

- Explosion
- Poussière
- Analyse des accidents
- France
- Secteur d'activité

► Agnès JANÈS, Jacques CHAINEAUX,
INERIS, Direction des Risques Accidentels

SURVEY AND ANALYSIS OF WORKPLACE DUST EXPLOSIONS

Use of combustible dusts or powders may lead to the formation of explosive atmospheres (ATEX) under specific conditions. One hundred and ninety dust explosions, which occurred between 1903 and January 2010, were recorded on the French (BARPI) "ARIA" database. This study was based on industrial sectors, in which explosions have been recorded, including the wood, metal, agricultural foodstuff, chemical and pharmaceutical industries as well as bulk storage of cereals. Data sought in this research were: 1) equipment most often involved in the explosions, 2) factors that led to dust dispersion in air and, 3) ignition source. The study also highlights the human and/or material impact of these explosions.

It is clear from this work that assessment and prevention of risks associated with ATEX remains a major challenge for improving workplace safety.

- Explosion
- Dust
- Accident analysis
- France
- Industrial sector

EXPLOSIONS DE POUSSIÈRES DANS LES LIEUX DE TRAVAIL

Recensement et analyse

La mise en œuvre de poudres ou de produits pulvérulents combustibles peut entraîner, dans certaines conditions, la formation d'atmosphères explosives (ATEX). Cent quatre-vingt-dix explosions de poussières, survenues sur la période de 1903 à janvier 2010, ont été répertoriées dans la base de données ARIA du BARPI. Cette étude a porté sur les secteurs d'activité pour lesquels des explosions ont été recensées. Il s'agit des secteurs du bois, des métaux, de l'agroalimentaire, de la chimie et de la pharmacie ainsi que du stockage en vrac de céréales. Les éléments recherchés concernent les équipements le plus souvent impliqués et les éléments qui ont conduit à la mise en suspension des poussières, ainsi que la source d'inflammation. Ils mettent en évidence les conséquences humaines et/ou matérielles de ces explosions.

Il ressort de cette étude que l'évaluation et la prévention des risques associés aux ATEX constitue encore aujourd'hui un fort enjeu pour l'amélioration de la sécurité au travail.

Les explosions de poussières concernent toutes les branches industrielles, dès lors que les produits manipulés sont sous la forme de fines particules de matière oxydable. C'est le cas, par exemple, des poussières alimentaires (amidon, sucre, farine, céréales...), végétales (coton, bois...), métalliques (aluminium, magnésium, ferroalliages...) et industrielles (engrais, matières plastiques, caoutchouc...).

Pourtant, si le risque d'explosion de gaz et le risque d'explosion en phase condensée (explosifs et produits pyrotechniques) sont bien connus, le risque d'explosion de poussières est plus difficile à appréhender et à faire comprendre. Il est souvent nécessaire de bien expliquer et d'insister pour faire accep-

ter l'idée qu'une poussière manipulée dans une installation engendre un risque d'explosion du fait de ses caractéristiques physico-chimiques.

En 1998, on estimait qu'il se produisait en France une explosion de poussières par jour en moyenne [1]. La fréquence actuelle de ces événements n'est pas connue avec précision, d'autant plus que les incidents sans gravité ne sont souvent pas rapportés.

La directive européenne n°1999/92/CE, du 16 décembre 1999, concerne les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'atmosphères explosives (ATEX) [2].

Cette directive a été transposée en droit français par les décrets n° 2002-1554 et n°2002-1553 du 24 décembre 2002 [3, 4], codifiés dans le code du travail. Ces dispositions concernent aussi bien les ATEX constituées d'un mélange de gaz, vapeurs ou poussières inflammables et d'air. Deux arrêtés du 8 juillet 2003 [5, 6] complètent ces dispositions. Ils concernent, en particulier :

- la définition des emplacements où des atmosphères explosives peuvent se former,
- les prescriptions visant à améliorer la santé et la sécurité des travailleurs exposés aux risques d'explosion,
- les critères de sélection des appareils et des systèmes de protection utilisés dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter,
- le panneau de signalisation des emplacements dangereux (cf. Figure 1).

FIGURE 1

Panneau de signalisation des emplacements dans lesquels une ATEX peut se former



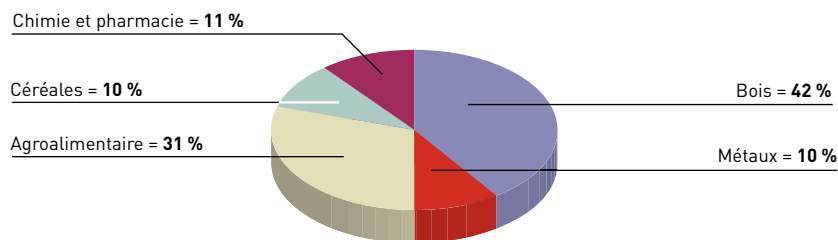
Un troisième arrêté, daté du 28 juillet 2003 [7], fixe les conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.

Plusieurs documents visant à assister les employeurs à appliquer cette réglementation sont aujourd'hui disponibles. On peut citer parmi ceux-ci la circulaire d'application de l'arrêté du 28 juillet 2003 [8], le guide méthodologique proposé par l'INRS [9] ainsi que le guide de bonnes pratiques rédigé par un organisme allemand pour l'Union Européenne [10].

Une étude concernant le retour d'expérience relatif aux explosions mettant en cause des poussières de bois a été réalisée en 2006 [11]. Celle-ci a mis en évidence notamment une méconnaissance des dangers présentés par les poussières combustibles et un déficit de formation des opérateurs exposés.

FIGURE 2

Fréquence des explosions dans les secteurs d'activité étudiés



Après avoir rappelé les conditions de formation et d'inflammation d'une ATEX poussière/air, le présent document analyse les accidents répertoriés, dans l'objectif de rechercher les facteurs déterminants et faire progresser la sécurité des installations.

MÉTHODE

Pour caractériser l'exposition des travailleurs au risque d'explosion d'ATEX poussières/air, nous avons analysé les accidents répertoriés dans la base de données des accidents industriels ARIA du BARPI [12].

Le Bureau d'analyse des risques et pollutions industrielles (BARPI) est chargé de rassembler et de diffuser des données sur le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement et implanté à Lyon il assure le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base de données ARIA (Analyse, recherche et information sur les accidents) depuis 1992.

La base ARIA recense les incidents et les accidents qui ont ou auraient pu porter atteinte à la santé et la sécurité publiques, aussi bien qu'à l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, carrières, élevages... classés au titre de la législation relative aux installations classées, ainsi que du transport de matières dangereuses.

A ce jour, elle recense plus de 32 000 accidents ou incidents survenus en France ou à l'étranger.

Cette étude examine toutes les activités pour lesquelles des explosions de poussières ont été recensées. Il s'agit des secteurs du bois, des métaux, de l'agroalimentaire, de la chimie et de la pharmacie ainsi que du stockage en vrac de céréales. Les éléments recherchés sont les installations le plus souvent impliquées et les conditions ayant conduit à ces sinistres (mise en suspension des poussières, d'une part, et source d'inflammation, d'autre part), pour chaque branche industrielle, en déterminant les conséquences humaines et/ou matérielles de ces explosions.

Les recherches dans cette base de données ne peuvent toutefois pas être considérées comme exhaustives, du fait de la limitation de l'objet de la base aux accidents et aux incidents graves. Les incidents rencontrés par les industriels ayant des conséquences très limitées n'y sont en général pas répertoriés.

RÉSULTATS

Tous secteurs d'activité confondus, un total de 190 explosions de poussières a été répertorié dans la base ARIA, de 1903 à janvier 2010. Leur analyse montre que les activités les plus touchées par les explosions de poussières sont de loin les industries du bois et de l'agroalimentaire, qui comptabilisent à elles seules près des trois quarts des explosions recensées (cf. Figure 2).

On dénombre un peu plus d'explosions suivies d'un incendie que d'explosions seules (resp. 45 % et 42 %). Les explosions secondaires, provoquées par une première explosion ou par un incendie, sont minoritaires (14 %).

FIGURE 3

Répartition des explosions recensées en fonction de l'activité de l'établissement pour le secteur du bois

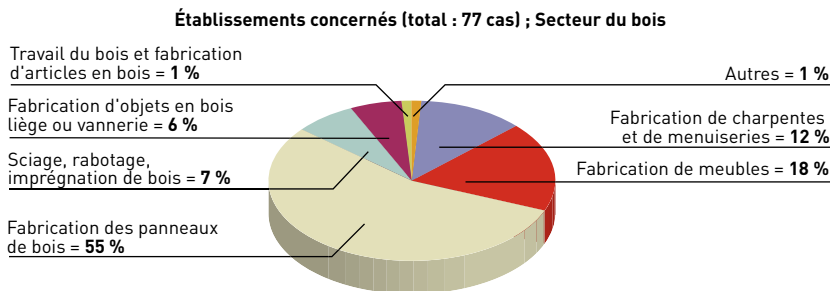
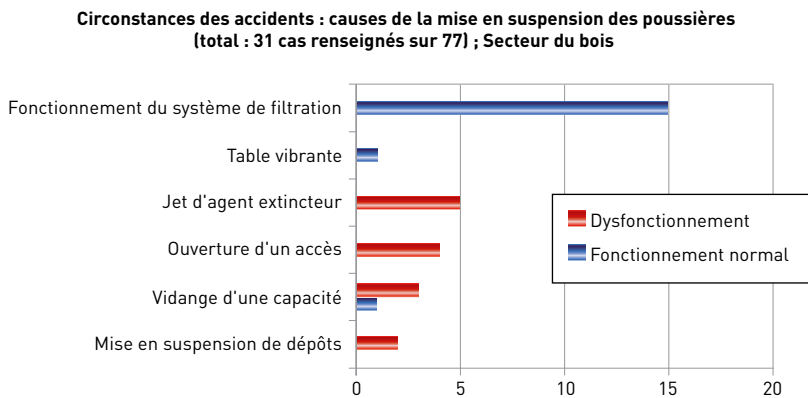


FIGURE 4

Répartition des explosions recensées en fonction de l'événement à l'origine de la mise en suspension des poussières pour le secteur du bois



Les explosions de poussières provoquent, pour la majorité d'entre elles, des conséquences matérielles lourdes. On note toutefois que 22 % des établissements ne déclarent pas de conséquences matérielles significatives, ce qui laisse penser qu'ils sont correctement protégés ou préparés contre ces phénomènes.

Les conséquences humaines de ces explosions sont également très lourdes. Près de la moitié des explosions provoquent des victimes, ce qui porte le total à 417 blessés et 175 décès. Lorsqu'une explosion a des conséquences humaines, elle provoque en moyenne 2 décès et 5 blessés.

Les explosions provoquant le plus de dommages matériels sont également celles causant le plus de victimes.

La majorité des explosions - 41 % des cas - surviennent dans une capa-

cité de stockage comme un silo ou une trémie. Viennent ensuite les systèmes de dépoussiérage et de ventilation avec 18 % des cas répertoriés. La mise en suspension des poussières est, dans ces cas, liée au fonctionnement normal de l'installation.

Les sources d'inflammation des nuages de poussière les plus souvent identifiées sont les étincelles électriques ou électrostatiques, les incendies ou flammes nues et les travaux par point chaud. Il est également à noter que lorsqu'un sinistre se produit, la description disponible ne permet que rarement de se prononcer clairement sur les causes de l'inflammation. Au total, la ou les sources d'inflammation ne sont précisées que pour 56 % des cas étudiés.

Les paragraphes ci-dessous détaillent l'analyse par secteur d'activité.

SECTEUR DU BOIS

En ce qui concerne l'industrie du bois, on recense 77 cas d'explosions, sur une période de 27 ans. 70 % d'entre elles se sont produites au cours des dix dernières années. Le secteur d'activité le plus touché est la fabrication de panneaux de bois. Il représente à lui seul 55 % des explosions (cf. Figure 3).

Dans plus de la moitié des cas, les explosions sont suivies d'un incendie et 20 % des explosions se produisent lors d'une intervention pour lutter contre un premier incident. Les conséquences matérielles sont importantes : les sept cas de pertes d'exploitation signalés totalisent plusieurs milliers d'euros de dommages. Pour autant, il est à noter que dans 21 % des cas, les dommages matériels ne sont pas significatifs, ce qui pourrait signifier que la prise en compte du risque d'explosion des poussières de bois permet d'assurer l'absence de conséquences graves.

Les conséquences humaines des explosions sont très lourdes, avec des victimes signalées dans un tiers des cas. On comptabilise en moyenne 2,5 blessés dont 1,3 graves et 0,2 décès par accident déclarant des conséquences humaines.

Un quart des accidents sont des explosions secondaires, faisant suite à un incendie ou à une première explosion sans conséquences graves.

Elles sont alors provoquées par des opérations d'extinction, durant lesquelles les personnes sont particulièrement exposées. Ces explosions secondaires sont la cause de la moitié des blessés et des décès.

L'étude des circonstances des explosions permet de le vérifier. En effet, la mise en suspension de poussières de bois au cours d'une opération d'extinction d'un feu couvant est incriminée dans presque 40 % des cas. Ceci se produit en particulier lors de l'ouverture d'un accès à une capacité, d'une tentative de vidange d'une capacité ou de la projection d'un agent extincteur. Toutefois, c'est le fonctionnement normal du système de ventilation/filtration qui est majoritairement la cause de la mise en suspension des poussières (cf. Figure 4).

Les équipements mis en cause dans ces explosions sont pour la moitié des cas les silos et, pour 20 % des explosions, le système de dépoussiérage et de ventilation.

Les sources d'inflammation en cause dans ces circonstances, lorsque celles-ci ont pu être identifiées, sont les particules incandescentes (cf. *Tableau I*).

SECTEUR AGROALIMENTAIRE

Pour le secteur agroalimentaire, nous avons recensé 56 explosions de poussières dont la moitié a eu lieu ces dix dernières années.

Les établissements concernés par ces accidents sont principalement les unités de fabrication d'aliments pour animaux et les établissements qui stockent et/ou manutentionnent les grains (cf. *figure 5*).

Plus de 60 % des explosions sont des explosions seules, 34 % des cas sont suivis d'un incendie.

Les conséquences matérielles de ces explosions sont importantes pour plus de la moitié des établissements. Des dommages non significatifs sont déclarés dans seulement 7 % des cas.

La moitié des explosions provoque des victimes : un ou plusieurs blessés dans 46 % des cas et au moins un décès dans 18 % des cas. En moyenne, on recense 5 blessés et 2 décès par explosion ayant des conséquences humaines.

Les poussières d'origine agroalimentaire et de céréales provoquent des explosions plus meurtrières que les autres types de produits. Ce phénomène peut être relié au fait que les explosions ont lieu majoritairement dans des silos, qui sont en général caractérisés par une plus grande capacité que les autres équipements impliqués dans les explosions. Les équipements les plus touchés sont les capacités de stockage (36 % des cas), puis les unités de fabrication (20 %) et enfin les systèmes de dépoussiérage (16 %). Les effets sont alors d'autant plus dévastateurs et meurtriers.

Il ressort de l'analyse des causes que c'est la mise en suspension de dépôts, lors d'un dysfonctionnement, qui provoque le plus souvent la mise en suspension des poussières (cf. *Figure 6*).

TABLEAU I

Nature de la source d'inflammation (secteur du bois, 44 cas renseignés sur 77)

	Étincelles	Particules incandescentes	Corps étrangers
Étincelle électrique ou électrostatique	5		
Travaux par point chaud	3		
Introduction d'un corps étranger			6
Incendie ou flamme nue		12	
Echauffement mécanique		4	
Feu couvant		5	
Éléments incandescents		3	
Auto-échauffement		6	
Total	8	30	6

FIGURE 5

Répartition des explosions recensées en fonction de l'activité de l'établissement pour le secteur agroalimentaire

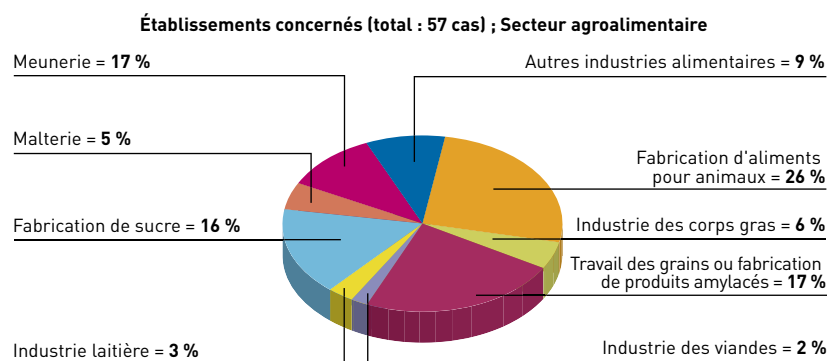
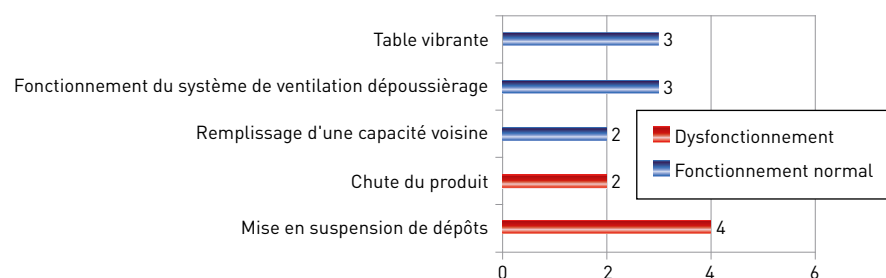


FIGURE 6

Répartition des explosions recensées en fonction de l'évènement à l'origine de la mise en suspension des poussières pour le secteur agroalimentaire

Circonstances des accidents : causes de la mise en suspension des poussières (total : 14 cas renseignés sur 56) ; Secteur agroalimentaire



Les sources d'inflammation de ces ATEX sont pour quasiment 30 % des travaux un point chaud et pour 25 % des étincelles électriques ou d'origine électrostatique (cf. *Tableau II*).

SECTEUR DES MÉTAUX

Les explosions de poussières de métaux sont parmi les moins fréquentes : seuls 19 cas ont été répertoriés ces trente dernières années dans la base ARIA. Les établissements les plus concernés par ces explosions sont les industries produisant des métaux non ferreux et les fonderies (cf. *Figure 7*).

TABLEAU II

Nature de la source d'inflammation (secteur agroalimentaire, 28 cas renseignés sur 56)

	Étincelles	Particules incandescentes	Corps étrangers
Étincelle électrique ou électrostatique	7		
Travaux par point chaud	8		
Introduction d'un corps étranger			1
Incendie ou flamme nue		3	
Echauffement mécanique		3	
Éléments incandescents		2	
Auto-échauffement		3	
Foudre		1	
Total	15	12	1

FIGURE 7

Répartition des explosions recensées en fonction de l'activité de l'établissement pour le secteur des métaux

Établissements concernés (total : 19 cas) ; Secteur des métaux

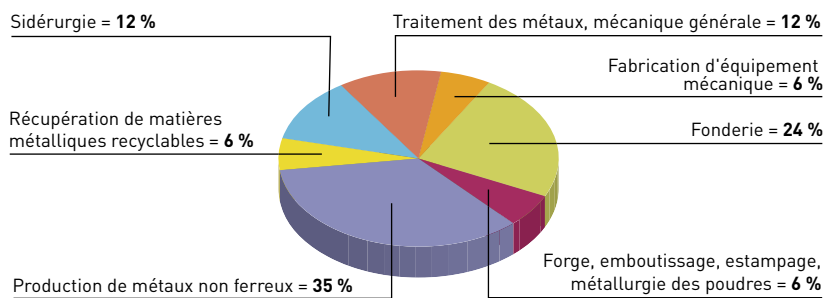


FIGURE 8

Répartition des explosions recensées en fonction de l'événement à l'origine de la mise en suspension des poussières pour le secteur agroalimentaire

Circonstances des accidents : causes de la mise en suspension des poussières (total : 13 cas renseignés sur 19) ; Secteur agroalimentaire

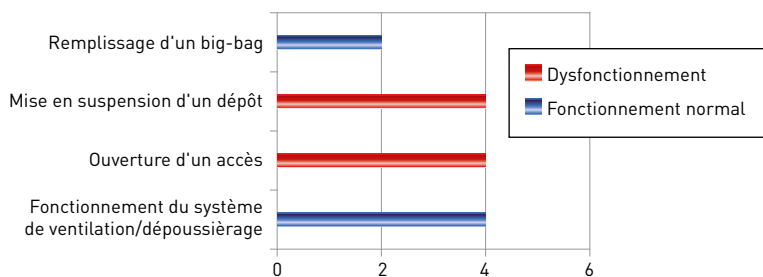


TABLEAU III

Nature de la source d'inflammation (secteur des métaux, 10 cas renseignés sur 19)

	Étincelles	Particules incandescentes	Corps étrangers
Étincelle électrique ou électrostatique	4		
Travaux par point chaud		1	
Incendie ou flamme nue		4	
Echauffement mécanique		1	
Total	4	6	0

Dans plus de la moitié des accidents, les explosions sont suivies d'un incendie et dans 16 % des cas, l'explosion est consécutive à un incendie ou à une première explosion.

Les dégâts matériels de ces explosions sont importants dans 47 % des cas. En revanche, 26 % des installations ne présentent pas de dégâts matériels. Une explosion sur deux provoque des blessures : on compte au total 13 blessés et 3 décès.

Les équipements concernés par ces explosions sont pour la moitié des équipements de dépoussiérage. La mise en suspension de poussières est, pour quasiment les deux tiers des explosions, due à un dysfonctionnement. Quant aux autres explosions, elles sont souvent liées au fonctionnement normal du système de dépoussiérage et/ou de ventilation (cf. Figure 8).

En ce qui concerne les sources d'inflammation, celles-ci sont majoritairement des incendies ou des flammes nues ou encore des étincelles électriques ou électrostatiques (cf. Tableau III).

SECTEURS CHIMIQUE ET PHARMACEUTIQUE

20 cas d'explosions de poussières ont été collectés dans les industries chimique et pharmaceutique au cours des quarante dernières années. C'est l'industrie chimique de base qui est la plus touchée dans cette branche d'activité, avec la moitié des explosions (cf. Figure 9).

La moitié de ces accidents est suivie d'un incendie et 20 % des explosions sont secondaires à une première explosion ou à un incendie.

Les trois quarts de ces explosions génèrent des victimes : 90 blessés et 13 décès ont été comptabilisés. En moyenne, on recense 6 blessés et 1 décès par explosion ayant des conséquences humaines.

Les industries chimique et pharmaceutique ne rapportent que 10 % des accidents où les dommages sont peu significatifs, ce qui est inférieur aux données concernant les autres secteurs d'activité étudiés. Les dommages sont importants dans 45 % des cas.

Les équipements les plus concernés par ces explosions sont les dépoussiéreurs (30 %), les trémies (20 %) et les unités de fabrication (20 %). La mise en suspension de poussières est souvent liée au fonctionnement du système de dépoussiérage (cf. Figure 10).

Les sources d'inflammation sont pour 40 % des cas des incendies ou flammes nues et, pour 33 % des cas, des étincelles électriques ou électrostatiques (cf. Tableau IV).

STOCKAGE EN VRAC DE CÉRÉALES

En ce qui concerne les explosions de poussières de céréales stockées en vrac, 18 cas ont été identifiés depuis 1977. Ces explosions se sont produites dans 44 % des cas dans les établissements de commerce de gros de produits alimentaires (cf. Figure 11). Dans ces explosions figure l'accident de Blaye en 1997, pour laquelle on dénombre 11 morts et 1 blessé.

Dans les deux tiers des cas, il s'agit d'explosions seules. Le tiers restant correspond aux explosions suivies d'un incendie.

Les dommages matériels sont importants dans 56 % des cas. Pour autant, aucun dommage n'est signalé dans 22 % des cas.

Les conséquences humaines sont particulièrement lourdes : sur les 10 explosions ayant provoqué des victimes, 101 décès et 107 blessés sont comptabilisés, ce qui représente 11 blessés et 10 décès par accident.

Les silos sont impliqués dans 61 % des cas. La mise en suspension de la poussière est pour plus de la moitié des explosions due à des dysfonctionnements (cf. Figure 12).

Les explosions sont principalement liées à des étincelles électriques ou électrostatiques (42 %) et à des travaux par point chaud (17 %) (cf. Tableau V).

FIGURE 9

Répartition des explosions recensées en fonction de l'activité de l'établissement pour les secteurs de la chimie et de la pharmacie

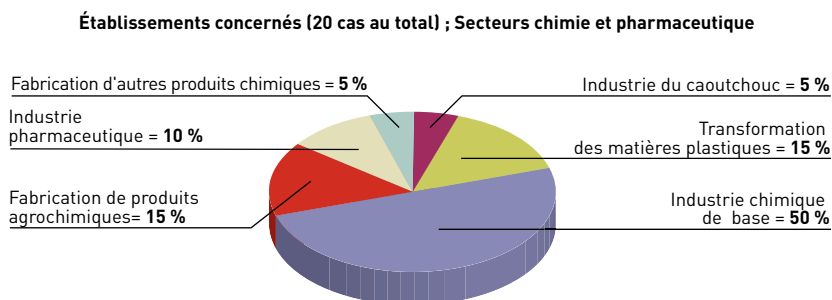


FIGURE 10

Répartition des explosions recensées en fonction de l'événement à l'origine de la mise en suspension des poussières pour les secteurs de la chimie et de la pharmacie

Circonstances des accidents : causes de la mise en suspension des poussières (total : 13 cas renseignés sur 20) ; Secteurs chimie et pharmaceutique

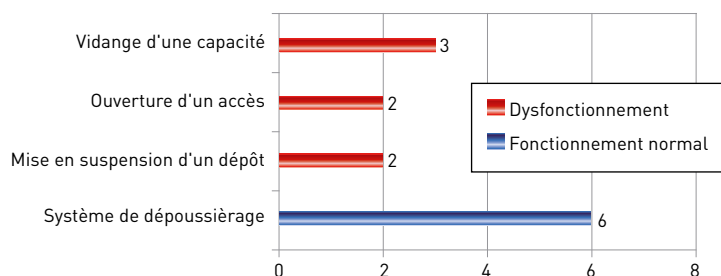


TABLEAU IV

Nature de la source d'inflammation (secteurs de la chimie et de la pharmacie, 15 cas renseignés sur 20)

	Étincelles	Particules incandescentes	Corps étrangers
Étincelle électrique ou électrostatique	5		
Travaux par point chaud		1	
Introduction d'un corps étranger			2
Incendie ou flamme nue		6	
Éléments incandescents		1	
Total	5	8	2

DISCUSSION

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

En ce qui concerne les explosions suivies d'un incendie, deux groupes peuvent être constitués. Le premier, pour qui la majorité des explosions provoque un incendie : il s'agit des secteurs du bois, de la chimie et de la pharmacie ainsi que des métaux. Le deuxième groupe est composé du secteur agroalimentaire et des stockages en vrac de

céréales pour lesquelles seul un tiers des explosions sont suivies d'un feu. Ceci pourrait être lié à la nature du combustible, similaire dans les deux derniers cas. En effet, les produits agroalimentaires et les céréales ne propagent pas rapidement un incendie, mais ont plutôt tendance à provoquer à des feux couvants.

Certaines similitudes sont également observées au niveau des conséquences matérielles pour le secteur agroalimentaire et les stockages en vrac de céréales, pour lesquelles les explo-

FIGURE 11

Répartition des explosions recensées en fonction de l'activité de l'établissement pour le stockage en vrac de céréales

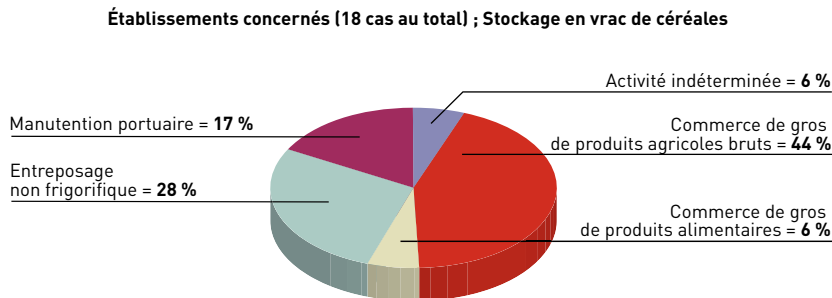


FIGURE 12

Répartition des explosions recensées en fonction de l'événement à l'origine de la mise en suspension des poussières pour le stockage en vrac de céréales

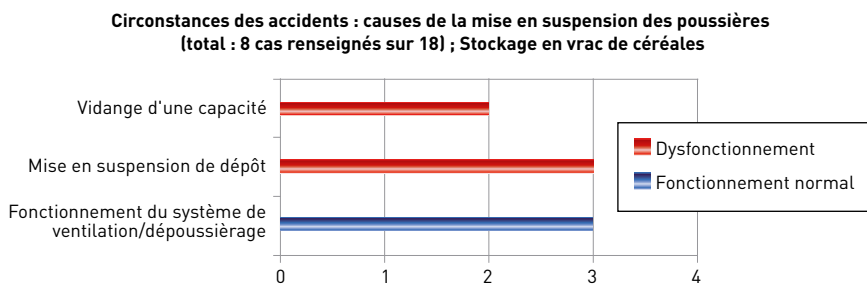


TABLEAU V

Nature de la source d'inflammation (stockage en vrac de céréales, 11 cas renseignés sur 18)

	Étincelles	Particules incandescentes	Corps étrangers
Étincelle électrique ou électrostatique	5		
Travaux par point chaud		2	
Introduction d'un corps étranger			1
Surface chaude		1	
Auto-échauffement		1	
Echauffement mécanique		1	
Total	5	5	1

sions provoquent le plus de dégâts, avec plus de 50 % de conséquences matérielles lourdes. Les industries du bois et des métaux sont des secteurs pour lesquels la gravité des accidents est moindre car ils sont caractérisés par environ 30 % de dommages non significatifs.

En ce qui concerne les conséquences humaines, l'activité la plus meurtrière est le stockage en vrac de céréales, pour laquelle la gravité est significativement plus élevée que pour les autres

secteurs d'activité. Viennent ensuite les secteurs agroalimentaire et chimique, qui provoquent un nombre important de blessés et de décès, tout en restant tout de même bien inférieur au secteur précédent. Enfin, les secteurs du bois et des métaux provoquent beaucoup moins de victimes.

Il est possible que ces dernières installations soient mieux préparées et mieux protégées contre les explosions. Toutefois, ces différences pourraient

aussi provenir du volume des capacités de stockage utilisées dans l'industrie céréalière ou agroalimentaire. En effet, il n'est pas rare d'y rencontrer des silos et des trémies de volume très important. Les dispositifs de dépoussiérage sont majoritairement dimensionnés en conséquence. Les effets d'une explosion sont directement liés au volume de l'atmosphère explosive et ces différents équipements étant en général les plus impliqués dans les accidents, l'origine d'une gravité plus élevée pourrait en partie lui être liée.

Les explosions secondaires, qui suivent une intervention sur un premier sinistre sont particulièrement représentées dans le secteur du bois, où l'on en compte plus de 20 %. Ces explosions secondaires sont responsables d'une part non négligeable des conséquences humaines des explosions dans ce secteur. La formation des opérateurs aux bonnes pratiques en cas d'incident constitue donc un réel enjeu pour la sécurité.

Les dysfonctionnements sont la principale cause de mise en suspension des poussières pour les secteurs de la chimie et de la pharmacie (54 %) ainsi que des métaux (62 %). Le fonctionnement normal du système de dépoussiérage est, quant à lui, fréquemment mis en cause de façon générale.

En ce qui concerne les sources d'inflammation, une similitude est relevée entre les secteurs de la chimie, de la pharmacie et celui des métaux. En effet, dans ces deux cas, les explosions sont souvent dues à des incendies, à des flammes nues ou à des étincelles électriques ou d'origine électrostatique.

La troisième source d'inflammation la plus fréquente est le travail par point chaud, recensé principalement dans trois secteurs : agroalimentaire, métaux et stockage en vrac de céréales (cf. Figure 13).

COMPARAISON DES RÉSULTATS AVEC LES DONNÉES DISPONIBLES

Nous avons comparé l'analyse exposée ci-dessus avec celle effectuée par le BIA [13], qui s'appuie sur le recensement d'environ 600 explosions de poussières. Ces statistiques couvrent la période d'observation d'explosions de poussières survenues en République Fédérale d'Al-

lemagne, y compris dans les nouveaux Länder, jusqu'en 1995.

Cette comparaison porte sur les équipements ainsi que les sources d'inflammation impliquées dans les explosions de poussières.

En premier lieu, les deux études comparées mettent en évidence le fait que les installations les plus exposées sont les silos et les trémies avec une fréquence de 20 % pour le BIA et de 41 % dans le cas de notre étude. Viennent ensuite les installations de dépoussiérage, avec une fréquence de 18 % dans les deux études.

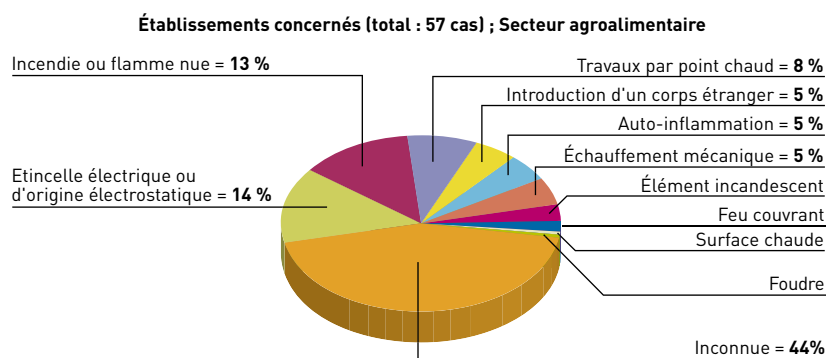
Le BIA a comparé l'évolution des statistiques relatives aux explosions dans deux études publiées respectivement en 1985 et 1995 [13] et [14]. Dans le dernier rapport, il a constaté une croissance de la fréquence des explosions dans les installations de dépoussiérage, quel que soit le secteur d'activité concerné.

Cette augmentation a été imputée par le BIA à l'amélioration de l'hygiène, la sécurité et la protection de l'environnement, qui rendent les installations de dépoussiérage indispensables. L'utilisation de dispositifs de filtration de l'air empoussiéré engendre un risque non négligeable d'explosion de poussières. Ceci est confirmé par le fait que, dans les branches industrielles où par le passé l'extraction des poussières était relativement peu encadrée, cette croissance est particulièrement marquée.

En second lieu, concernant les sources d'inflammation, les étincelles mécaniques/échauffement mécanique sont le plus fréquemment citées par le BIA (33 % des cas), alors qu'elles ne représentent que 5 % dans notre étude. Il en est de même avec les feux couvants (13 % pour le BIA et 3 % pour notre étude).

FIGURE 13

Fréquence des sources d'inflammation pour les explosions analysées



En revanche, les deux études comparées s'accordent sur la fréquence des étincelles électriques ou électrostatiques (12 % pour le BIA et 14 % pour notre étude). Il en est de même pour les incendies ou les flammes nues (8 % pour le BIA et 13 % pour notre étude).

Pour autant, dans de nombreux cas, les causes des accidents n'ont pas été identifiées avec certitude, en particulier en ce qui concerne les sources d'inflammation. Ceci permet sans doute d'expliquer certaines disparités entre les deux études comparées.

PERSPECTIVES

L'analyse de la nature, des causes et des conséquences des explosions de poussières met en évidence l'intérêt de la prévention de la formation d'ATEX, d'une part, et de l'occurrence des sources d'inflammation, d'autre part, ainsi que de la protection contre les effets des explosions.

De plus, il apparaît particulièrement important de prévoir des mesures organisationnelles telles que l'information des salariés tant dans des conditions de fonctionnement normal des installations qu'en cas d'incident.

L'évaluation et la prévention efficace et pérenne des risques liés aux ATEX permettent de prémunir l'établissement des effets sur les personnes et les biens en cas d'explosion.

Les dispositions du code du travail relatives aux explosions d'ATEX sont pleinement applicables depuis 2006. Toutefois, celles-ci sont encore peu appliquées ou mal comprises dans l'industrie française, en particulier dans les petites et moyennes entreprises. C'est pourquoi la communication concernant les explosions de poussières et les exigences réglementaires applicables constituent encore aujourd'hui un enjeu majeur pour l'amélioration de la sécurité au travail dans certains secteurs industriels.

Reçu le : 26/04/2010
Accepté le : 05/07/2010

POINTS À RETENIR

- La mise en œuvre de produits pulvérulents combustibles peut entraîner dans certaines conditions la formation d'atmosphères explosives (ATEX).
- Les activités du bois et de l'agroalimentaire comptabilisent à elles seules près de trois quarts des explosions recensées.
- Dès lors, les dispositions du code du travail en matière d'évaluation et de prévention des risques associés aux ATEX doivent être appliquées.
- De façon générale, la mise en suspension des poussières est liée soit au fonctionnement normal du système de dépoussiérage, soit à un dysfonctionnement.
- Elle peut également se produire à l'occasion d'une intervention suite à un premier incident. Ces explosions secondaires sont particulièrement représentées dans le secteur du bois.
- Quant à la source d'inflammation, les trois plus fréquemment identifiées sont les incendies ou flammes nues, les étincelles électriques ou d'origine électrostatique et les travaux par point chaud.
- Cette étude confirme l'intérêt d'une évaluation et d'une prévention efficace des risques liés aux ATEX afin de contribuer à l'amélioration de la santé et de la sécurité au travail.

BIBLIOGRAPHIE

[1] PETIT J.M., RONCHAIL G., Caractéristiques d'explosivité de poussières industrielles. Détermination expérimentale sur six échantillons représentatifs, ND 2070, Hygiène et sécurité du travail, INRS, 1998

[2] Directive du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 1999 (J.O. des Communautés européennes du 28 janvier 2000) 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

[3] Décret n° 2002-1553 modifié du 24 décembre 2002 (J.O. du 29 décembre 2002), relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail

[4] Décret n° 2002-1554 du 24 décembre 2002 (J.O. du 29 décembre 2002), relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions que doivent observer les maîtres d'ouvrage lors de la construction des lieux de travail

[5] Arrêté du 8 juillet 2003 (J.O. du 26 juillet 2003), complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail

[6] Arrêté du 8 juillet 2003 (J.O. du 26 juillet 2003), relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive

[7] Arrêté du 28 juillet 2003 (J.O. du 6 août 2003), relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter

[8] Circulaire DRT n° 11 du 6 août 2003, commentant l'arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter

[9] ED 945, Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives. Guide méthodologique, 2005

[10] Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT), Guide de bonnes pratiques à caractère non contraignant en vue de la mise en œuvre de la directive 1999/92/CE, 2003

[11] JANES A., CHAINEAUX J., INERIS, Revue commentée des explosions mettant en cause des poussières de bois dans l'industrie, Congrès Wood Dust, INRS, Strasbourg, 25-27 octobre 2006

[12] Base de données ARIA du BARPI, www.aria.developpement-durable.gouv.fr/

[13] BECK, H., JESKE A., BIA-Report 4/82, Analyse und Einzelfalldarstellung, Berufsgenossenschaftlicher Institut für Arbeitssicherheit, 1987

[14] BECK, H., JESKE A., BIA-Report 11/97, Staub explosionen, Berufsgenossenschaftlicher Institut für Arbeitssicherheit, 1997

LES EXPLOSIONS D'ATMOSPHERES EXPLOSIVES POUSSIERES/AIR

Définitions

Une explosion est définie comme une transformation rapide d'un système s'accompagnant d'une libération brutale d'énergie et se traduisant par une expansion de gaz.

On distingue plusieurs types d'explosions selon la nature de cette transformation, chimique ou physique. La combustion d'un mélange d'air et de gaz, vapeurs ou particules combustibles est une explosion d'origine chimique. C'est exclusivement de ce cas, appelé explosion d'atmosphère explosive, dont traitent les textes de transposition de la directive ATEX 1999/92/CE.

L'expression « atmosphère explosive » est définie par la norme NF EN 1127 1 [1] et la directive ATEX 1999/92/CE comme « un mélange avec l'air, dans des conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillard ou poussière, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé ».

Mécanisme des explosions de poussières

Une explosion d'ATEX se produit après formation d'une atmosphère explosive résultant d'un mélange avec l'air de substances inflammables dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise son inflammation. Une explosion a lieu dès lors que six conditions sont réunies simultanément. Celles-ci apparaissent sur la *Figure 14*.

Domaine d'explosivité

Une explosion ne peut survenir que si la proportion du combustible dans le comburant est incluse dans son domaine d'explosivité, défini par un intervalle de fractions volumiques dans l'air. Celui-ci est compris entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE). Ces concentrations dépendent sensiblement de la granulométrie et du taux d'humidité des poussières.

FIGURE 14

Hexagone de l'explosion

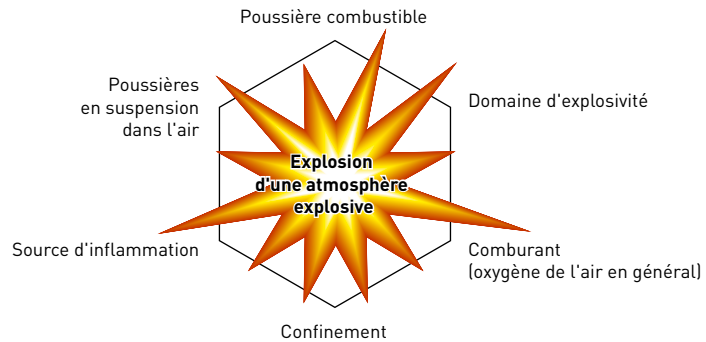
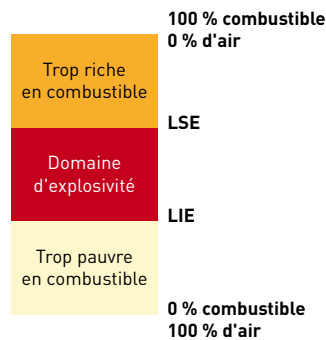


FIGURE 15

Représentation du domaine d'explosivité (source [2])



Dans la pratique, seule la valeur de la LIE est utilisée. Celle-ci peut être déterminée par des essais ou issue de la littérature [2, 3]. Les poussières en suspension dans l'air tendent à retomber en partie basse et la concentration de poussières dans l'air décroît donc dans le temps. C'est pourquoi la valeur de la LSE, de l'ordre de quelques kg/m^3 , n'est en général pas déterminée.

Le domaine d'explosivité est influencé par des facteurs tels que la pression, la température et la concentration en gaz inerte [2] (cf. *Figure 15*).

Granulométrie

Les nuages de poussières se forment d'autant plus facilement et sont d'autant plus stables que les poussières qui les constituent sont plus fines.

Les poussières plus fines présentent une surface spécifique plus élevée et donnent donc lieu à des explosions plus violentes que les poussières de granulométrie plus élevée.

FIGURE 16

Poussières de bois de différentes granulométries



La probabilité d'une explosion devient faible pour des poussières de taille supérieure à $500 \mu\text{m}$ [2].

Source d'inflammation

Pour qu'elle puisse enflammer une ATEX, l'énergie de la source d'inflammation doit être suffisante.

Dans le cas des étincelles électriques ou électrostatiques, elle doit être supérieure à l'énergie minimale d'inflammation (EMI) des poussières. Cette valeur est en général comprise entre 0,1 et 100 J.

Les nuages de poussières peuvent aussi s'enflammer lorsqu'ils sont mis en contact avec une surface dont la température atteint leur température d'auto-inflammation en nuage. Celle-ci est généralement comprise entre 300 et 700°C .

Note : La température d'auto-inflammation en couche des poussières est, en général, inférieure à la précédente et située entre 150 et 350°C. Cette température n'est pas moins importante du point de vue de la prévention. En effet, dans certaines conditions, l'inflammation d'une couche de poussière peut donner lieu à une explosion de nuage.

Spécificité des poussières

Dans le cas des poussières, il est nécessaire de tenir compte du danger présenté par les dépôts de poussières, dont la mise en suspension est difficilement maîtrisable. Ceci provoque la propagation de l'explosion de proche en proche, par le soulèvement des poussières déposées (cf. Figure 17). Ce risque apparaît dès lors qu'un dépôt de poussières est présent sur le sol ou sur les surfaces horizontales (planchers, chemins de câbles...). Dans ce cas, on parle d'explosion secondaire. Elle est en général beaucoup plus destructrice que l'explosion initiale.

Effets d'une explosion

Le caractère dévastateur des explosions explique en partie la gravité, pour les salariés, de ce type d'accidents.

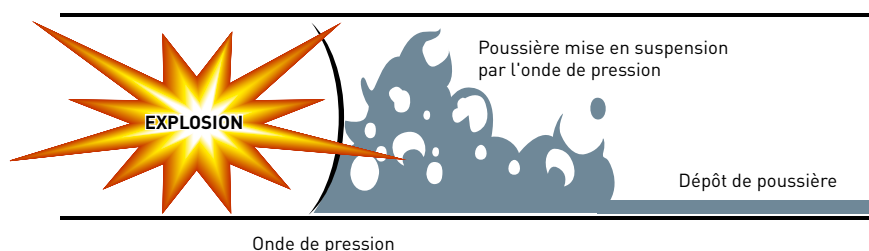
Les effets d'une explosion peuvent être :

- thermiques : l'exposition au flux thermique engendré par la combustion d'une ATEX provoque des brûlures et peut donner lieu à l'inflammation de matériaux combustibles situés dans l'environnement proche,

- mécaniques : si l'explosion se produit dans un milieu confiné, la pression d'explosion peut provoquer la rupture mécanique de l'enceinte dans laquelle se produit l'explosion. Ces effets mécaniques peuvent être accompagnés de projections. L'onde de surpression résultant de la propagation rapide de la combustion peut causer des lésions aux poumons et aux tympans et déstabiliser des équipements ou la structure d'un bâtiment.

FIGURE 17

Propagation d'une explosion de poussières par mise en suspension d'un dépôt



RÉFÉRENCES

[1] Norme NF EN 1127-1 (février 2008) : Atmosphères explosives, prévention de l'explosion et protection contre l'explosion. Partie 1 : notions fondamentales et méthodologie.

[2] ED 944. Les mélanges explosifs. Partie 2 : poussières combustibles. INRS. 2006

[3] BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit), HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften), BIA-Report 13/97, Combustion and explosion characteristics of dusts, 1997