

Ineris - 205604 - 2712466 - v3.0

25/08/2021

Appui à l'expertise de l'accident survenu sur une installation de broyage le 2 mars 2021 à Savigny-sur-Clairis (Yonne)

BEA-RI



PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction Incendie, Dispersion, Explosion

Rédaction: LEPRETTE EMMANUEL - MARLAIR GUY

Vérification: CHAUMETTE SYLVAIN

Approbation : Document approuvé le 25/08/2021 par BOUET REMY

Liste des personnes ayant participé à l'étude : -

Table des matières

1	Glos	saire	5
2	Intro	duction	6
	2.1	2.1 Déontologie	
	2.2	Contexte	6
	2.3	Documents de référence, visite et réunions d'échanges	6
3	Prés	entation de l'installation objet de l'événement et informations sur l'événement	7
	3.1	Description générale du site	7
	3.2	Description de l'installation et du procédé	7
	3.3	Description du broyeur	8
	3.4	Description succincte de l'événement	9
	3.4.	Chronologie	9
	3.4.2	Relevé des dégâts	10
	3.4.3	Causes possibles de l'explosion	12
4	Rép	onses aux questions posées par le BEA-RI	13
	4.1	Nature de l'atmosphère explosive	13
	4.1.	Question du BEA-RI	13
	4.1.2	Réponse de l'Ineris	13
	4.2	Effets observés	14
	4.2.	Question du BEA-RI	14
	4.2.2	Réponse de l'Ineris	14
	4.3	Risque d'explosion de poussières	15
	4.3.	Question du BEA-RI	15
	4.3.2	Réponse de l'Ineris	15
5	Con	clusion	17
6	Anne	exes	18

Résumé

Ce rapport a pour objet de répondre à une sollicitation du BEA-RI faite à l'Ineris. Celui-ci concerne l'enquête sur l'explosion d'un broyeur de la société SOPREMA situé sur la commune de Savigny-sur-Clairis (Yonne), survenu le 2 mars 2021.

L'objet de ce rapport consiste à répondre à trois questions posées par le BEA-RI visant à :

- Déterminer la nature de l'atmosphère explosive mise en jeu;
- Evaluer la cohérence des effets observés avec le scénario privilégié par le BEA-RI;
- Donner un avis sur le risque d'explosion de poussières.

1 Glossaire

ATEX Atmosphère explosive

BEA-RI Bureau d'enquêtes et d'analyses - Risques industriels

CO₂ Dioxyde de carbone

Ineris Institut national de l'environnement industriel et des risques

LIE Limite inférieure d'explosivité
LSE Limite supérieure d'explosivité

2 Introduction

2.1 Déontologie

L'Ineris n'a jamais réalisé d'études pour le site SOPREMA de Savigny-sur-Clairis, ni sur le procédé d'extrusion de polystyrène développé par TOPOX, ni sur les broyeurs du constructeur Mateu & Solé.

2.2 Contexte

Le 2 mars 2021 vers 15h, une explosion s'est produite dans un broyeur sur le site SOPREMA de Savigny-sur-Clairis (Yonne). Ce site fabrique des panneaux de polystyrène extrudé pour l'isolation thermique des bâtiments. Il n'est pas classé Seveso. Le broyeur incriminé a pour fonction de broyer des panneaux de polystyrène non conformes afin de recycler les résidus dans le procédé de fabrication. L'explosion a blessé au 2ème degré l'opérateur chargé d'introduire les panneaux dans le broyeur. Les effets de pression sont restés modérés et principalement localisés au local de broyage.

Suite à l'accident, le BEA-RI a missionné l'Ineris par courriel en date du 10 mars 2021 pour répondre à trois questions. Le courriel de demande est présenté en Annexe 1 de ce rapport. Les questions portent sur :

- La nature de l'atmosphère explosive ;
- La cohérence des dégâts observés avec le principal scénario envisagé ;
- Le risque d'explosion de poussières.

2.3 Documents de référence, visite et réunions d'échanges

Les éléments ayant permis de rédiger ce rapport sont listés en Annexe 2. Ils ont été transmis par le BEA-RI à la suite d'une réunion téléphonique Ineris-BEA le 10 mars 2021. Pour cette analyse l'Ineris n'a pas réalisé de visite de site, et n'a pas eu de contact avec SOPREMA.

3 Présentation de l'installation objet de l'événement et informations sur l'événement

3.1 Description générale du site

Les informations qui suivent sont tirées, pour l'essentiel, du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter du site.

L'usine SOPREMA de Savigny-sur-Clairis produit des panneaux de polystyrène extrudé (mousse XPS) pour l'isolation thermique des bâtiments. Le site est soumis à autorisation au titre des rubriques 2661 (Extrusion de polystyrène) et 1185 (stockage et mise en œuvre de HFC) mais n'est pas classé Seveso.

Le site est d'implantation récente (2015). Il met en œuvre un procédé développé par la société espagnole TOPOX, qui exploite d'autres sites de production du même type en Espagne. Ce procédé breveté est assez complexe dans sa mise en œuvre et nécessite une régulation précise pour garantir la qualité des produits finis.

Outre la ligne de production des panneaux de polystyrène, le site comprend des silos de stockage de matières premières (silos de billes de polystyrène, cuves de CO₂, d'éthanol, d'isobutane et autres additifs), des silos de récupération des matières recyclées, et une unité d'emballage et de palettisation des produits finis.

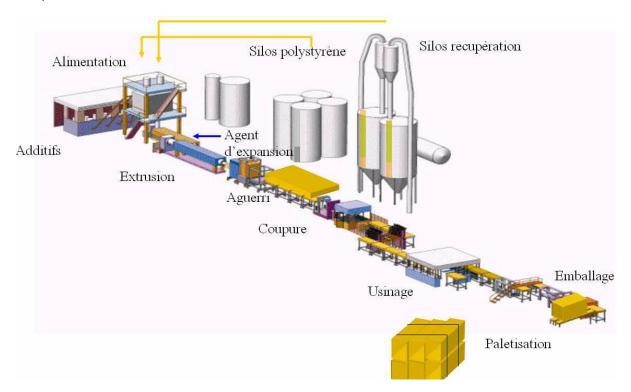


Figure 1 : Schéma de principe de la ligne de production

3.2 Description de l'installation et du procédé

Les matières premières sont, d'une part, des granules de polystyrène, et d'autre part, des agents moussants (CO₂ liquide, isobutane), un adjuvant (éthanol) et des additifs (colorants, retardateurs de flamme, etc., ...).

Les additifs sont pré-mélangés et introduits avec le polystyrène dans une première extrudeuse, où ils sont mélangés et fluidifiés par chauffage. L'agent moussant bi-composant (CO₂, isobutane) à l'état liquide est introduit dans l'extrudeuse, puis le mélange est homogénéisé avant de passer dans une seconde extrudeuse.

Dans la seconde extrudeuse, la masse continue de se mélanger et la température est régulée pour atteindre la température optimale d'expansion (de l'ordre de 170°C). A la fin du processus de la seconde extrudeuse, le mélange passe par un mélangeur statique pour atteindre l'homogénéité, la température et la viscosité optimales.

A la sortie du mélangeur statique, le produit passe entre deux plaques métalliques parallèles dont l'espacement détermine l'épaisseur des panneaux de mousse XPS finis. L'expansion se poursuit en même temps que le produit se refroidit. En fin de ligne, le produit froid est découpé aux dimensions voulues avant conditionnement.

A chaque changement de fabrication ou chaque redémarrage de la ligne, une à deux heures sont nécessaires pour stabiliser le procédé et la qualité du produit. Les panneaux non conformes produits pendant ces phases transitoires sont broyés, traités via un système de filtration puis stockés en vue d'être recyclés dans le procédé. L'installation de broyage fonctionne donc quotidiennement, plusieurs heures par jour.

3.3 Description du broyeur

L'appareil est un broyeur à couteaux Mateu & Solé M70/95, mis en service en mars 2016. Un plan du broyeur est présenté sur la figure suivante.

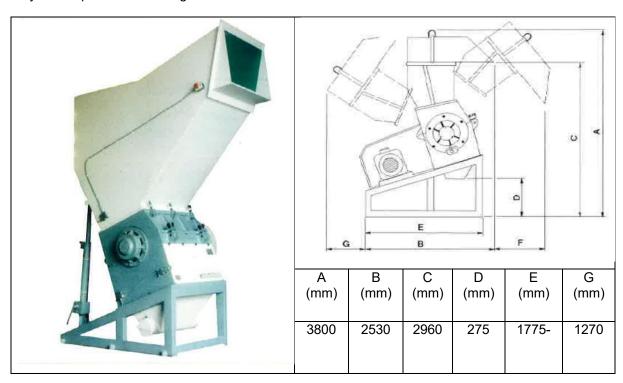


Figure 2 : Plan et dimensions du broyeur Mateu & Solé M70/95

La résistance du broyeur à la pression interne n'est pas connue. Cependant, les broyeurs sont réputés résister à des niveaux de surpression interne relativement élevés (0,5 bar à 1 bar), car ils sont soumis à des sollicitations mécaniques importantes du fait de la présence de pièces tournantes massives, de vibrations, des chocs internes, etc...

Le volume interne du broyeur est de l'ordre de 1,5 m³, en incluant la trémie.

Les panneaux à broyer sont introduits dans une bouche d'alimentation par une ouverture de dimensions 700 mm x 950 mm. Le volume de cette bouche d'alimentation est estimé à 2 $\rm m^3$. Sa résistance mécanique n'est pas connue, mais en faisant l'hypothèse qu'elle est constituée de tôles d'acier assemblées de 2 ou 3 mm d'épaisseur, les déformations plastiques devraient apparaître pour une surpression interne de l'ordre de 50 à 100 mbar.

Les panneaux doivent normalement avoir refroidi avant d'être broyés, afin d'éviter un échauffement trop important du broyeur.

La trémie en partie basse du broyeur, où sont récoltés les résidus de broyage, est connectée à un cyclone et à un dépoussiéreur qui récupèrent toutes les particules en vue de leur recyclage. L'ensemble est maintenu sous un débit d'aspiration continu, si bien que le broyeur est normalement en dépression.

Le broyeur est situé dans un local séparé du bâtiment principal où se situe la ligne de production. Une porte coulissante permet d'accéder à la bouche d'introduction du broyeur. Les panneaux non conformes sont introduits manuellement dans le broyeur par ce passage (Figure 3).



Figure 3 : Porte coulissante donnant accès à la bouche d'introduction des panneaux dans le broyeur

3.4 Description succincte de l'événement

3.4.1 Chronologie

Une description précise de l'événement a été réalisée par le BEA-RI. Ce paragraphe se contente de faire ressortir les points importants de l'événement afin de mieux comprendre les réponses apportées aux 3 questions posées.

Les instants clés de l'événement sont les suivants :

11h00 : Perte de l'injection de CO₂ dans le procédé d'extrusion du polystyrène, poursuite de la production jusqu'à 12h00 avec injection d'éthanol et d'isobutane seuls.

12h00 : Des flammes vives sont observées en sortie de l'extrudeuse et entraînent un départ de feu sur la chaîne, rapidement maîtrisé. Un diagnostic est effectué, la ligne de fabrication est arrêtée pour réparation (remplacement de la pompe d'alimentation en CO₂).

14h15 : Changement d'équipe et redémarrage de la ligne. Vidange des produits encore présents dans l'extrudeuse avant l'arrêt de la machine, et début du broyage des produits non conformes. Contrairement à la pratique habituelle, les panneaux broyés étaient encore chauds alors qu'ils doivent normalement être complètement refroidis avant d'être introduits dans le broyeur.

15h00 : Explosion dans le broyeur.

15h00 : Secours à la personne, appel des secours, contrôle du risque incendie dans les installations annexes.

15h30 : Arrivée des secours et de la gendarmerie.

3.4.2 Relevé des dégâts

Une boule de feu s'est développée à contre-flux du sens normal de parcours des fluides, au niveau de l'entrée du broyeur. Elle a brûlé au visage et aux mains l'opérateur en charge d'introduire les panneaux dans le broyeur.

Il n'y a pas eu d'effets de pression visible dans le local de production, seulement des projections de broyats à quelques mètres de la bouche du broyeur (Figure 3). Le niveau de pression n'a vraisemblablement pas dépassé quelques dizaines de millibars.

Dans le local broyeur, des traces de combustion sont visibles sur les murs, au droit d'un petit évent (0,1 m x 1 m) situé sur le dessus de la bouche d'introduction des panneaux.



Figure 4: Vue des traces de combustion dans le local broyeur

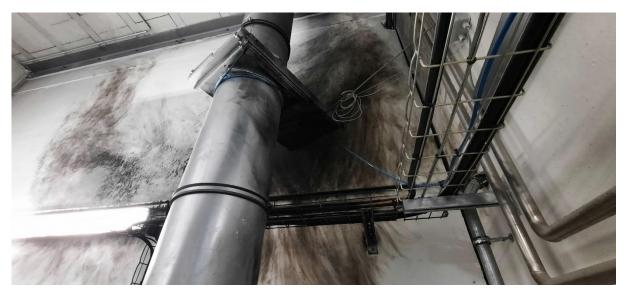


Figure 5 : Importantes traces de combustion dans le local broyeur, au niveau de la canalisation de sortie vers le cyclone

Il n'y a pas de déformation plastique visible sur les tôles du broyeur et de la bouche d'entrée, ce qui suggère que la pression d'explosion est restée inférieure à une centaine de mbar. Le broyeur semble avoir légèrement glissé sur le sol, de quelques centimètres.

Il n'y a pas de dégâts à l'intérieur du broyeur (Figure 6). L'examen du broyeur a révélé que celui-ci était complètement bouché par une matière très pâteuse, dénotant un effet de température¹. Par conséquent, l'aspiration n'était plus fonctionnelle et le broyeur n'était plus en dépression. Cette perte de dépression n'a pas été détectée. L'intérieur du broyeur ne montre pas de dépôts de poussières importants.



Figure 6 : Vue de l'intérieur du broyeur

_

¹ Selon le document INRS ED 638, Matières Plastiques & adjuvants hygiène et sécurité (2006), « Le polystyrène commence à se déformer sous l'action de la chaleur entre 70 et 90°C. Il se présente sous forme de fluide visqueux vers 140 – 180°C ».

Il n'y a pas de dégât visible en aval de la trémie du broyeur, ni dans la canalisation de sortie vers le cyclone, ni dans le cyclone lui-même. L'explosion ne s'est pas propagée vers le cyclone et le dépoussiéreur.



Figure 7 : Sortie de la trémie du broyeur

En conclusion, les effets de l'explosion se résument à :

- Une boule de feu à l'entrée du broyeur ;
- Une surpression à l'extérieur du broyeur de l'ordre de quelques dizaines de millibar au maximum ;
- Une surpression à l'intérieur du broyeur et dans la bouche d'entrée de l'ordre de 50 à 100 mbar au maximum.

3.4.3 Causes possibles de l'explosion

Les scénarios envisagés par le BEA-RI sont a priori :

- Une explosion de vapeurs induites par le dégazage des panneaux non conformes dans le broyeur. Ces vapeurs inflammables seraient constituées notamment d'isobutane et d'éthanol, qui sont introduits dans l'extrudeuse et dont les panneaux sont imprégnés. Plusieurs facteurs auraient favorisé ce dégazage et permis d'atteindre la formation d'une atmosphère explosive dans le broyeur :
 - Le broyage de produits encore chauds ;
 - o L'absence de CO₂, qui en situation normale favoriserait l'inertage ;
 - Le bourrage du broyeur, qui a empêché l'aspiration des vapeurs dégazées, et donc favorisé leur accumulation dans le broyeur.
- Une explosion de poussières de polystyrène issues du broyage.

Ces deux scénarios, et notamment leur cohérence avec les effets observés, sont discutés à travers les réponses aux trois questions posées par le BEA-RI.

4 Réponses aux questions posées par le BEA-RI

4.1 Nature de l'atmosphère explosive

4.1.1 Question du BEA-RI

Les caractéristiques de l'éthanol et de l'isobutane permettent-elles la constitution d'une atmosphère ATEX au sein du broyeur, si oui quelles en seraient les caractéristiques (masse, composition et rendement d'explosion) ?

4.1.2 Réponse de l'Ineris

Le mélange d'agents moussants et d'adjuvants introduit dans le procédé le matin de l'accident était composé de CO₂, isobutane et éthanol.

Mais, en raison de la rupture d'alimentation en CO₂ du procédé, un mélange composé uniquement d'isobutane et d'éthanol a été injecté pendant environ 1 heure avant l'arrêt de la machine. Cette absence de CO₂ a entraîné la production de panneaux non conformes, dont le broyage est à l'origine de l'explosion. C'est donc ce mélange qui est considéré dans la suite de l'étude².

Les propriétés d'inflammabilité de l'isobutane et de l'éthanol sont résumées dans le tableau 1, ainsi que les limites d'inflammabilité calculée pour le mélange injecté dans le procédé. Ces valeurs sont issues des fiches de données de sécurité fournies par SOPREMA. L'éthanol est en réalité un alcool éthylique dénaturé composé à plus de 90% d'éthanol. L'isobutane est pur à plus de 95%.

Propriété	Isobutane	Ethanol	Mélange isobutane + éthanol
LIE	1,8%	2%	1,9%
Stœchiométrie	4%	5,5%	4,9 %
LSE	8,4%	15%	11,9%
Point d'éclair	-87°C	13°C (en coupelle fermée) 22°C (en coupelle ouverte)	
Point d'ébullition	-11,7°C	78-82°C	
Température d'auto- inflammation	460°C	>363°C	
Vitesse fondamentale de combustion laminaire (m/s)	0,36	0,44	

Tableau 1 : Propriétés inflammables de l'éthanol et de l'isobutane

_

² La participation d'autres gaz ou vapeurs inflammables (vapeurs de styrène par dépolymérisation sous l'effet de la chaleur) à l'analyse des données de décomposition thermique du PS (document INRS ED 638) semble pouvoir être exclue

L'évaporation de l'isobutane et de l'éthanol produit des vapeurs plus lourdes que l'air. Cependant les mouvements des couteaux favorisent le mélange avec l'air ambiant et la formation d'une atmosphère explosive homogène. A titre indicatif, nous avons estimé les quantités de vapeur nécessaires pour créer une ATEX homogène, à la LIE et la stœchiométrie, pour remplir le broyeur et la trémie seuls (1,5 m³), ou bien le broyeur, la trémie, et la bouche d'accès (3,5 m³).

		Broyeur + trémie	Broyeur + trémie + bouche
LIE	Volume de vapeur	30 litres	70 litres
	Masse de vapeur	65 g	150 g
Stœchiométrie	Volume de vapeur	75 litres	175 litres
	Masse de vapeur	150 g	350g

Tableau 2 : Quantités de vapeurs estimées pour former une atmosphère explosive dans le broyeur

Le débit de dégazage des panneaux dans le broyeur n'est pas connu. Plusieurs facteurs laissent toutefois penser que les conditions étaient réunies pour favoriser un dégazage important :

- Les panneaux introduits dans le broyeur étaient anormalement³ chauds ;
- La température dans le broyeur était de l'ordre de 100°C (pour mémoire, température de déformation du PS dès 70 à 90°C);
- La perte de l'aspiration empêchait la circulation d'air et favorisait l'échauffement.

De plus, connaissant la capacité de production de l'extrudeuse (environ 1300 kg/h de produit fini) la capacité de broyage (entre 800 et 1600 kg/h d'après les données constructeur), la densité des panneaux fabriqués (35 kg/m³) et la consommation d'éthanol (0,76 kg/m³ de produit fini dans des conditions de fonctionnement normal), et si l'on considère que l'explosion s'est produite environ une demi-heure après le début du broyage des panneaux non conformes, on peut estimer que la quantité de matière broyée avant l'explosion contenait environ 8 à 16 kg d'éthanol et la moitié, en masse, d'isobutane. Même si l'on ne connaît pas précisément la quantité d'éthanol et d'isobutane réellement piégée dans les panneaux pendant la phase d'extrusion, et la quantité susceptible d'être dégazée, il semble qu'il y avait largement assez d'éthanol et d'isobutane, dans les panneaux introduits dans le broyeur, pour produire par dégazage les quantités indiquées dans le tableau 2. La formation d'une atmosphère explosive essentiellement constituée d'un mélange de vapeurs d'éthanol et d'isobutane et d'air paraît donc très probable.

4.2 Effets observés

4.2.1 Question du BEA-RI

Si l'on retient la composition d'une atmosphère explosive dans le broyeur, les dégâts observés sont-ils cohérents avec la masse de gaz calculée ?

4.2.2 Réponse de l'Ineris

La pression d'explosion dans le broyeur dépend du volume, de la composition et de la richesse de l'atmosphère explosive présente dans le broyeur au moment de l'inflammation, ainsi que de la turbulence. Nous avons vu que la composition de l'atmosphère explosive ne peut être déterminée précisément, car le débit de dégazage des vapeurs inflammables lors du broyage est inconnu.

Ineris - 205604 - 2712466 - v3.0

³ Le protocole standard de retraitement des produits non conformes prévoit une période de refroidissement non respectée lors de la survenue de l'incident analysé.

Toutefois, le calcul présenté à la question précédente montre que les conditions étaient réunies pour remplir le broyeur à la LIE, et même à la stœchiométrie.

La turbulence est produite par le mouvement des couteaux. On suppose une vitesse de rotation de 60 tour/minute, ce qui induit une vitesse de rotation des couteaux de l'ordre de 2,5 m/s. En considérant une intensité de turbulence de l'ordre de 20% de la vitesse moyenne de rotation et en appliquant la corrélation de Gülder avec l'hypothèse d'une ATEX stœchiométrique, on estime la vitesse de combustion turbulente dans le broyeur à 3,5 m/s.

Un calcul d'explosion a été réalisé avec le logiciel EFFEX de l'Ineris, développé pour le calcul des effets des explosions internes de gaz et de poussières⁴. On suppose que le broyeur, la trémie et la bouche d'introduction sont entièrement remplie d'une ATEX stœchiométrique, soit un volume de 3,5 m³, avec l'intensité de turbulence calculée ci-dessus. Dans ces conditions, la surpression maximale d'explosion atteinte dans le broyeur serait de 40 mbar. Ce niveau de pression est assez faible car le broyeur est largement ouvert sur l'extérieur. Il est cohérent avec les effets observés. Une boule de feu de diamètre égal à environ deux fois la dimension caractéristique de la bouche d'introduction des panneaux, soit environ 1,5 m, est produite dans le local de production devant l'entrée du broyeur.

Si le broyeur était rempli d'une atmosphère explosive de concentration plus proche de la LIE ou de la LSE, le niveau de pression calculé serait plus faible. Le calcul semble donc appuyer l'hypothèse d'une atmosphère explosive proche de la stœchiométrie, remplissant assez largement le broyeur. Il s'agit aussi de la situation où l'ATEX est le plus facilement inflammable.

4.3 Risque d'explosion de poussières

4.3.1 Question du BEA-RI

S'agissant de l'étude d'explosion des poussières, pourriez-vous nous donner un avis technique sur le document qui doit nous être fourni par Soprema notamment au vu des granulométries de broyage?

4.3.2 Réponse de l'Ineris

SOPREMA a transmis un rapport d'essais d'explosivité des poussières issues du broyage. Ces essais ont été réalisés par le laboratoire espagnol LOM, en janvier 2021, sur des échantillons récoltés en novembre 2020.

Le rapport d'essais ne précise pas l'origine exacte des poussières analysées, ni même si elles proviennent bien de l'usine de Savigny. Celles-ci ont pu être récoltées directement dans le broyeur, ou bien dans le cyclone. La poudre réceptionnée par le LOM a d'abord été tamisée à 500 µm pour éliminer les plus grosses particules, puis les fines ont fait l'objet d'une granulométrie par diffraction laser en voie sèche, dont les résultats sont les suivants :

d(0,1) (µm)	20
d(0,5) (μm)	115
d(0,9) (µm)	391

Tableau 3 : Granulométrie de la poussière testée au LOM

Le diamètre médian d(0,5) est supérieur à 100 µm, ce qui classe cette poussière parmi les « grosses particules » à l'exemple de la farine de blé. La poudre testée était sèche (humidité résiduelle 0,8%).

Ineris - 205604 - 2712466 - v3 0

⁴ Prévoir les effets des explosions de poussières : EFFEX, un outil de simulation, rapport Ineris téléchargeable sur www.ineris.fr

Les résultats des essais normalisés réalisés par le LOM sont rappelés ci-après :

Température minimale d'inflammation en nuage	440°C
Limite inférieure d'explosivité	30 g/m ³
Energie minimale d'inflammation	2,1 mJ
Pression maximale d'explosion P _{max}	6,9 bar
Vitesse maximale de montée en pression K _{st}	139 bar.m/s

Tableau 4 : Propriétés explosives de la poussière de polystyrène

Cette poussière est donc clairement explosive lorsqu'elle est mise en suspension dans l'air. Il s'agit d'une poussière de classe ST1 (K_{st} < 200 bar.m/s). Son énergie d'inflammation est particulièrement basse pour une poussière, probablement à cause de la présence des gaz dont elle est imprégnée (isobutane et éthanol). Elle est donc facilement inflammable par les sources d'inflammation d'origine mécanique (frottements), électriques et les étincelles électrostatiques.

En fonctionnement normal, le broyeur est en aspiration continue, il est donc peu probable que des accumulations de poussière importantes se forment sur les parois du broyeur. Notons toutefois que l'on retient généralement qu'un dépôt de 1 mm d'épaisseur suffit, une fois mis en suspension, à produire une atmosphère explosive de quelques dizaines de g/m³.

Le jour de l'accident, le broyeur était colmaté par une matière pâteuse très collante, si bien que l'aspiration n'était pas fonctionnelle. Le broyage, perdant dans ces conditions dégradées de fonctionnement une grande partie de son efficacité, le broyeur n'était donc pas susceptible de produire beaucoup de poussières. L'examen du broyeur après l'accident semble confirmer ce point. Il paraît donc peu probable qu'un nuage de poussières en suspension était présent dans le broyeur au moment de l'explosion. Cependant, on ne peut exclure totalement que quelques dépôts de poussières préexistants sur les parois du broyeur aient pu contribuer à l'explosion.

A titre indicatif, un calcul d'explosion de poussières a été réalisé avec le logiciel EFFEX pour estimer la pression d'explosion réduite dans le broyeur.

Dans le cas le plus pénalisant, on suppose que la totalité du broyeur et de la bouche d'entrée, soit un volume de 3,5 m³, est remplie d'une atmosphère explosive. La bouche d'entrée est considérée ouverte. La poussière est soumise à la turbulence créée par le mouvement des couteaux.

Dans ces conditions, on calcule une pression réduite d'explosion inférieure à 20 mbar, et une boule de feu de l'ordre de 1,5 m de diamètre à l'extérieur. Ces résultats sont compatibles avec l'absence de dégâts observés sur le broyeur.

5 Conclusion

A la demande du BEA-RI, l'Ineris a répondu à trois questions en appui à l'analyse de l'accident survenu sur un broyeur de panneaux de polystyrène extrudés sur le site de SOPREMA à Savigny-sur-Clairis, le 2 mars 2021. Ces questions portent sur :

- La nature de l'atmosphère explosive ;
- La cohérence des dégâts observés avec le principal scénario envisagé;
- Le risque d'explosion de poussières.

Il ressort de l'expertise de l'Ineris que le scénario privilégié par le BEA-RI, à savoir la formation et l'inflammation d'une atmosphère explosive constituée de vapeurs d'éthanol et d'isobutane en mélange avec de l'air dans le broyeur est très probable. Les quantités d'éthanol et d'isobutane en présence étaient largement suffisantes et les conditions étaient réunies pour favoriser le dégazage et la formation d'une ATEX : produit chaud, absence de CO₂, perte de l'aspiration dans le broyeur. Le calcul montre que les effets de pression observés sont compatibles avec l'hypothèse d'une ATEX stœchiométrique remplissant assez largement le broyeur. Enfin, l'occurrence d'une explosion de poussières, théoriquement possible, ne semble pas devoir être considérée dans le contexte de cet accident.

6 Annexes

Liste des annexes :

Annexe 1 : Courriel de demande du BEA-RI – 10 mars 2021

Annexe 2 : Liste des documents utilisés pour la réalisation de l'expertise

Annexe 1: Courriel de demande du BEA-RI - 10 mars 2021

Annexe 2 : Liste des documents utilisés pour la réalisation de l'expertise

Dossier de Demande d'Autorisation d'exploiter au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, Création d'une unité de fabrication de produits isolants en polystyrène extrudé, 2013

Documentation broyeur:

MATEU & SOLE - Manuel d'instructions broyeur 70/95 série standard

MATEU & SOLE - Molinos Serie Estandar Modelo 19/25, 25/40, 28/45, 70/95

Procédures:

OPL broyeur version A

OPL broyeur version B

Produits:

Rapport d'essais d'explosivité de poussières de broyage, Laboratorio Oficial J.M. Madariaga, rapport LOM 21.036Q, 2021

FDS Alcool éthyl 96 Agri Ren Dénaturé eurodénaturant vrac (2019)

FDS Isobutane Inventec

Mesures de l'exposition aux composés chimiques dans l'air – campagne postes fixes – février 2020, rapport COELYS, mars 2020

Tests feu laboratoire Savigny du 2 mars 2021

Stabilité thermique du polystyrène : document INRS ED 638 édition 2006

Rapports d'incident :

Rapport accident environnemental SOPREMA, 2 mars 2021

Liste des fonctions présentes sur site le 2 mars 2021

Dossier photos constitué lors de la visite du site par le BEA-RI le 4 mars 2021

