée entre 1 et 10 kg de PEHD.

Cette plage de 1-10kg est cohérente avec les 23 kg d'une palette de PEHD et avec le fait que les différentes explosions ont été successives et non simultanées. Cela laisse supposer que les phénomènes

<sup>11</sup> Polyéthylène (PE), Polyéthylène haute densité (PEHD), Polypropylène (PP), Polychlorure de vinyle (PVC).

de fonte de la palette et de l'explosion qui a suivi se sont produits séparément sur chacun des 4 big-bags de la ligne de conditionnement.

La lecture des épïcètres des explosions permet de dire que les huit palettes de 360 kg chacune de big-bags neufs, disposées le long de la ligne de conditionnement à 1,5 mètres environ, n'ont pas participé à ce mélange explosif. En revanche, du chlorate a probablement été projeté sur ces dernières lors des différentes explosions, ce qui a eu pour effet d'activer leur inflammation (diminution de la température d'auto-inflammation et augmentation de la température de combustion).

Ces palettes ont en revanche pu augmenter le rayonnement au niveau des big-bags de chlorate accélérant ainsi la fonte des palettes en PEHD.

La cinétique suivante semble être une possibilité concernant la propagation de l'incendie :

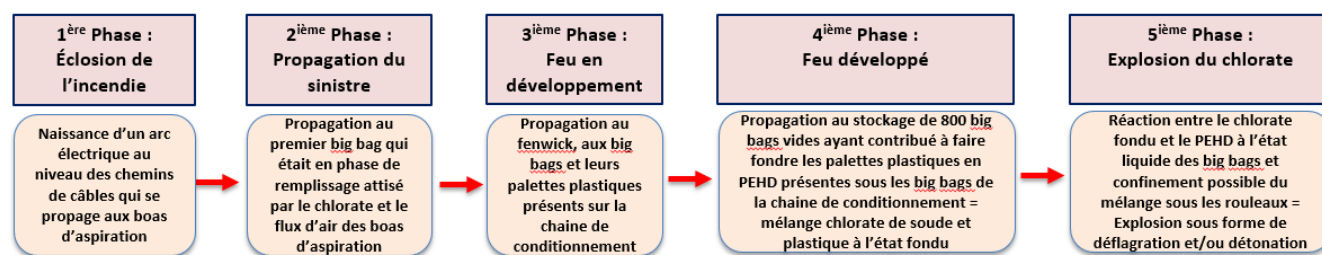


Figure 8 : Cinétique possible de la propagation de l'incendie via les gaines d'aspirations (boas)

#### VI.1.4 Le régime de l'explosion généré par la réaction

Les essais et la recherche des causes à l'origine de l'accident, réalisés par la commission d'enquête d'ARKEMA, sont clairs et qualitatifs et ont été utilisés par le BEA après discussion avec l'INERIS, dans le cadre de ce rapport d'enquête.

Le seul élément sur lequel des réserves sont émises par l'INERIS et le BEA concerne le régime de l'explosion provoquée par le mélange de chlorate fondu et de plastique fondu dans les conditions et les quantités définies plus avant.

En effet, ARKEMA fait état que le seul régime ayant été atteint dans le cadre de cet accident et de ce mélange de produits incompatibles est celui de la déflagration.

Cependant, le manuel des épreuves et critères relatif à la réglementation de transport des matières dangereuses (appendice 6, chapitre A6.3.3 c))<sup>12</sup>, qui concerne les matières organiques ou mélanges homogènes de matières organiques contenant des groupes chimiques possédant des propriétés explosives, indique qu'il n'est pas nécessaire de réaliser la procédure d'acceptation pour les matières et objets explosifs si l'énergie de décomposition exothermique est inférieure à 500J/g ou si la température de début de décomposition est supérieure à 500°C.

Les niveaux de chaleur de réaction atteints, dans le cadre des essais réalisés par ARKEMA, sont de l'ordre de 3600J/g et la température de début de décomposition est inférieure à 500°C pour l'ensemble des mélanges testés. Ces valeurs obtenues montrent que les mélanges de chlorate de sodium avec les produits incompatibles testés sont susceptibles d'avoir des propriétés explosives.

Les essais complémentaires réalisés en ARSST confirment le comportement violent des mélanges mais ne permettent pas d'exclure que le régime de la détonation ne peut pas être atteint.

<sup>12</sup> Site ONU concernant la réglementation relative au transport de matières dangereuses : <https://unece.org/transport/dangerous-goods/rev7-files>



## VI.2 Facteurs ayant contribué à influencer sur les conséquences de l'explosion

Sans être la cause première de l'accident, les éléments suivants ont, du point de vue du BEA-RI, joué un rôle soit positif soit négatif dans la séquence accidentelle.

### VI.2.1 La présence de matières comburantes dans l'atelier

Le process du conditionnement du chlorate produit des quantités de fines assez importantes qu'il est difficile de supprimer au sein de l'atelier de conditionnement malgré des nettoyages journaliers réguliers. La présence de ces poussières de chlorate a contribué à la propagation rapide de l'incendie à-travers l'atelier.

### VI.2.2 La présence de matières combustibles au sein de l'atelier

Bien que la présence de matières combustibles au sein de l'atelier fait l'objet d'une limitation et d'une surveillance accrue, les stockages importants de palettes en PEHD en amont de la chaîne de conditionnement et des 800 big-bags vides notamment ont contribué à la propagation de l'incendie et au potentiel combustible important généré par ce dernier.

Dans un second temps, la quantité de matières polymères apportée par les palettes plastiques de stockage et/ou de transport des big-bags (23 kg) a été suffisante pour générer une explosion du chlorate mélangé à ces dernières à l'état fondu.

Enfin, le matériel servant à aspirer les poussières de chlorate générées lors de la mise en sac du produit (gaines d'aspiration) ont contribué à attiser et propager l'incendie naissant.

### VI.2.3 La conception de l'installation du système d'extinction automatique à eau

L'installation de déluge présente dans l'atelier était à déclenchement uniquement manuel ce qui a pu retarder sa mise en fonctionnement, et permis à l'incendie de progresser rapidement.



Figure 9 : Position d'une tête de l'installation d'extinction automatique à eau dans l'atelier (entourée en rouge) et taille humaine (rectangle bleu)



#### VI.2.4 Une gestion des moyens en eau efficace par le service de sécurité incendie

Le chef du centre de secours interne à l'entreprise participait à l'exercice du matin demandé par la DREAL. Il avait souhaité ne pas utiliser la totalité de la réserve d'eau du camion d'intervention afin d'assurer une capacité en eau minimale en cas d'incident réel, ce qui fût une bonne pratique lorsque l'accident se produisit juste après la fin de l'exercice.

#### VI.2.5 Les moyens de lutte contre l'incendie de l'industriel

La réactivité des services de secours internes de l'industriel a permis de procéder rapidement aux reconnaissances et de déployer des moyens d'extinctions. En dépit de l'importance de l'événement, l'incendie a rapidement été maîtrisé.

Le fait que l'industriel dispose de moyens de confinement des eaux d'extinction aura également permis de limiter les conséquences de cet accident sur l'environnement.

#### VI.2.6 La conception de l'installation électrique

L'hypothèse d'un arc électrique au niveau d'un câble de 400V semble être la cause la plus probable. Cette hypothèse d'un arc électrique repose sur le constat d'un défaut d'isolement sur le réseau 400V qui a été enregistré à 8h35.

Le régime de neutre de l'installation électrique du bâtiment concerné étant en régime IT, l'installation possédait bien un contrôleur permanent d'isolement (CPI), qui a pour objectif d'informer le gestionnaire de celle-ci à l'occasion d'un premier défaut d'isolement sur le réseau 400V afin d'intervenir rapidement. Malgré ce premier défaut, l'installation électrique demeure toujours fonctionnelle, sans présenter de danger pour l'utilisateur.

Un second défaut sur une installation électrique de type IT provoque un court-circuit franc qui aurait eu pour effet de déclencher la protection contre les surintensités, ce qui n'a pas été le cas puisqu'aucun des départs 400V n'a déclenché. L'inflammation possible des poussières pourrait s'expliquer par le fait que le temps qu'un second défaut n'apparaisse, et que le disjoncteur ouvre le circuit, la puissance instantanée au point de défaut a pu être très importante.

Les protections de l'installation électrique ne semblent donc pas avoir empêché la formation d'un arc électrique.

## VII. Enseignements de sécurité

### VII.1.1 Le comportement du chlorate de sodium pris dans un incendie

Dans certaines configurations de stockage qui favoriseraient, lors d'un incendie, le mélange de chlorate de sodium fondu et de matières plastiques fondus, le chlorate de sodium peut exploser.

La propagation de l'incendie et la production des explosions ont été très rapides. Le délai entre le départ de feu et la première explosion est de l'ordre de la dizaine de minutes et au cours des 3 minutes qui suivent, les big-bags situés dans un rayon de 10 m ont successivement explosé.

### VII.1.2 L'utilisation des palettes plastiques

L'utilisation des palettes plastiques (polymères) pour la manutention, le conditionnement ou le stockage du chlorate de sodium doit être proscrite au profit d'autres alternatives de manutentions telles que l'utilisation de palettes métalliques ou en bois ignifugé.

### VII.1.3 L'utilisation des big-bags

Le retour d'expérience de cet accident tend à penser que l'usage du big-bag en PE/PP dans lequel le chlorate est conditionné n'est, à ce stade, pas remis en cause. Le risque d'explosion n'est pas démontré eu égard à la faible quantité de polymère pouvant être apportée lors d'un incendie. En effet, le big-bag d'un poids unitaire de 3 kg aura plutôt tendance à brûler rapidement du fait de sa faible épaisseur et en raison de l'excès de chlorate (contenu dans le big-bag).

### VII.1.4 S'assurer de l'adéquation du système d'extinction automatique à eau

Le système d'extinction automatique type déluge présent dans l'atelier était à déclenchement manuel, ce qui a retardé son déclenchement et, de fait, a réduit son efficacité.

Dans le cas d'un système d'extinction à déclenchement automatique associé à une détection d'incendie, il conviendra de s'assurer que cette dernière soit adaptée aux caractéristiques de l'atelier et à la cinétique de l'incendie.

## VIII. Recommandations de sécurité

A l'issue de cette enquête, le BEA-RI émet les recommandations suivantes.

### VIII.1 A destination de l'exploitant

#### VIII.1.1 Limiter l'accumulation de poussières comburantes

Lors du fonctionnement de l'atelier, le process produit des fines et poussières de matières comburantes qui se déposent au sol mais également dans des parties plus difficilement accessibles. L'atelier doit être pensé de manière à limiter au maximum l'accumulation de poussières dans les endroits inaccessibles, et de façon à ce que le nettoyage régulier du local permette de retirer au maximum ces matières comburantes.

Les matériels et/ou installations pouvant être à l'origine d'un incendie doivent être particulièrement protégés des retombées de poussières de matières comburantes, et/ou combustibles, tels que les passages de câbles électriques.

#### VIII.1.2 Limiter le stockage de matières combustibles

L'atelier de conditionnement de chlorate contenait, au moment de l'incendie, des stockages de palettes plastiques, de big-bags vides ou encore de fûts vides possédant une sache interne en matière plastique, en quantités importantes.

Les matières combustibles présentes dans un lieu où est stockée, produite ou conditionnée une matière comburante, doivent être présentes dans des quantités strictement utiles au bon fonctionnement de la production prévue. Les excès de matières combustibles doivent être déplacés à l'extérieur ou dans des locaux de stockage adaptés (coupe-feu 2h), afin de limiter le flux thermique généré par un éventuel incendie.

#### VIII.1.3 Limiter les éléments pouvant propager un incendie

Les gaines d'aspiration ont fortement contribué à la propagation de l'incendie naissant.

Lors de la conception d'une installation servant à produire ou conditionner des matières comburantes, il convient de limiter la présence des éléments pouvant propager un incendie.

L'arrêt de l'aspiration devrait être asservie au système de détection incendie lorsque l'atelier est équipé d'une telle installation.

Les câbles électriques doivent être non propageurs de flamme.

#### VIII.1.4 Proscrire l'utilisation des palettes plastiques

L'utilisation des palettes plastiques (polymères) pour la manutention, le conditionnement ou le stockage du chlorate de sodium doit être proscrit. Il sera préféré l'utilisation de palettes métalliques ou en bois ignifugé.

#### VIII.1.5 Mettre à jour les documents de prévention des risques

Suite à ce retour d'expérience, il est nécessaire de mettre à jour les fiches de données de sécurité (FDS) en citant le risque d'explosion induit par le mélange de chlorate de sodium et de matière plastique fondus.

L'analyse de risque et l'étude de dangers devront être enrichies de ce retour d'expérience en vue de proposer le cas échéant des mesures de maîtrise des risques.

#### VIII.1.6 Améliorer la réactivité du système d'extinction

Les systèmes de détection et d'extinction doivent être adaptés au process et au scénario de montée en puissance de l'incendie afin d'améliorer leur efficacité, le retour d'expérience ayant montré un délai relativement important du déclenchement de l'installation d'extinction manuelle de type déluge qui était en place.

#### VIII.1.7 Enrichir la sensibilisation au risque des opérateurs

L'accident a mis en évidence le caractère explosif du chlorate de sodium pris dans un incendie, dans certaines conditions bien spécifiques. Ce retour d'expérience peut alimenter la formation des opérateurs et des services de secours sur le risque et les conduites à suivre en cas de sinistre.

#### VIII.1.8 La défaillance de l'installation électrique

Au vu de l'absence de déclenchement des protections de l'installation électrique qui semble s'être produit, il convient d'apporter une vigilance particulière à la conception de cette dernière dans le cadre des travaux de remise en état.





**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Bureau d'enquêtes et d'Analyses  
sur les Risques Industriels

MTE / IGEDD / BEA-RI  
Tour Séquoïa  
92055 La Défense Cedex

+33 1 40 81 21 22  
[bea-ri.igedd@developpement-durable.gouv.fr](mailto:bea-ri.igedd@developpement-durable.gouv.fr)

<https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/bea-ri-r549.html>