

Étude de cas

TRANSFORMATION DES PRODUITS CÉRÉALIERS DANS LES MEUNERIES : PRÉVENTION DES RISQUES D'EXPLOSION

AGNÈS JANÈS

Centre de mesures physiques Cramif / Carsat des Hauts-de-France

OLIVIER DUFAUD

Université de Lorraine / CNRS/LRGP

→ **LA PROBLÉMATIQUE :** Dans le cadre du programme national Risques chimiques Pros déployé durant la période 2019-2023 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam), le Laboratoire de biocontaminants et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser et réduire les risques associés aux poussières organiques dans les meuneries. Cet article fait le point sur les risques d'explosion (Atex) dans ce secteur d'activité, ainsi que sur les principales mesures de prévention à mettre en œuvre.

→ LA RÉPONSE DE LA CRAMIF

Les meuneries, par leurs activités spécifiques, peuvent générer des atmosphères explosives (Atex) dans les silos, broyeurs, équipements de manutention, dépoussiéreurs..., mais aussi dans les locaux de travail, en raison de la présence de fines poussières combustibles. Dans ces situations, si une source d'inflammation d'énergie suffisante est présente, une explosion peut se produire, comme rappelé dans l'Encadré. Les salariés exposés aux effets thermiques, de surpression ou aux projections engendrés par cette explosion risquent d'être très sévèrement blessés. Le Focus (Cf. p. 79) synthétise certaines caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité de la farine de blé, principal produit présent sous forme de fines poussières dans le secteur de la meunerie.

Le service Prévention des risques professionnels de la Cramif a conduit récemment une étude relative aux risques liés à la formation d'Atex (poussières/air) dans le secteur de la meunerie, dans le cadre de la réalisation d'une campagne de mesures destinée à caractériser les expositions professionnelles aux poussières organiques.

Ces travaux visaient à évaluer le niveau de risque de formation et d'inflammation d'Atex dans ce sec-

teur d'activité, identifier les situations de travail dangereuses et formuler des recommandations de prévention permettant de réduire les risques pour les salariés travaillant dans ces environnements.

Organisation de l'étude et méthode

Cette étude a été menée entre 2019 et 2022, en associant le Laboratoire des biocontaminants (LBC) et le Centre de mesures et de contrôles physiques (CMP) du service Prévention des risques professionnels de la Cramif.

Les six établissements qui ont fait l'objet de visites dans le cadre de l'action concernant l'évaluation et la prévention des risques associés aux Atex font partie de ceux sélectionnés pour la campagne de mesure des expositions des salariés aux poussières organiques sur la période 2019-2022. Il s'agit de meuneries représentatives de ce secteur d'activité, établies sur le territoire francilien, de tailles, de cultures de prévention et d'organisations du travail très variables.

Chacun des établissements a fait l'objet d'une visite du CMP pour vérifier l'efficacité des dispositifs de ventilation et étudier les risques liés aux atmosphères explosives. Fréquemment, cette visite était commune à la pré-visite ou aux prélèvements réalisés par le LBC dans le cadre des travaux menés en parallèle¹.

En complément, la base de données d'accidents Aria, gérée par le ministère chargé de l'Environnement [1], a fait l'objet d'une exploitation. Cette base de données répertorie les incidents, accidents ou presque accidents qui ont porté, ou auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement, et recense actuellement plus de 54 000 événements survenus en France ou à l'étranger. Cette base n'est pas exhaustive, mais constitue un outil pertinent pour capitaliser le retour d'expérience pour la prévention des risques.

ENCADRÉ EXPLOSIONS D'ATEX POUSSIÈRES / AIR

Une atmosphère explosive (Atex) est définie comme « un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières tel qu'après inflammation, la combustion se propage au mélange non brûlé* ».

La mise en œuvre de solides combustibles sous forme divisée peut entraîner la formation d'Atex dans certaines conditions, décrites sur la Figure E1.

La prévention des explosions d'Atex sur les lieux de travail fait l'objet d'une réglementation spécifique. Celle-ci est issue de la directive Atex 1999/92/CE [10] relative à la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'Atex, transposée dans le Code du travail**. Ces dispositions rendent notamment obligatoires :

- L'évaluation des risques liés aux Atex, comprenant notamment le classement des zones à risque d'explosion. Les emplacements dangereux doivent être classés en zones, en fonction de la fréquence et de la durée de la présence d'une atmosphère explosive, selon les définitions suivantes :
 - **zone 20** : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente

dans l'air en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment ;

- **zone 21** : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal ;
- **zone 22** : emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins.

Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles peuvent être remis en suspension et doivent être traités comme toute autre source

susceptible de former une atmosphère explosive.

Les accès aux emplacements dangereux identifiés doivent être signalés par le panneau reproduit sur la Figure E2.

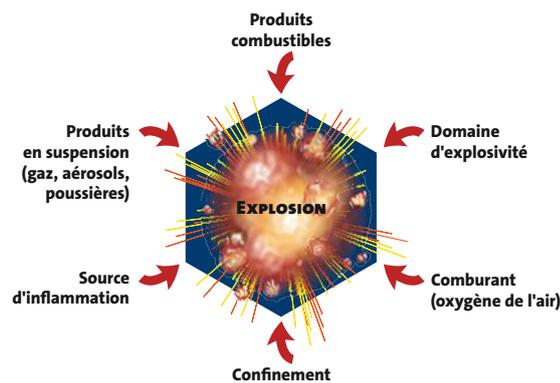
- L'élaboration d'un document relatif à la protection contre les explosions, devant être mis à jour périodiquement.
- L'installation et la mise en œuvre d'appareils (électriques et non électriques) de catégorie adéquate et de systèmes de protection, dans les zones à risque d'explosion prédéfinies.

*Article R. 4227-43 du Code du travail.

**Articles R. 4227-42 à R. 4227-54 du Code du travail.

Accessibles sur :

<http://www.legifrance.gouv.fr>



↑ FIGURE E1 L'hexagone de l'explosion (© INRS).



↑ FIGURE E2 Panneau de signalisation des emplacements dans lesquels une Atex est susceptible de se présenter.

Les accidents ou incidents sélectionnés pour cette analyse statistique sont les incendies ou explosions survenus dans les établissements codés dans la nomenclature d'activités française (NAF) C10.61, C10.62 et G46.21, correspondant aux activités industrielles listées dans le Tableau 1.

Ces activités sont, parmi les codes NAF initialement ciblés par la campagne, les plus spécifi-

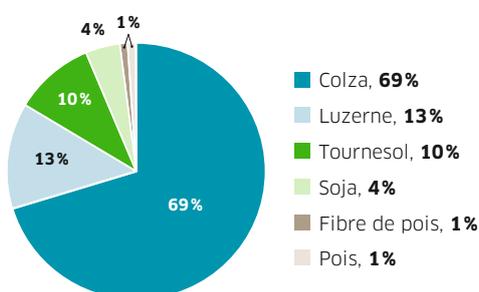
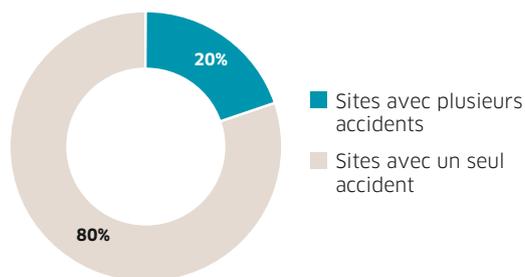
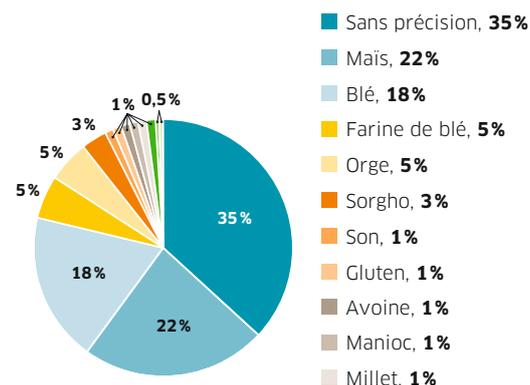
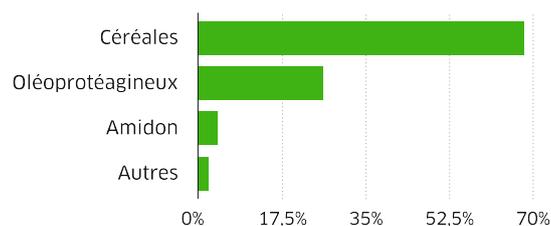
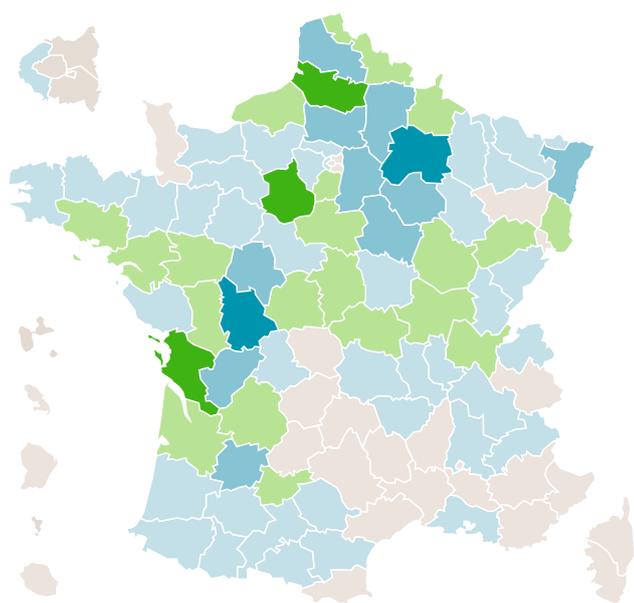
quement concernés par le risque de formation et d'inflammation d'Atex poussières/air.

Seuls les événements spécifiquement liés à une réaction avec l'air de la poudre ou poussière combustible (grains, farine...) ont été pris en compte. Les autres accidents ou incidents, tels que les incendies électriques, incendies de moteur, fuites de gaz ou encore, émission de poussières dans

CODES	C10.61	C10.62	G46.21
ACTIVITÉS	Travail des grains	Fabrication de produits amyliacés (à base d'amidon)	Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

← TABLEAU 1 Correspondance entre les codes NAF et les activités.





↑ FIGURE 1 Répartition géographique des établissements concernés par les 535 accidents recensés en France métropolitaine et proportion d'établissements concernés par un ou plusieurs événements.

l'atmosphère, ou effondrements de silo, n'ont pas été retenus. Ceci conduit au recensement de 535 incendies ou explosions, entre 1975 et 2023².

Exploitation de la base de données Aria

Établissements concernés

Parmi ces 535 accidents, 535 ont été recensés en France métropolitaine. La Figure 1 permet de visualiser les départements métropolitains dans lesquels les accidents se produisent en plus grand nombre. Les installations concernées sont principalement situées dans les zones agricoles, et un établissement sur cinq est concerné par plusieurs accidents. Ceci souligne l'absence de mesures de prévention suffisantes pour ce risque, malgré la survenue d'accidents.

Produits impliqués

La Figure 2 indique la nature et la fréquence des produits impliqués dans les accidents recensés. Une grande variété apparaît car, de façon générale, les produits issus des cultures agricoles sont combustibles. Les céréales et les oléoprotéagineux

↑ FIGURE 2 Nature et fréquence des produits impliqués dans les 535 accidents enregistrés en France métropolitaine, et répartition des accidents par produit pour les céréales et les oléoprotéagineux.

sont impliqués dans 92 % des accidents. En ce qui concerne les céréales, lorsque la nature du produit est précisée, le maïs, le blé et l'orge sont les produits le plus fréquemment impliqués et représentent au total la moitié des cas. Les chiffres clés de l'année 2023, rapportés par l'association interprofessionnelle Intercéréales, représentative des acteurs économiques de la filière, indiquent que, sur 60,5 millions de tonnes (Mt) de céréales (hors riz, maïs doux et maïs fourrage) produites en France, la répartition était la suivante : 56 % de blé tendre, 19 % d'orge, 18 % de maïs, 3 % de triticale, 2 % de blé dur³. Les céréales le plus souvent impliquées dans les accidents correspondent à celles produites en plus grandes quantités en France.

FOCUS SUR... Les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité de la farine de blé

Les principales caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité de la farine de blé sont précisées dans des sources documentaires variées, telles que la brochure ED 944 [6], la base de données Caratex [13], le guide de l'état de l'art de l'industrie meunière [3], ou encore un récent article de revue [8]. Une synthèse des données disponibles est présentée dans le *Tableau 2*.

Des détails concernant la signification et l'interprétation des différentes caractéristiques présentées dans le *Tableau 2* sont disponibles :

- dans le guide d'utilisation de la base Caratex : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/img/BDD/guide-utilisation-caratex-poussieres/guide-utilisation-caratex-poussieres.pdf>
- sur le site Internet de l'Ineris : <https://prestations.ineris.fr/sites/prestation.ineris.fr/files/PrestaWeb/Pages-Solution/Documents%20Associ%C3%A9s/Caracterisation-inflammabilite-explosivite-poussieres-gaz-vapeurs-evaluer-risques.pdf>

Concernant le cas particulier des sources d'inflammation liées à la chaleur (points chauds, surfaces chaudes, auto-échauffement), un article précédemment paru dans la revue fait le point sur les phénomènes et les caractéristiques (température d'auto-échauffement, températures minimales d'auto-inflammation en couche ou en nuage) permettant d'évaluer les risques [14].

De façon générale, ces caractéristiques dépendent de

la granulométrie du produit et de son taux d'humidité. Plus la farine est fine et sèche, plus elle a tendance à rester en suspension dans l'air et à s'enflammer à de plus faibles concentrations, plus elle est sensible aux sources d'inflammation, et plus elle explose violemment.

Aptitude à former une Atex

Les données présentées dans le tableau confirment que la farine de blé, dès lors qu'elle est en suspension dans l'air en concentration suffisante, forme une Atex.

Sensibilité aux sources d'inflammation

Sous forme d'une couche de poussières, la farine de blé brûle localement mais ne propage pas rapidement un incendie. Sa température minimale d'inflammation en couche de 5 mm est supérieure à 250°C et sa température minimale d'inflammation en nuage est supérieure à 350°C. Concernant le risque d'auto-échauffement, celui-ci est plutôt peu présent à température ambiante. Les échantillons les plus fins et les plus secs de farine de blé sont sensibles aux sources d'inflammation d'origine électrostatique. La farine de blé peut être considérée comme résistive à l'écoulement des charges électrostatiques.

Violence d'explosion

La farine de blé explose relativement peu violemment.

SOURCE	ANMF [3]	CAVALLIN ET AL. [8]	CARATEX [13]
Granulométrie médiane	Pas de données	28 µm à 36 µm (après tamisage)	27 µm à 86 µm
Limite inférieure d'explosivité (LIE)	50 g/m ³ à 510 g/m ³	Pas de données	60 g/m ³ à 125 g/m ³
Taux d'humidité	Pas de données	Non précisé (le produit a été séché 1 h à 50 °C sous vide)	3,4 à 13%
Classe de combustibilité	Pas de données	3 (combustion ou incandescence localisée, avec propagation limitée)	2 (inflammation, puis extinction rapide)
Température minimale d'inflammation (TMI) en couche de 5 mm	350 °C	260 °C à > 400 °C	> 450 °C
Température minimale d'inflammation (TMI) en nuage (four Godberg-Greenwald)	430 °C	350 °C à 370 °C	430 °C à 480 °C
Diamètre critique d'auto-échauffement d'une cellule de stockage	12 m à une température de stockage de 70 °C	Pas de données	Pas de données
Énergie minimale d'inflammation (EMI)	> 300 mJ	300 mJ à > 1000 mJ	100 mJ à > 300 mJ
Résistivité	Pas de données	107 Ω.m à 108 Ω.m	Pas de données
Coefficient de violence d'explosion (Kst)	53 bar.m/s à 100 bar.m/s	Pas de données	42 bar.m/s à 94 bar.m/s
Classe d'explosivité	St 1	Pas de données	St 1
Pression maximale d'explosion (Pmax)	5,5 bar à 7,8 bar	Pas de données	7,4 bar à 8,8 bar

↑ TABLEAU 2 Principales caractéristiques utiles pour évaluer l'inflammabilité et l'explosivité de la farine de blé.



FIGURE 3 →
Répartition
des événements
par type
d'accident
et par famille
de produit pour
les 535 accidents
enregistrés
en France
métropolitaine.

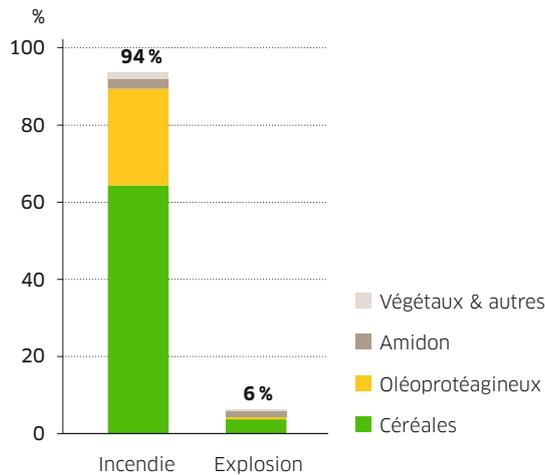


FIGURE 4 →
Répartition
des événements
par type
d'équipement
impliqué dans
les 535 accidents
enregistrés
en France
métropolitaine.

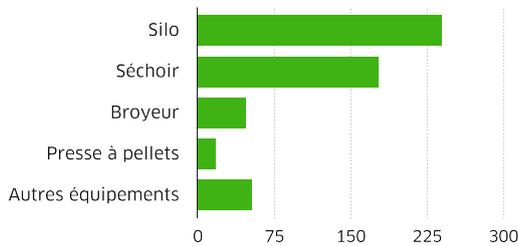
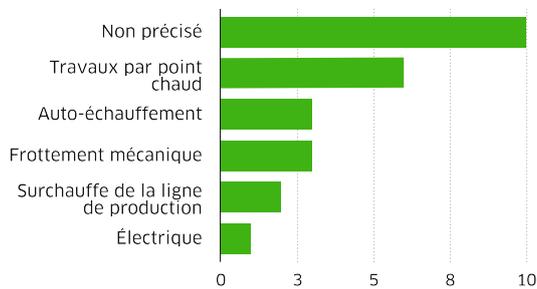


FIGURE 5 →
Source
d'inflammation
impliquée dans
les 25 accidents
recensés
avec au moins
une victime.



Quant aux oléoprotéagineux, c'est le colza qui est impliqué dans les trois quarts des accidents.

Types d'événements et conséquences

Ces événements sont à 94 % des incendies (feux ouverts, auto-échauffement) et 6 % sont des explosions (Cf. Figure 3). Le guide de l'industrie meunière indique une proportion voisine [3]. Neuf explosions et seize incendies sur les 535 accidents ont entraîné des blessures ou des décès. Du point de vue des conséquences humaines, les explosions sont plus graves que les incendies. En effet les explosions recensées cumulent deux décès et 20 blessés, tandis que les incendies rapportés cumulent 23 blessés.

Équipements impliqués

Les équipements de procédé les plus fréquemment impliqués sont, lorsqu'ils sont identifiés, les

silos et les séchoirs et, en plus faible proportion, les broyeurs (Cf. Figure 4). Des constats similaires ont été établis précédemment [4]. Dans le cas des silos, la présence de poussières en suspension lors du remplissage et, dans une moindre mesure de la vidange, pourrait favoriser la présence d'une ATEX. Quant aux séchoirs, la mise en suspension des poussières en fonctionnement normal et l'utilisation de températures potentiellement élevées pour le séchage pourraient être impliquées.

Principales sources d'inflammation des accidents avec au moins une victime

Les sources d'inflammation des incendies et explosions de poussières sont variées. Lorsque la source d'inflammation est identifiée, les travaux par point chaud, l'auto-échauffement et le frottement mécanique sont le plus couramment rencontrés (Cf. Figure 5).

Constatations effectuées lors des visites d'établissements

Le Tableau 3 résume les principales informations recueillies sur les établissements visités, informations illustrées par les Photos 1 à 12. Deux établissements se distinguent des quatre autres par leur taille : l'établissement n°6 est très petit, avec une production à petite échelle et seulement quelques salariés affectés à la production, tandis que l'établissement n°4 a une taille nettement plus importante que tous les autres. Il appartient à un groupe industriel comportant plusieurs établissements et est le seul à disposer de ressources spécifiques pour la prévention des risques. Les quatre derniers établissements sont de taille moyenne.

Tous les établissements visités comprennent des procédés de déchargement du grain, de broyage, de tamisage, puis de conditionnement et de chargement de la farine. Le produit principalement mis en œuvre est le blé, sous forme de grains, de farine et de son, qui est revalorisé (ce coproduit est revendu sous la dénomination « issues »). Les grains sont en général livrés en camion et déversés dans une trémie située à l'extérieur des bâtiments. Ils sont ensuite nettoyés, broyés et tamisés selon un procédé fonctionnant en recyclage partiel de la matière (le refus de tamisage est rebroyé en amont). Le site dispose de cellules de stockage des grains et de cellules de stockage de la farine. La farine est soit conditionnée en sacs (de 500 g, 1 kg, 25 kg...) ou en big-bags, puis entreposée dans une zone de stockage dédiée, soit stockée en cellule puis chargée en vrac dans des camions-citernes.

Sur la ligne de production, le transport des grains et de la farine est assuré par des élévateurs à godets, des transporteurs à chaîne, des vis et des

PRODUIT PRINCIPALEMENT MIS EN ŒUVRE	FARINE ET COPRODUITS (SON DE BLÉ, FARINE BASSE...)					
Nombre d'établissements dans le groupe industriel	> 5	< 5	< 5	> 5	< 5	< 5
Nombre de salariés affectés à l'activité de production	≥ 10	< 10	< 10	≥ 10	< 10	< 10
Informations concernant la production	Production industrielle en grandes quantités	Production industrielle en grandes quantités	Production industrielle en grandes quantités	Production industrielle en très grandes quantités	Production industrielle en grandes quantités	Production artisanale en petites quantités
Ressources spécifiques en santé et sécurité au travail	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Procédé de nettoyage des locaux de travail	Aspirateurs mobiles et balais	Aspiration centralisée non utilisée, aspirateurs mobiles, balais et soufflette	Aspiration centralisée, aspirateurs mobiles et balais	Trois salariés du poste du matin affectés à plein temps au nettoyage, aspirateurs mobiles et balais, nettoyage annuel des emplacements non accessibles par une entreprise spécialisée (cordistes)	Aspiration centralisée, aspirateurs mobiles, balais et soufflette, nettoyage annuel des emplacements non accessibles par une entreprise spécialisée (cordistes)	Aspirateurs mobiles et balais
Présence de dépôts de poussières dans les locaux de travail	Faible	Parfois supérieurs à 1 mm	Souvent supérieurs à 1 mm, parfois supérieur à 10 cm	Faible	Faible, rarement supérieurs à 1 mm	Faible
Maîtrise des sources d'inflammation	Partielle	Partielle	Partielle	Partielle	Partielle	Partielle
Présence de dispositifs de protection contre les effets des explosions	Non	Non	Non	Sur quelques équipements	Non	Non
Formalisation de l'évaluation des risques et du document relatif à la protection contre les explosions	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Formation des salariés relative aux risques associés aux ATEX	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non
Niveau global de maîtrise des risques associés aux ATEX*	Globalement moyen	Globalement mauvais	Globalement très mauvais	Globalement moyen	Globalement moyen	Non satisfaisant en ce qui concerne la formation des salariés et la protection des installations contre les effets des explosions.

* Indicateur qualitatif, sur la base des observations réalisées.

↑ TABLEAU 3 Synthèse des observations et informations collectées lors des visites.





réseaux de transport pneumatique. Les installations de transport de matière et les machines de production sont raccordées à des réseaux de ventilation et de dépoussiérage.

La filtration des poussières est assurée par des cyclones, des cyclo-filtres ou des filtres à manches, implantés en général à l'intérieur des locaux de travail. Ces équipements de dépoussiérage sont dépourvus de dispositif de décharge de l'explosion et d'isolement des explosions, sauf dans le cas de l'établissement n° 4, qui comporte quelques installations protégées contre les effets des explosions. Dans trois des établissements visités, le bâtiment de production est équipé d'un réseau d'aspiration centralisée, comportant des points de raccordement pour le nettoyage. Aucun des dispositifs d'aspiration centralisée n'est pleinement efficace, souvent en raison des pertes de charges importantes dues à la longueur et, parfois, au mau-

vais état des tuyaux d'aspiration connectés aux bouches d'aspiration.

Dans chacun des établissements visités, des aspirateurs mobiles sont utilisés pour le nettoyage, de même que des balais. Deux établissements utilisent ponctuellement le nettoyage par soufflage. Ces deux derniers procédés de nettoyage, et en particulier le soufflage, mettent en suspension les poussières dans l'air et favorisent la formation d'une Atex, en plus de l'exposition des salariés aux poussières par inhalation. Deux établissements ont recours à des cordistes pour le nettoyage périodique des emplacements difficiles d'accès. En matière de prévention des risques, il est toutefois préférable, lorsque cela est possible, d'effectuer ce type de nettoyage avec des moyens d'accès tels que des nacelles.

Dans l'ensemble des locaux visités, des dépôts de poussières de farine sont parfois observés au sol,



sur les carter des machines et sur les surfaces situées en hauteur (poutres, conduits...), en quantités inégales en fonction des établissements.

Cet empoussièrement semble directement lié à des défauts d'étanchéité des réseaux de transport de farine et des installations de ventilation, qui entraînent l'émission de poussières dans l'atmosphère des locaux de travail. Ces poussières se redéposent ensuite sur le sol et les surfaces horizontales ou inclinées.

Dans l'établissement n°3, localement, des amas de grains de blé ou de poussières de farine de 1 cm à 10 cm d'épaisseur sont présents au sol ou sur les carter des équipements ; le temps consacré au nettoyage des surfaces à l'aide du réseau d'aspiration centralisé ou d'un aspirateur apparaît insuffisant.

Dans les établissements n°2 et n°5, des dépôts d'une épaisseur supérieure à 1 mm sont présents

PHOTO 1 Installation d'aspiration centralisée et flexible d'aspiration connecté à une bouche d'aspiration.

PHOTO 2 Bouche d'aspiration en attente.

PHOTO 3 Flexibles et accessoires d'aspiration connectés à une bouche d'aspiration centralisée.

PHOTO 4 Aspirateur mobile.

PHOTO 5 Utilisation du balai pour le nettoyage des dépôts de farine au sol.

PHOTO 6 Dépôt de poussières au sol, lié à une fuite au niveau d'une installation.

PHOTO 7 Dépôt de grains au sol, lié à une fuite au niveau d'une installation.

PHOTO 8 Dépôt de farine au niveau d'un moteur.

PHOTO 9 Dépôt de farine au niveau d'une installation électrique.

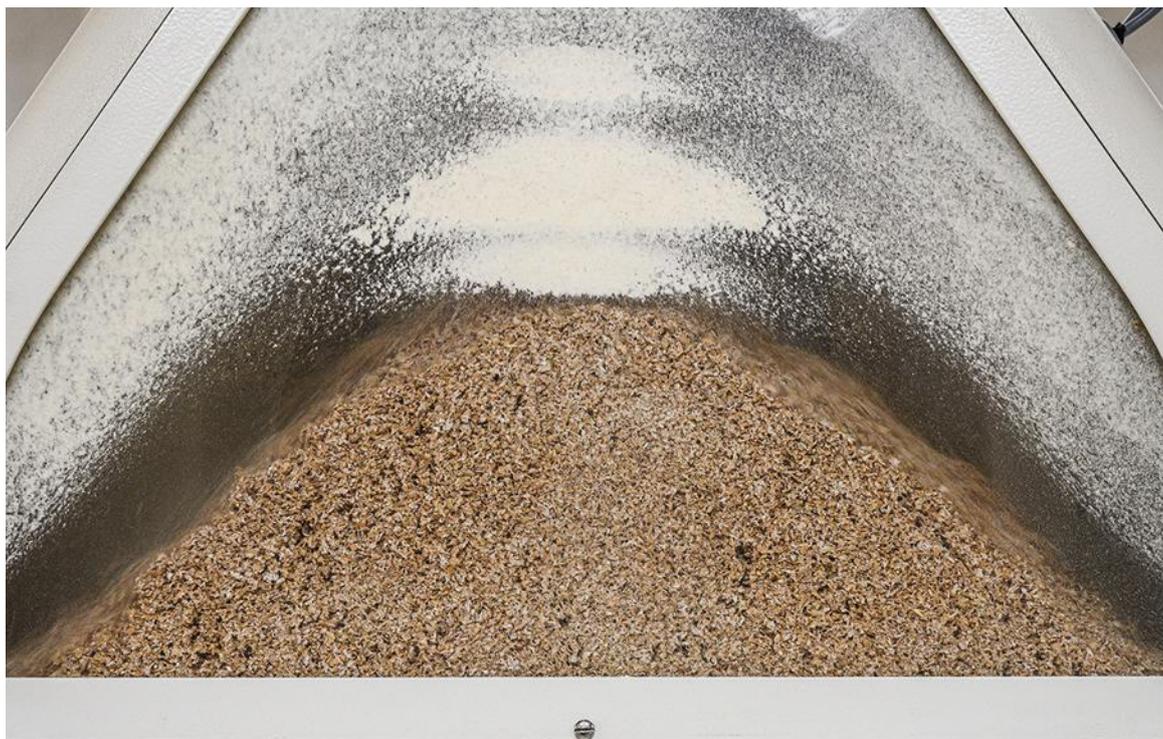
PHOTO 10 Utilisation d'outils électroportatifs à proximité d'un dépôt de poussières.

PHOTO 11 Utilisation d'un outil électrique à proximité d'un dépôt de poussières.

PHOTO 12 Dépôt de poussière au niveau du coffret d'alimentation électrique ouvert d'un moteur.

© Cramif





Mouture sur cylindres en meunerie industrielle.

©Patrick Delapierre pour l'INRS / 2022

à certains endroits. Dans les trois autres établissements, les dépôts sont faibles.

Concernant les sources d'inflammation potentielles, il a été observé l'utilisation, lors de travaux, d'outils électroportatifs produisant des étincelles à proximité de dépôts de poussières. Par ailleurs, un dépôt de poussières a également été constaté au niveau du coffret d'alimentation ouvert d'un moteur. Ces pratiques entraînent un risque important d'incendie et d'explosion d'Atex.

Dans certaines structures, les systèmes d'éclairage des locaux sont certifiés Atex 3G. Ce type de matériels est conforme à la réglementation en présence de dépôts de poussière au sol et sur les surfaces. Cependant, il serait préférable d'éliminer les dépôts de poussières, ce qui permettrait d'éviter le risque de formation d'Atex.

Seuls les établissements n°4 et n°5, soit un tiers des établissements visités, ont formé leurs salariés aux risques spécifiques associés à la formation et à l'inflammation d'Atex.

L'évaluation des risques de formation et d'inflammation d'Atex n'a par ailleurs été formalisée dans aucun des établissements visités, et aucun document relatif à la protection contre les explosions n'est disponible.

Globalement, le niveau de prévention des risques associés aux Atex est moyen dans trois établissements (soit la moitié), mauvais dans un établissement, très mauvais dans un établissement et satisfaisant dans un seul. C'est le plus petit établissement qui maîtrise le mieux les risques associés aux Atex. La visite a montré que cette maîtrise

était en grande partie liée à la sensibilisation et aux compétences du chef d'établissement, également impliqué dans la démarche de prévention.

Évaluation des risques et recommandations pour la prévention

L'évaluation des risques associés aux Atex et les mesures de prévention adaptées sont détaillées dans la documentation de l'INRS, et notamment les brochures ED 945, ED 944 et ED 6441 [5-7], ainsi que, concernant spécifiquement la meunerie, dans le guide de l'état de l'art de l'industrie meunière [3] et dans un récent article de revue [8].

Risques de formation d'Atex

La présence de dépôts de poussières, parfois en quantité très importante dans certaines des installations visitées, génère un risque de formation d'Atex. L'ensemble des locaux dans lesquels un dépôt de poussières de farine est observé devrait être classé en zone 22 (Cf. Encadré).

Ces dépôts de poussières doivent être évités en réduisant les émissions dans l'atmosphère des locaux de travail. Ceci peut être obtenu en améliorant les dispositifs de captage des poussières au niveau des points d'émission, en améliorant le confinement des installations et en les maintenant en bon état afin d'éviter les fuites de produit. Des solutions techniques sont exposées dans un prochain article, relatif à la prévention de l'exposition aux poussières organiques dans les meuneries (à paraître en 2025 [9]).

De plus, des procédures de nettoyage selon une méthodologie adaptée permettent d'éliminer les dépôts de poussières résiduels. De façon générale, bien que des moyens d'aspiration centralisée ou mobile soient disponibles dans l'ensemble des établissements visités, le nettoyage des installations est effectué principalement au moyen de balais et parfois, de soufflettes. Ces pratiques ne sont pas adaptées, et il est recommandé d'utiliser des aspirateurs prévus pour aspirer des poussières combustibles, de préférence centralisés ou à défaut, mobiles. Le rejet de l'air après dépoussiérage doit, sauf impossibilité technique, s'effectuer à l'extérieur des locaux de travail. Si les dépôts de poussières sont éliminés efficacement, les locaux en eux-mêmes ne sont alors plus à considérer comme à risque de formation d'Atex.

Cependant, une Atex reste présente en fonctionnement normal, en permanence ou non, dans le volume interne des équipements tels que les broyeurs, tamis, dépoussiéreurs, ainsi que les équipements de transport du produit tels que les élévateurs à godets, les transporteurs à chaîne, à bande et pneumatiques. Ceci justifie un classement de ces emplacements en zones 21 ou 20, en fonction du caractère permanent ou occasionnel de la formation d'Atex (Cf. Encadré).

Risques d'inflammation d'Atex

En ce qui concerne les risques d'inflammation d'Atex, il est nécessaire de s'assurer de l'absence de corps étrangers, tels que des pierres ou des éléments métalliques de petite dimension, qui pourraient être source d'inflammation dans le procédé de broyage des grains. Les équipements destinés à la sécurité alimentaire assurent généralement cette fonction.

Les sources d'inflammation qui pourraient être liées à des échauffements par friction du fait de l'usure ou d'un dysfonctionnement peuvent être éliminées en organisant la maintenance préventive des installations.

Par ailleurs, les employeurs doivent s'assurer que tous les équipements de transport ou de mise en œuvre des produits, installés dans des emplacements classés à risque de formation d'Atex, sont conformes à la réglementation [10-11]. Cela implique de choisir la catégorie appropriée pour ces matériels. Ces dispositions s'appliquent également aux dispositifs d'éclairage mobiles, utilisés lors des phases de maintenance des installations par exemple.

Une attention particulière doit être accordée à la continuité électrique entre les parties conductrices du procédé ou de l'équipement de transport, en particulier lorsqu'un découplage vibratoire est utilisé, et à leur connexion au potentiel de la terre. Cette connexion doit également être vérifiée après

les opérations de maintenance qui suppriment les liaisons équipotentielles ou après des opérations de peinture, car elle constitue une couche isolante. De plus, il est conseillé de veiller au traitement antistatique des manches filtrantes des dépoussiéreurs. Les aspirateurs mobiles présents dans les locaux ne sont en général pas certifiés Atex, mais il semble qu'ils soient conçus pour l'aspiration de poussières combustibles, afin d'éviter une inflammation à l'intérieur de ce matériel. Si un tel équipement est adapté en l'absence de dépôts significatifs de poussières, il est nécessaire, en présence de dépôts importants, d'utiliser des aspirateurs conçus pour l'aspiration de poussières combustibles et certifiés Atex de catégorie 3D.

Enfin, des équipements électriques destinés à la maintenance ont été observés dans certains locaux lors des visites. Il est recommandé de s'assurer de l'absence de poussières dans les zones dans lesquelles des travaux sont effectués (notamment par nettoyage approfondi, arrêt momentané de l'activité) et de mettre en œuvre les dispositions applicables en matière de prévention des sources d'inflammation (mise en place d'une démarche de type « permis de feu » par exemple) et de gestion de la coactivité (réalisation systématique d'un plan de prévention en cas d'intervention d'entreprise extérieure [12]), afin d'éviter notamment un incendie ou une explosion d'Atex.

Protection contre les effets des explosions

Les visites d'établissement effectuées lors de cette étude mettent en évidence l'absence quasiment généralisée de dispositifs de protection contre les effets des explosions. En particulier, les silos et les dépoussiéreurs sont dépourvus d'événements d'explosion et de dispositifs d'isolement.

Il est nécessaire de prévoir l'installation de dispositifs de protection, tels qu'un événement débouchant à l'extérieur des bâtiments ou un événement sans flamme, et de dispositifs de découplage avec les installations connectées [5].

Information et formation des salariés

Il est également nécessaire de former les salariés aux risques spécifiques associés aux Atex. Cette formation doit inclure les consignes à appliquer en cas de dysfonctionnement des installations, en cas d'incendie et en cas d'explosion. De nombreux prestataires proposent ce type de formation, et un référentiel de compétences est en cours de préparation, sous l'égide de la Direction générale du travail (DGT).

De plus, il est conseillé de faire suivre à au moins un salarié par établissement une formation à l'évaluation des risques associés aux Atex. Ce type de formation est proposé par différents organismes ou bureaux de contrôles. De plus, un référentiel de



certification volontaire est disponible sur le marché. Le guide IEC/TS 60079-44 [15] propose également un référentiel de compétences sur ce sujet. Enfin, la réparation ou la modification d'un matériel certifié Atex ne doit être entreprise que par une personne spécifiquement formée, par exemple en ayant recours à un référentiel de certification volontaire disponible sur le marché. Plusieurs normes traitent de ces aspects, en particulier les normes NF EN 60079-14 [16], NF EN 60079-17 [17] et NF EN IEC 60079-19 [18].

Conclusion

Cette étude montre que, bien que la réglementation soit applicable depuis 2003, le niveau de maîtrise du risque d'explosion d'Atex dans les entreprises de meunerie visitées est très variable en fonction de la culture de prévention de l'entreprise et de son organisation, et semble insuffisant dans de nombreux cas. Dans certains établissements, ce risque est bien évalué et la prévention semble efficace. Dans d'autres au contraire, le risque lié à la formation et à l'inflammation d'Atex reste important et largement sous-estimé. La prise en compte du

retour d'expérience à la suite d'accidents peut permettre de prendre conscience des risques et l'aider à s'orienter vers les mesures de prévention et de protection les mieux adaptées.

Même si ces accidents sont peu fréquents, l'exploitation de la base de données d'accidents Aria montre que les équipements les plus touchés sont les silos et les séchoirs, qui doivent faire l'objet d'une attention particulière, tout comme les travaux de maintenance.

Les messages de prévention doivent continuer à être diffusés ; les entreprises doivent être formées à l'évaluation des risques et aux mesures visant à prévenir la formation et l'inflammation des Atex et de protéger les salariés et les installations contre les conséquences souvent dramatiques des explosions. ●

1. Une étude complémentaire, réalisée par la Cramif (LBC/CMP) et portant sur les risques chimiques (autres que d'incendie/explosion) et biologiques dans ces meuneries, paraîtra prochainement dans la revue [9].
2. Une première analyse de ces accidents, limitée à la période 1975-2021, a été publiée récemment [2].
3. Voir : <https://www.intercereales.com/le-marche-des-cereales-francaises>

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BUREAU D'ANALYSE DES RISQUES ET POLLUTIONS INDUSTRIELS (BARPI) – Base de données « Analyse, Recherche et Information sur les Accidents » (ARIA). Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2023. Accessible sur : <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>
- [2] JANÈS A., DUFAUD O. – Evaluation of the management of explosive atmospheres in milling companies: the Île-de-France region example. *Chemical engineering transactions*, 2022, 90, pp. 631-636.
- [3] ASSOCIATION NATIONALE DE LA MEUNERIE FRANÇAISE (ANMF) – Guide de l'état de l'art de l'industrie meunière relatif à la prévention et à la protection des risques présentés par les installations de meuneries soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260. 2011.
- [4] JANÈS A., CHAINEAUX J. – Explosions de poussières dans les lieux de travail. Recensement et analyse. *Hygiène & sécurité du travail*, 2010, 220, ND 2331, pp. 3-13. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ND%202331>
- [5] INRS – Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex). Guide méthodologique. ED 945, 2020. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20945>
- [6] INRS – Les mélanges explosifs – 2. Poussières combustibles. ED 944, 2015. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20944>
- [7] INRS – Mise en œuvre de matériaux pulvérulents. ED 6441, 2021. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206441>
- [8] CAVALLIN S. ET AL. – Analysis of the common ignition sources in the milling industry. *Chemical engineering transactions*, 2023, 104, pp. 7-12.
- [9] FACON B. ET AL. – Caractérisation du risque d'exposition aux poussières organiques dans les meuneries. Campagne de mesures. *Hygiène & sécurité du travail*, 2025 (à paraître).
- [10] DIRECTIVE N° 1999/92/CE DU 16 DÉCEMBRE 1999 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 (quinzième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE). Accessible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00000331235>
- [11] DIRECTIVE N° 2014/34/UE DU 26 FÉVRIER 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (refonte). Accessible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000030426115>
- [12] INRS – Intervention d'entreprises extérieures. Aide-mémoire pour la prévention. ED 941, 2009. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20941>
- [13] IFA/INRS – Base de données GESTIS-Caratex – Poussières. 2023. Accessible sur : <https://staubex.ifa.dguv.de/?lang=f>
- [14] JANÈS A., VIGNES A. – Incendie, explosion : attention au phénomène d'auto-échauffement des solides divisés. *Hygiène & sécurité du travail*, 2018, 250, NT 60, pp. 64-70. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2060>
- [15] IEC/TS 60079-44 – Explosive atmospheres. Part 44: Personal competence. Genève, CEI, 2023.
- [16] NF EN 60079-14 – Atmosphères explosives. Partie 14 : conception, sélection et construction des installations électriques. Afnor, 2014.
- [17] NF EN 60079-17 – Atmosphères explosives. Partie 17 : inspection et entretien des installations électriques. Afnor, 2014.
- [18] NF EN IEC 60079-19 – Atmosphères explosives. Partie 19 : réparation, révision et remise en état de l'appareil. Afnor, 2019.