

# Sécurisation de la mise en balles des emballages en aluminium

---

Guide de recommandations

Mai 2019



**CITEO**

Donnons ensemble une  
nouvelle vie à nos produits.

# Synthèse

---

Ce document fait l'inventaire des solutions qui peuvent être mises en œuvre pour prévenir et maîtriser les risques de départs de feu qui peuvent se produire lors des opérations de conditionnement de l'aluminium, dans un contexte où d'importants travaux sont engagés pour moderniser le parc de centres de tri français.

Ces incidents sont imputés aux résidus de gaz inflammables issus des générateurs d'aérosols.

Une première approche a consisté à identifier les causes de ces phénomènes, ainsi que les actions à mettre en œuvre pour mettre en sécurité le personnel et les équipements : installation de moyens de détection d'ATEX (atmosphère explosive), protection du poste de commande de la presse, mise en place de détection d'incendie et de moyens d'extinction, procédures d'exploitation pour éviter les phénomènes d'accumulation de gaz.

Une seconde approche, destinée à traiter le risque à la source, a par la suite été conduite pour développer un dispositif de pré-conditionnement destiné à évacuer les gaz résiduels avant la mise en balles. Cette opération consiste à écraser et percer l'ensemble du flux d'emballages en aluminium au fil de l'eau de sa production dans un appareil muni de deux tambours rotatifs dotés de picots. Des essais menés en conditions réelles d'utilisation en centre de tri ont montré son efficacité, et l'analyse des risques menée par l'INERIS, institut spécialisé en risques industriels, a permis d'identifier les mesures à prendre pour en sécuriser l'implantation et l'utilisation. Ce type de dispositif a fait l'objet d'un dépôt de brevet par CITEO (précédemment Eco-Emballages). Les acteurs qui souhaitent exploiter les principes constructifs déposés dans le cadre du brevet peuvent en faire la demande auprès de CITEO.

**Ce document identifie les bonnes pratiques et les recommandations qui découlent de ces différentes approches. L'identification des moyens appropriés à mettre en œuvre pour traiter cette problématique doit faire l'objet d'une approche individuelle au cas par cas.**

Nous tenons à remercier le groupe d'experts qui a contribué à la rédaction de ce guide :

- Le Comité Français des Aérosols (Henri Marc de Montalembert, Xavier Camidebach et Jean Blottière),
- Les experts sécurité des conditionneurs de générateurs d'aérosols et opérateurs de tri (Thierry Eudier l'Oréal, Sylvain Guillaud Fareva et Eric Issartel Suez)

ainsi que les représentants des filières de recyclage des emballages métalliques France Aluminium Recyclage (Mostafa Aboulfaraj) et ArcelorMittal (Catherine Jung).

# Sommaire

---

<b>1/ Contexte</b>	<b>4</b>
A Départs de feu en centres de tri .....	5
B Études réalisées.....	6
C Chiffres clés relatifs aux générateurs d'aérosols en centres de tri .....	7
<b>2/ Recommandations pour la mise en protection du personnel et des équipements</b>	<b>9</b>
A Mesures de protection du personnel.....	10
B Mesures de prévention et limitation des risques .....	12
C Consignes d'exploitation .....	15
D Formation du Personnel.....	16
E Solutions additionnelles pour la conception de nouveaux centres de tri.....	17
<b>3/ Intégration d'un dispositif de pré-conditionnement pour éliminer les résidus de gaz</b>	<b>18</b>
A Éléments constructifs .....	19
B Implantation sur la chaîne de tri.....	22
C Résultats de l'expérimentation pilote .....	24
D Aspects réglementaires .....	27
E Enseignements de l'expérimentation pilote .....	28
F Recommandations.....	29
<b>4/ Conclusion</b>	<b>30</b>
<b>Annexes</b>	<b>31</b>



# 1/ Contexte



# A Départs de feu en centres de tri

---

Les emballages en aluminium représentent 0,2% des tonnages traités par les centres de tri de collecte sélective.

Ces emballages sont majoritairement constitués de boîtes de boisson, de conserves, de barquettes et de générateurs d'aérosols, couramment dénommés aérosols ménagers.

Ils sont le plus souvent vides, mais certains générateurs d'aérosols peuvent encore contenir des résidus de liquide et de gaz.

Une fois isolés des autres matériaux, les emballages en aluminium sont conditionnés en balles au moyen d'une presse afin d'en optimiser le transport vers les usines de recyclage.

Lors de cette étape de conditionnement, des départs de feu peuvent être observés. A date, les départs d'incendie rapportés ont pu être rapidement circonscrits sans entraîner de dommages importants. Bien que les études réalisées n'aient pu le montrer précisément, ces incidents découlent très vraisemblablement du dégagement des résidus de gaz contenus dans les générateurs d'aérosols (gaz généralement inflammables de type propane, butane), des substances actives et des solvants, provenant de l'écrasement et de l'ouverture simultanés de plusieurs centaines de générateurs d'aérosols qui survient lors de leur compression, combiné à une source d'ignition (étincelles, point chaud, ...) dans l'environnement immédiat de la presse.

Dans un contexte où les centres de tri sont en pleine mutation pour s'adapter aux extensions de consignes de tri à tous les emballages et à l'augmentation des tonnages à trier, les opérations de construction ou de modernisation des process sont un moment clé pour évaluer et traiter les risques liés au conditionnement de l'aluminium.

## B Études réalisées

---

CITEO (précédemment Eco-Emballages) a sollicité l'INERIS en 2008 afin d'identifier la cause d'incidents constatés en centres de tri et leurs impacts potentiels.

Par la suite, CITEO a missionné l'INERIS en 2010 afin d'identifier des recommandations en matière de prévention et de protection, pour maîtriser les risques d'incendie et d'explosion lors du conditionnement des déchets métalliques.

Les conclusions de ces deux démarches et les préconisations qui en découlent sont reprises au chapitre 2 de ce document.

Afin de trouver une solution plus radicale pour supprimer les risques lors du conditionnement, CITEO a sollicité le bureau d'études TRIDENT SERVICE pour développer un pré-conditionneur d'emballages en aluminium et l'expérimenter en conditions réelles d'utilisation en centre de tri. L'INERIS a participé à sa conception et réalisé des mesures sur les effluents gazeux. Les enseignements tirés de cette expérimentation ainsi que les principes constructifs du matériel développé font l'objet du chapitre 3. Il est rappelé que l'exploitation des éléments du brevet relatif à ce dispositif sont soumis à l'autorisation de CITEO.

## C Chiffres clés relatifs aux générateurs d'aérosols en centres de tri

Cette partie reprend les principales données disponibles sur ce sujet. Elles peuvent servir de référence dans le cadre du dimensionnement d'un équipement, en les pondérant par les données spécifiques des centres de tri, notamment en termes de proportion d'aérosols présents dans le flux d'aluminium.

### 1. Les générateurs d'aérosols dans le flux d'emballages en aluminium triés en centres de tri

Les différentes études disponibles et campagnes de caractérisation ont permis de quantifier les flux d'aluminiums et de générateurs d'aérosols.

**Les emballages en aluminium** sont minoritaires dans les flux traités en centres de tri. Ils représentent en moyenne 0,2% du total des matériaux produits <sup>1</sup>.

**Les générateurs d'aérosols représentent 22% <sup>2</sup> du flux d'emballages aluminium** (en poids) en centres de tri.

**19% <sup>3</sup> des générateurs d'aérosols contiennent des éléments résiduels** (en poids).

**Le poids moyen d'un générateur d'aérosol** présent dans les emballages en aluminium en centres de tri est de **80 grammes <sup>4</sup>**.

**Volume des générateurs d'aérosols de collecte sélective <sup>4</sup>** : la majorité des générateurs d'aérosols (55%) ont un volume de 150 à 200 ml, les plus gros volumes (400 ml ou plus) représentent moins de 10% d'entre eux :

	15 ml	50 ml	75 ml	100 ml	150 ml	200 ml	250 ml	300 ml	400 ml	>400 ml	Total
Aérosols par volume (% en nombre d'objets)	1,3%	0,9%	1,3%	12,5%	19,3%	35,6%	5,1%	15,8%	6,1%	2,2%	100%

La nature et le contenu résiduel des générateurs d'aérosols issus de la collecte des ménages a fait l'objet d'une étude détaillée en Allemagne <sup>5</sup>. « En moyenne, les générateurs d'aérosols présents dans la collecte sélective des ménages contiennent **2,5 % en poids de contenu résiduel, potentiellement inflammable.** »

<sup>1</sup> État des lieux du parc de centres de tri de recyclables secs ménagers en France, Ademe 2013.

<sup>2</sup> Campagne de caractérisations menées dans 31 centres de tri, Eco-Emballages 2014.

<sup>3</sup> Rapport d'analyse de composition d'aluminium issu de collectes sélectives, Terra 2008.

<sup>4</sup> Mesures réalisées lors des essais du pré-conditionneur en zone urbaine, Trident Service 2017.

<sup>5</sup> Rapport TÜT « study of the risk potential from the collection, sorting and recycling of used aerosols cans in the Dual System » 03/02/1994.

## 2. Ordre de grandeur de débits matière en centres de tri

A partir des mesures effectuées lors des essais du pré-conditionneur, il a été établi qu'un centre de tri traitant un débit horaire de **10 tonnes / heure** de collecte sélective multimatériaux (équivalent à 30.000 t. par an), peut produire un débit horaire d'aluminium de l'ordre de **65 kg/h** (pour une teneur en aluminium de 0,65%<sup>6</sup> des collectes sélectives traitées).

Dans ces conditions, le débit de générateurs d'aérosols produit au sein du flux aluminium est en moyenne de **3 unités par minute**.

---

<sup>6</sup> Hypothèse majorante basée sur le flux traité lors des essais. Pour rappel la teneur moyenne est de 0,2%



## 2/ Recommandations pour la mise en protection du personnel et des équipements

---

**La première** démarche identifiée pour éviter et maîtriser les départs de feu lors de la mise en balles du flux aluminium en centres de tri consiste en des aménagements et des consignes opérationnelles qui ont fait leurs preuves pour sécuriser l'environnement de la presse à balles.

Il est précisé que les recommandations qui suivent, relatives aux différentes mesures de pré-conditionnement, de prévention ou de mise en protection évoqués sont complémentaires, non exclusives, et que la mise en œuvre de ces mesures se fait sous la responsabilité des centres de tri, après avoir mené une analyse préalable détaillée tenant compte des flux à traiter et des conditions d'implantation spécifiques pour chaque site. CITEO ne pourra en aucun cas être tenu responsable des incidents, des dommages directs ou indirects, des pertes de profit prévisibles ou imprévisibles, revendiqués par les exploitants des centres de tri.

Ces recommandations ne se substituent pas aux réglementations en vigueur tant sur le plan du droit du travail que sur le plan des autorisations d'exploiter ou de toute autre réglementation ou recommandation liée à l'activité du centre de tri (livre 2 du Code du travail, réglementation pour établissements recevant du public notamment prévention incendie, réglementation pour installations classées pour l'environnement, recommandations INRS, recommandations du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, normes matériels et conditions de travail).

# A Mesures de protection du personnel

## 1. Éloignement du poste de travail

La première mesure est l'éloignement en zone sûre du pupitre de commande de la presse et du poste de travail lié à l'utilisation de la presse. Elle a pour objectif de ne pas exposer l'opérateur en cas d'explosion ou d'incendie. La distance des effets thermiques<sup>7</sup> a été évaluée par l'INERIS à 5 mètres. La distance d'éloignement minimum pour être en sécurité vis-à-vis de projectiles lors d'une explosion est aussi de **5 mètres**.

### Détail de mise en œuvre :

Il s'agit d'installer le poste de commande de la presse à balles à plus de 5 mètres de celle-ci. Il faut **éloigner tous les organes de pilotage** liés à ce poste de commande, soit au moins les éléments suivants :

- Le pupitre de commande avec l'arrêt d'urgence et les commandes manuelles associées, liées au fonctionnement du tapis d'alimentation de la presse à balles,
- Mais aussi, l'éventuelle commande manuelle de sprinklage, rideau d'eau au-dessus de la colonne d'alimentation de la presse, ou le brouillard d'eau dans l'environnement de la presse à balles,
- Les éventuels interrupteurs électriques pour les installations dans le périmètre de la presse : interrupteur d'éclairage spécifique, commande de pompe de vidage des bacs de rétention, signalisation lumineuse liée à la circulation du chariot élévateur pince balles...

Cette recommandation est obligatoire pour tout dispositif de sécurité manuel ou automatique. Si l'éloignement du poste de travail n'est pas possible, la mise en place d'un **défecteur de flamme** à proximité du poste de travail est recommandée (mais agit cependant moins efficacement).



Éloigner le pupitre de commande

<sup>7</sup> Liés à une explosion d'ATEX ou au BLEVE d'un générateur d'aérosols

## 2. Installation d'une guérite de sécurité

Elle a pour fonction de protéger l'opérateur de la presse à balles, d'un incendie ou d'une explosion, lorsqu'il est à son poste de commande.

Cette mesure n'est donc pas utile si le poste de commande se situe à plus de 5 mètres de la presse à balles.

Il s'agit d'une petite guérite avec les caractéristiques suivantes :

- Dimension 1m x 1m x 2m
- Cadre en Acier
- Toit en plaque Acier 3mm d'épaisseur
- Plaque Acier 3mm sur 3 côtés jusqu'à une hauteur de 1,4m
- Plexiglas double épaisseur pour assurer la visibilité

Ce type d'équipement peut générer des contraintes d'encombrement et des problèmes de nettoyage. Un maintien en état est néanmoins indispensable.

## 3. Établissement d'un périmètre de sécurité

**Interdire**, à toutes personnes, l'accès à la zone de mise en balle par un moyen physique et/ou une signalisation appropriée.

# B Mesures de prévention et limitation des risques

## 1. Éloignement des équipements électriques

L'objectif est d'empêcher l'inflammation de l'ATEX qui est générée lors de la mise en balles. Il s'agit d'empêcher toute étincelle ou flamme dans le périmètre de l'ATEX et pendant les quelques minutes pendant lesquelles les gaz inflammables sont en concentration suffisante pour s'enflammer ou exploser.

Le périmètre correspond au nuage ATEX à prendre en compte pour la sécurisation. **Il est de 2 mètres autour de la chambre de compaction.**

3 zones sont particulièrement concernées :

- Ligaturage en avant du bélier et en début de canal
- Arrière du bélier
- Base de la trémie d'alimentation

Dans ce périmètre, les pièces électriques susceptibles de produire une étincelle sur la presse à balles peuvent être nombreuses (moteurs, électrovannes, contacteurs, capteurs de niveau, commandes).

Pour éviter tout risque d'inflammation, les pièces électriques situées dans cette zone qui remplaceront les précédentes doivent avoir les caractéristiques ATEX suivantes :

- Groupe II
- Zone 0 ou zone 1
- Catégorie (ATEX 94/9/CE), 1G ou 2G
- Température de surface maximum 230°



Éloigner les équipements électriques

## 2. Détection d'ATEX

Un système de détection d'ATEX peut être mis en place pour contrôler la zone de compression ou bien l'environnement proche de la presse afin de **bloquer automatiquement son fonctionnement** en cas d'atteinte d'une concentration en gaz inflammables proche du seuil d'explosivité. Le fonctionnement de la presse est maintenu bloqué tant que la concentration en gaz inflammables demeure en zone de danger. Cela a potentiellement pour conséquence d'allonger significativement le cycle de production d'une balle d'aluminium.

## 3. Bac de Rétention

Les liquides inflammables (types alcools) encore contenus dans les générateurs d'aérosols se répandent sous la presse à balles et peuvent s'enflammer. Ils peuvent générer un feu régulier qu'on ne peut pas éteindre avec de l'eau.

L'objectif du bac de rétention est double :

- Éviter la création et la propagation d'un feu de flaque (étalement des liquides inflammables),
- Contribuer à améliorer la propreté en dessous de la presse, et éviter que le feu de flaque ne se propage aux déchets solides présents en permanence en dessous de la presse à balles.

**Ce bac, métallique et sur roulettes, doit avoir une capacité minimale de 6 litres<sup>8</sup>.** Il peut être équipé d'une grille qui retiendra les solides tout en permettant l'écoulement des liquides.

Afin d'être efficace, il doit être vidé et nettoyé régulièrement et en tous cas avant toute mise en balle de déchets aluminium.

On peut également prévoir des absorbants.



Bac de rétention

<sup>8</sup> Correspond à la quantité maximale de liquide inflammable produite par balle

#### 4. Aspersion d'eau dans la trémie

Ce dispositif vise à éteindre un feu qui aurait pris dans la colonne d'alimentation de la presse à balles. L'origine de ce feu peut provenir de la chambre de compaction ou des couteaux de la presse (partie supérieure du bélier et partie inférieure de la colonne d'alimentation).

A ce niveau, un générateur d'aérosol plein peut être cisaillé, avec production d'étincelles d'origine mécanique, suivi d'explosion/inflammation. Lorsque le feu prend à ce niveau, il peut générer des phénomènes de Bleve, qu'il est difficile de maîtriser.

Il est préconisé d'installer **une buse de sprinklage** à l'aplomb de la colonne d'alimentation de la presse à balles. Il s'agit d'un déluge d'eau, plus fort qu'une douche. Le débit préconisé est de 10 litres/mn/m<sup>2</sup>.

Ce dispositif est branché de préférence sur le réseau sprinkler, ou bien sur le dispositif RIA du centre de tri sous réserve que la pression et le débit disponibles soient suffisants.

Le déclenchement de ce déluge d'eau peut être fait de façon manuelle ou automatique avec **un détecteur de flamme**.

#### 5. Barrières coupe-feu

Elles ont comme objet d'empêcher un incendie conséquent de s'étendre aux abords immédiats de la presse à balles, à savoir les stocks de produits en vrac et en balles entreposés à proximité. Cette mesure assure qu'un incendie déclaré au niveau de la presse à balles ne se propage pas à l'ensemble du bâtiment de tri.

Ces barrières coupe-feu peuvent être constituées de différentes façons :

- L'éloignement des balles ou stocks de vrac : 5m pour une barrière coupe-feu de 1h, 8m pour une barrière coupe-feu de 2h,
- Un mur coupe-feu : La hauteur du mur sera au minimum de 8m, et au mieux jusqu'au toit. Le mur peut être construit en parpaings spécifiques,
- Il doit avoir sa propre stabilité. Il faut donc qu'il soit raccordé à la charpente du bâtiment. L'alternative est de construire trois retours,
- La solution alternative d'un brouillard d'eau. Cette alternative consiste en l'installation d'un système de brouillard d'eau, ou d'une rampe de sprinklage, faisant écran à la propagation du feu dans la direction voulue. Par sécurité et par commodité, il est nécessaire d'avoir une commande manuelle et un détecteur de feu pour déclencher/ arrêter ce brouillard. La commande manuelle doit se situer au niveau du poste de commande de la presse à balles.

#### 6. Autres mesures de prévention

- Disposer de **matériel adapté de lutte contre l'incendie** (extincteur et RIA) à proximité de la mise en balle. Privilégier eaux + additif (refroidissement) ou poudre pour les feux de flaques en plus des dispositifs réglementaires d'extinction qui doivent équiper le centre de tri.



## C Consignes d'exploitation

---

Simple à mettre en œuvre, elles permettent en premier lieu de prévenir l'apparition d'un événement accidentel, et en second lieu d'en limiter la gravité.

- **Ordre Rangement Propreté :**
  - Assurer **ordre, rangement et propreté** rigoureux autour du poste de compactage.
  - On doit notamment exclure les papiers, cartons, chiffons, films plastiques et, en général, tout déchet combustible,
  - **Nettoyer** au préalable la ligne **avant** mise en balles d'aluminium, notamment le bac de rétention,
  - **Nettoyer** la ligne **après** la mise en balle d'aluminium.
- Vérification de la mise en place du bac de rétention ou mise en place d'un tapis d'absorbant minéral.
- Lorsque l'équipement le permet, **réglage des paramètres de mise en balle adaptés à l'aluminium** (vitesse, pression, ...).
- Mise en place du **périmètre de sécurité** (Éloigner toutes personnes de la presse jusqu'à la balle suivant celle d'aluminium).
- **Limitation à un cycle** d'une seule balle d'aluminium pouvant contenir des générateurs d'aérosols.
- **Limitation de la quantité de déchets dans la trémie** en conséquence.
- **Avant et après une balle d'aluminium, pressage d'une balle de cartons** (balles les moins inflammables).
- Mise en place des **moyens d'intervention. Deux opérateurs** peuvent être nécessaires lors de la mise en balle de l'aluminium :
  - Un opérateur est prêt à éteindre un départ de feu au niveau des balles, en utilisant le RIA le plus proche,
  - L'opérateur au poste de commande est prêt à actionner le sprinkler sur la colonne d'alimentation de la presse si le dispositif de déclenchement n'est pas automatique,
  - Ils se situent à plus de 5 m de la presse (zone de ligaturage et colonne d'alimentation).
- Des extincteurs à poudre sont prêts à être utilisés en cas de feu de nappe sous la presse. Ne pas utiliser d'eau pour de tels feux.
- Dans la mesure du possible, **limitation de la quantité de générateurs d'aérosols en stocks.**
- Vérification de **l'absence de stockage de matières combustibles à proximité** (propagation et accessibilité intervention).
- Vérification de l'absence de stockage de balles formées à proximité (feu de surface, ...).
- Définition et test (exercices) des consignes en cas d'urgence / Évacuation.
- Interdire le travail de personnel à proximité.
- Interdiction de fumer dans le stockage ou d'y apporter du feu sous quelque forme que ce soit. Cette consigne doit être clairement affichée.
- Mise en place d'une procédure de permis de feu pour tous les travaux susceptibles d'émettre chaleur, flammes et étincelles.
- Définition des EPI (équipement de protection individuelle) à porter.
- Signaler toute situation accidentelle.

## D Formation du Personnel

---

Toutes les personnes intervenant sur la mise en balles de l'aluminium doivent être formées aux risques, consignes d'exploitation et mode opératoire (enregistrement, ...) :

- Formation aux consignes en cas d'urgence / Évacuation.
- Formation au port des EPI adaptés (voir ajout en fonction des EPI déjà à disposition en centre de Tri).
- Formation d'équipier de première intervention (extincteur).
- Pendant la formation incendie, envisager les quatre types de départ de feu possibles :
  - Départ de feu au niveau de la balle suivante ou la balle précédente dans le canal de la presse,
  - Explosion avec boule de feu à l'avant ou à l'arrière du bélier,
  - Incendie dans la colonne d'alimentation de la presse à balles,
  - Feu de nappe sous la presse à balles.
- Manipulation des outils disponibles sur le centre de tri pour arrêter un incendie :
  - Les commandes d'arrêts d'urgence,
  - Les RIA,
  - Les extincteurs, et notamment les extincteurs à poudre pour éteindre les feux de nappe.



# E Solutions additionnelles pour la conception de nouveaux centres de tri

---

En plus des bonnes pratiques détaillées précédemment, les mesures techniques suivantes doivent être prises en compte lors de la mise en place de nouvelles installations. Elles sont également envisageables sur du matériel existant mais plus difficiles à mettre en œuvre.

→ **Rendre les équipements accessibles** à la fois pour en assurer la maintenance et pouvoir intervenir en cas d'incident.

→ **Préférer les presses présentant le moins de sources d'inflammation potentielles ou bien éloigner les équipements électriques.**

L'objectif est d'empêcher l'inflammation de l'atmosphère explosible pouvant être générée lors de la mise en balles.

Il s'agit d'éviter toute étincelle ou flamme dans le périmètre pendant les quelques minutes où une atmosphère explosible peut être présente (si concentration des gaz inflammables suffisante pour s'enflammer ou exploser).

Ce périmètre est de **2 mètres autour de la chambre de compactage.**

3 zones sont plus particulièrement concernées :

- Ligaturage en avant du bélier et en début de canal
- Arrière du bélier
- Base de la trémie d'alimentation

→ **Installer de préférence du matériel certifié ATEX.**

Lorsque l'éloignement des équipements électriques n'est pas possible, il convient d'installer du matériel certifié ATEX avec les caractéristiques suivantes :

- Groupe II
- Zone 0 ou zone 1
- Catégorie (ATEX 94/9/CE), 1G ou 2G
- Température de surface maximum 230°

→ **Prévoir une ventilation de la chambre de compression.**

→ **Veiller dès la conception à prévoir un espace suffisant autour de la presse** pour l'évacuation ainsi que le nettoyage des bacs de rétention.

→ **Analyser tous les risques de propagation d'incendie** notamment par l'intermédiaire des tapis et prévoir les mesures compensatoires.

→ **Mettre en place un système de détection de flamme**, l'activation automatique d'extinction ainsi que l'activation manuelle depuis une zone protégée.

# 3/ Intégration d'un dispositif de pré-conditionnement pour éliminer les résidus de gaz

---

La **seconde** démarche envisageable pour traiter le risque et résoudre le problème de façon complète, consiste à installer un outil spécifique de pré-conditionnement du flux d'emballages en aluminium.

Ce type de dispositif a été conçu pour supprimer le risque de formation d'ATEX au moment de l'étape de mise en balles, en écrasant et en perçant les emballages en aluminium au fil de l'eau de leur production pour s'assurer que les générateurs d'aérosols qui sont présents sont débarrassés de leurs résidus de gaz.

Les éléments qui suivent décrivent les tests réalisés pendant 1 mois sur un prototype en conditions normales de fonctionnement, et détaille les recommandations qui en ont été tirées.

# A Éléments constructifs

Cette invention est protégée par un brevet, déposé par CITEO (ex. Eco-Emballages) en date du 10 juillet 2014 et enregistré au Répertoire National des Brevets sous le numéro 14 56675 et référencé FR\_3023496\_A1. Ce brevet porte sur un « dispositif de préparation de récipients d'aérosols pour leur élimination ou leur recyclage et installation comprenant un tel dispositif ».

L'exploitation du brevet et des principes constructifs qui suivent sont soumis à autorisation préalable de la part de CITEO.

## 1. Principes constructifs

Le pré-conditionneur se compose de deux tambours de diamètre 345 mm, positionnés l'un en face de l'autre (Figure 1). Les tambours sont dotés de picots disposés en quinconce dont le rôle est d'assurer le perçage des emballages aluminiums.

De par la rotation des tambours, en sens inverse, les éléments sont entraînés entre les deux tambours. Les éléments passent entre ces deux tambours espacés de 20mm où ils sont comprimés et percés.

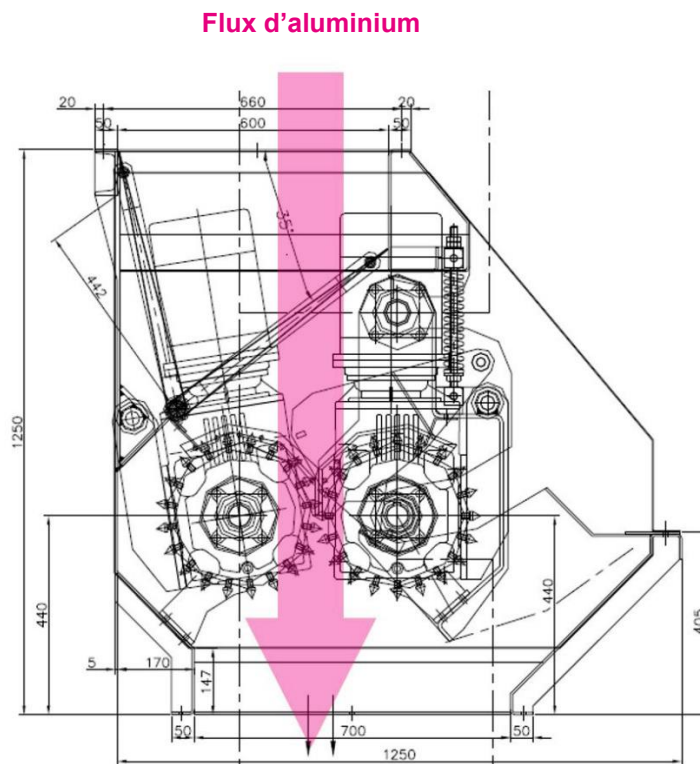


Figure 1 : Vue latérale du pré-conditionneur d'aluminium

Sur le site pilote, l'alimentation se fait par une goulotte métallique de déversement avec un auvent anti-retour de flammes.



Figure 2 : Alimentation du pré-conditionneur



Figure 3 : Auvent anti retour de flammes

## 2. Dispositif pour traiter les « incompressibles »

L'un des tambours est escamotable, positionné sur un axe amovible permettant de créer un espace plus important entre les tambours et laisser passer les objets volumineux incompressibles. Cf figure 4.

## 3. Dispositions pour prévenir la formation d'étincelles

Les éléments suivants ont été mis en œuvre pour prévenir la formation d'étincelles :

- Nature de l'alliage constituant les piquots : les piquots sont constitués d'un alliage Ni Cr Mo moins sujet à la création d'étincelles qu'un alliage ferreux,
- Vitesse de rotation des rouleaux peu élevée : la vitesse de rotation des rouleaux est de 40 tours/mn soit une vitesse linéaire en périphérie des rouleaux de 0.72 m/s,
- L'équipotentialité électrique entre les rouleaux est assurée par la mise à la terre de la machine.

#### 4. Plans de la machine

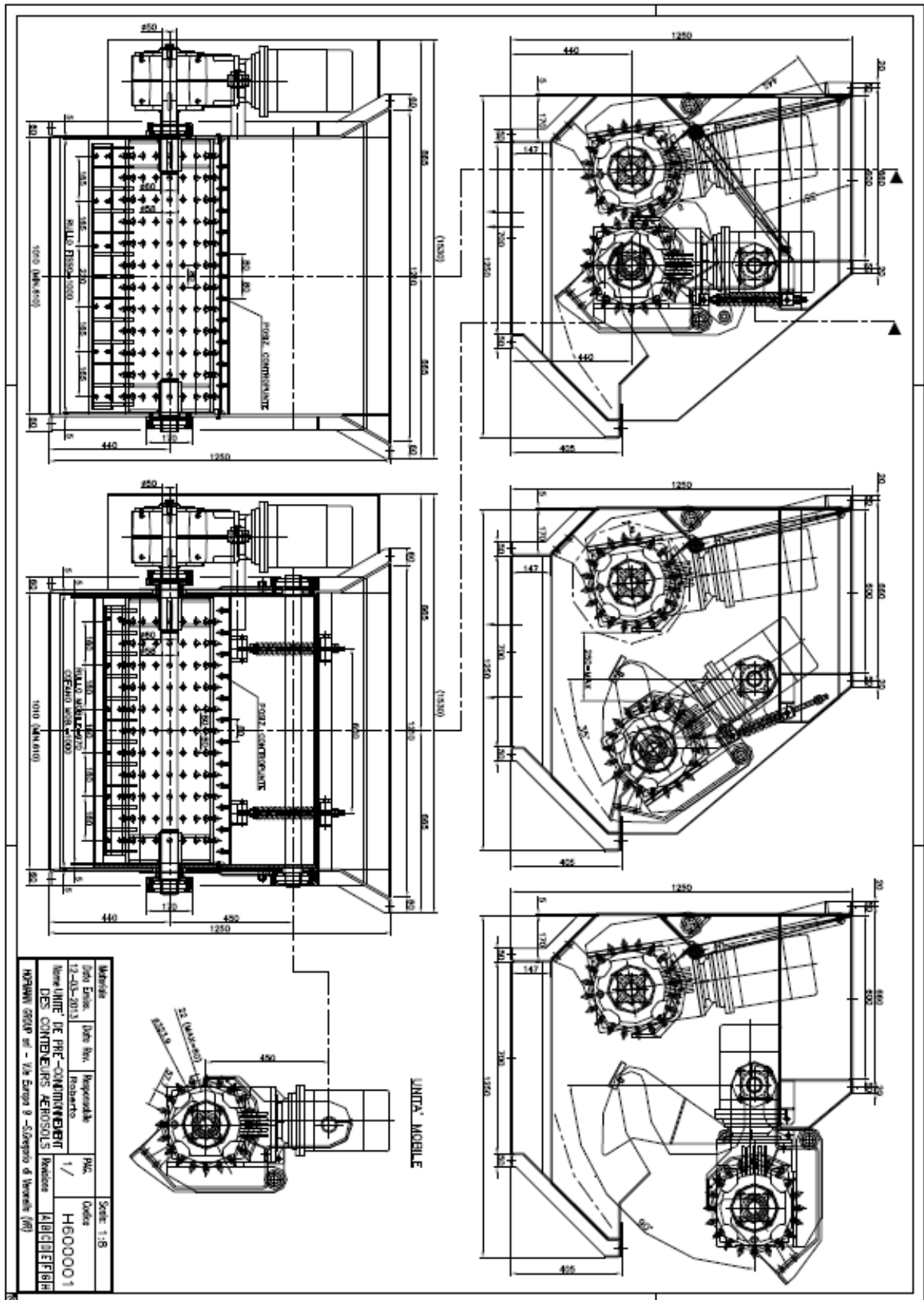


Figure 4 : Plan de la machine

## B Implantation sur la chaîne de tri

### 1. Positionnement dans le process de tri

Pour la réalisation des essais, la machine a été implantée après la machine à courant de Foucault, en amont du stockage des emballages aluminiums triés. L'alimentation s'est fait en continu avec un convoyeur.

Le principe d'intégration du pré-conditionneur d'aluminium sur le process de tri est présenté ci-dessous.

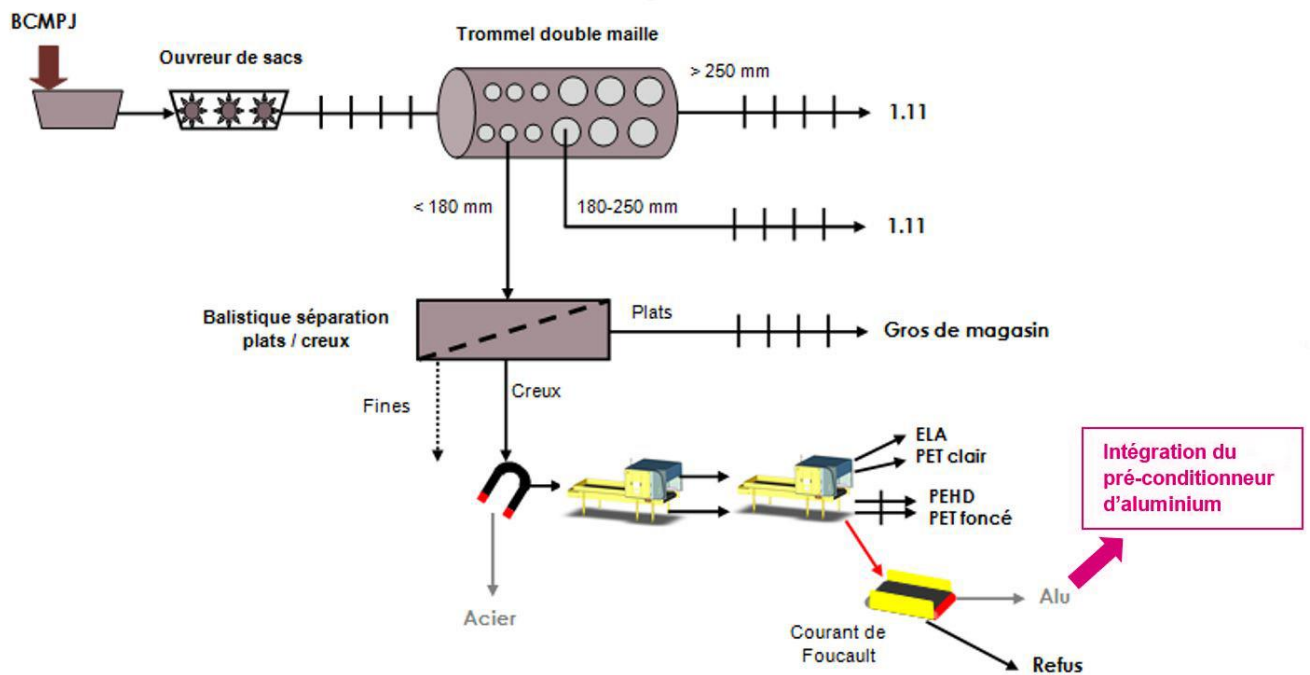


Figure 5 : Synoptique du process de la chaîne de tri

**Le pré-conditionneur d'aluminium a été installé à l'extérieur du bâtiment de tri dans le cadre de l'expérimentation pilote.**

L'implantation de la machine en intérieur de bâtiment n'a pas été retenue, mais des hypothèses de dimensionnement d'un dispositif d'extraction des gaz sont mentionnées dans le rapport de l'INERIS DRA-15-131641-12017A fourni en Annexe 4.

Un dispositif de by-pass a été mis en place pour pouvoir orienter directement les aluminiums non percés vers l'alvéole de stockage, et ainsi pouvoir faire face à une éventuelle indisponibilité de la machine.





Figure 6 : Implantation du pré-conditionneur à l'extérieur du bâtiment du centre de tri



Figure 7 : Aluminiums perforés mis en balle

## 2. Éléments de sécurité mis en place autour de la machine

Les dispositifs de sécurité suivant ont été mis en place autour de la machine :

- Bouton d'arrêt d'urgence à proximité du pré-conditionneur,
- Détecteur de flamme, type Infra-rouge, couplé au fonctionnement du pré-conditionneur,
- Équipements de lutte contre l'incendie (extincteur à proximité immédiate ainsi que deux lances RIA),
- Éléments permettant d'instaurer un périmètre de 5 m. autour du pré-conditionneur afin d'en limiter l'accès et réduire les risques humains en cas d'inflammation.

## C Résultats de l'expérimentation pilote

### 1. Efficacité de la machine

- En moyenne, 91 % des générateurs d'aérosols sont percés par le pré-conditionneur d'aluminium.
- L'efficacité du pré-conditionneur est bonne pour les générateurs d'aérosols de 100 ml et plus qui sont majoritaires, mais elle est moindre pour les générateurs d'aérosols de taille inférieure à 100 ml qui représentent moins de 4% des générateurs d'aérosols car ils peuvent passer entre les rouleaux.

Le diagramme suivant permet de visualiser l'efficacité du perçage en fonction des volumes des objets caractérisés.

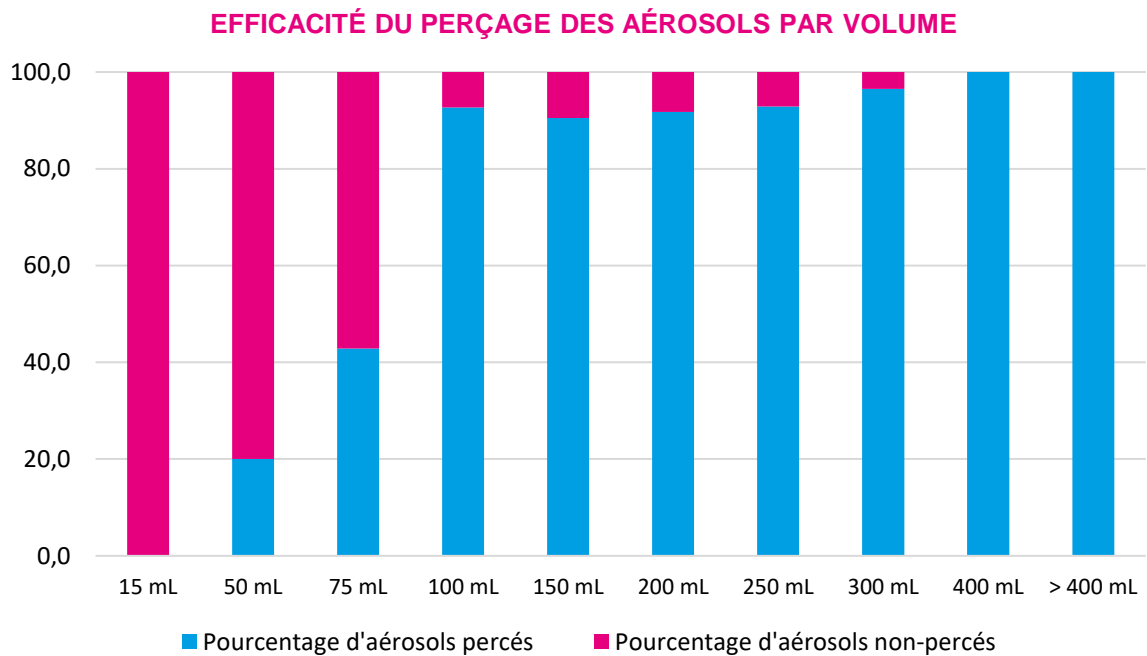


Figure 8 : Efficacité du perçage des générateurs d'aérosols en fonction de leur volume



## 2. Les émanations

### ■ Étude acoustique

Une étude acoustique a été réalisée afin d'évaluer l'impact sonore du pré-conditionneur d'aluminium implanté à l'extérieur du centre de tri.

Les résultats obtenus mettent en évidence les points suivants :

- Le respect des émergences réglementaires au niveau des zones bâties les plus proches de l'installation (ZER),
- Le respect des seuils acoustiques réglementaires en limite de propriété de l'installation.

Les conclusions de cette étude sont comparables avec celles de l'étude acoustique menée en 2013 sur le site :

- Les niveaux de pression sonore respectent la réglementation en limite de propriété et en limite de ZER,
- Le bruit généré par le centre de tri d'une part et le fonctionnement du pré-conditionneur d'aluminium d'autre part est très peu perceptible.

**Pas de problèmes de bruit liés au pré-conditionneur à l'extérieur du bâtiment de tri**

### ■ Production de liquides

Le niveau des liquides dans le bac de rétention disposé sous le bac grillagé recueillant les aluminiums percés a été contrôlé au cours des essais, au moment de son vidage avant l'opération de mise en balles. Le bac de rétention a été contrôlé vide dans la majorité des cas.

**L'expérimentation n'a pas généré d'effluent liquide en provenance du flux aluminium.**

### ■ Émanations gazeuses

Deux campagnes de mesures ont été réalisées :

#### • La première campagne de mesure : 1 mois

Elle a consisté en l'installation de 5 explosimètres autour de l'installation afin de déterminer, en fonctionnement normal, si l'installation peut générer une ATEX dans les conditions de l'essai.

**Les émanations de gaz inflammable (butane, propane, diméthyle éther) mesurées en continu pendant un mois à proximité immédiate du pré-conditionneur (moins de 2 mètres) ne dépassent pas 40 % de la LIE du propane, même lors du passage d'un générateur d'aérosol plein de grande capacité (400 ml) introduit volontairement.**

#### • La seconde campagne de mesure : 1 journée

**Cette seconde campagne** a été réalisée sur le pilote en conditions de confinement, avec l'objectif de quantifier et de caractériser les rejets de COV (composés organiques volatiles) générés par l'installation avec une enceinte de confinement temporaire.

Le flux massique de gaz émis à ce niveau a été mesuré en atmosphère confinée pendant une journée. **Le résultat, exprimé en grammes équivalent Carbone par heure des Composés Organiques Volatiles Totaux, est de 70 grammes par heure** (Rapport INERIS en Annexe 3).

L'arrêté du 02 février 1998 (émissions de toute nature des ICPE soumises à autorisation) fixe une limite maximum de 2 kg/h pour les COVT ce qui est bien supérieur aux émanations mesurées sur le site pilote.

Le détail des concentrations mesurées par composé majoritaire figure dans le rapport de l'INERIS.

N.B. : Rappelons que les émanations gazeuses sont directement proportionnelles au débit du centre de tri, et à la nature du flux trié. Le centre de tri pilote fonctionne à un débit de l'ordre de 10 t/h, soit de l'ordre de 30 000 tonnes par an.

### 3. Gain de temps lors de la mise en balles du flux aluminium

Le site pilote dispose d'un détecteur d'atmosphères explosives (ATEX) exprimé en pourcentage de la limite inférieure d'explosivité (LIE) des gaz combustibles. L'instrument de mesure est installé au niveau de la presse à balles. Cet appareil avertit les opérateurs lorsque la quantité de gaz présente un risque d'explosion ou d'incendie.

#### ■ Mise en balles d'un flux aluminium sans pré-conditionnement :

Le dégagement de gaz déclenche l'alarme ATEX et l'arrêt de la presse à balle jusqu'au retour à des concentrations en gaz ne présentant plus de risque d'incendie.

Ces temps d'arrêt impliquent un **temps de mise en balles de l'ordre de 40 minutes par balle** et provoquent une gêne évidente pour l'exploitant du centre de tri.

#### ■ Mise en balles d'un flux aluminium perforé :

Au cours des opérations de mise en balles des aluminiums perforés, il n'y a pas eu de déclenchement de l'alarme ATEX de la presse à balles du centre de tri pilote.

La production d'une balle d'aluminium préalablement perforé nécessite moins de 5 minutes au lieu de 40 minutes pour une balle d'aluminium non perforé. Ce constat permet de juger de l'efficacité globale du perçage des générateurs d'aérosols par le pré-conditionneur et de son intérêt par rapport à une simple solution de détection installée au niveau de la presse.

## D Aspects réglementaires

---

### 1. Réglementation ATEX, sécurité sur le site<sup>9</sup>

Cette machine génère une **zone ATEX niveau 0** dans le volume de la zone de perçage à l'intérieur de la machine.

Une **zone ATEX niveau 2** est définie dans un périmètre de 5 mètres autour du pré-conditionneur. Ce périmètre correspond à une zone accessible aux opérateurs du site, selon des procédures sécurité bien précises.

### 2. Réglementation ICPE

L'arrêté du 02 février 1998 - relatif aux émissions de toute nature des ICPE soumises à autorisation - fixe une valeur limite de 2kg/h de COVT, pour l'ensemble du site.

En ce qui concerne les émanations gazeuses, pour un centre de tri avec un débit de l'ordre de 10 tonnes par heure de collecte sélective, le flux total émis au niveau du pré conditionneur aluminium, est de l'ordre de 70 gramme/h de COVT. C'est ce qui a été constaté sur le site pilote.

Le flux de COVT émis par l'installation ne varie pas avec l'installation d'un pré-conditionneur et reste inférieur à la limite des 2 kg/h réglementaires.

Il n'y a pas d'autres réglementations ICPE concernant l'installation du pré-conditionneur du flux d'aluminiums.

En conséquence, l'installation d'un équipement de pré-conditionnement des aluminiums peut se faire dans le cadre des rubriques ICPE déjà appliquées aux centres de tri.

### 3. Information de l'inspection des installations classées

Dans ces conditions, la démarche à entreprendre par un centre de tri souhaitant s'équiper de ce type de dispositif auprès de la DREAL détentrice de l'autorité en matière d'ICPE, consiste en un dépôt de « porter à connaissance ».

Dans ce « porter à connaissance », il est recommandé de décrire les dispositions particulières qui seront installées dans l'environnement immédiat du pré-conditionneur.

Pour un nouvel équipement, la machine et les moyens de protection mis en place doivent figurer dans le dossier établi dans le cadre de la procédure d'enregistrement dont relèvent les centres de tri.

---

<sup>9</sup> Cf. rapport de l'INERIS en Annexe 3

# E Enseignements de l'expérimentation pilote

L'expérimentation sur le centre de tri pilote (30 000 tonnes de collecte sélective multimatériau par an) a mis en évidence les enseignements suivants :

- Pas de départ de feu au niveau du pré-conditionneur,
- Pas de problèmes d'usure, ni de bourrage constaté sur le pré-conditionneur : il est adapté à un approvisionnement en continu sur le process de tri,
- 91 % des générateurs d'aérosols sont percés par le pré-conditionneur d'aluminium,
- La meilleure performance de perçage est obtenue pour les générateurs d'aérosols de volume 100 ml ou plus qui représentent 96 % du gisement de générateurs d'aérosols,
- Dégazage quasi complet confirmé lors de la mise en balles avec le détecteur ATEX installé sur la presse à balles qui ne s'est pas déclenché lors des essais,
- Pas d'émergence acoustique liée à l'utilisation de l'appareil,
- Pas d'effluent liquide en provenance du flux d'aluminium,
- Les émanations gazeuses sont très inférieures au seuil de 2 kg/h de COVT défini par l'arrêté du 2 février 1998,
- Les émanations de gaz inflammable mesurées à proximité immédiate du pré-conditionneur (moins de 2 mètres) ne dépassent pas 40 % de la LIE du propane,
- Pas d'inflammation constatée lors du conditionnement en balles du flux d'aluminium pré-conditionné (pas de déclenchement du détecteur de flammes),
- Gain de temps pour la mise en balles de l'aluminium pré-conditionné et donc gain de disponibilité de la presse par rapport à une simple solution de détection d'ATEX bloquant le fonctionnement de la presse.

**LE PRÉ-CONDITIONNEMENT DES EMBALLAGES ALUMINIUM CONSTITUE UNE SOLUTION OPÉRATIONNELLE POUR MAITRISER LES RISQUES D'INCENDIE EN CENTRES DE TRI.**

**L'INSTALLATION D'UN PRÉ-CONDITIONNEUR EN EXTÉRIEUR PEUT SE FAIRE DANS DES CONDITIONS DE RISQUES IDENTIFIÉS ET QUI PEUVENT ÊTRE MAITRISÉS.**

**TOUTE AUTRE OPTION RELATIVE À L'IMPLANTATION DE LA MACHINE, NOTAMMENT À L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT DE TRI<sup>10</sup>, DEVRA FAIRE L'OBJET D'ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES POUR IDENTIFIER LES RISQUES SPÉCIFIQUES LIÉS À UN POSSIBLE CONFINEMENT, ET LES MESURES DE SÉCURITÉ APPROPRIÉES À METTRE EN ŒUVRE.**

<sup>10</sup> Le rapport INERIS n° DRA-15-131641-12017A en Annexe 4 fourni des hypothèses de dimensionnement de ventilation d'extraction pour une configuration à l'intérieur.

# F Recommandations

---

## RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA CONCEPTION DE LA MACHINE

- Prévoir un dispositif anti-retour de flammes,
- Prévoir un dispositif pour éviter les bourrages liés aux objets volumineux,
- Prévenir la formation d'étincelles en choisissant un alliage approprié pour les piquots, limiter la vitesse linéaire des rouleaux et assurer leur équipotentialité.

## RECOMMANDATIONS RELATIVES À L'INSTALLATION DE LA MACHINE

- privilégier une implantation de la machine à l'extérieur lorsque c'est possible pour limiter les risques d'accumulation de gaz et de formation d'ATEX,
- prévoir un dispositif by-pass en cas de panne de la machine,
- prévoir a minima les dispositifs de sécurité suivant :
  - Bouton d'arrêt d'urgence à proximité du pré-conditionneur,
  - Détecteur de flamme, type Infra-rouge, couplé au fonctionnement du pré-conditionneur,
  - Equipements de lutte contre l'incendie (extincteur à proximité immédiate ainsi que deux lances RIA),
  - Eléments permettant d'instaurer un périmètre de 5 m. autour du pré-conditionneur afin d'en limiter l'accès et réduire les risques humains en cas d'inflammation.

## 4/ Conclusion

---

Les différentes études et expérimentations réalisées ont permis de montrer que l'on peut prévenir et maîtriser les risques liés au conditionnement des emballages en aluminium.

Pour cela les exploitants de centres de tri disposent d'une gamme de mesures qui ont fait leurs preuves :

- Des mesures préventives destinées à maîtriser les risques lors de la survenue d'un départ de feu,
- L'installation d'un pré-conditionneur qui permet d'évacuer les résidus de gaz présents dans le flux d'aluminium avant l'opération de mise en balles.

En fonction de la configuration de son centre de tri, l'exploitant pourra choisir les mesures les plus appropriées.

# Annexes

---

- Annexe 1 : **Glossaire (p.32)**
- Annexe 2 : **Généralités sur les générateurs d'aérosols (p.33)**
- Annexe 3 : **Rapport INERIS relatif aux essais n° DRA-17-160016-04574A (p.36)**
- Annexe 4 : **Rapport INERIS préalable aux essais n° DRA-15-131641-12017A (p.75)**

## Annexe 1

# Glossaire

---

- ATEX** : atmosphère explosive, qui peut exploser si elle est en présence d'oxygène (de l'air) et d'une source d'ignition (étincelle, électricité statique) et si elle est confinée.
- BLEVE** : acronyme de l'anglais: « boiling liquid expanding vapor explosion » peut être défini comme une vaporisation violente à caractère explosif consécutif à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique. Ne se produira pas lors de l'écrasement des générateurs d'aérosols mais peut se produire si un générateur d'aérosol plein de liquide inflammable est soumis à un incendie.
- Nappe** : un feu de nappe est un feu qui se propage horizontalement sur une flaque de liquide inflammable. Le feu de nappe a une cinétique lente : il est possible de lutter contre un tel feu, au contraire des deux phénomènes précédents.
- CFA** : Comité Français des Aérosols. Syndicat interprofessionnel qui représente l'industrie des générateurs d'aérosols en France.
- Danger / Risque** : Le danger est caractérisé par un état. Propriété intrinsèque d'un équipement, d'une substance, d'une méthode de travail, d'une situation particulière, susceptible de provoquer une atteinte à la santé. Le risque est caractérisé par une dynamique. Il est la conséquence potentielle du danger sur la personne ou les biens.
- EPI** : Équipements de Protection Individuels.
- ICPE** : installation classée pour la protection de l'environnement.
- LIE** : Limite inférieure d'explosivité.
- RIA** : Robinet d'Incendie Armé.
- ZER** : Zone à Émergence Réglementée. Y sont notamment incluses les habitations, les zones occupées par des tiers (industries, établissement recevant du public, camping, ...) et les zones constructibles.



## Annexe 2

# Généralités sur les générateurs d'aérosols

### Description d'un générateur d'aérosols

Un générateur aérosol est, selon la Directive 75/324, « l'ensemble constitué par un récipient non réutilisable en métal, en verre ou en plastique contenant un gaz comprimé, liquéfié ou dissous sous pression, avec ou sans liquide, pâte ou poudre et pourvu d'un dispositif de prélèvement permettant la sortie du contenu sous forme de particules solides ou liquides en suspension dans un gaz ou sous forme de mousse, de pâte ou de poudre ou à l'état liquide ».

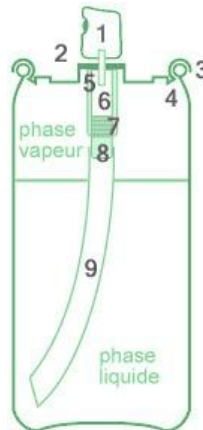
Un aérosol, ou plus exactement un générateur aérosol, contient donc :

- Un produit actif et un ou des solvants
- Un gaz propulseur ou un mélange de gaz propulseurs (gaz liquéfiés ou comprimés)

Ce récipient est muni d'une valve et d'un diffuseur. En appuyant sur le diffuseur, la valve est actionnée, le produit est poussé dans le tube plongeur par la pression, permettant la restitution du produit sous forme de gouttelettes, de mousse, de pâte ou de poudre.

Le boîtier d'un générateur d'aérosol est le plus souvent métallique, en acier (fer blanc) ou en aluminium

1. Diffuseur
2. Joint interne
3. Joint externe
4. Coupelle
5. Gicleur
6. Soupape
7. Ressort
8. Corps de valve
9. Tube plongeur



Il existe donc des générateurs d'aérosols :

- De spray (laques pour cheveux, déodorants, désodorisants, peintures, insecticides, lubrifiants, ...) qui contiennent souvent 40% de gaz propulseur liquéfié,
- De mousse (mousse à raser, crème chantilly, mousse isolante, ...) qui contiennent en général peu de gaz propulseur liquéfié (quelques %),
- De liquide pâteux (regonfle pneus, colle, ...) qui contiennent des quantités variables de gaz propulseur (mais cette catégorie représente peu de produits).

Ces générateurs d'aérosols utilisent comme gaz propulseurs des gaz liquéfiés (hydrocarbures tels butane, propane ou Diméthylether) inflammables et des gaz comprimés (air, azote, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, ininflammables). Ces gaz ont remplacé les chloro-fluoro-carbones (CFC) non inflammables. **Les CFC ne sont plus utilisés comme gaz propulseur dans les générateurs d'aérosols depuis 1989.**

On peut considérer de façon approximative que 85% des générateurs d'aérosols utilisent des gaz propulseurs inflammables.

Le matériau du récipient est majoritairement constitué d'aluminium ou d'acier étamé (fer blanc). Ils ont une capacité totale variant de 50 ml à 1000 ml pour les générateurs d'aérosols en métal selon la Directive 75/324.

En France, un peu plus de la moitié des générateurs d'aérosols sont en aluminium, et sont très utilisés dans la cosmétique.

## Les risques d'explosion et d'incendie

### 1. Explosion d'une atmosphère explosible

Lorsque des générateurs d'aérosol sont pressés en même temps que le reste du flux d'aluminium, il y a libération de vapeurs inflammables mélangées avec l'air.

En l'absence d'extraction mécanique, les gaz émis peuvent ne pas être dilués suffisamment vite.

Une accumulation de vapeurs inflammables peut alors se produire à l'intérieur et à proximité de la chambre de compression, de la zone de translation du béliet et du canal de sortie des balles et ainsi engendrer la formation d'une atmosphère explosive.

Ce phénomène est accentué par :

- Une proportion plus importante des générateurs d'aérosols dans la balle pressée
- L'enchaînement de plusieurs balles d'aluminium d'affilée.

Toute source d'ignition (matériel électrique, accumulation de charge électrostatique, étincelle, flammes, point chaud) est susceptible d'enflammer ce mélange et d'engendrer une explosion pouvant entraîner des effets thermiques et de surpression graves sur, d'une part, le personnel situé à proximité et les installations d'autre part.

### 2. Incendie

Il existe plusieurs configurations d'incendie :

- Le feu de nappe : l'incendie d'une flaque de liquide en dessous du canal de sortie des balles (les liquides inflammables que peuvent contenir les générateurs d'aérosols s'écoulent sous la presse et son canal de sortie),
- L'incendie « accroché » sur les balles qui contiennent, en surface, des liquides inflammables,
- La propagation aux déchets présents dans la trémie d'alimentation de la presse (explosion, ...). Cette situation est une conséquence de l'une des situations précédentes. La présence dans la trémie de générateurs aérosols non éventrés peut générer des explosions de type « mini BLEVE ».

Les conséquences peuvent être diverses :

- Propagation de l'incendie aux autres balles ou à d'autres installations
- Étalement de l'incendie
- Difficulté d'accès avec des extincteurs à certaines parties enflammées
- Phénomène en série d'explosions

## Les facteurs aggravants

Tous les gisements d'emballages en aluminium contiennent des générateurs aérosols inflammables usagés.

Pour autant, si certaines opérations de mise en balle n'ont jamais connu d'incident, d'autres en ont eu. Donc, si la possibilité de présence d'une atmosphère explosible lors de l'écrasement des emballages est une constante, ce sont les facteurs aggravants qui transforment le danger en risque.

### 1. Fréquence

- La vitesse de mise en balle : le temps permet de diluer les gaz inflammables et de maintenir leur concentration sous la LIE (donc pas de formation d'une atmosphère explosible).
- Le modèle de presse à balle :
  - Si un seul programme commun au traitement de tous les déchets, il n'est pas possible d'adapter la pression et ainsi de sécuriser l'opération de mise en balle de l'aluminium,
  - Les incidents sont plus fréquemment identifiés dans des presses qui présentent des moteurs et des boîtiers de connexions électriques à proximité de la sortie de la chambre de compression.
- Les quantités de balles formées par campagne : la succession de balles d'aluminium favorise l'accumulation de gaz. La concentration peut alors atteindre la LIE.

### 2. Gravité

- La proximité des postes de travail : en cas d'explosion, il ne faut pas que des personnes soient exposées.
- La proximité des autres activités peut favoriser la propagation d'un incendie et gêner l'attaque du foyer d'incendie par les moyens de lutte à disposition.
- Le confinement : en cas de confinement partiel, une explosion peut entraîner la rupture des parois et donc la sortie d'une onde de choc ainsi que la projection d'éléments solides. En cas d'explosion dans une zone dépourvue de confinement, les effets de pression sont moindres mais les effets thermiques sont plus présents



## Annexe 3

# Rapport INERIS relatif aux essais n° DRA-17-160016-04574A

---

RAPPORT D'ÉTUDE  
N°DRA-17-160016-04574A

27/06/2017

**Accompagnement dans la conception et la réalisation d'un essai sur site d'un préconditionneur de générateurs d'aérosol en vue de maîtriser les risques de formation et d'explosion d'ATEX**

**INERIS**

*maîtriser le risque  
pour un développement durable*

**Accompagnement dans la conception et la réalisation d'un essai sur site d'un préconditionneur de générateurs d'aérosol en vue de maîtriser les risques de formation et d'explosion d'ATEX**

LES PENNES MIRABEAU

**Client : TRIDENT SERVICE**

**Liste des personnes ayant participé à l'étude : E. HAVRET, V. DEBUY, S. KASPRZYCKI, S. DIEU, F. DEL-GRATTA, F. FUVEL**

## Préambule



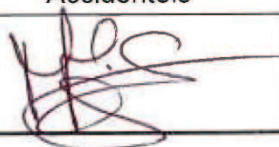
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	E. HAVRET	B. DEBRAY	M-A. SOENEN
<b>Qualité</b>	Ingénieur  Unité Evaluation et maîtrise des Risques d'Incendie et d'explosion dans les Procédés  Direction des Risques Accidentels	Responsable  Unité Evaluation et maîtrise des Risques d'Incendie et d'explosion dans les Procédés  Direction des Risques Accidentels	Responsable  Pôle Substances Produits et Procédés  Direction des Risques Accidentels
<b>Visa</b>			

## TABLE DES MATIERES

<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
Contexte et éléments contractuels.....	5
Contenu technique de la prestation .....	6
<b>1. DESCRIPTION SUCCINCTE DU FONCTIONNEMENT DU PRECONDITIONNEUR.....</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPTION D'UN GENERATEUR D'AEROSOL.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Caractéristiques des produits inflammables présents dans les générateurs d'aérosols .....</b>	<b>12</b>
<b>4. CAMPAGNES D'ESSAIS .....</b>	<b>13</b>
4.1 Objectifs des essais.....	13
4.2 Sécurisation des essais vis-à-vis du risque d'explosion .....	13
4.3 Campagne de mesures d'explosimétrie .....	15
4.3.1 Description du dispositif expérimental.....	15
4.3.2 Résultats et interprétations .....	17
4.4 Campagne de mesures des émissions de composés organiques volatils .....	23
4.4.1 Description du dispositif expérimental.....	23
4.4.2 Méthodologie mise en œuvre .....	25
4.4.3 Contrôles qualité .....	27
4.4.4 Observations sur la mise en œuvre des référentiels normatifs .....	27
4.4.5 Résultats.....	28
4.4.6 Discussion .....	31
<b>5. ANALYSE DES RISQUES ATEX SUR LA BASE DES RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES .....</b>	<b>32</b>
5.1 Analyse des risques et Classement en zones ATEX.....	32
5.2 Lutte contre les sources d'inflammation .....	33
5.2.1 Adéquation des appareils électriques et non électriques avec le classement des emplacements où des ATEX peuvent se présenter .....	34
5.2.2 Equipotentialité et continuité électrique.....	34
5.2.3 Formation du personnel et travaux .....	34
<b>6. CONCLUSION .....</b>	<b>35</b>
<b>7. LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>37</b>



## **GLOSSAIRE**

ATEX : Atmosphère explosive

COV : Composés organiques volatils

COVT : Composés organiques volatils totaux

DRA : Direction des risques accidentels

DRC : Direction des risques chroniques

EMI : Energie minimum d'inflammation

GA : Générateur d'aérosol

GAA : Générateur d'aérosol en aluminium

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

LIE : Limite inférieure d'explosivité

LSE : Limite supérieure d'explosivité

## **INTRODUCTION**

### **CONTEXTE ET ELEMENTS CONTRACTUELS**

La société TRIDENT SERVICE a développé un dispositif de préconditionnement de générateur d'aérosol en aluminium (GAA) avant leur mise en balle. Ce dispositif permet de percer les aérosols afin de libérer les gaz propulseurs, les solvants et les autres substances que l'on peut retrouver dans un aérosol.

Actuellement au sein des centres de tri de déchets, les GAA sont directement envoyés dans la presse à balle dans laquelle a lieu le perçage. Les substances inflammables sont ainsi libérées dans un environnement confiné et le retour d'expérience<sup>1</sup> montre que cette activité peut occasionner des départs de feu voire des explosions dans les presses à balle.

La société TRIDENT SERVICE souhaite donc minimiser les risques au niveau de la presse à balle par un perçage préalable des GAA avant la mise en balle. Nous précisons que le flux d'aluminium traité peut contenir d'autres types d'emballage : boîtes de boisson, boîtes de conserve, etc.

A ce titre, elle a sollicité l'appui de l'INERIS pour évaluer les risques d'explosion au niveau du préconditionneur de GAA et pour caractériser les émissions de composés organiques volatils (COV) générées par ce dispositif.

La présente prestation a fait l'objet de :

- notre offre référencée DRA-16-160016-011784C en date du 14 avril 2016,
- votre bon pour accord de commande du 18/04/2016,
- la phase d'expérimentations du 30 janvier au 24 février 2017 sur le centre de tri des Pennes Mirabeau exploité par la société SUEZ.

La présente étude fait suite à l'étude référencée DRA-15-131641-12017A et aux différentes études réalisées pour le compte d'ECO-EMBALLAGES référencées : DRA-08-93509-07874A, DRA-10-105589-07004C.

---

<sup>1</sup> Rapport INERIS – Evaluation des risques présentés par la mise en balle des emballages ménagers en aluminium issus de la collecte sélective et recherche de l'origine des incidents observés – Réf : DRA-08-93509-07874A

## **CONTENU TECHNIQUE DE LA PRESTATION**

Le présent rapport synthétise les éléments relatifs à cette analyse de risque ATEX des installations.

Il s'articule de la façon suivante :

- Description succincte du fonctionnement du préconditionneur.
- Description d'un générateur d'aérosol.
- Caractéristiques des produits inflammables présents dans les générateurs d'aérosol.
- Campagnes d'essais.
- Analyse des risques ATEX sur la base des résultats des campagnes de mesures.
- Conclusion.
- Annexes.

## 1. DESCRIPTION SUCCINCTE DU FONCTIONNEMENT DU PRECONDITIONNEUR

Les GAA et les autres emballages en aluminium sont séparés du flux de déchets à l'aide d'un séparateur à courants de Foucault. Ils transitent ensuite sur un convoyeur à bande puis atterrissent dans le preconditionneur. Le preconditionneur est constitué d'une carcasse métallique dans laquelle se trouvent deux rouleaux équipés de dents faites dans un alliage nickel, chrome et cadmium. Cet alliage est un matériau anti-étincelant plus résistant que le bronze.

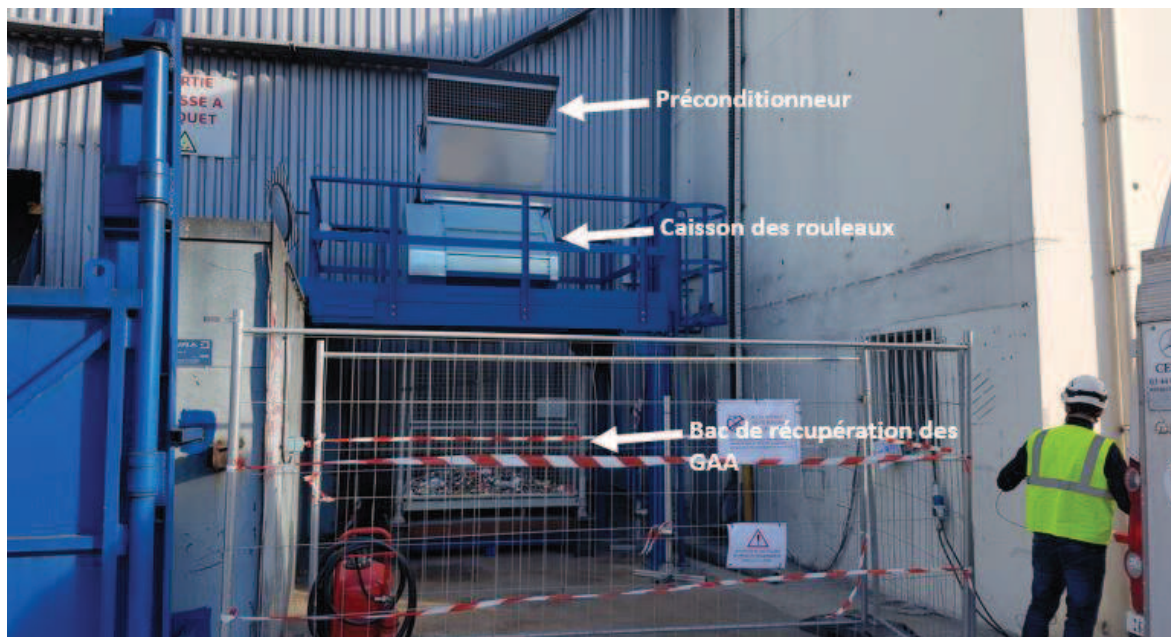


Figure 1 : Disposition du preconditionneur sur site

Les deux rouleaux tournent en sens inverse, ainsi lorsque les GAA tombent dans le preconditionneur ils sont percés par les dents en passant à travers les rouleaux puis tombent dans un bac de récupération (cf. Figure 2).



*Figure 2 : Rouleaux à dents*

Le bac de récupération est grillagé et doté d'un bac de rétention des liquides (cf. Figure 3). Lorsque le bac est plein, l'installation est arrêtée et il est récupéré à l'aide d'une pince à balle pour être vidé des GAA percés. Les plans détaillés du préconditionneur sont disponibles en Annexe A.



Figure 3 : Bac de récupération des DAA percés

Afin de prévenir le risque d'incendie ou d'explosion, la société TRIDENT SERVICE a mis en place les préconisations fixées dans l'arrêté d'autorisation d'exploiter, disponible en Annexe B à l'article 3.1.



## 2. DESCRIPTION D'UN GENERATEUR D'AEROSOL

Les données ci-dessous sont issues d'un rapport des Techniques de l'Ingénieur<sup>2</sup>, et d'informations fournies par la société TRIDENT SERVICE et par la SOCIETE ECO-EMBALLAGES<sup>3</sup>.

Selon la société TRIDENT SERVICE, les générateurs d'aérosol (GA) sont soumis aux directives européennes n° 75/324/CEE du 20 mai 1975 et n° 94/1/CEE du 6 janvier 1994. La directive n° 75/324/CEE du 20 mai 1975 décrit un GA comme suit : « On entend par générateur aérosol, au sens de la présente directive, l'ensemble constitué par un récipient non réutilisable en métal, en verre ou en plastique contenant un gaz comprimé, liquéfié ou dissous sous pression, avec ou sans liquide, pâte ou poudre et pourvu d'un dispositif de prélèvement permettant la sortie du contenu sous forme de particules solides ou liquides en suspension dans un gaz, ou sous forme de mousse, de pâte ou de poudre, ou à l'état liquide ».

Un générateur d'aérosol (GA) est un récipient sous pression qui contient un produit actif et un ou plusieurs solvants et un gaz ou un mélange de gaz propulseur. Le GA comporte un boîtier (1), une valve (2), un actionneur (3) et parfois un bouchon (4).

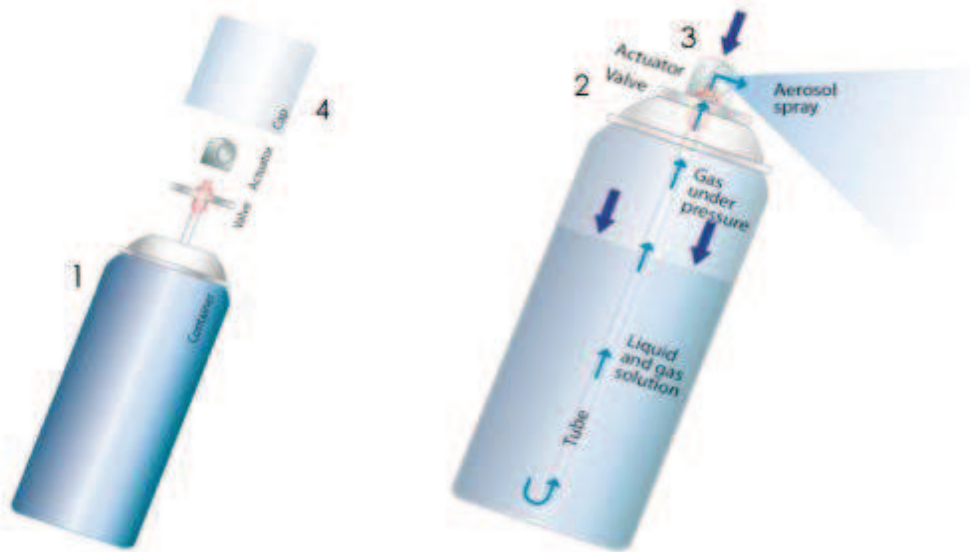


Figure 4 : Description d'un générateur d'aérosol (Source : Site European Aerosol Federation)

<sup>2</sup> Risques d'incendie de générateurs d'aérosol – SE5025 – Sandrine DESCOURRIERE  
Générateur d'aérosol – AG 6 720 – 1 - Kleniewski A.

<sup>3</sup> Expérimentation d'un perforateur d'emballages métalliques – Compléments d'information – ECO-EMBALLAGES – Avril 2015

Les gaz propulseurs sont liquéfiés sous pression ou comprimés. Les principaux gaz propulseurs liquéfiés utilisés sont : le butane, l'isobutane, le propane et le diméthyléther. Tandis que les principaux solvants inflammables sont l'isopentane, l'éthanol, le méthanol et l'isopropanol. Les caractéristiques d'inflammabilité de ces différents produits sont disponibles au §3.

La proportion de gaz propulseur varie de 60 à 95% en masse. Certains générateurs d'aérosols, dits « sans-alcool », ont une base aqueuse et peuvent contenir moins de 5% de gaz propulseur. La base alcoolique est constituée, entre 80% et 95%, d'un solvant de type alcool méthylique, alcool éthylique ou alcool isopropylique. Les produits actifs représentent en général entre 5 et 20% massique de la base. Les boîtiers des GA sont généralement métalliques, ils peuvent être en fer blanc ou en aluminium. Leur volume varie de 50 mL à 1000 mL.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Rapport INERIS – Evaluation des risques présentés par la mise en balle des emballages ménagers en aluminium issus de la collecte sélective et recherche de l'origine des incidents observés – Réf :DRA-08-93509-07874A



### 3. Caractéristiques des produits inflammables présents dans les générateurs d'aérosols

Le tableau ci-après rassemble quelques caractéristiques physiques, d'inflammabilité ou d'explosivité des produits mis en œuvre <sup>5,6 & 7</sup>.

<b>Combustible (N° CAS)</b>	<b>[-]</b>	<b>Butane (106-97-8)</b>	<b>Isobutane (75-28-5)</b>	<b>Propane (74-98-6)</b>	<b>Diméthyléther (115-10-6)</b>
Point d'Eclair	°C	- 73,9	- 82,8	- 104	- 41
Température d'auto-inflammation	°C	525	477	535	350
Energie Minimale d'Inflammation - EMI	mJ	*	*	0,30	*
LIE – LSE	%v	1,8 – 8,8	1,8 – 8,4	2,4 – 9,3	3,4 – 26,7
Température d'ébullition à 1 bar	°C	- 0,5	- 11,8	- 42	- 24,8
Densité des vapeurs (air=1)		2,07	2,0	1,54	8,16

Tableau 1 : Principales caractéristiques d'inflammabilité des principaux gaz propulseurs

NA : non applicable

\* : valeur non connue

<b>Combustible (N° CAS)</b>	<b>[-]</b>	<b>Isopentane (78-78-4)</b>	<b>Ethanol (64-17-5)</b>	<b>Méthanol (67-56-1)</b>	<b>Isopropanol (67-63-0)</b>
Point d'Eclair	°C	- 56,7	12,8	12	11,7
Température d'auto-inflammation	°C	427	363	385	399
Energie Minimale d'Inflammation - EMI	mJ	0,7	*	0,215	*
LIE – LSE	%v	1,4 – 8,3	3,3 – 19,0	6 – 36,5	2,3 – 12,7
Température d'ébullition à 1 bar	°C	27,9	78,9	64,5	82,3
Densité des vapeurs (air=1)		2,5	1,59	1,11	2,1

Tableau 2 : Principales caractéristiques d'inflammabilité des principaux gaz propulseurs

<sup>5</sup> L. Medard, Les explosifs occasionnels, Vol. 1 Propriétés, 2ème édition 1987

<sup>6</sup> INERIS, Modélisation d'un incendie affectant un stockage d'aérosols, Rapport Omega-4, Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006), 2002. Téléchargeable à l'adresse [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

<sup>7</sup> Weiss G., Hazardous Chemicals Data Book, 2nd edition, Noyes Data Corporation, USA, 1985

## **4. CAMPAGNES D'ESSAIS**

### **4.1 OBJECTIFS DES ESSAIS**

Deux campagnes de mesures ont été réalisées. La première a été réalisée en condition ouverte, elle a consisté en l'installation de 5 explosimètres autour de l'installation. L'objectif de cette campagne de mesures a été de déterminer en fonctionnement normal si l'installation peut générer une ATEX dans les conditions de l'essai. Cette campagne d'essai s'est étendue du 8 février au 09 mars 2017.

La seconde campagne a eu pour objectif de quantifier et de caractériser les rejets de composés organiques volatiles (COV) générés par l'installation dans les conditions de l'essai. Cette seconde campagne a nécessité la mise en place d'un confinement temporaire de manière à capter le maximum de COV. Cette seconde campagne a eu lieu la journée du 08 février 2017.

### **4.2 SECURISATION DES ESSAIS VIS-A-VIS DU RISQUE D'EXPLOSION**

Afin de réaliser ces essais dans des conditions de sécurité acceptables, nous avons réalisé une étude de sécurité préalable à l'essai. Nous avons notamment déterminé les distances d'effets en cas d'inflammation d'une ATEX formée dans l'équipement. En effet, lors du perçage d'un aérosol une ATEX se forme en champ proche, son volume et sa dangerosité vont dépendre de la masse inflammable libérée. Les calculs ont été effectués à l'aide de l'outil EFFEX développé en interne à l'INERIS.

Plusieurs hypothèses de calculs ont été prises, certaines sont conservatives :

- selon les informations collectées par la société ECO-EMBALLAGES issues d'une étude Allemande, les générateurs d'aérosol présents dans la collecte sélective des ménages contiennent 2,5% en masse de contenu inflammable résiduel.<sup>8</sup> Afin de simplifier les calculs nous avons assimilé l'ensemble de la masse inflammable de l'aérosol à du butane,
- lors du perçage un mélange stœchiométrique butane/air, concentration à laquelle les effets sont les plus importants, est formé dans la partie basse de l'équipement c'est-à-dire dans le volume délimité par les rouleaux et en dessous. Ce volume est d'environ 0,4 m<sup>3</sup>,
- on suppose que le préconditionneur est résistant à la pression et que la surface en partie basse des rouleaux est ouverte tandis que la surface libre entre les rouleaux a été négligée,
- nous nous plaçons dans les conditions ambiantes standards de température et de pression.

---

<sup>8</sup> TUV. Technischer Überwachungs-Verein Pfalz, Report of the TUV Pfalz, Kaiserslautern, Study of the risk potential from the collection, sorting and recycling of used aerosol cans in the dual system, technical report No 3/92/4/0286/02, 1994

Les calculs ont été réalisés pour les configurations suivantes :

- Cas a) perçage d'un GA d'un volume de 230 ml plein à 2,5%<sub>m</sub>,
- Cas b) perçage d'un GA d'un volume de 230 ml plein à 100%<sub>m</sub>,
- Cas c) perçage d'un GA d'un volume de 1000 ml plein à 2,5%<sub>m</sub>,
- Cas d) perçage d'un GA d'un volume de 1000 ml plein à 100%<sub>m</sub>.

En cas d'inflammation, les résultats obtenus à l'aide du logiciel EFFEX sont les suivants :

- Cas a) La pression d'explosion atteinte dans le broyeur est de quelques millibars, il n'y a pas de flamme à l'extérieur de l'installation ;
- Cas b) La pression d'explosion atteinte dans le broyeur est de l'ordre de 40 mbar et elle est de 20 mbar à 4 m ;
- Cas c) La pression d'explosion atteinte dans le broyeur est de 10 mbar et les effets de pression autour de l'installation sont négligeables ;
- Cas d) La pression d'explosion atteinte dans le broyeur est de l'ordre 40 mbar et elle est de 20 mbar à 8 m. L'ATEX peut se répandre autour du broyeur, et une boule de feu de l'ordre de 5 m de diamètre centrée sur le broyeur est possible.

Les calculs effectués ci-dessus sont très probablement majorants. Le **cas d** peut être considéré comme étant particulièrement majorant au regard des hypothèses prises. Sur la base de nos calculs et de notre retour d'expérience, une distance de sécurité d'au moins 5 m par rapport au perforateur apparait suffisante pour qu'une personne ne soit pas impactée. Cette distance correspond approximativement à l'emplacement de la barrière fermant la zone encaissée par rapport au perforateur (cf. Figure 1). Lors des essais, la consigne a été donnée d'interdire toute présence humaine à l'intérieur de ce périmètre lorsque l'installation était en fonctionnement. En complément, la porte localisée à droite du perforateur a été condamnée le temps de la campagne de mesures.

## **4.3 CAMPAGNE DE MESURES D'EXPLOSIMETRIE**

### **4.3.1 Description du dispositif expérimental**

Afin de déterminer si une ATEX peut se former autour du perforateur dans les conditions de l'essai, nous avons positionné 5 explosimètres autour du bâti de celui-ci (cf. Figure 5). Les capteurs C2, C3, C4 et C5 ont été positionnés à 40 cm de hauteur tandis que le capteur C1 a été positionné à 150 cm. Le positionnement majoritaire des capteurs à une hauteur de 40 cm s'explique par le fait que les gaz et vapeurs inflammables pouvant s'échapper d'un GA sont plus denses que l'air. Le capteur C1 a quant à lui été positionné à une hauteur de 150 cm, quasiment à mi-hauteur entre les rouleaux et le sol. Lors du positionnement des capteurs, il a aussi fallu tenir compte de la position du bac de récupération des GAA percés et du sens de circulation des masses d'air dans la zone. Le bac devait aussi pouvoir être installé et retiré sans que les capteurs ne soient déplacés ou impactés par la pince à balle. Le positionnement des explosimètres est disponible en Figure 5.

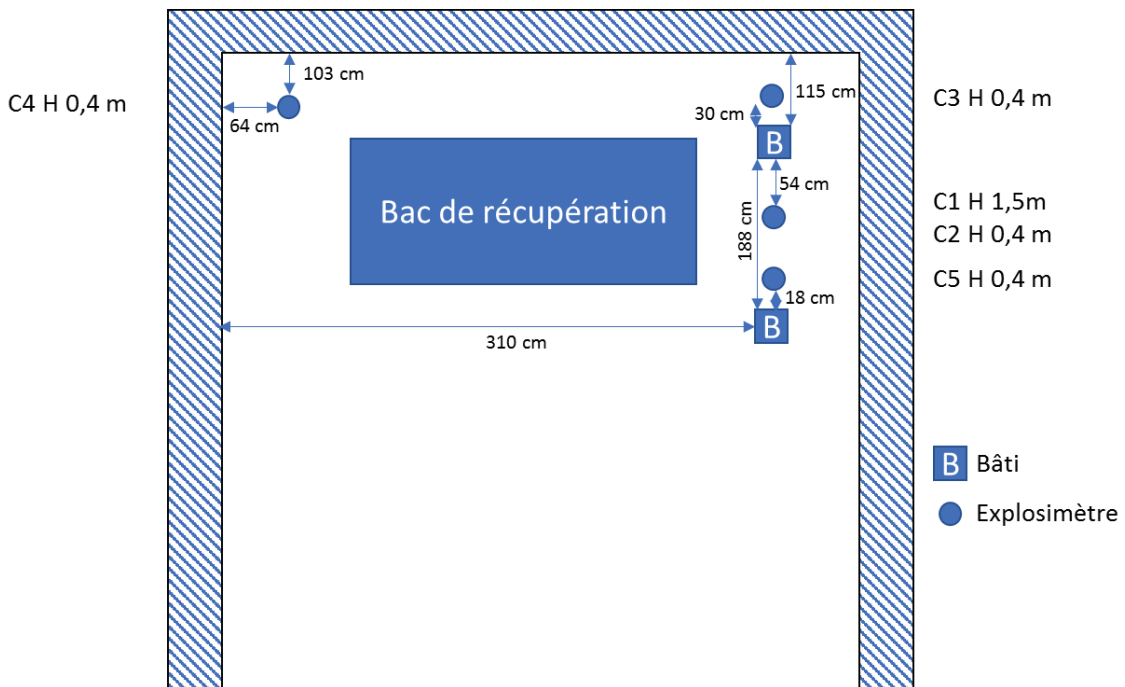
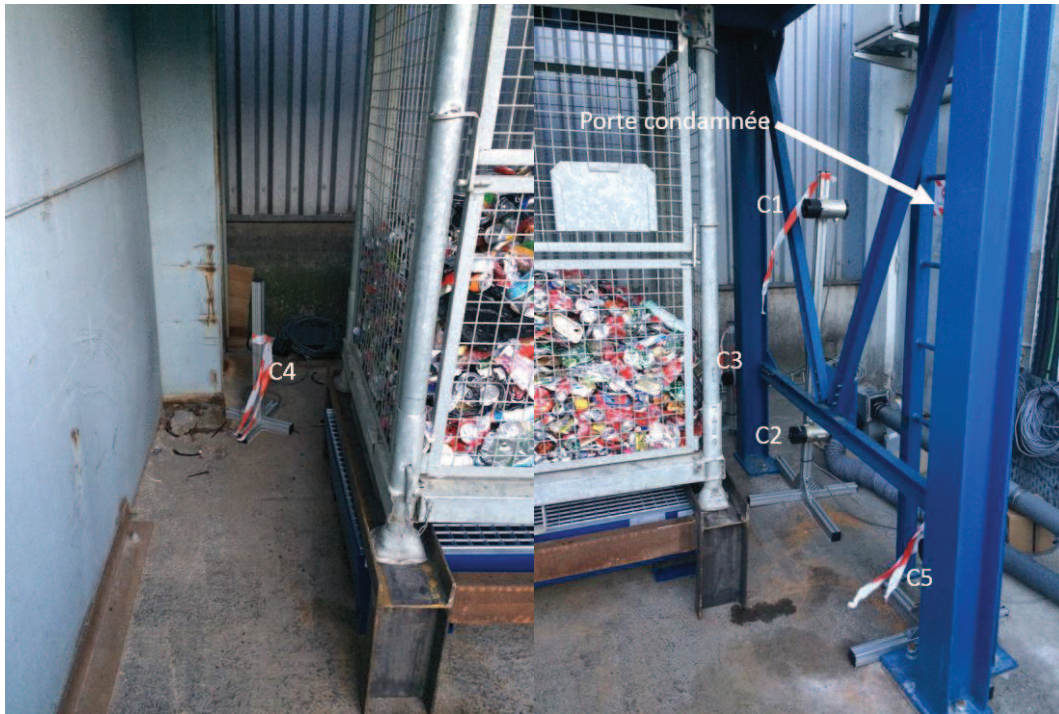


Figure 5 : Positionnement des 5 explosimètres autour de l'installation  
Campagne du 08 au 24 février 2017

Les explosimètres de marque OLDHAM ont été étalonnés dans les laboratoires de l'INERIS par rapport à la LIE du propane qui est un des principaux gaz propulseurs retrouvés dans les GA. Le propane est également, le gaz qui donne la réponse la plus importante en termes de détection parmi les gaz et vapeurs inflammables que l'on s'attend à rencontrer lors du perçage d'un GAA, le choix du propane comme gaz de référence pour les détecteurs est donc conservateur.



Les détecteurs ont ensuite été calibrés sur site avant de débiter la campagne de mesures. Les explosimètres sont de technologie infra-rouge, cette technologie a été choisie pour son court temps de réponse, ce qui a permis d'effectuer les mesures à une fréquence de 1 Hz. De plus, cette technologie n'est pas sensible aux silicones et plus généralement aux éventuels poisons. L'humidité peut influencer les mesures mais cela reste de l'ordre du bruit de fond que l'on peut observer lors de la mise en œuvre de ce type de détecteurs.

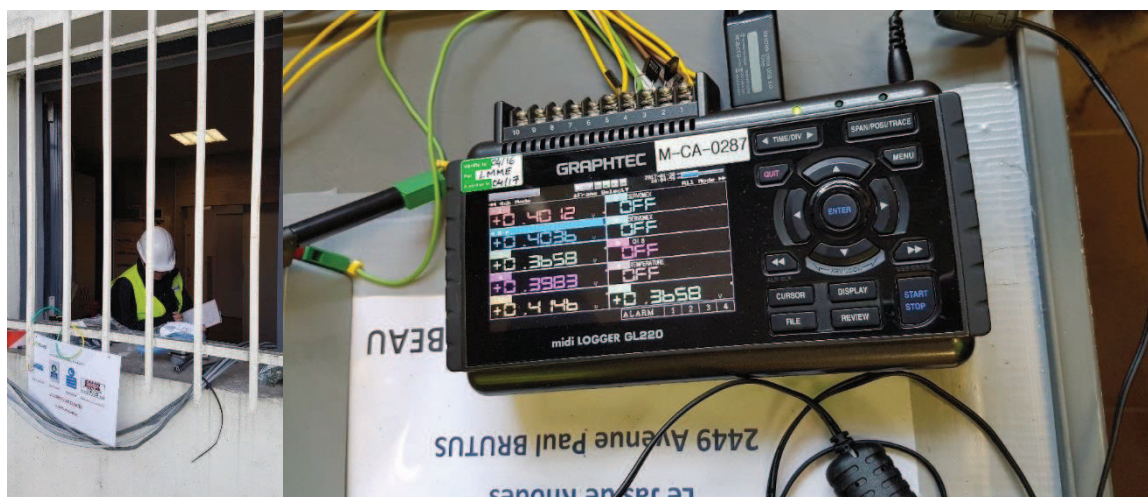


Figure 6 : Centrale d'acquisition

L'acquisition des mesures a été faite grâce à une centrale d'acquisition (cf. Figure 6) positionnée dans un local à proximité dont la porte d'accès côté préconditionneur a été condamnée. Les données ont été enregistrées sur une clé USB pendant 24/24 h lors des campagnes de mesures.

En ce qui concerne les conditions d'exploitation sur site, elles correspondent à un fonctionnement normal du centre de tri. Afin de ne pas avoir de fichiers de taille trop importante, l'acquisition a été interrompue et relancée le 22 février 2017.

#### 4.3.2 Résultats et interprétations

Les données mesurées sont présentées en Figure 7 et Figure 8 ci-après. Les vitesses de vent moyenne et en rafale ont été recueillies au niveau de la station Météo France la plus proche, celles de l'aéroport de Marseille Marignane voisin de quelques kilomètres du site, elles sont disponibles en Annexe E.

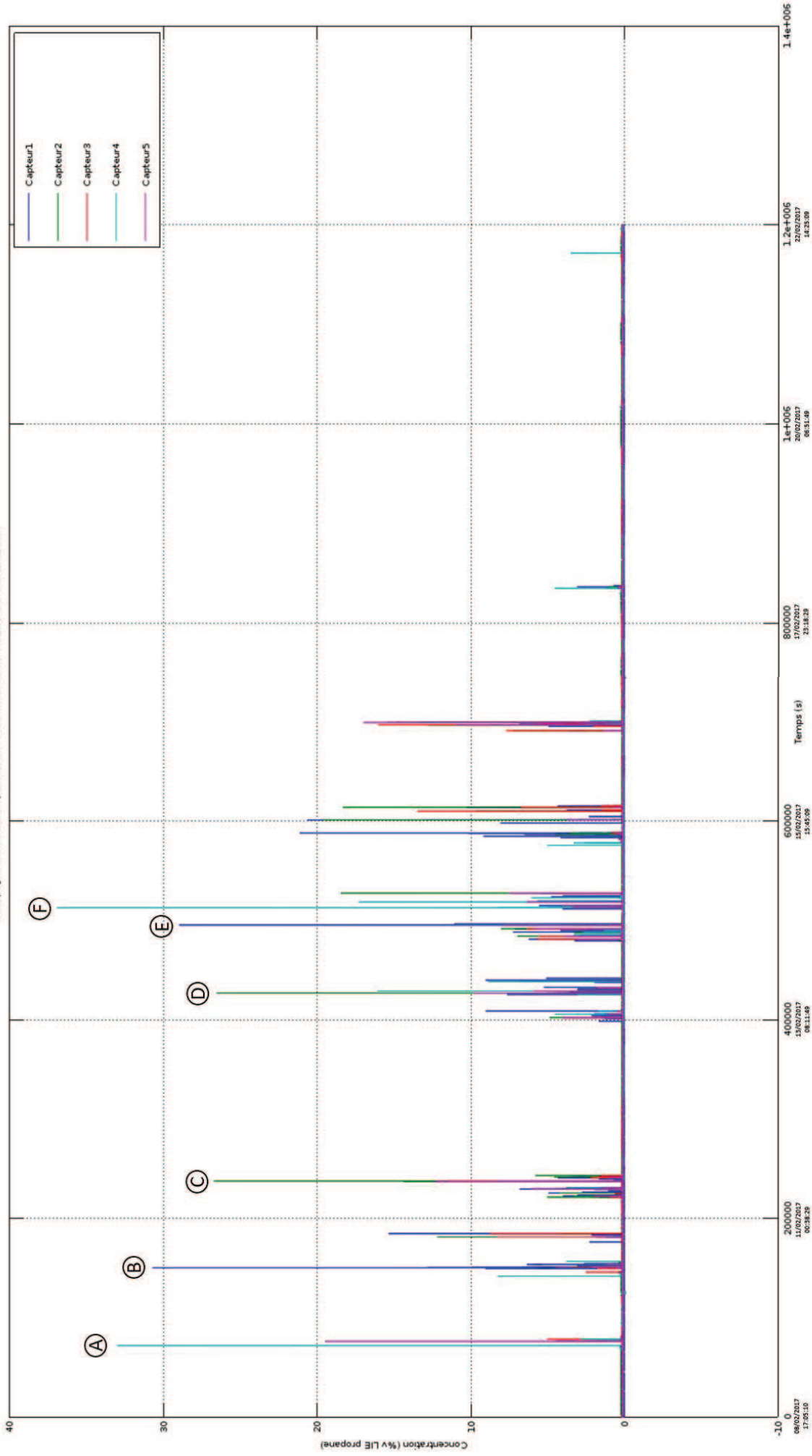


Figure 7 : Campagne de mesure d'explosimétrie - Période du 8 février au 22 février 2017

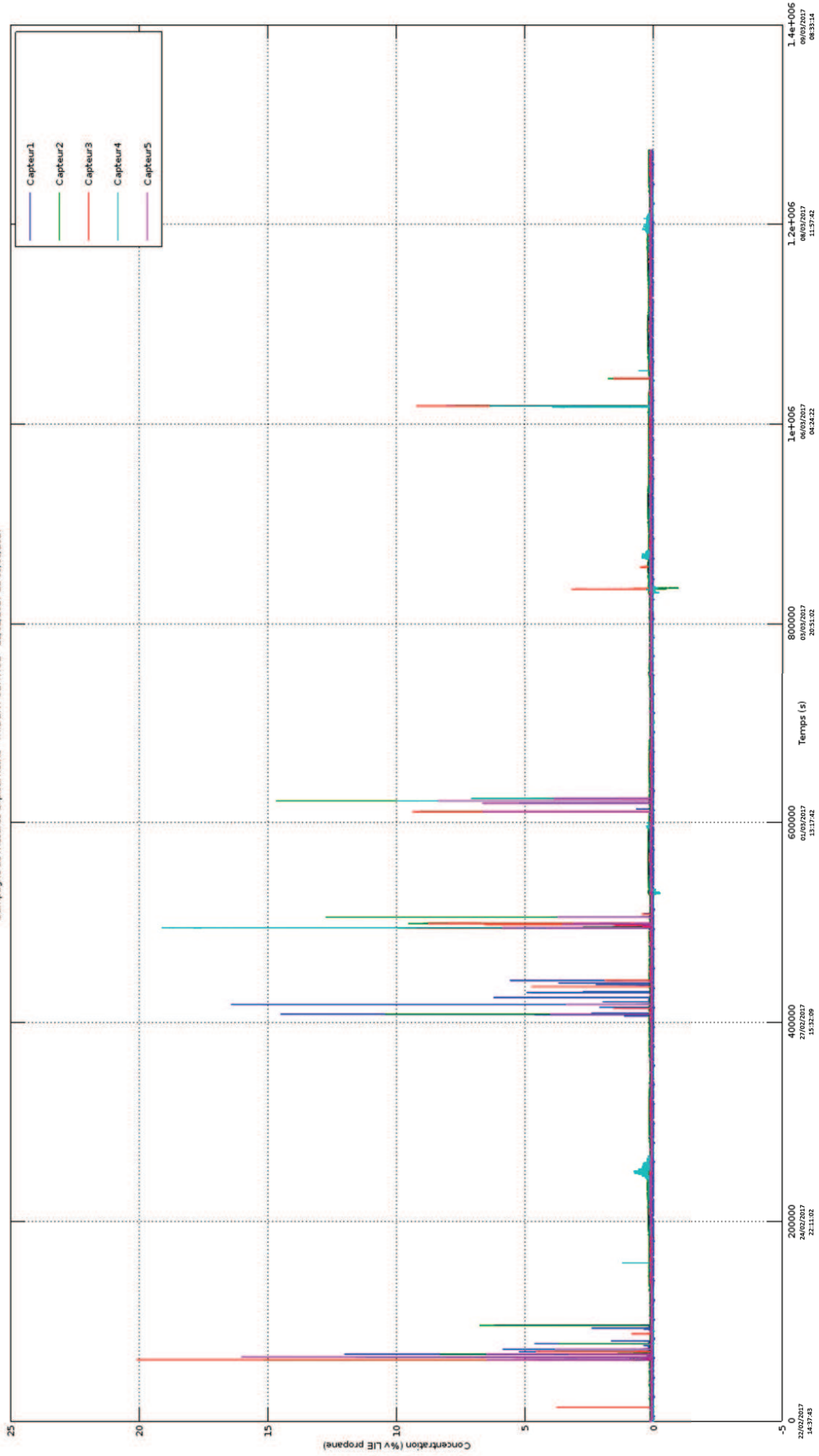


Figure 8 : Campagne de mesure d'explosivimétrie - Période du 22 février au 09 mars 2017



Les mesures ont permis de mettre en évidence qu'à l'extérieur du périmètre défini par les explosimètres, la LIE du propane n'a jamais été atteinte. En effet, **les valeurs maximales mesurées pour les différents explosimètres pendant l'ensemble de la campagne de mesures sont les suivantes :**

- **C1 : 30,7 % LIE du propane,**
- **C2 : 26,7 % LIE du propane,**
- **C3 : 20,1 % LIE du propane,**
- **C4 : 36,9 % LIE du propane,**
- **C5 : 19,5 % LIE du propane.**

Les mesures montrent également qu'il y a un grand nombre d'événements détectés d'intensités variables. De légères variations hors événements sont observées de l'ordre de 0,1 % mais ceci s'apparente à du bruit de fond.

Des agrandissements ont été fait (cf. Annexe D) pour les événements dont l'un au moins des capteurs mesurait une concentration supérieure aux 25% de la LIE du propane. Ils sont marqués par les lettres A, B, C, D, E et F.

NB : La concentration de 25% de la LIE est généralement retenue dans l'industrie pour les seuils de détection des explosimètres pour déclencher un signal d'alarme. La *circulaire du 9 mai 1985, relative au commentaire technique des décrets n°84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail* précise que les emplacements nécessitant une ventilation doivent assurer une concentration de substances inflammables ne dépassant pas les **25% de la LIE en cas d'absence de personnel**, et ne dépassant pas 10% de la LIE en cas de présence de personnel dans la zone. Nous précisons par ailleurs que cette circulaire n'a pas été publiée au journal officiel, elle n'est donc pas d'application obligatoire mais demeure un document de référence régulièrement cité.

Les agrandissements effectués nous permettent de mettre en évidence la formation d'un nuage qui est détecté par plusieurs capteurs avec une moindre intensité. Cette analyse n'est pas valable pour l'agrandissement A où seul le capteur 4 a été impacté par le nuage formé.

Le 1<sup>er</sup> mars, la société TRIDENT SERVICE a réalisé des lancers volontaires et successifs de GAA pleins dans le flux alimentant le préconditionneur en prenant soin de noter l'heure et le type de GAA. La chronologie des lancers est la suivante :

- 11 h 23 mn : un GAA 100 mL compressé (déodorant),
- 11 h 23 mn 30 s : un GAA 100 mL compressé (déodorant),
- 11 h 24 mn : un GAA 100 mL compressé (déodorant),
- 11 h 24 mn 30 s : un GAA 100 mL compressé (déodorant),

Les 4 aérosols ont été percés par le préconditionneur (cf. Figure 9). Ensuite les GAA suivants ont été lancés :

- 11 h 25 mn : un GAA 75 mL (déodorant),
- 11 h 25 mn 30 s : un GAA 75 mL (déodorant),
- 11 h 26 mn : un GAA 75 mL (déodorant),
- 11 h 26 mn 30 s : un GAA 75 mL (déodorant).

Seulement 2 GAA sur les 4 ont été percés par le préconditionneur, puis les GAA suivants ont été lancés :

- 11 h 27 mn un aérosol 400 mL (laque),
- 11 h 31 mn deux aérosols pleins de 400 mL simultanément (laque).



Figure 9 : GAA percés lors de la phase de test du 01 mars 2017

A notre étonnement, les explosimètres n'ont rien détecté lors de la phase de test (cf. Figure 10). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette absence de détection :

- Un dysfonctionnement des détecteurs : a priori cette hypothèse peut être écartée car des événements ont été détectés par la suite et les fichiers ne comportent aucune donnée manquante.
- Les GAA lancés dans le flux à traiter sont de trop faible volume et la masse inflammable libérée lors du perçage n'était pas suffisamment importante pour conduire à une réponse de la part des explosimètres : cela est possible bien qu'assez peu probable. Dans cette hypothèse des GAA plus majorants seraient présents dans le flux.
- Les conditions locales de vent et de turbulences dans la zone encaissée où se trouve le préconditionneur ont permis une dilution très rapide du nuage : cette hypothèse est très probable car d'après la société TRIDENT SERVICE le vent était relativement fort dans la zone lors de la phase de test. Les données météo recueillies au niveau de la station la plus proche, l'aéroport de Marseille-Marignane voisin de quelques kilomètres du site, ne permettent pas de confirmer l'hypothèse d'un fort vent ce jour. Les conditions de vent en moyenne et en rafale étaient légèrement en dessous de la moyenne du mois. Cependant, nous demeurons prudents quant à la représentativité des relevés météorologiques de l'aéroport de Marseille-Marignane pour le centre de tri de Jas de Rhodes. Deux vidéos fournies par la société TRIDENT SERVICE prises lors du perçage de la phase d'essai avec les GA pleins semblent confirmer cette hypothèse. Les deux vidéos montrent que les gaz et vapeurs sont emmenés à l'opposé des capteurs par le vent qui était fort au moment de l'essai.

De manière générale, les tracés montrent de longues périodes sans événement et les hypothèses énoncées ci-dessus, hors phase d'arrêt du préconditionneur, pourraient expliquer ce phénomène.

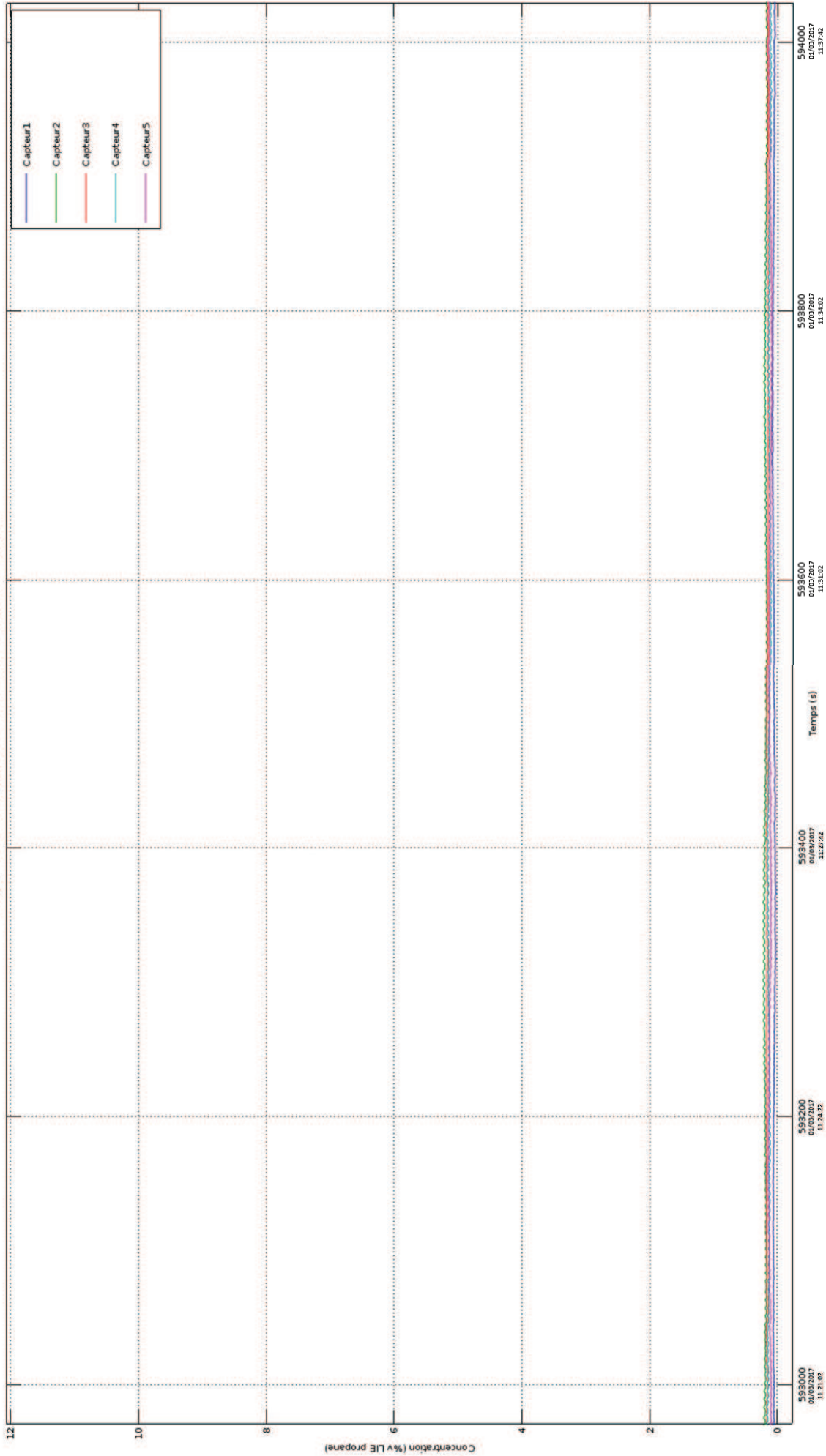


Figure 10 : Mesures réalisées pendant la phase de test du 1 mars 2017 avec les générateurs d'aérosol pleins

## 4.4 CAMPAGNE DE MESURES DES EMISSIONS DE COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

### 4.4.1 Description du dispositif expérimental

#### 4.4.1.1 Description des installations et des sections de mesurage

Pour les besoins des essais, le pré-conditionneur de GA a été équipé d'une bâche de confinement temporaire. La circulation d'air dans la zone ainsi délimitée a été assurée au moyen d'un ventilateur d'extraction. Le débit de l'extracteur a été calculé sur la base de l'hypothèse d'un débit moyenné de 1,89 GAA<sup>9</sup> percés par min et sur le temps de séjour potentiel des gaz et vapeurs libérés lors du perçage des GAA. En ce qui concerne le débit d'extraction, plusieurs contraintes liées à la mesure de COV devaient être respectées tout en s'assurant que des concentrations explosives ne sont pas atteintes dans le confinement. Ces contraintes sont les suivantes :

- La concentration dans le flux doit être supérieure à la limite de quantification de l'analyseur à ionisation de flamme.
- La concentration dans le flux doit également être comprise dans la plage de mesure pour laquelle l'analyseur a été calibré pour avoir une bonne précision et surtout pour éviter de saturer l'appareil, ce qui occasionnerait une perte d'information.
- La vitesse dans la canalisation rigide devait être d'au moins 5 m/s.

En tenant compte, de l'ensemble des paramètres et compte tenu des hypothèses fortes qui ont été prises, nous sommes arrivés au résultat qu'un ventilateur ATEX qui permet d'assurer un débit variable entre 200 et 1000 m<sup>3</sup>/h convenait pour les besoins de l'étude. Cela s'est confirmé lors de la phase de test.

---

<sup>9</sup> Débit mesurés sur le gesiment du site de Jas de Rodhes - *Expérimentation d'un perforateur d'emballages métalliques – Compléments d'information – ECO-EMBALLAGES – Avril 2015*

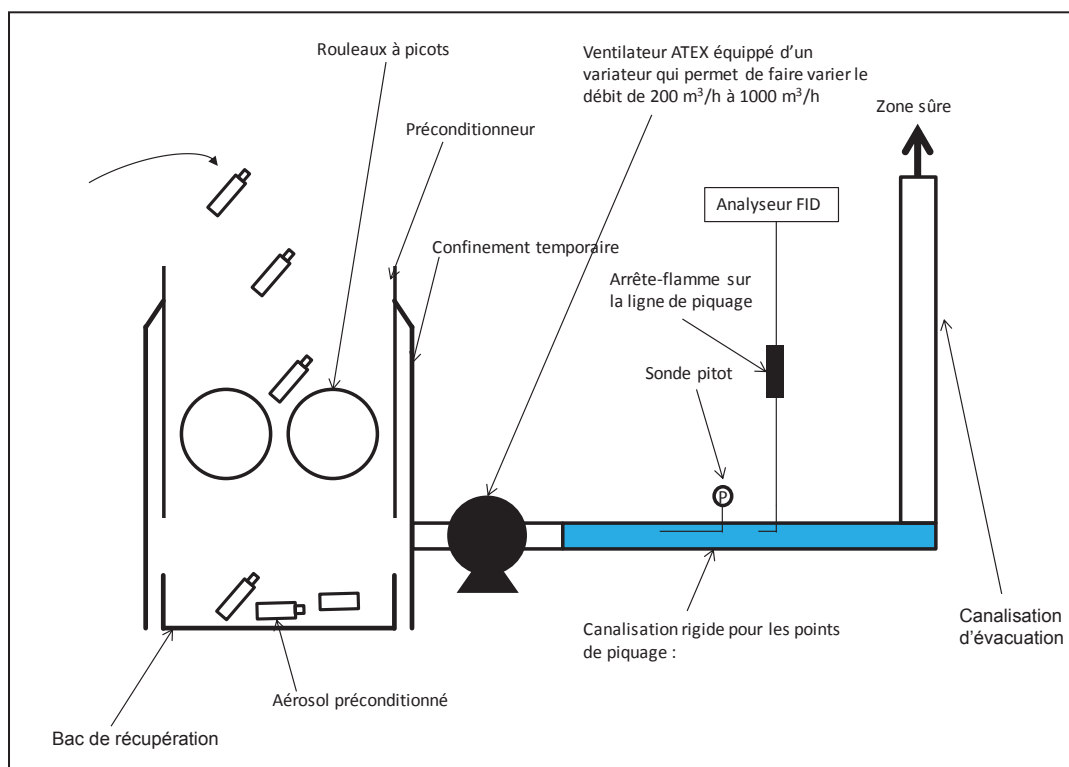


Figure 11 : Schéma de principe du fonctionnement de l'installation de pré-conditionnement testée

Des photos du confinement temporaire et des équipements de mesure sont disponibles en Annexe E.

Note : il n'a pas été possible de confiner la zone haute du pré-conditionneur de générateurs d'aérosol. La présence d'émissions diffuses dans cette zone haute est donc probable. Ces émissions diffuses ont été cependant limitées au maximum par le réglage de la vitesse d'extraction du ventilateur.

#### 4.4.1.2 Conditions de marche des unités contrôlées lors des essais

Les mesures réalisées ont pour objectif :

- de déterminer un flux et une concentration en COVT (total) émis par l'installation ainsi canalisée,
- de préciser la nature et la quantité de COV individuels émis lors du traitement des générateurs d'aérosol.

L'exploitant a réalisé 3 tests supplémentaires au cours de la journée d'essais, en injectant volontairement dans l'installation de traitement :

- test 1 : 1 générateur d'aérosol de déodorant de 250 mL plein,
- test 2 : 1 générateur d'aérosol de laque à cheveux de 400 mL plein,
- test 3 : 2 générateurs d'aérosol de laque à cheveux de 400 mL pleins.

Les résultats présentés ci-après reflètent l'ensemble des périodes de fonctionnement de l'installation durant la journée d'essais, en incluant puis en excluant ces 3 tests volontaires.



## 4.4.2 Méthodologie mise en œuvre

### 4.4.2.1 Méthodes de mesurage

Les principes des mesurages appliqués et les normes de référence (lorsqu'elles existent), sont listés dans le Tableau 3 et correspondent aux référentiels cités dans l'arrêté du 7 juillet 2009 « relatif aux modalités d'analyse dans l'air et dans l'eau dans les ICPE et aux normes de référence ».

Paramètre	Principe	Référence normative
Homogénéité de la concentration en composés gazeux sur la section de mesurage	Exploration de la section de mesurage au moyen d'un analyseur automatique et mesurage simultané en un point fixe	NF EN 15259
<b>Mesures en continu au moyen d'analyseurs automatiques</b>		
COVT	Méthode par ionisation de flamme	NF EN 12619
<b>Mesures par méthodes manuelles</b>		
COV spécifiques	Piégeage en sacs Tedlar et analyses : - qualitative par CG/SM - puis quantitative par CG/FID	FD X 43-319
<b>Caractérisation des écoulements gazeux</b>		
Température	Sonde à résistance de platine Thermocouple de type K	
Pression	Manomètre	
Vitesse et débit	Tube de Pitot	ISO 10780

Tableau 3 : Méthodes de mesurage mises en œuvre

NF EN 15259 : Qualité de l'air – Mesurage des émissions de sources fixes – Exigences relatives aux sections et aux sites de mesurage et relatives à l'objectif, au plan et au rapport de mesurage.

NF EN 12619 : Émissions de sources fixes - Détermination de la concentration massique en carbone organique total - Méthode du détecteur continu à ionisation de flamme.

FD X 43-319 : Émissions de sources fixes – Guide de prélèvement et d'analyse de composés organiques volatils.

ISO 10780 : Émissions de sources fixes - Mesurage de la vitesse et du débit-volume des courants gazeux dans des conduites.

#### 4.4.2.2 Description des méthodes de mesurage en continu au moyen d'un analyseur automatique

##### **Mesurage de COVT**

Le mesurage en continu de COVT (COV totaux) a été effectué avec une ligne non chauffée jusqu'à l'analyseur à ionisation de flamme, sur gaz humides.

La gamme de mesurage des analyseurs utilisés, ainsi que les caractéristiques des gaz pour étalonnage sont listées dans le Tableau 4 :

<b>Paramètres Mesurés</b>	<b>Analyseurs Utilisés</b>	<b>Bouteilles / Certificats Concentration / Incertitude</b>
COVT	Analyseur JUM Référence : M-CF-15319	N°H10UUAL – N°1106/16A COVT: 2942 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ± 59 ppm

*Tableau 4 : Analyseurs et caractéristiques des gaz pour étalonnage utilisés*

#### 4.4.2.3 Description des méthodes manuelles de mesurage

Le conduit de mesurage ayant un diamètre de 95 mm, les mesurages manuels de vitesse/débit et les prélèvements des composés organiques volatils spécifiques ont été réalisés en un point de la section de mesurage, conformément aux prescriptions des référentiels normatifs.

En outre la section de mesurage est placée en aval d'un ventilateur d'extraction favorisant l'homogénéité de la concentration dans le conduit maintenue jusqu'à la section de mesurage en l'absence d'entrée d'air (entre ventilateur et section de mesurage). Dans ce cas le guide d'application GA X 43-551 admet que l'écoulement est homogène au sens de la norme NF EN 15259.

##### **Mesurage de la vitesse et du débit**

Le mesurage du débit des gaz est réalisé au moyen d'un tube de Pitot associé à un capteur de pression, selon la méthode décrite dans la norme ISO 10780, en réalisant des mesurages de pression dynamique du gaz en un point de la section de mesurage et un mesurage de la pression statique en un même point.

##### **Mesurage de température**

La température des gaz dans le conduit est déterminée au moyen d'un thermocouple K.

### 4.4.3 Contrôles qualité

#### 4.4.3.1 Mesurages automatiques des COVT

##### Calibrages et contrôles de dérive des analyseurs de gaz

L'analyseur a été calibré avant la série de mesurages, au moyen de gaz pour étalonnage raccordés au système SI d'unités. Il a été effectué un contrôle de dérive en fin de série de mesurages avec ces mêmes gaz pour étalonnage. Ces opérations ont eu lieu une fois dans la journée.

Les corrections de dérives s'appuient sur les règles établies dans la norme européenne NF EN 12619. Le référentiel prévoit une correction de la dérive lorsque la dérive au zéro ou au point d'échelle est comprise entre 2 et 5 % de la concentration du gaz pour étalonnage de point d'échelle, et une invalidation des données au-delà de 5 %.

Pour cette campagne de mesures, aucune dérive n'a été constatée, le résultat du contrôle est donné dans le Tableau 5 :

<b>Pré conditionneur aérosol</b>	
<b>Date</b>	08/04/17
<b>COVT</b>	
Dérive au zéro	- 0,01 %
Dérive au point d'échelle	0,40 %

*Tableau 5 : Contrôle de la dérive  
pour le mesurage de COVT au moyen d'un analyseur FID  
(dérive exprimée en % de la concentration du gaz de point d'échelle)*

#### 4.4.3.2 Mesurages manuels des COV individuels

Pour les composés organiques volatils spécifiques mesurés, un blanc de site a été réalisé, par prélèvement dans l'air ambiant. Les valeurs du blanc de site pour ces composés sont détaillées dans les résultats et ne montrent aucune présence de composés organiques volatils dans l'air ambiant.

### 4.4.4 Observations sur la mise en œuvre des référentiels normatifs

#### Ecart au référentiel pour la mesure des COVT :

Les mesurages en continu de COVT ont été effectués après prélèvement avec une ligne non chauffée jusqu'à l'analyseur. Cet écart est sans conséquence sur les concentrations mesurées car les effluents gazeux étudiés étaient à température ambiante.



## 4.4.5 Résultats

### 4.4.5.1 Expression des résultats des concentrations

Les concentrations moyennes mesurées sont présentées avec et sans les trois essais d'ajouts d'aérosols pleins.

Les concentrations massiques des COV sont exprimées aux conditions normales de température et de pression (273 K et 101,3 kPa) sur gaz humide, et sont à concentration d'oxygène réelle (20,8 %vol). Les concentrations sont données :

Pour les COVT : en milligrammes par mètre cube et en équivalents C (carbone) – mg eq.C/m<sup>3</sup>,

Pour les COV individuels : en milligrammes par mètre cube – mg/m<sup>3</sup>,

Les flux sont exprimés en kilogramme ou gramme par heure (kg/h ou g/h).

### 4.4.5.2 Résultats du mesurage des concentrations en COVT

Les résultats mesurés sont présentés dans la Figure 12 et la Figure 13 ci-après. Ils sont synthétisés dans le Tableau 6 suivant :

Mesurages en COVT Sur gaz humide	Débit en m <sup>3</sup> /h	Concentration massique en mg eq C /m <sup>3</sup> à 273 K - 101,3 kPa à O <sub>2</sub> réel	Flux massique en g eq C /h à 273 K - 101,3 kPa à O <sub>2</sub> réel
Sans prise en compte des injections d'aérosols pleins	207	320	70
Avec prise en compte des injections d'aérosols pleins	214	387	83

Note : les phases d'arrêts du pré-conditionneur n'ont pas été prises en compte dans les résultats du tableau ci-dessus.

Tableau 6 : Concentrations moyennes en COVT mesurées sur la journée d'essais

Nous précisons par ailleurs que des concentrations explosives n'ont pas été atteintes dans le confinement temporaire sur la base des mesures de concentration en COV.

TRIDENT \_ Essai 08/02/2017  
COVT en mg/m<sup>3</sup> sur gaz humide

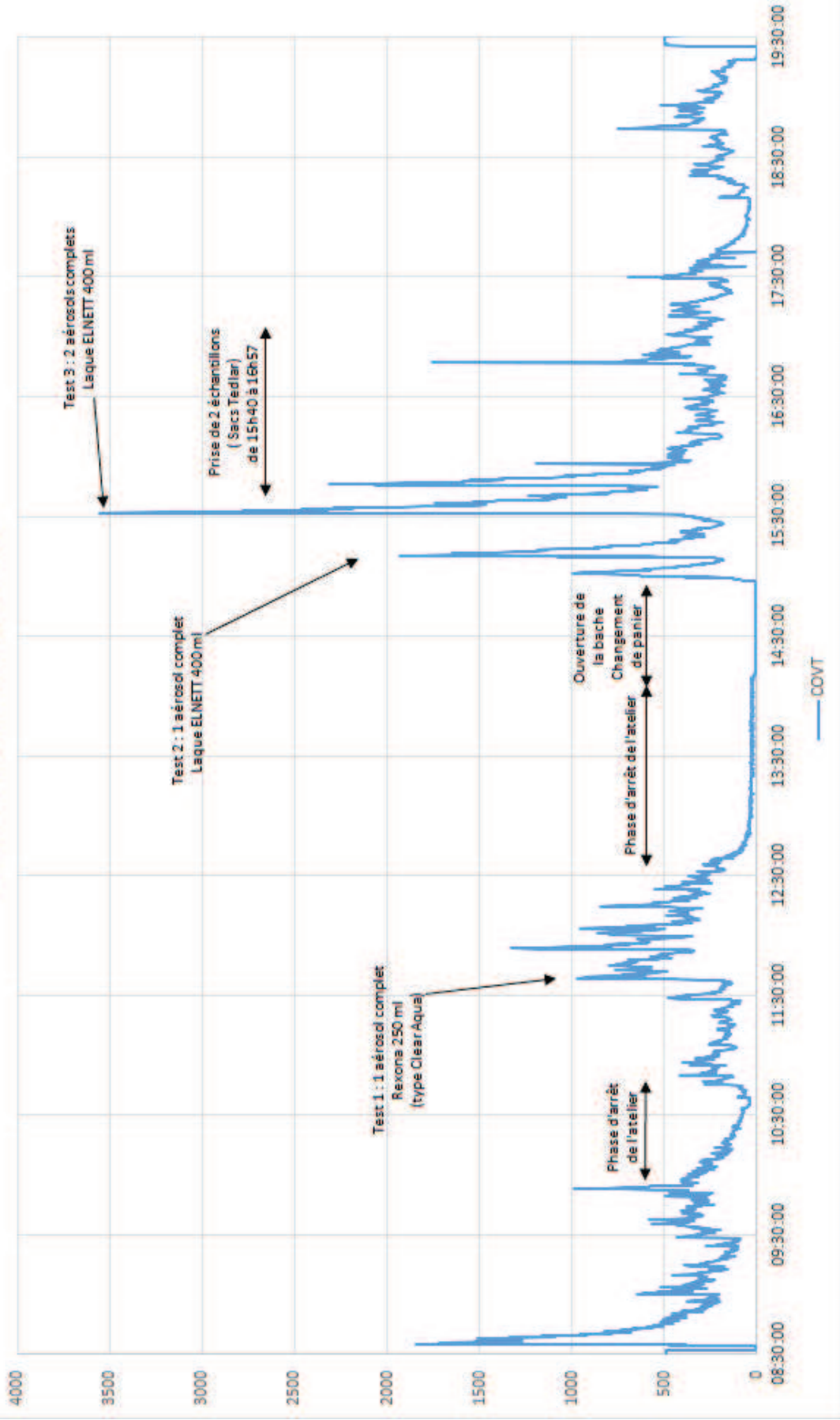


Figure 12 : Concentration massique des COVT en mg/m<sup>3</sup> sur gaz humide

# TRIDENT \_ Essai 08/02/2017

## Flux massique des COVT et débit des gaz dans le conduit

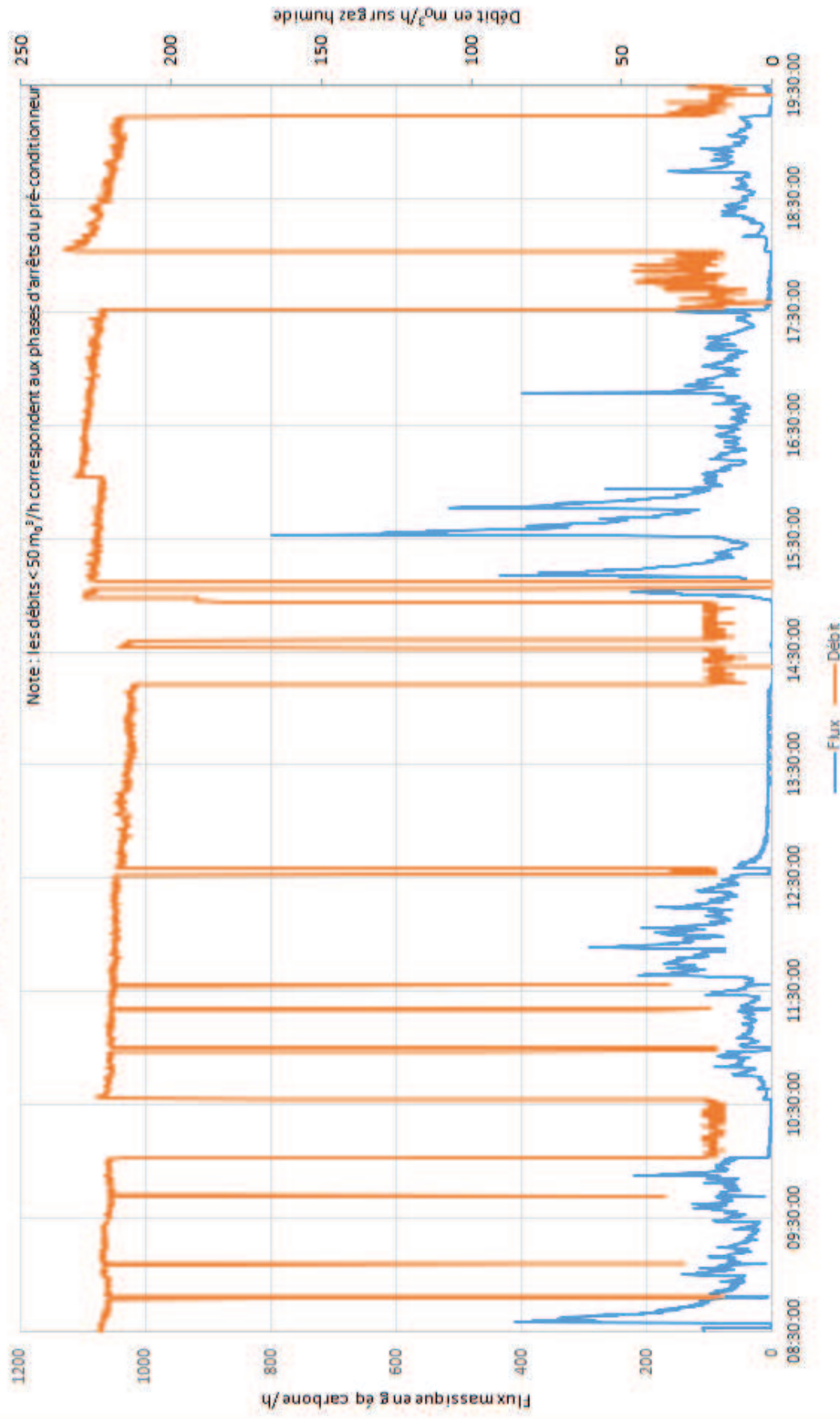


Figure 13 : Flux massique des COVT et débit des gaz dans le conduit

#### 4.4.5.3 Résultats du mesurage des concentrations en COV individuel

Les résultats des analyses qualitative et quantitative sont présentés dans le Tableau 7 ci-dessous :

COV identifié parmi les composés majoritaires	Concentrations émises (mg/m <sup>3</sup> )		Concentration dans l'air ambiant (blanc)
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	
<b>Propane</b>	21,2	20,2	<LQ (<10)
<b>Diméthyléther</b>	12,6	138	<LQ (<2,5)
<b>Isobutane</b>	72,4	235	<LQ (<10)
<b>Butane</b>	60,8	56,2	<LQ (<10)

< LQ : inférieure à la limite de quantification

Tableau 7 : Concentrations en COV individuels émis

#### 4.4.6 Discussion

Le flux et les concentrations en COVT mesurés en canalisant les émissions du pré-conditionneur peuvent être comparés aux valeurs limites d'émission à l'atmosphère fixées dans l'arrêté du 02 février 1998 modifié, relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

**Les valeurs limites d'émission à l'atmosphère fixées pour les composés organiques volatils par l'arrêté du 02 février 1998 sont les suivantes :**

- Pour les COVNM : la VLE canalisées est égale à 110 mg eq.C/m<sup>3</sup>, si le flux total de l'installation (émissions canalisées + émissions diffuses) est supérieur à 2 kg/h.

⇒ **le flux ainsi canalisé de l'installation testée est inférieur au flux total de 2 kg/h fixé\***, avec ou sans prise en compte des ajouts de générateurs d'aérosol pleins.

\* Avertissement : la comparaison du flux fixé par l'arrêté du 02 février 1998 doit être faite avec le flux total de l'installation, soit la somme du flux canalisé et du flux diffus. Or la mesure de flux réalisée sur l'installation du pré conditionneur concerne uniquement le flux canalisé. Toutefois, on notera que le système de confinement des émissions mis en place pour ces essais, a augmenté la ratio émissions canalisées/émissions diffuses en rendant ces dernières négligeables. Le faible flux canalisé mesuré (voir tableau 5) montre que le flux total émis est très probablement inférieur à la limite des 2kg/h réglementaires.

- Pour les COV individuels, seuls les composés visés aux annexes III ou IV, les substances cancérigènes (R45, R49 ou H350/R40 ou H351), mutagènes (R46 ou H340), toxiques pour la reproduction (R60, R61 ou H360) font l'objet d'une VLE.

⇒ les COV individuels majoritairement détectés (propane, butane, isobutane diméthyléther) ne sont pas concernés.

## **5. ANALYSE DES RISQUES ATEX SUR LA BASE DES RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES**

### **5.1 ANALYSE DES RISQUES ET CLASSEMENT EN ZONES ATEX**

La présente prestation a permis de montrer que dans les conditions de la campagne de mesure, une ATEX ne se forme pas à l'extérieur du bâti de l'installation. Néanmoins au niveau de la zone de perçage, une ATEX se formera toujours directement à proximité du GA lors de la perforation. La dangerosité de l'ATEX formée dépendra alors de la masse inflammable disponible, de son volume et de la concentration atteinte au moment de l'inflammation.

Au niveau de la zone de perçage de l'aérosol la frontière entre un classement en zone 0 et en zone 1 est étroite. La directive n° 99/92/CE du 16 décembre 1999, dite « directive ATEX » définit les types de zones comme suit :

*« Zone 0 Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.*

*Zone 1 Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.*

*Zone 2 Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de courte durée ».*

A chaque perçage une ATEX est formée en champ proche au niveau de la zone de perçage, néanmoins un volume ATEX inférieur à 10 L ou à 1/10 000 du volume de confinement n'est pas considérée comme constitutif d'une « ATEX dangereuse » au sens du *Guide de bonne pratique à caractère non contraignant pour la mise en œuvre de la Directive 1999/92/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives* et ne fait pas habituellement l'objet d'un classement.

Dès lors en configuration non-confinée, celle de l'essai :

- un classement en zone 1 revient à considérer qu'une ATEX dangereuse (Volume >10 L) est formée occasionnellement dans l'équipement ce qui est probable mais variable en fonction du flux et discutable,
- un classement en zone 0 revient à considérer qu'une ATEX dangereuse (Volume >10 L) est formée à chaque perçage, ce qui probablement conservateur mais indiscutable.

NB : En configuration confinée, on peut raisonnablement considérer qu'un volume d'ATEX > à 1/10 000 le volume de confinement est atteint à chaque perçage, une zone 0 est donc dans ce cas incontournable.

En l'état et en restant conservateur, nous proposons donc de retenir un classement en zone 0 dans le volume de la zone de perçage. Une ATEX peut également se former au-delà de ce volume lorsqu'un GA présentant une masse inflammable importante est percé. A ce titre et par prudence, nous proposons de retenir un classement en zone 2 dans le volume délimité par le bâti.

NB : Ce classement en zone ATEX tient compte des conditions de la campagne de mesures et de l'emplacement du préconditionneur sur le centre de tri où la circulation d'air était relativement importante. Si le préconditionneur est installé dans une zone où la circulation d'air est mauvaise, cela pourrait impacter les mesures d'explosimétrie et donc nos conclusions.

Des mesures techniques et organisationnelles sont à même de réduire les risques, dès lors nous conseillons :

- de maîtriser les sources d'inflammation dans les zones ATEX (cf. 5.2) ;
- de définir un périmètre de sécurité autour de l'installation dans un rayon d'au moins de 5 m dans laquelle on interdit la présence d'opérateur lorsque l'installation est en fonctionnement ainsi que le stockage de matière combustible ;
- d'éviter l'installation du préconditionneur dans une zone où une accumulation de gaz et de vapeurs inflammables est possible. Cet emplacement doit ainsi bénéficier d'une bonne ventilation naturelle ou mécanique. D'après les mesures effectuées c'était le cas de l'emplacement du pré-conditionneur sur le centre de tri de Jas de Rhodes.

NB : Si à terme un capotage est prévu sur l'installation, il conviendra de l'équiper d'une ventilation/extraction correctement dimensionnée. Nous précisons que des éléments de dimensionnement sont donnés dans le rapport INERIS référencé : DRA-15-131641-12017A.

## **5.2 LUTTE CONTRE LES SOURCES D'INFLAMMATION**

Il n'y a à priori pas eu d'inflammation d'une éventuelle ATEX formée dans le préconditionneur lors de la campagne de mesures. Les picots des rouleaux en matériau anti-étincelant semblent bien jouer leur rôle. Néanmoins comme dans tout équipement mettant en œuvre des pièces en rotation des points chauds peuvent apparaître à cause de frottements localisés et répétés qui auraient pour origine : l'usure, un léger désaxage ou encore un corps étranger coincé issu du gisement de GA. Une opération de travaux par point chaud à proximité ou encore la présence d'un matériel électrique non-certifié ATEX ou défectueux pourraient aussi causer une inflammation.

Dès lors, il convient de prendre les dispositions nécessaires pour éviter toute génération d'un point chaud grâce à des opérations de maintenance régulière, l'emploi de matériel adapté et des dispositions organisationnelles visant à prévenir l'apport d'une source d'inflammation externe.

Les paragraphes 5.2.1, 5.2.2 et 5.2.3 suivants présentent recommandations d'ordre général à même de limiter le risque d'inflammation.



### 5.2.1 Adéquation des appareils électriques et non électriques avec le classement des emplacements où des ATEX peuvent se présenter

Afin de réduire la probabilité du risque d'explosion, il est nécessaire de limiter la probabilité de présence de sources d'inflammation potentiellement actives. Ainsi, les équipements de travail mis en œuvre dans les locaux d'exploitation ou à l'intérieur des équipements, comme les installations d'éclairage, les moteurs, les capteurs,... doivent répondre aux prescriptions et exigences des directives 2014/35/UE et 1999/92/CE.

Les catégories d'appareils à installer en fonction du classement en zones sont présentées dans le tableau suivant.

Type de zone	Catégorie des matériels installés ou mis en œuvre dans chaque type de zone
Zone 20	Groupe II, catégorie 1 D
Zone 21	Groupe II, catégorie 2 D ou 1D
Zone 22	Groupe II, catégorie 3 D ou 2D ou 1 D
Zone 0	Groupe II, catégorie 1 G
Zone 1	Groupe II, catégorie 2 G ou 1 G
Zone 2	Groupe II, catégorie 3 G ou 2 G ou 1 G

Tableau 8 : Correspondance entre type de zone à risque d'explosion et catégorie des appareils installés ou mis en œuvre

Les exigences relatives aux caractéristiques des matériels et systèmes de protection sont précisées dans la directive 2014/35/UE.

Aucun appareil ne doit être ajouté à l'installation sans qu'il soit conforme et protégé vis-à-vis des risques d'explosion.

### 5.2.2 Equipotentialité et continuité électrique

La mise en œuvre de produits sous forme pulvérulente et liquide susceptibles de générer des ATEX nous conduit à préconiser l'équipotentialité et la mise à la terre de l'ensemble des parties conductrices des installations (trémies, stockages, réacteurs, canalisations de transport pneumatique, etc.). Cela passe par l'utilisation de matériaux dissipateurs (résistance <  $10^9$  Ohm) ou conducteurs et de tresses conductrices solidaires des équipements et démontables uniquement à l'aide d'outils. La résistance globale de l'installation ne doit pas dépasser  $10^8$  Ohm.

Les opérateurs qui interviennent pendant le fonctionnement de l'installation devront être équipés de vêtements antistatiques et de chaussures conductrices leur permettant de décharger toute l'électricité statique accumulée et de se mettre au potentiel des installations.

### 5.2.3 Formation du personnel et travaux

La formation du personnel a une importance particulière afin de réduire les risques de formation et d'explosion d'ATEX. En effet, toute personne intervenant sur l'installation doit être informée des procédures à appliquer et sur les risques associés. Nous précisons par ailleurs qu'un permis de feu doit être réalisé avant toute opération de travail par point chaud.

## 6. CONCLUSION

La société TRIDENT SERVICE a développé un dispositif de préconditionnement de générateurs d'aérosol en aluminium (GAA) avant leur mise en balle. Ce dispositif permet de percer les aérosols afin de libérer les gaz propulseurs, les solvants et les autres substances que l'on peut retrouver dans un aérosol.

La société TRIDENT SERVICE a sollicité l'appui de l'INERIS pour évaluer les risques d'explosion au niveau du préconditionneur de GAA et pour caractériser les émissions de COV générées par ce dispositif.

Deux campagnes de mesure ont été réalisées :

- une campagne de mesures d'explosimétrie du 08 février 2017 au 09 mars 2017, elle fait l'objet du §4.3 ;
- une campagne de mesures d'émissions et de caractérisations d'émissions de COV la journée du 8 février 2017, elle fait l'objet du §4.4.

Les mesures d'explosimétrie ont permis de mettre en évidence qu'à l'extérieur du périmètre défini par les explosimètres la LIE du propane n'a jamais été atteinte dans les conditions de la campagne de mesure. En effet, les valeurs maximales mesurées pour les différents explosimètres pendant l'ensemble de la campagne de mesures sont les suivantes :

- C1 : 30,7 % LIE du propane,
- C2 : 26,7 % LIE du propane,
- C3 : 20,1 % LIE du propane,
- C4 : 36,9 % LIE du propane,
- C5 : 19,5 % LIE du propane.

Les mesures montrent également qu'il y a un grand nombre d'événements détectés d'intensités variables. De légères variations hors événements sont observées, de l'ordre de 0,1 %, mais ceci s'apparente à du bruit de fond.

Le 1<sup>er</sup> mars, la société TRIDENT SERVICE a réalisé un lancer volontaire de GAA pleins dans le flux alimentant le préconditionneur en prenant soin de noter l'heure et le type de GAA. A notre étonnement, les explosimètres n'ont rien détecté lors de la phase de test (cf. Figure 10). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette absence de détection :

- Un dysfonctionnement des détecteurs : a priori cette hypothèse peut être écarté car des événements ont été détectés par la suite et les fichiers ne comportent aucune donnée manquante ;
- Les GAA lancés dans le flux à traiter sont de trop faible volume et la masse inflammable libérée lors du perçage n'était pas suffisamment importante pour conduire à une réponse de la part des explosimètres : cela est possible bien qu'assez peu probable. Dans cette hypothèse des GAA plus majorants seraient présents dans le flux ;
- Les conditions locales de vent et de turbulences dans la zone encaissée où se trouve le préconditionneur ont permis une dilution très rapide du nuage : cette hypothèse est très probable car d'après la société TRIDENT SERVICE le vent était relativement fort dans la zone lors de la phase de test. Les données météo recueillies au niveau de la station la plus proche, l'aéroport de Marseille-Marignane voisin de quelques kilomètres du site, ne permettent pas de confirmer l'hypothèse d'un fort vent ce jour. Les conditions de vent en moyenne



et en rafale étaient légèrement en dessous de la moyenne du mois. Cependant, nous demeurons prudents quant à la représentativité des relevés météorologiques de l'aéroport de Marseille-Marignane pour le centre de tri de Jas de Rhodes.

En ce qui concerne la campagne de mesure des émissions de COV totaux, le flux canalisé de l'installation testée est inférieur au flux total de 2 kg/h fixé<sup>10</sup> par l'arrêté du 02 février 1998, avec ou sans prise en compte des ajouts de générateurs d'aérosol pleins. Pour les COV individuels, seuls les composés visés aux annexes III ou IV, les substances cancérigènes (R45, R49 ou H350/R40 ou H351), mutagènes (R46 ou H340), toxiques pour la reproduction (R60, R61 ou H360) font l'objet d'une VLE. Les COV individuels majoritairement détectés (propane, butane, isobutane diméthyléther) ne sont pas concernés.

Enfin, l'INERIS a réalisé un classement en zones ATEX en s'appuyant sur les résultats des campagnes de mesures. Il fait l'objet du §5.

---

<sup>10</sup> Avertissement : la comparaison du flux fixé par l'arrêté du 02 février 1998 doit être faite avec le flux total de l'installation, soit la somme du flux canalisé et du flux diffus. Or la mesure de flux réalisée sur l'installation du pré conditionneur concerne uniquement le flux canalisé. Toutefois, on notera que le système de confinement des émissions mis en place pour ces essais, a augmenté la ratio émissions canalisées/émissions diffuses en rendant ces dernières négligeables. Le faible flux canalisé mesuré montre que le flux total émis est très probablement inférieur à la limite des 2kg/h réglementaires.

## 7. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nb pages
A	PLANS DU PRECONDITIONNEUR	3
B	ARRETE D'AUTORISATION D'EXPLOITER	4
C	DONNEES METEOROLOGIQUES – MARSEILLE - MARGINANE	1
D	AGRANDISSEMENTS TRACES MESURES EXPLOSIMETRIE – PICS > 25 %LIE PROPANE	6
E	PHOTOS CONFINEMENT TEMPORAIRE ET DISPOSITIFS DE MESURE	5
F	INTERVALLES DE CONFIANCE LIES AUX RESULTATS DE MESURAGES	5

# Annexe 4

## Rapport INERIS préalable aux essais n° DRA-15-131641-12017A

---

RAPPORT D'ÉTUDE

04 / 12 / 2015

DRA-15-131641-12017A

**ETUDE DE RISQUES ATEX D'UN PROTOTYPE  
DE PERCEUR DE GENERATEUR D'AEROSOL  
DESTINE A SECURISER LA MISE EN BALLEES  
DE DECHETS EN ALUMINIUM**

**Etude de risques ATEX d'un prototype de perceur de générateur d'aérosol  
destiné à sécuriser la mise en balles de déchets en aluminium**

**Direction des Risques Accidentels**

**Client : TRIDENT**

**Liste des personnes ayant participé à l'étude : Fabrice MALET**

## PREAMBULE

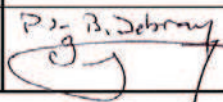


Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	F. MALET	B. DEBRAY	F. ROUSSEAU
Qualité	Ingénieur Unité Evaluation et maîtrise des Risques d'Incendie et d'explosion dans les Procédés Direction des Risques Accidentels	Responsable Unité Evaluation et maîtrise des Risques d'Incendie et d'explosion dans les Procédés Direction des Risques Accidentels	Responsable Pôle Substances, Produits et Procédés Direction des Risques Accidentels
Visa			

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
1.1 Contexte et éléments contractuels .....	4
<b>2. PRODUITS INFLAMMABLES OU COMBUSTIBLES MIS EN ŒUVRE</b> .....	<b>4</b>
<b>3. OBJECTIF INITIAL DU PROJET</b> .....	<b>5</b>
3.1 Bilan des études antérieures .....	5
3.1.1 Modification du risque en amont (contenu des générateurs d'aérosol).....	5
3.1.2 Sortie des générateurs d'aérosols de la liste des déchets aluminium recyclés .....	6
3.1.3 Transport en vrac des déchets d'aluminium sans compression préalable .	6
3.1.4 Modification des presses à balles .....	6
3.1.5 Modification des procédures de mise en balle .....	6
3.1.6 Percement des générateurs en continu, juste après le tri par courant de foucault .....	7
3.2 Objectifs de l'étude .....	7
3.2.1 Objectif initial .....	7
3.2.2 Identification et maîtrise des risques .....	8
3.2.3 Objectif revu suite aux contraintes .....	9
<b>4. CAHIER DES CHARGES DE LA PRESENTE VERSION DU PERCEUR D'ALUMINIUM</b> .....	<b>9</b>
<b>5. RISQUES ATEX ET INCENDIE</b> .....	<b>10</b>
5.1 Description .....	10
5.2 Analyse des risques ATEX.....	10
5.3 Proposition de classement en zones.....	11
<b>6. PROJET D'INTEGRATION EN CENTRE DE TRI</b> .....	<b>11</b>
<b>7. CONCLUSION</b> .....	<b>12</b>
<b>8. LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>13</b>



# **1. INTRODUCTION**

## **1.1 CONTEXTE ET ELEMENTS CONTRACTUELS**

La société TRIDENT a sollicité l'INERIS pour l'aider dans sa démarche de sécurisation d'un prototype de perceur d'aérosol, par rapport aux risques ATEX et incendie. L'équipement a pour but de démontrer la faisabilité de sécurisation du flux de déchets aluminium dans les centres de tri, avant mise en balle. Les générateurs d'aérosol, contenant en moyenne entre 2 et 3% de leur charge initiale, génèrent en effet actuellement des incendies et explosions dans les presses où ils viennent à être percés. Ceci a été montré lors d'études précédentes de l'INERIS.

La présente prestation a fait l'objet de :

- notre offre référencée DRA-12-131641-07157A en date du 27/06/2012,
- la commande en date du 16/10/2012.

## **2. PRODUITS INFLAMMABLES OU COMBUSTIBLES MIS EN ŒUVRE**

Le tableau ci-après rassemble quelques caractéristiques physiques, d'inflammabilité ou d'explosivité des produits mis en œuvre, soit comme gaz propulseur (butane, propane) soit comme composant de la charge liquide (éthanol).

<b>Combustible</b>	<b>[-]</b>	<b>butane</b>	<b>(iso)propane</b>	<b>éthanol (anhydre)</b>
Température d'ébullition	°C	-0,5	-42	79
Point d'Eclair	°C	-60	-189,7	13
Densité des vapeurs vis à vis de l'air	[-]	2,1	1,6	1,6
Domaine d'explosivité - LIE à LSE (gaz)	%v/v	1,8 à 8,4	2,1 à 9,5	3,3 à 19
Température d'AutoInflammation - TAI	°C	365	450	363
Energie Minimale d'Inflammation - EMI	mJ	0,25	0,24	0,14
M masse molaire	g/mole	58,1	44,1	46,1

**Tableau 1 : caractéristiques des produits combustibles ou inflammables**

### **3. OBJECTIF INITIAL DU PROJET**

La présente étude fait partie d'un projet qui résulte d'un constat sur la sécurité des procédés utilisés dans les centres de tri.

#### **3.1 BILAN DES ETUDES ANTERIEURES**

Des études précédemment réalisées par l'INERIS pour Ecoemballages, ont mis en évidence un risque d'incendie et d'explosion lors des opérations de mise en balle (compression) des déchets d'aluminium. Les risques étaient induits par la présence de générateurs d'aérosol dans le flux d'aluminium. Ceux-ci sont généralement vides. L'étude de différents gisements en France mais également en Allemagne montre en effet que les générateurs d'aérosol (ne représentant qu'une faible partie du flux de déchets aluminium) ne contiennent que 2 à 3% de leur contenu initial. Les risques sont induits notamment par la présence :

- d'éthanol en liquide de charge (déodorants, divers autres usages). Sa présence génère un risque ATEX mais surtout incendie ;
- de mélange propane-butane en gaz de propulsion. Sa présence génère un risque ATEX.

Les solutions proposées par les précédentes études ont été évaluées par Ecoemballages, des acteurs de la filière et des exploitants de centre de tri :

- la modification du risque en amont (contenu des générateurs d'aérosol),
- la sortie des générateurs d'aérosols de la liste des déchets aluminium recyclés,
- le transport en vrac des déchets d'aluminium,
- la modification des presses à balles,
- la modification des procédures de mise en balle,
- le percement des générateurs en continu, juste après le tri par courant de foucault.

##### **3.1.1 Modification du risque en amont (contenu des générateurs d'aérosol)**

La modification du contenu des générateurs d'aérosol est possible notamment pour les gaz propulseurs. Toutefois, ceux-ci seront alors remplacés par de l'azote, dont le coût de production est supérieur et surtout qui nécessite un renforcement important des corps des générateurs d'aérosol (la pression de fonctionnement est nettement plus élevée) et donc une augmentation du poids de déchet aluminium. L'azote est actuellement utilisé comme gaz propulseur quasiment uniquement pour un usage alimentaire (bombes chantilly, etc). Le risque n'est toutefois pas complètement écarté car l'utilisation de l'éthanol (ou autre liquide inflammable) parmi les contenus commercialisés est beaucoup plus difficile à substituer.

### **3.1.2 Sortie des générateurs d'aérosols de la liste des déchets aluminium recyclés**

Cette option revient à classer les générateurs d'aérosol en déchets dangereux. Cela crée une filière spécifique, pour gérer un volume de déchet relativement faible et pour au final réinjecter, après neutralisation, les générateurs d'aérosols dans la filière de valorisation des déchets aluminium. Cette option induit des surcoûts et impacts environnementaux de transport et d'infrastructure, en plus de concentrer dans le temps et l'espace les risques incendie et ATEX (mais dans des installations dédiées). Le changement de consignes auprès des consommateurs aura une inertie importante et la transition pourra nécessiter un suivi et un accompagnement. Ce changement de consignes irait à l'opposé de la tendance depuis plusieurs années, où les centres de tri acceptent des flux de plus en plus larges, ce qui peut provoquer des incompréhensions.

### **3.1.3 Transport en vrac des déchets d'aluminium sans compression préalable**

Une telle option induirait une augmentation importante des fréquences et coûts de transport associés. La compression en balles diminue fortement les volumes par rapport aux déchets en vrac et les déchets en aluminium peuvent éventuellement être stockés pendant plusieurs mois avant d'être transportés. De plus, si les générateurs d'aérosols ne sont pas séparés du flux d'aluminium inerte, leur transport en vrac peut éventuellement être considéré comme transport de matière dangereuse (malgré le potentiel de danger assez faible), ce qui induit des contraintes techniques et financières supplémentaires. De plus, comme pour le point précédent, cela concentre dans le temps et l'espace le risque induit par la neutralisation/perçage des générateurs d'aérosol.

### **3.1.4 Modification des presses à balles**

La modification des presses à balles a fait l'objet d'une étude de l'INERIS pour ECOEMBALLAGES afin de déterminer les différentes configurations, les conditions d'utilisation et d'identifier les modifications possibles. Les débits de ventilation requis sont très importants du fait du nombre de générateurs qui vont être percés en un temps court pour former une balle. Certaines presses à balles sont beaucoup plus difficilement modifiables afin de permettre cette extraction et la dilution des gaz émis. De plus, un calcul avait été réalisé par l'INERIS afin de s'assurer du non dépassement de la LIE dans la presse et les débits de ventilation requis étaient jugés difficiles à atteindre.

### **3.1.5 Modification des procédures de mise en balle**

Les modifications de procédure de mise en balle d'aluminium concernent :

- La nature des déchets mis en balle immédiatement avant la mise en balle d'aluminium et donc encore présents dans la presse,
- Les moyens d'extinction incendie à déployer,
- Le nombre de balles d'aluminium produites consécutivement (idéalement : pas plus d'une),
- Le temps d'attente entre chaque balle d'aluminium produite (dépendant de la modification pour ventilation de la course piston),
- Le temps de formation de la balle.

La plupart de ces paramètres ne sont pas modifiables par les centres de tri. Les points les plus importants (éviter de faire plusieurs balles d'affilée, temps de formation de la balle notamment) sont trop souvent figés par les équipements.

De plus, ces mesures sont à même de diminuer significativement la probabilité d'occurrence d'une explosion ou d'un incendie lors de la mise en balle, mais ne l'écartent pas complètement.

### **3.1.6 Percement des générateurs en continu, juste après le tri par courant de foucault**

Le principal problème identifié lors des études précédentes relève de la concentration spatiale et temporelle du percement des générateurs d'aérosols. Des heures/jours de tri de déchets aluminium sont mis en balle en quelques minutes, ce qui rend problématique un déchet globalement inerte (faible proportion des générateurs d'aérosol dans le flux et faible contenance résiduelle).

Le percement des générateurs d'aérosol en continu juste après les opérations de tri nécessite la mise en place d'un équipement supplémentaire mais qui peut être sécurisé à moindre coût. Un tel équipement, même s'il vient à enflammer le contenu lors du perçage, n'aura à traiter que des quantités relativement faibles à un instant donné (1 à 2 par minute, comparativement à la mise en balle, où 1000 à 1500 générateurs sont percés en moins de 5 minutes).

Toutefois un tel équipement nécessite une modification des chaînes de tri afin de s'interposer entre le tri (généralement par courant de Foucault) et la mise en balle. Les risques doivent être identifiés et maîtrisés.

## **3.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE**

### **3.2.1 Objectif initial**

La société TRIDENT Service a été missionnée par ECO EMBALLAGE afin d'assurer la coordination du projet de réalisation et de validation opérationnelle d'un prototype de perceur d'aérosol. Celui-ci devait tenir compte de son intégrabilité en centre de tri, de son fonctionnement dans la durée et de l'absence de risque incendie ou explosion, y compris dû à son environnement immédiat ainsi qu'au flux à traiter pouvant inclure (très rarement, mais ce n'est pas impossible) de grand générateurs d'aérosols pleins.

L'objectif initial, dans le cadre de cette prestation effectuée pour TRIDENT Service, était :

- d'identifier les risques présents sur l'équipement de perçage d'aérosol envisagé,
- d'identifier les risques induits par et sur l'environnement de l'équipement,
- de préconiser les mesures de prévention/protection à même de maîtriser les risques incendie/explosion de façon à assurer la protection du personnel et des installations.

Plusieurs réunions et réunion téléphoniques ont été nécessaires afin participer à la conception, notamment :

- 19 octobre 2012,
- 09 novembre 2012,
- 17 décembre 2012,
- 8 janvier 2013,
- 20 juin 2013,
- 13 janvier 2015,
- 20 mars 2015,
- 25 mars 2015.

La participation de l'INERIS à ces réunions a permis de formuler des recommandations ou des avis qui ont été intégrés à divers stades du projet et aux documents qui l'ont jalonné, présentés en annexe du présent rapport.

### **3.2.2 Identification et maîtrise des risques**

Les risques suivants ont été identifiés et ont fait l'objet de premières recommandations :

- risque incendie : le risque incendie est principalement généré par les liquides contenu dans les générateurs d'aérosol. Certains sont inertes (base aqueuse), et d'autres sont combustibles. Les principaux produits combustibles sont des alcools, notamment l'éthanol. La neutralisation de ce produit est impossible directement dans le perceur de déchets aluminium. Les mesures de prévention et protection reposent sur des aspects techniques et organisationnels : prévention de l'inflammation par étincelle de friction dans le perceur, détection incendie en amont et aval, extinction incendie, asservissement du fonctionnement de l'équipement, prévention de la propagation de l'incendie au centre de tri en évitant autant que possible l'encrassement des bandes transporteuses, récupération des liquides dans un bac de rétention, vérification périodique de l'état de propreté de la bande de transport aval, évacuation des liquides du bac de rétention pour traitement adéquat, absence d'accumulation, conception du perceur d'aérosol avec des matériaux résistants au feu.
- risque ATEX : le risque ATEX est principalement induit par les gaz propulseurs majoritairement constitués de butane et propane. Le traitement dans le perceur de déchets aluminium au fil du tri de déchets est la principale mesure permettant de maîtriser le risque, afin d'éviter de le concentrer temporellement. La plupart des générateurs d'aérosol qui seront percés relâcheront une quantité faible de gaz inflammable. Toutefois il convient de s'assurer de l'absence d'accumulation en extrayant les gaz émis ainsi que de gérer la problématique rare des grands générateurs d'aérosols pleins. Ces derniers peuvent soit être écartés en raison de leur poids, en réglant de manière adéquate le tri par courant de Foucault, soit gérés au sein du perceur en dimensionnant la détection-ventilation dans le perceur d'aérosol de façon à éviter l'inflammation de l'ATEX et à évacuer celle-ci vers l'atmosphère dans un délai court. Le confinement dans un

volume quasi fermé et l'environnement global de l'équipement étant poussiéreux, l'utilisation d'un évent sans flamme est toutefois nécessaire afin d'éviter tout éclatement du perceur consécutif à l'inflammation de l'ATEX, pouvant ensuite donner lieu à une explosion secondaire (de poussières de centre de tri).

Le perceur de déchets aluminium devait initialement être intégré à l'intérieur des centres de tri, au plus proche des équipements.

### **3.2.3 Objectif revu suite aux contraintes**

Le cahier des charges stipule qu'une phase de test en centre de tri doit être menée de façon à s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement, de son vieillissement et la sécurité de l'opération. Les centres de tri, bien qu'intéressés à sécuriser leur flux aluminium, disposent la plupart du temps de peu de place pour intégrer le procédé entre le séparateur par courant de Foucault et le stockage en vrac avant mise en balle. De plus, l'intégration en intérieur nécessite une extraction du mélange d'air et de gaz inflammables pour dispersion atmosphérique, et donc une modification de la toiture et une hauteur en accord avec la réglementation ICPE.

Le benchmark des solutions envisageables et le principe constructif retenu sont exposés en annexe H

Le déport du perceur d'aluminium et son approvisionnement par des bandes transporteuses a été envisagé car les premiers centres de tri susceptibles d'accueillir l'équipement lors de sa période de test en situation réelle ne pouvaient pas accueillir la version initialement prévue et à même de répondre au cahier des charges générique, du fait des contraintes (encombrement dans le centre de tri, délais et incertitudes dépôt de permis de construire, autorisation DREAL, ...). Deux variantes ont alors été envisagées :

1. Intégralement à l'extérieur.
2. Partiellement intégré en creux de façade.

## **4. CAHIER DES CHARGES DE LA PRESENTE VERSION DU PERCEUR D'ALUMINIUM**

Le cahier des charges et le protocole d'utilisation de l'équipement sont décrit dans le dossier pour test en centre de tri, exposé en annexe G.

Les plans du perceur de déchets aluminium sont présentés en annexe E.

L'équipement a pour vocation un fonctionnement déporté ou semi déporté du site, qui sera décidé en fonction des périmètres de sécurité, ainsi que des détecteurs-asservissements et des mesures organisationnelles qui seront mis en place.

## **5. RISQUES ATEX ET INCENDIE**

### **5.1 DESCRIPTION**

L'équipement présente peu de risque incendie car une détection incendie optique associée à moyen d'extinction sera présente ainsi qu'une surveillance afin d'éviter une accumulation trop importante de liquide dans la rétention. L'installation est déportée dans un environnement dépourvu de matières combustibles/inflammable ou toute autre source de danger, ce qui limite très fortement toute propagation de l'incendie ou tout effet domino. De plus, l'utilisation de dents en laiton et d'un système de débrayage permet d'assurer l'absence de formation d'étincelle en cas de présence d'un corps trop dur ou trop volumineux. Le risque d'inflammation induit par l'équipement a été limité au maximum.

Le risque ATEX est présent surtout en cas de percement de générateur d'aérosol pleins. Les générateurs contenant 2 à 3% en masse de leur contenu initial formeront en effet au moment de leur perçage des ATEX de l'ordre du décilitre, que l'on peut considérer comme non dangereuse. La dispersion des gaz émis sera rapide du fait de l'absence de confinement. La problématique des grands générateurs pleins a nécessité des calculs confirmés ultérieurement par des essais expérimentaux.

Les tests réalisés sur générateur plein ont été réalisés par Trident Service et par HOFMAN Group. Les générateurs pleins, de diverses tailles ont été directement injectés dans le perceur en fonctionnement positionné en plein air. Des essais avec une source d'inflammation (flamme nue) positionnée en partie inférieure ont également été réalisés. Le traitement du contenu d'une benne de déchets aluminium en vrac a été réalisé afin de valider le bon percement de déchets pouvant être aplatis. Les enregistrements vidéo sont disponibles et des photos sont présentées en annexe F. En absence de confinement, l'inflammation provoquée de l'ATEX formée au moment du perçage nécessite l'établissement d'un périmètre de sécurité de quelques mètres, afin d'éviter l'impact thermique sur le personnel ou sur d'autres équipements d'une inflammation accidentelle d'une telle ATEX. Le périmètre de sécurité peut éventuellement tenir compte de la mise en place de cloisons afin de limiter l'étendue des effets radiatifs, protéger des voies de passage, sans toutefois induire un frein à la dispersion atmosphérique.

En cas de capotage plus important, l'utilisation d'une extraction/ventilation mécanique diminuera très fortement le périmètre de protection nécessaire, en diminuant à la source le volume d'ATEX formé et en orientant la dispersion des gaz vers une zone sécurisée vers le haut.

Le scénario de générateur plein et de grande capacité est toutefois très peu probable.

### **5.2 ANALYSE DES RISQUES ATEX**



### 5.3 PROPOSITION DE CLASSEMENT EN ZONES

L'analyse des risques ATEX conduit à identifier :

Emplacement	Probabilité d'apparition d'une ATEX (zone)	Probabilité d'inflammation (normal / dysfonctionnement / rare)	Probabilité d'explosion (0 à 5)	Gravité (1 à 3)	Criticité (0 à 7)
Dans le perceur de déchets aluminium et 2m de rayon autour	2	rare	1	1	1

**Tableau 2 : évaluation des risques ATEX du perceur de déchets aluminium**

## 6. PROJET D'INTEGRATION EN CENTRE DE TRI

Plusieurs réunions et réunions téléphoniques ont eu lieu afin d'étudier l'intégration sur des centres de tri, afin de tester l'équipement pour des situations de flux réel et de flux réel enrichi de grands générateurs pleins.

Les obstacles administratifs ont reportés la plupart des projets malgré la constitution de dossiers afin de rassurer les différents acteurs (autres industriels, collectivités locales, exploitant, DREAL, ...) pour cette phase de test de quelques mois. Une présentation auprès du ministère de l'environnement a été réalisée afin de montrer le besoin de sécuriser la filière actuelle et la pertinence du choix technique retenu, le besoin de sa validation expérimentale avant extension à d'autres centres de tri.

Des données sont présentées notamment dans l'annexe C (dernier centre retenu, mais sans accord de la DREAL) et D (présentation auprès du ministère) afin d'illustrer un des cas présentés à l'administration et à l'exploitant, avec ses contraintes et procédures d'exploitation. L'INERIS n'a toutefois pas eu de retour sur les conclusions et sur le déroulement ultérieur du dossier.

## **7. CONCLUSION**

La société TRIDENT a sollicité l'INERIS afin de l'aider à apprécier les risques d'incendie et d'explosion relatifs à son prototype de perceur de générateur d'aérosol.

L'INERIS a accompagné le projet en participant à plusieurs réunions en commentant les documents produits. La participation de l'INERIS à ces réunions a permis de formuler des recommandations ou des avis qui ont été intégrés à divers stades du projet et aux documents qui l'ont jalonné, présentés en annexe du présent rapport.

Une synthèse des risques identifiés et des moyens de les maîtriser ainsi que le classement en zone ATEX de la dernière version de perceur est présenté dans ce rapport.

L'évolution de la conception et la prise en compte des diverses contraintes a permis la réalisation d'un prototype utilisable en plein d'air. Son utilisation requiert certaines mesures techniques et organisationnelles afin de s'intégrer en centre de tri. L'équipement a été testé avec des flux représentatif de déchets ainsi qu'en situation extrême : cas d'un générateur d'aérosol de grand format et plein. La phase de test sur la durée en centre de tri, avec au préalable une phase expérimentale de mesure des émissions et détermination des volumes et durée des ATEX formées, n'a toutefois pas pu voir le jour actuellement pour des raisons administrative. Un accompagnement de l'INERIS sur cette dernière phase pourra faire l'objet d'un avenant lorsque ces aspects seront éclaircis.

## 8. LISTE DES ANNEXES

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nb pages</b>
A	Méthode d'analyse de risque ATEX et incendie	4
B	Dimensionnement de la ventilation d'extraction, pour configuration à l'intérieur	1
C	Plans d'intégration possible pour test sur centre de tri (photos, photos montage, mesures organisationnelles)	8
D	Présentation auprès du ministère	8
E	Plans du perceur d'aérosol	1
F	Photos lors des tests sur générateur d'aérosols pleins (avec ou sans inflammation provoquée)	2
G	Protocole de test d'un perceur de déchets aluminium en centre de tri	15
H	Benchmark et principes constructif du perforateur d'aérosol (première version)	62

# **ANNEXE A**

**METHODE D'ANALYSE DE RISQUE ATEX ET INCENDIE**

## **CLASSEMENT DES EMPLACEMENTS OU DES ATEX PEUVENT SE PRESENTER**

Le code du travail prévoit le classement des emplacements dangereux <sup>[1]</sup> en zones, en fonction de la fréquence et de la durée de la présence d'une atmosphère explosive, et donne les définitions nécessaires au classement des zones à risque d'explosion :

- Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles :
  - ✓ est présente dans l'air **en permanence** ou pendant de longues périodes ou fréquemment : zone 20,
  - ✓ est susceptible de se présenter **occasionnellement en fonctionnement normal** : zone 21,
  - ✓ n'est **pas** susceptible de se présenter **en fonctionnement normal** ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée : zone 22.

Elle précise que les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme toute autre source susceptible de former une atmosphère explosive. Le consensus scientifique appliqué à l'analyse de risques ATEX mentionne qu'à défaut de caractérisation normalisée montrant une absence de formation d'ATEX par la substance en question lors de sa mise en suspension dans l'air, une épaisseur de 1 mm de dépôt de pulvérulent combustible fin et sec est suffisante pour classer en zone 22 tout emplacement (sol, équipements, structures) empoussiéré.

- Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard :
  - ✓ est présente dans l'air **en permanence** ou pendant de longues périodes ou fréquemment : zone 0,
  - ✓ est susceptible de se présenter **occasionnellement en fonctionnement normal** : zone 1,
  - ✓ n'est **pas** susceptible de se présenter **en fonctionnement normal** ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée : zone 2.

Dans le présent rapport, les emplacements examinés qui ne relèveront pas de l'une ou de l'autre des classes précédentes seront notés NC pour « Non Classé ». Ces emplacements sont non dangereux, au sens de la réglementation ATEX, mais peuvent être impactés par les conséquences directes (thermique, mécanique) ou indirecte (projections, incendie, effets dominos) d'une explosion.

Les emplacements nécessitant une ventilation doivent assurer une concentration de substances inflammables ne dépassant pas le 1/4 de la LIE en cas d'absence de personnel, et ne dépassant pas 1/10 de la LIE en cas de présence de personnel <sup>[2]</sup>.

---

<sup>1</sup> Au sens du guide européen. <http://www.ineris.fr/centredoc/bonnepratique.pdf>

<sup>2</sup> Circulaire du 9 mai 1985, relative au commentaire technique des décrets n°84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail

## **MODE DE HIERARCHISATION DES RISQUES**

La réglementation demande également d'évaluer la probabilité d'inflammation d'une ATEX ainsi que les conséquences de celle-ci. Elle ne propose toutefois aucune méthode d'évaluation. Les grilles d'analyse de risques (probabilité d'inflammation d'une ATEX, gravité) sont souvent employées dans ce contexte mais comportent ainsi un nombre de niveaux de probabilité et de gravité variable selon leurs auteurs.

### **Probabilité d'explosion**

L'indice de probabilité combine deux composantes :

- la probabilité de présence d'une ATEX, qui correspond au classement en zones,
- la probabilité de présence d'une source d'inflammation ayant une énergie suffisante pour enflammer l'ATEX, sur la base du retour d'expérience.

La combinaison de ces deux critères de probabilité dans le , à double entrée, permet d'obtenir un niveau de probabilité de l'événement "inflammation de l'ATEX identifiée" compris entre 0 (le plus faible) à 4 (le plus fort).

Source d'inflammation présente	Zone 20 ou 0	Zone 21 ou 1	Zone 22 ou 2	Non Classé
en fonctionnement normal	5	4	3	0
en cas de dysfonctionnement	4	3	2	0
Très rarement	3	2	1	0

**Tableau 3 : Exemple d'indice de probabilité d'explosion d'une ATEX**

La présence de source d'inflammation en fonctionnement normal correspond à la présence, à proximité ou dans le périmètre, d'équipement présentant des surfaces chaudes, émettant des étincelles ou fournissant/consommant de fortes intensités.

La présence de source d'inflammation en cas de dysfonctionnement implique la présence d'équipement non certifié ATEX mais ne pouvant a priori être source d'inflammation (thermique ou électrique) que lors d'un dysfonctionnement. Les sources d'inflammations prévisibles mais très ponctuelles ou aléatoires peuvent également rentrer dans cette catégorie.

Une présence rare de source d'inflammation implique l'usage de matériel protégé (certifié ATEX en sécurité non intrinsèque), ainsi que des sources d'inflammation plus aléatoires (par exemples : foudre alors que le site est protégé, ou encore électrostatique apportée par un opérateur lors de son travail sous réserve que l'opération n'implique pas de déversement important de pulvérulents, ...).

### **Gravité**

Un travailleur doit être considéré comme insuffisamment protégé s'il est exposé à un risque de blessure, même légère et, si tel est le cas, il est nécessaire de mettre en place des mesures, techniques ou organisationnelles, afin de réduire le risque. La gravité est donc dépendante des conséquences d'une explosion et de son impact direct ou indirect sur le personnel. Elle prend en compte pour cela la proximité avec le danger et la fréquence d'exposition au danger.

L'évaluation des conséquences prévisibles de l'événement « inflammation de l'ATEX identifiée » conduit à évaluer la gravité de celui-ci :

Gravité	Description
3	décès
2	blessure grave à légère
1	Aucune blessure (risque domino possible toutefois, incendie notamment)

**Tableau 4 : Exemple de niveaux de gravité ATEX**

*Note : l'évaluation de la gravité est faite pour le personnel d'exploitation/production. Le personnel assurant la modification/maintenance (qu'il soit de l'entreprise ou en sous-traitance) est amené à travailler dans des conditions plus diverses, difficiles à prévoir dans le cadre d'une analyse de risques ponctuelle. Le personnel de modification/maintenance doit avoir une connaissance plus fine des phénomènes dangereux. Il doit systématiquement 1/ connaître l'historique (en dialoguant avec le personnel de production) d'un équipement afin d'évaluer le risque ATEX de l'équipement avant toute intervention 2/ identifier les risques de formation d'ATEX induits par son intervention 3/ identifier les risques d'inflammation d'ATEX induits par son intervention 4/ formaliser le tout en plan de prévention si il y a sous-traitance ou co-traitance.*

### Criticité

L'emploi d'une grille de criticité dans le cadre de la réglementation ATEX est indicative, car la réglementation ATEX n'introduit pas la notion de "risque acceptable" et donc de criticité.

Une grille de criticité sert surtout de donnée d'entrée (complétée de la durée/difficulté de mise en œuvre, et des coûts associés) pour établir un plan d'action. Un exemple est présenté dans le à titre d'information.

Gravité d'une explosion	Probabilité d'une explosion					
	5	4	3	2	1	0
3	7	6	5	4	3	0
2	6	5	4	3	2	0
1	5	4	3	2	1	0

**Tableau 5 : Exemple de niveaux de criticité ATEX, relatif aux grilles probabilité et gravité précédemment exposées**



## **METHODE D'ANALYSE DU RISQUE D'INCENDIE**

### **Probabilité**

La probabilité d'apparition d'un incendie est la composante de la probabilité de présence des trois conditions du triangle du feu. Les procédés n'étant pas inertés, la présence d'oxygène est permanente et ne sont considérés que la probabilité de présence de combustible ainsi que la probabilité d'une inflammation directe (point chaud, étincelle, décharge d'électricité statique, frottement, ...) ou indirecte (explosion, propagation d'un incendie à partir d'un autre emplacement).

La probabilité d'occurrence d'un incendie sera ici évaluée directement et sur cinq niveaux.

Niveau	Descriptif
5	Très probable
4	Probable
3	Peu probable
2	Très peu probable
1	Impossible

***Tableau 6 : exemple de probabilité d'apparition d'un incendie.***

### **Gravité**

La gravité d'un incendie en centre de tri sera évaluée sur cinq niveaux, en tenant compte des effets dominos.

Niveau	Descriptif
5	Incendie étendu à d'autres emplacements du site et/ou effets dominos (BLEVEs, explosions ATEX, ...)
4	Dégâts sur l'équipement et les alentours (effets dominos moindres : effets sur les structures)
3	Dégâts sur l'équipement
2	Effets aisément contenu
1	Aucune conséquence

***Tableau 7 : exemple de probabilité d'apparition d'un incendie.***

La cotation en criticité n'est pas retenue pour le risque incendie. Il est toutefois possible de retenir une grille de criticité selon la même méthodologie que pour le risque d'explosion d'ATEX.

## **ANNEXE B**

**DIMENSIONNEMENT DE LA VENTILATION D'EXTRACTION,  
POUR CONFIGURATION A L'INTERIEUR**

**hypothèse : ATEX formée uniquement par gaz propulseurs. Éthanol en aérosol dans le mélange pouvant augmenter la richesse non pris en compte.**

volume générateur d'aérosol  
mL

volume d'ATEX formée au max  
8098,52 L

8,10 m<sup>3</sup>

volume net propane-butane  
500 mL

débit d'émission gaz combustibles  
2024,63 L/s

ratio vol propane/(butane+propane)  
0,66 %

débit de ventilation nécessaire pour 1/4 LIE à la sortie gaine  
8098,52 L/s  
29154,66 M<sup>3</sup>/h

durée avant retour à la normale  
20 s

LIE butane  
1,5 %  
débit nécessaire pour retour à la normale  
0,51 M<sup>3</sup>/s  
1822,17 M<sup>3</sup>/h

volume interne perceur  
680 L

taux de renouvellement d'air  
42874,50

durée d'émission propane-butane prévisible (hypothèse)  
4 s

masse molaire butane  
58,123 g/mol  
masse molaire propane  
44,0956 g/mol  
masse molaire mélange  
48,864916 g/mol

nombre de renouvellement d'air (après fin diffusion propulseur) ciblé  
10  
taux de renouvellement d'air si on veut XX renouvellements d'air dans le volume dans le délai imparti  
1,60 s<sup>-1</sup> == 5760 h<sup>-1</sup>  
débit de ventilation  
425,00 L/s  
1530,00 m<sup>3</sup>/h

densité mélange (liquide)  
0,530 g/mL

d'émission (s)	d retour normale (s)	débit ventilation (m <sup>3</sup> /h)
30	60	816,00
60	120	408,00
60	300	102,00
60	600	45,33

variantes : avec durée d'émission et durée retour à la normale qui varient

# CITEO

Donnons ensemble une  
nouvelle vie à nos produits.

---

[www.citeo.com](http://www.citeo.com)

CITEO  
50 boulevard Haussmann  
75009 Paris – France  
Tel : +33 (0)1 81 69 06 00  
Fax : +33 (0)1 81 69 07 47