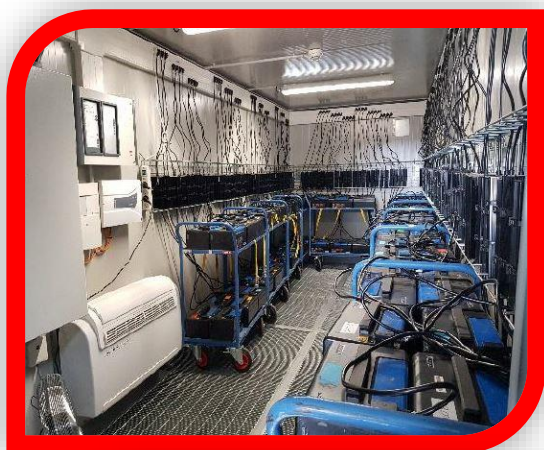


Synthèse

Janvier 2022

Implication des batteries Lithium-ion dans l'accidentologie hors secteurs d'activités des déchets



Crédits photos : SDIS 31,
SDIS 09, SDIS 86

Sommaire

| | |
|---|----|
| 1- INTRODUCTION..... | 4 |
| 2- PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON EXAMINÉ..... | 5 |
| 3- FONCTIONNEMENT D'UNE BATTERIE LITHIUM-ION..... | 6 |
| 4- LES ACTIVITÉS IMPLIQUÉES DANS LES ÉVÉNEMENTS DE L'ACCIDENTOLOGIE..... | 7 |
| 5- LES PHÉNOMÈNES DANGEREUX..... | 8 |
| 6- LES CONSÉQUENCES..... | 9 |
| 7- LES PERTURBATIONS AVÉRÉES OU SUPPOSÉES | 11 |
| 8- LES CAUSES AVÉRÉES OU SUPPOSÉES | 17 |
| 9- LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS | 18 |

INTRODUCTION

Omniprésentes dans nos sociétés connectées, dynamisées par l'essor des nouvelles mobilités et le stockage de l'énergie, les piles et batteries¹ lithium-ion (Li-ion) sont l'objet d'une demande en constante augmentation (+128 % des tonnages mis sur le marché en France entre 2019 et 2020 selon l'ADEME²).

Le BARPI s'était par le passé intéressé à l'accidentologie des piles et accumulateurs pour répondre à une demande du Conseil Supérieur de la Prévention des Risques Technologiques (CSPRT) en 2011 (disponible [ici](#)). Puis, en 2018, un focus spécifique sur les risques associés au traitement ou recyclage des piles et accumulateurs au lithium en fin de vie avait été publié (disponible [ici](#)).

Dans cette synthèse, le BARPI analyse l'ensemble des événements impliquant des batteries Li-ion depuis les années 2000 et survenus hors secteurs d'activités des déchets et hors utilisation par des particuliers (téléphonies et ordinateurs portables, électromobilité...). Ainsi, la présente synthèse détaille l'accidentologie survenue durant les étapes du cycle de vie de ces batteries : depuis leur étude, leur conception, leur utilisation et leur stockage sur site avant départ vers les installations de déchets.

L'accidentologie impliquant des batteries Li-ion sur des sites industriels ou assimilés suit-elle l'évolution à la hausse de leur mise sur leur marché ?

Quels sont les phénomènes dangereux et les conséquences des événements impliquant des batteries Li-ion recensés dans la base de données ARIA ?

Ces événements ont-ils de lourdes conséquences humaines, sociales, économiques et environnementales ?

Des tendances et/ou enseignements peuvent-ils être tirés de l'analyse de ces événements ?

Si ces batteries occupent une place prépondérante dans notre quotidien et peuvent être plébiscitées pour l'accélération de la transition écologique, cette synthèse rappelle que, comme tout équipement industriel, leur usage n'est pas sans risque.



© Arnaud Boissou / Terra

¹ Assemblage d'accumulateurs couplés pour obtenir un voltage supérieur ou une plus grande réserve d'énergie. Le terme de batterie est volontairement utilisé plutôt qu'accumulateur dans le reste du document.

² Piles et accumulateurs : données 2020 - Rapport annuel de la filière (base des éléments recueillis via le Registre national des producteurs de Piles et Accumulateurs)

PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON EXAMINÉ

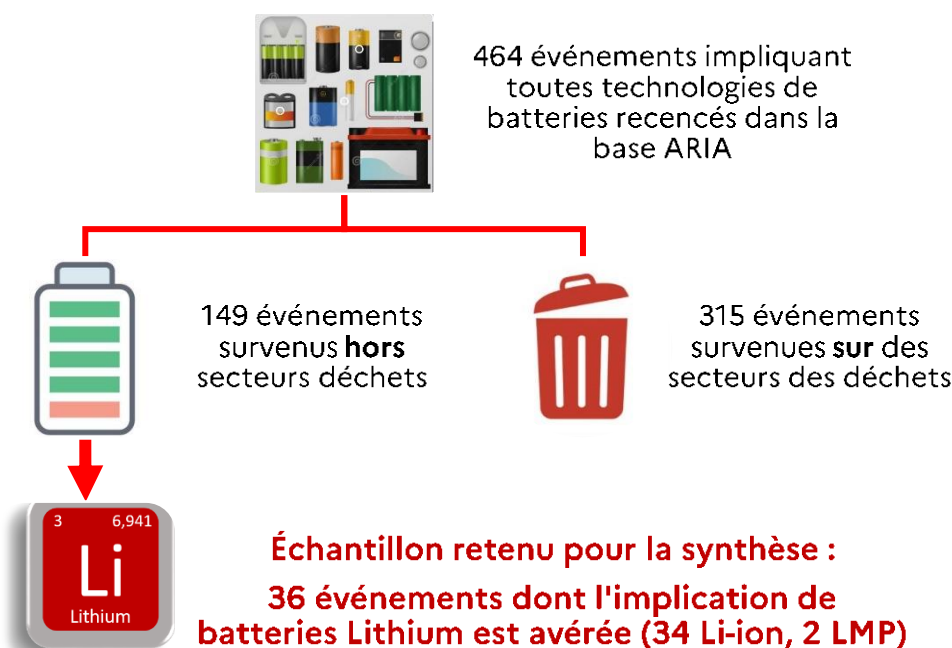


L'analyse présentée porte sur l'accidentologie contenue dans la base ARIA impliquant des batteries Lithium survenus hors secteurs d'activités des déchets³ et hors utilisation par des particuliers (téléphonies et ordinateurs portables, électromobilité...) en France et à l'étranger. La majorité de l'échantillon concerne des batteries Li-ion, mais 2 événements impliquant des batteries Lithium Métal Polymère (LMP) ont été conservés. Si les phénomènes dangereux et conséquences sont similaires, il a été jugé pertinent de faire figurer ces événements afin de distinguer les techniques d'intervention lors d'un incendie (recours ou non à l'eau).

Cette synthèse concerne ainsi 36 événements survenus depuis les années 2000 dont 3 à l'étranger⁴. Parmi les 33 événements français constituant l'échantillon analysé, 15 (45%) sont qualifiés d'accidents (aucun accident majeur au sens de la directive Seveso 3).

Comme indiqué en introduction, n'ont pas été retenus 428 événements impliquant des piles, batteries, accumulateurs ou condensateurs d'une autre technologie que celle au lithium, ou pour lesquels le BARPI n'a pas l'information de la technologie de batteries impliquées :

- 315 événements survenus sur des secteurs d'activités des déchets⁵ ;
- 113 événements survenus hors secteur d'activités des déchets.



³ Exclusion des événements dont l'acteur principal est un exploitant enregistré sous la nomenclature des activités françaises (NAF) commençant par 38 : installations de collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération.

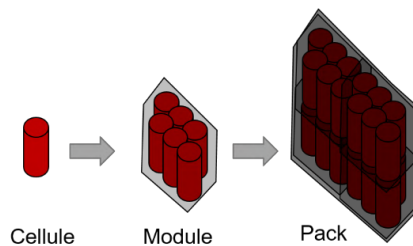
⁴ Données extraites de la base ARIA au 06/01/2022

⁵ 27 événements pour lesquels l'implication de batteries Li-ion est avérée

FONCTIONNEMENT D'UNE BATTERIE LITHIUM-ION

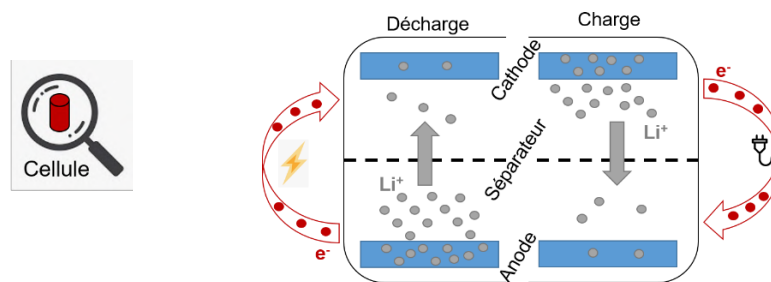
Des travaux d'études ont débuté dans les années 1970 et la première batterie Li-ion a été commercialisée dans les années 1990. Le prix Nobel de chimie 2019 a été attribué aux 3 chercheurs qui l'ont mise au point. La batterie Li-ion est à l'origine d'une révolution industrielle et technologique⁶ dans le domaine de l'énergie et du stockage.

Les batteries rencontrées dans le milieu industriel sont un assemblage de cellules⁷ connectées en parallèle et/ou en série constituant des modules, eux-mêmes connectés en parallèle et/ou en série pour former un pack (munis de systèmes de gestion⁸). Plusieurs milliers de cellules sont connectées pour fournir la capacité d'un pack batterie d'une voiture électrique (~ 70 kW.h) là où une seule est suffisante pour les smartphones :



Comme tout générateur électrochimique, le fonctionnement d'une batterie Li-ion repose sur la création de courant électrique au cours de réactions d'oxydo-réduction survenant au sein de chaque cellule. Une cellule est constituée d'une électrode positive (anode⁹), d'une électrode négative (cathode¹⁰ séparée de l'anode pour éviter un court-circuit), toutes deux plongées dans un électrolyte conducteur d'ions¹¹ et reliées entre elles, à l'extérieur par un fil conducteur.

Lors de la décharge : l'anode émet des électrons via le fil conducteur vers la cathode, constituant un courant électrique. Au travers de l'électrolyte, un échange d'ions positifs s'effectue de la cathode vers l'anode. Les réactions sont inversées lorsque la batterie est rechargée par un apport extérieur d'électricité.



⁶ D'autres technologies prometteuses de batterie sont à l'étude et/ou déjà commercialisées suivant les applications : zinc-air, sodium-ion, sodium-soufre, lithium-Soufre...

⁷ Dans le schéma, la cellule est représentée arbitrairement sous forme cylindrique, elle peut être également souple ou prismatique.

⁸ BMS « Battery Management System » pilotant les performances et la sécurité du pack batterie via des capteurs de température, de tension et de courant.

⁹ Généralement du graphite

¹⁰ Généralement du fer, du manganèse, du dioxyde de cobalt ou du nickel

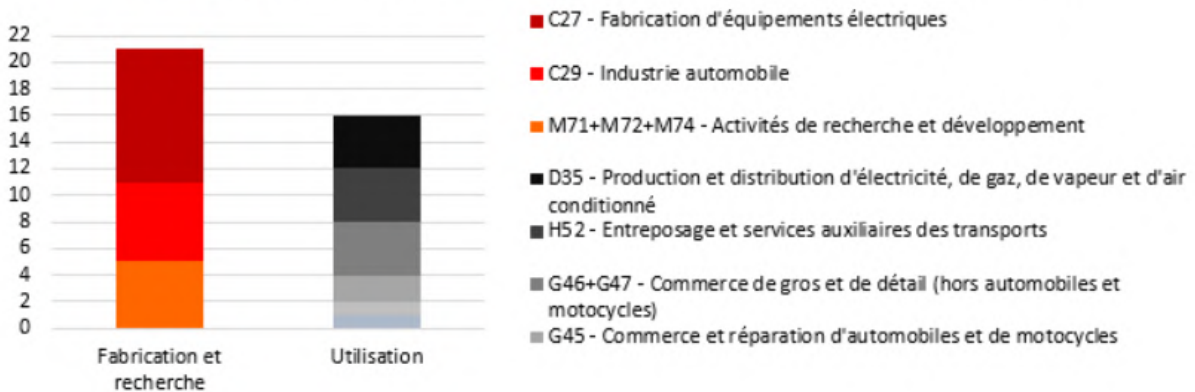
¹¹ Les événements présentés dans cette synthèse font référence à des électrolytes exclusivement liquides composés d'un solvant organique et d'un sel conducteur, en général de l'hexafluorophosphate de lithium (LiPF6).

LES ACTIVITÉS IMPLIQUÉES DANS LES ÉVÉNEMENTS DE L'ACCIDENTOLOGIE

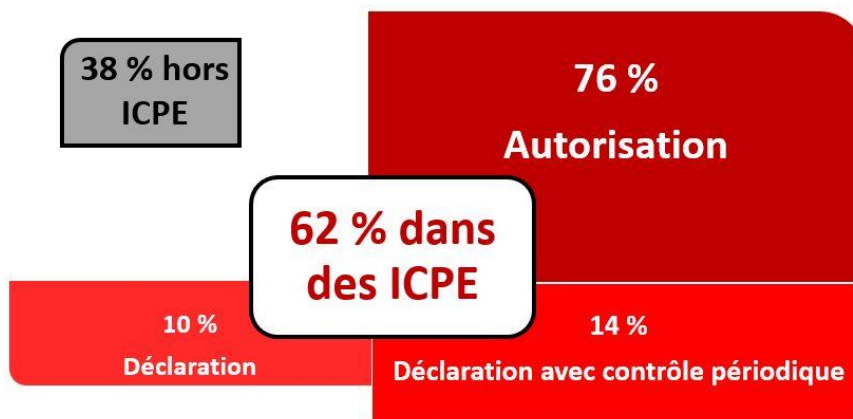
Deux types d'activités peuvent être distingués vis-à-vis de l'implication des batteries Li-ion dans l'accidentologie : celles qui fabriquent ou réalisent des essais sur des batteries Li-ion, et celles qui les emploient en qualité d'équipements.

Les activités¹² de fabrication ou de recherche et développement concentrent plus de 60 % des événements français de l'échantillon (21 événements sur 33).

Répartition par code d'activité de l'accidentologie impliquant des batteries Li-ion



Il est à noter que si l'ensemble des événements français de l'échantillon se sont produits dans le domaine industriel (ou de recherche), ils ne sont pas tous survenus sur des installations soumises à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). 13 événements se sont ainsi produits sur des installations non soumises (4 sur des sites de fabrication, 9 sur des sites utilisateurs de batteries Li-ion). Concernant les installations soumises au régime ICPE¹³, aucun n'est survenu sur des installations dites Seveso ou relevant du régime de l'enregistrement.



¹² Codes issus de la nomenclature d'activités française

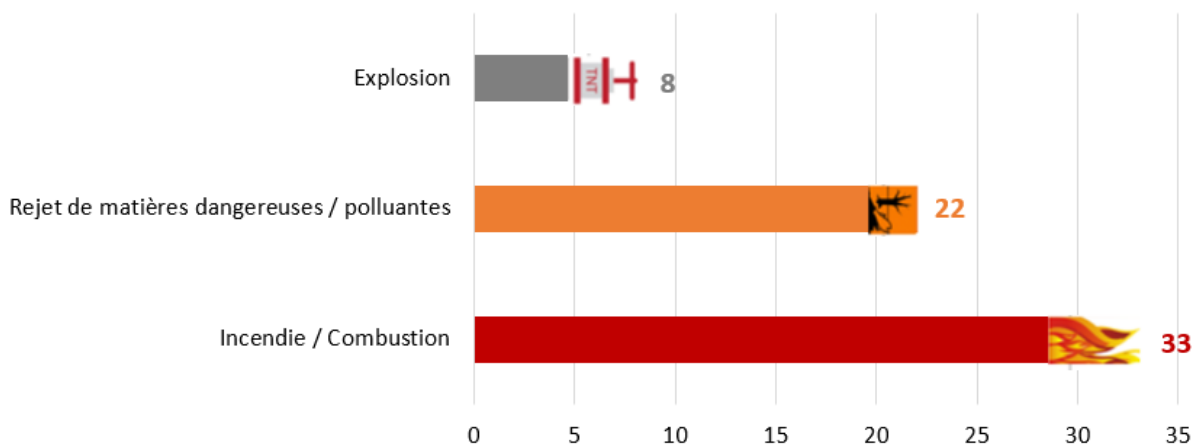
¹³ Le régime retenu pour ces sites n'a pas forcément été déterminé par la rubrique 2925 (Ateliers de charge d'accumulateurs) de la nomenclature ICPE.

LES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

Les phénomènes dangereux identifiés dans les événements de l'échantillon impliquent directement les batteries, sauf pour ARIA [54498](#) où il n'a pas été mis en évidence si les batteries en sont à l'origine ou ont été un élément aggravant et ARIA [54866](#) où l'incendie a pris naissance dans une partie du site pour ensuite se propager au local de stockage de batteries, complexifiant l'intervention des secours.

Dans le graphique ci-dessous, plusieurs phénomènes peuvent être observés lors d'un même événement. Concernant le phénomène « rejet de matières dangereuses/polluantes », d'autres produits, en plus des éléments constitutifs des batteries, ont pu intervenir.

Répartition des événements par phénomène



L'incendie est le phénomène prédominant. Il est couplé à des explosions pour 5 événements, tandis que l'événement « explosion » seul (sans incendie) intervient dans 3 explosions. L'emballement thermique de la batterie (cf chapitre 7 « Perturbations avérées ou supposées ») entraîne le dégagement de gaz inflammables, pouvant résulter en une fuite de gaz enflammée (ARIA [54822](#), [54261](#)).

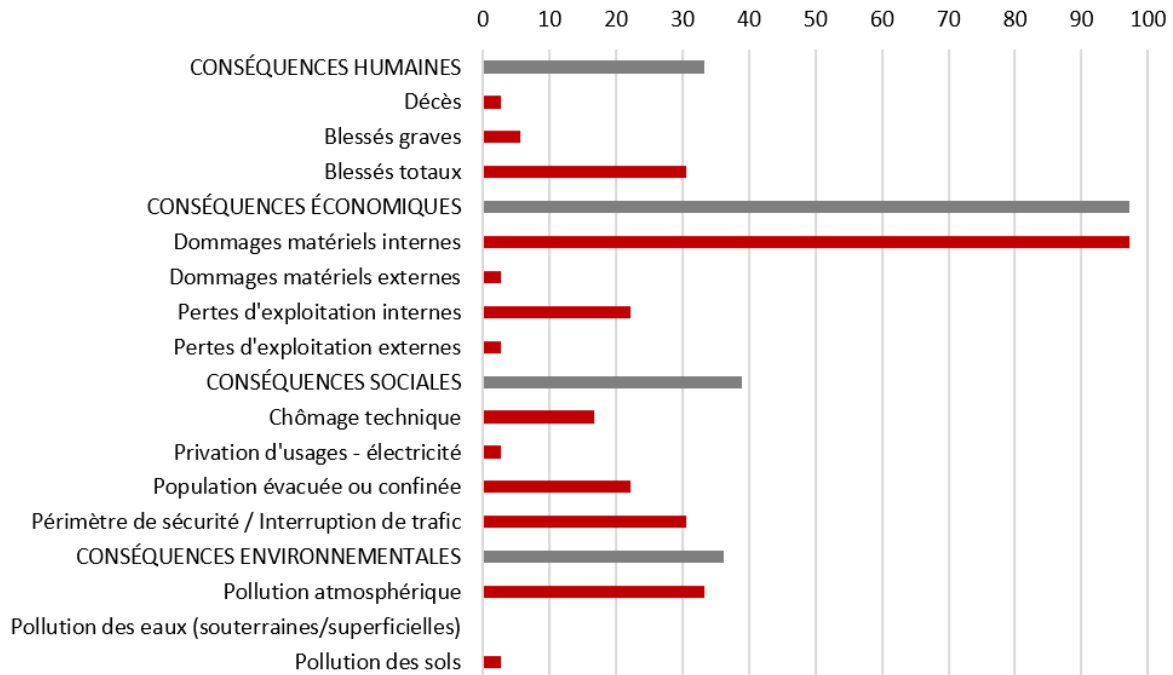
La majorité des rejets de matières dangereuses/polluantes est associée à un impact sur le milieu air (et sol pour 2 d'entre eux) en lien avec les fumées d'incendie. Pour cette catégorie d'événement, le BARPI n'a eu connaissance que d'un seul rejet¹⁴ qui n'a pas été la conséquence d'un incendie ou d'une explosion. Pour autant, la présence d'acide fluorhydrique dans la composition des électrolytes et son action corrosive sur les métaux en présence d'eau peut entraîner un dégagement d'hydrogène, source d'incendies ou d'explosions. C'est un facteur à prendre en considération en plus de la toxicité de l'acide fluorhydrique qui se retrouve dans les fumées émises lors d'un incendie.

¹⁴ ARIA [57677](#)

LES CONSÉQUENCES

Le graphique ci-dessous présente la synthèse des conséquences des événements impliquant des batteries Li-ion.

Synthèse des conséquences exprimées en pourcentage



Ce graphique met en évidence des conséquences dans chacun des événements de l'échantillon, que ce soit, pour tout ou partie, sur le plan humain, social, économique et/ou environnemental. Des précisions sont apportées ci-dessous, avec des exemples, non exhaustifs d'événements.

Concernant les conséquences humaines dues directement aux batteries :

- 1 seul décès est recensé (ARIA [56894](#)). Il est survenu dans une installation hors ICPE, lors d'une explosion de batteries Li-ion dans un cabanon de camping. Ces batteries servaient au fonctionnement de voiturettes électriques ;
- des blessés graves sont recensés :
 - lors des événements mêlant incendie et explosions, aussi bien au niveau des opérateurs (ARIA [54703](#)) que des intervenants des opérations de secours (ARIA [54822](#) : 4 pompiers projetés par l'explosion dans un système de stockage d'énergie – ESS, ARIA [49708](#) : électrisation durant l'intervention) ;
 - lors d'une fuite d'électrolyte liquide (ARIA [57677](#)) du fait du caractère corrosif du produit.

Les blessés totaux du graphique comptabilisent les blessés graves et légers (passage aux urgences de moins de 24 h), du fait notamment d'incommodations par inhalation des fumées¹⁵. La majorité des incendies de l'échantillon font état de panache important de fumées (ARIA [54742](#), [54498](#), [17385](#)), parfois accentué par l'inexistence ou l'inefficacité de dispositif de sécurité incendie (ARIA [54538](#), [56442](#), [54261](#)). Ce constat sur les dispositifs de sécurité incendie tend à expliquer l'importance des conséquences économiques internes pour les sites industriels. Concernant les conséquences sociales, de nombreux incendies ont occasionné des mesures de précaution telles que le confinement ou l'évacuation du personnel mais aussi, pour certains, de riverains (ARIA [58361](#), [50643](#), [56442](#)).

¹⁵ Si les batteries sont bien impliquées dans les incendies de l'échantillon, les nuisances peuvent être la combinaison de l'ensemble des produits du site pris dans l'incendie.

Concernant les conséquences environnementales, les fumées d'incendie peuvent être polluantes et potentiellement dangereuses pour la santé en raison des substances qui les composent. Dans les événements français considérés et lorsqu'elles ont été réalisées, les mesures n'ont pas mis en évidence certaines substances caractéristiques des batteries Li-ion dans la matrice air¹⁶ (exemple des mesures réalisées : ARIA [54498](#)).

Un événement américain (ARIA [54822](#)) a relevé le dégagement de cyanure d'hydrogène (HCN).

L'événement ci-dessous illustre les prélèvements atmosphériques recommandés pour permettre l'évaluation et la gestion des impacts sanitaires et environnementaux d'un incendie impliquant des batteries Li-ion.

Incendie dans un bâtiment abritant des batteries lithium-ion

ARIA 54498 – 08/10/2019 – Villeurbanne (69)

Naf 47.91 : Vente à distance

Vers 7 h, un feu se déclare dans un bâtiment de 10 000 m² accueillant 55 start-up dont une spécialisée dans le reconditionnement de batteries de vélo au lithium. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité de 50 m. La circulation sur le périphérique à proximité est bloquée pendant un temps. Les pompiers protègent une installation classée voisine de 70 m. En raison des fumées, les enfants sont confinés dans les écoles à proximité avant levée de doute quant à la toxicité du panache. Les pompiers circonscrivent l'incendie vers 9h30 et le maîtrisent vers 11h15. Un épais panache de fumée noire est visible sur tout l'est de l'agglomération lyonnaise.

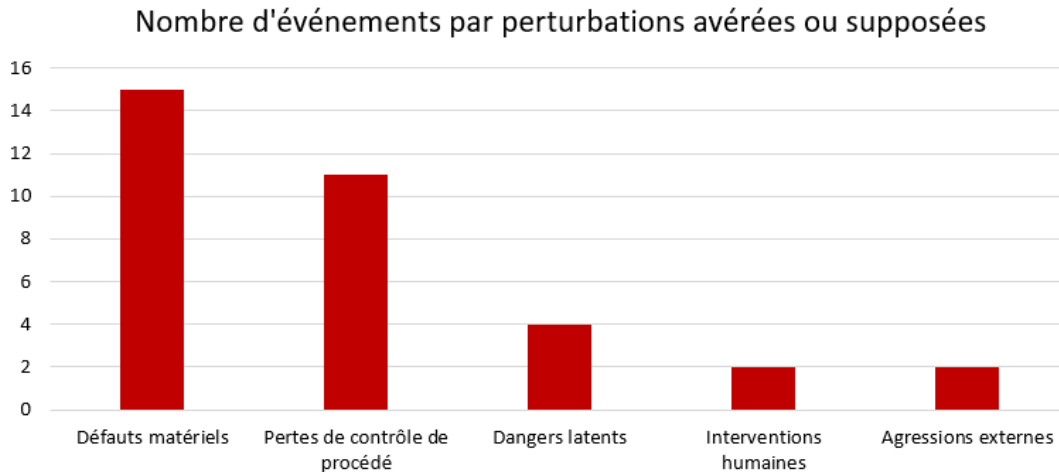
Les résultats des mesures effectuées pendant l'incendie sur les polluants prélevés (ammoniac, acide chlorhydrique, hydrogène sulfuré, dichlore, monoxyde de carbone, monoxyde d'azote, acide cyanhydrique) n'indiquent aucune valeur atypique sur le site. À la demande des services de l'Etat, l'association de surveillance de la qualité de l'air régionale déploie un dispositif en complément de l'observatoire permanent de surveillance, pour mesurer les concentrations de polluants dans l'air et dans les retombées sur le territoire susceptible d'être impacté par l'incendie. Si certains polluants nécessitent une analyse différée en laboratoire (dioxines/furanes, hydrocarbures aromatiques polycycliques, éléments traces métalliques, composés organiques volatils), après prise d'échantillon, d'autres sont mesurés par des analyseurs automatiques, ce qui permet de connaître leur concentration en temps réel, notamment les particules, le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote. Une élévation ponctuelle des taux de particules dans l'air est relevée le jour de l'incendie sur plusieurs sites de l'agglomération lyonnaise, sans toutefois que le seuil d'information et de recommandations, fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière, n'ait été dépassé. Concernant d'autres polluants ayant pu être émis, à savoir le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ammoniac, aucune valeur atypique n'a été mesurée. Concernant les composés organiques volatils, les résultats issus des prélèvements effectués entre le jour de l'incendie et le lendemain, ne mettent en évidence aucune valeur atypique.

L'incendie détruit 5 000 m² du bâtiment. Les 500 m³ d'eaux d'extinction sont traitées par les stations d'épuration du secteur.

¹⁶ L'INERIS, via sa cellule d'appui aux situations d'urgences (CASU), recommande, au titre de sa mission d'appui aux pouvoirs publics, que soient réalisés les prélèvements suivant dans la matrice air en cas de combustion de « piles » (batteries Pb/ Li /Ni-Cd) avec emballages plastiques : HCN, NH₃, SO₂, H₂S, H₂SO₄, HF, HBr, HCl, H₂, screening métaux, BTEX, HAP, PCDD/F

LES PERTURBATIONS AVÉRÉES OU SUPPOSÉES

Le taux de connaissance des perturbations avérées ou supposées concernant les événements étudiés s'établit autour de 61 %



L'analyse des perturbations montre la prédominance des défauts matériels, suivie des pertes de contrôle de procédé, qui correspond ici au phénomène d'emballage thermique. Plusieurs perturbations peuvent survenir pour un même événement. Ainsi, par exemple, tous les emballages thermiques sont survenus à la suite de défauts matériels, qui ont pu eux-mêmes trouver leur origine dans une intervention inadaptée ou une agression externe.

La perte de contrôle de procédé : l'emballage thermique

Quel que soit le type de batteries Lithium, dès lors que celles-ci sont sollicitées en dehors de leur plage de fonctionnement nominal (conditions électriques, thermiques et mécaniques), un emballage thermique d'une cellule est susceptible de survenir. Un système de gestion de batterie (BMS pour « Battery Management System») a pour rôle de maintenir le pack batterie dans les conditions électriques et thermiques compatibles avec sa plage d'utilisation sûre. Si le BMS fait défaut, les réactions chimiques mises en jeu lors d'un emballage thermique d'une cellule engendrent une élévation exponentielle de la température et une montée en pression interne par dégagement de vapeurs d'électrolyte. Des gaz toxiques et inflammables sont libérés par l'ouverture ou l'explosion de l'enveloppe de la cellule. La température générée est telle qu'elle peut gagner les autres éléments du pack (cellules et modules voisins), alimentant la propagation de l'emballage thermique à l'ensemble du système. Le pack, muni ou non d'une soupape de sécurité peut être amené à exploser. Sans isolement des éléments impactés, la ré-inflammation d'un pack batterie Li-ion est possible, même après 24h.

En présence de batteries Li-ion, la solution d'immersion dans l'eau de la batterie est la solution couramment utilisée par les services d'intervention, tandis qu'en présence de batteries LMP (feu de métaux avec projections de particules de métal en fusion), le recours à l'eau est proscrit. Les pompiers, jugeant leur extinction impossible et contre-productive (augmentation du temps de combustion, production accrue de fumées et de vapeurs et projection importante de particules de métal en fusion) laissent brûler pour se concentrer sur la protection des personnes, des biens et de l'environnement.



ARIA 48170 - Combustion sous surveillance, sans agent d'extinction. Projections de métal en fusion lors d'un incendie de batteries LMP



ARIA 54261 Solution d'immersion à la suite d'un emballement thermique d'une batterie Li-ion

Certaines situations peuvent conduire directement à un emballement thermique alors que d'autres ne vont pas le déclencher directement mais seront suffisantes pour dégrader les éléments internes de la batterie. Si ces éléments ne sont alors pas réparés, l'emballement thermique sera susceptible d'apparaître durant la vie de la batterie.

L'événement ci-après illustre la cinétique d'un emballement thermique et son potentiel de départ après survenue d'un défaut.

Feu de batterie électrique dans un centre d'essai

ARIA 50033 – 21/07/2017 – Verneuil-en-Halatte (60)

Naf 71.20 : Activités de contrôle et analyses techniques

À 18h20, un feu se déclare dans une cellule d'essai thermique de 14 m² d'un centre d'essais industriels.

Un essai de court-circuit sur une batterie lithium-ion démarre à 14h30 dans la cellule. Durant l'essai, la température monte à 400 °C. Celui-ci prend fin à 15h30. À 17 h, la température descend en dessous de 50 °C. L'essai prévoit un monitoring de plusieurs paramètres pendant 24 h : mesures en continu de la température, tension et teneur en gaz. Un enregistrement vidéo de la cellule permet de déterminer la chronologie de l'événement. Un emballement thermique de la batterie se produit à 18h07. L'incendie démarre à 18h20, entraînant le déclenchement de la détection incendie à 18h45. L'exploitant coupe les énergies de l'établissement. Les pompiers éteignent le sinistre. Le caisson de batteries est évacué à l'air libre. Le local est ventilé. [...]

L'emballement s'est produit 2h30 après la fin de l'essai alors que la température, 1h30 après l'essai, était inférieure à 50 °C.

Ci-dessous, des événements tirés de l'échantillon illustrent les situations ayant conduit directement à un emballement thermique :

- Défaillance interne d'un élément ayant conduit à son court-circuit :

Explosion dans un conteneur d'un système de stockage d'énergie (ESS)

ARIA 54822 – 19/04/2019 – Surprise (États-Unis)

[...] Vers 17 h, alors que les modules sont chargés à 90 %, le système relève une chute anormale de tension des cellules d'un module, accompagnée d'une élévation de température de 10 °C en moins d'une minute. La détection de fumée déclenche l'ouverture du système d'extinction (solution gazeuse stockée sous pression). [...] Les pompiers prennent connaissance du plan d'intervention d'urgence de l'exploitant. Aucune recommandation relative à un emballement thermique en cascade, un incendie ou des informations sur le potentiel d'un risque d'explosion n'y est mentionnée. Les pompiers attendent que la température à proximité de l'ESS ainsi que les concentrations en cyanure d'hydrogène (HCN) et monoxyde de carbone (CO) diminuent. Le conteneur ne dispose d'aucun moyen de ventilation manœuvrable à distance. Vers 20 h, du fait de la baisse des concentrations de gaz, les pompiers ouvrent l'une des 2 portes du conteneur. À l'intérieur, la température est de 40 °C, sans feu actif ni arc visible. Soudain, une violente explosion, accompagnée de flammes de plus de 20 m de long et 6 m de haut, se produit à l'extérieur de l'ESS par la porte. Après l'explosion, aucun feu n'est détecté dans l'ESS. L'explosion arrache la porte en métal du conteneur et propulse certains pompiers à plus de 20 m de l'ESS. Huit pompiers sont blessés, dont 4 grièvement, ainsi qu'un policier légèrement.

L'origine de l'emballement thermique est un défaut interne d'une cellule. Si l'agent extincteur utilisé permet l'extinction d'un départ de feu, il ne peut empêcher l'emballement thermique en cascade aux autres cellules, modules et racks. L'accumulation des gaz et vapeurs inflammables émis lors de l'emballement thermique en cascade dans l'ESS confiné, associée à l'apport d'oxygène lors de l'ouverture du conteneur et la rencontre avec une source de chaleur ou une étincelle, ont pu réunir les conditions de l'explosion. Il n'existait pas de procédure d'urgence relative aux opérations d'extinction, de ventilation et d'entrée dans le conteneur pour les pompiers.

13



© UL Firefighter Safety Research Institute Columbia

ARIA 54822 - Nuage de couleur blanche/grise et d'odeurs âcres entre 60 cm et 1 m du sol



© UL Firefighter Safety Research Institute Columbia

ARIA 54822 – Arrachement de la porte de l'ESS à la suite de l'explosion, propulsant certains pompiers à plus de 20 m

- Exposition à une température environnante trop importante¹⁷ : l'événement ci-après illustre l'emballement thermique en chaîne du fait de l'élévation de la température après un premier emballement sur une batterie, au sein d'un milieu confiné.

Incendie dans un container de chargement de batteries Lithium-ion

ARIA 54538 – 17/10/2019 – Colomiers (31)

Naf 52.21 : Services auxiliaires des transports terrestres

Vers 16h30, un feu se déclare dans un container de 13 m² utilisé pour la recharge de batteries Lithium-ion de vélos électriques dans l'entrepôt d'un opérateur de vélos en libre-service.

Le container est muni de 8 chariots sur chacun desquels reposent 12 batteries en cours de chargement. Le container est situé à plus de 25 m de l'entrée principale de l'entrepôt où sont stockés des scooters et vélos électriques, des batteries d'autres technologies ainsi que du matériel divers (pneus, pièces mécaniques...). À l'arrivée des pompiers, l'ensemble du personnel de l'entrepôt a été évacué, l'alimentation électrique coupée et les exutoires de l'entrepôt ont été refermés pour une raison inconnue. Les fumées sont très importantes en plafond bas (inefficacité des « skydômes » présents) et des explosions sont entendues. Ni l'entrepôt, ni le container ne sont munis de système d'extinction automatique. Lors de l'ouverture de la porte du container, plusieurs explosions et projections surviennent. Les pompiers et l'entrepôt ne disposent pas de moyens de noyage et/ou d'immersion. Les pompiers décident de refermer la porte et de réaliser, à l'aide de disqueuse, un accès en haut des portes du container afin de pouvoir y passer des lances incendies. L'extinction est difficile et le feu est auto-entretenu par la reprise de combustion spontanée des batteries en fusion, engendrant des projections de matières. Les batteries étant sur des chariots roulants, les pompiers entreprennent leur déplacement vers l'extérieur de l'entrepôt. Des torchères depuis les batteries sont visibles.

Les pompiers assurent le refroidissement des batteries à l'extérieur de l'entrepôt.

14



ARIA 54538 – Mise en charge des batteries Li-ion avant sinistre



ARIA 54538 – Incendie à la suite d'un emballement thermique d'un élément et propagation aux autres batteries.

¹⁷ 75 à 100 °C environ selon la littérature

- Contraintes mécaniques (choc, accident) ayant conduit à un court-circuit interne ou externe de la batterie :

Incendie dans un centre de coliposte

ARIA 49658 – 12/05/2017 – Moissy-Cramayel (77)

Naf 52.10 : Entreposage et stockage

À 2h30, un feu se déclare sur un colis contenant des batteries d'outillage dans un entrepôt de 33 000 m² stockant des colis postaux (autorisation 1510). Une épaisse fumée est visible suivie d'un violent embrasement. L'alerte est déclenchée manuellement. Le trieur est arrêté, le personnel est évacué. À l'arrivée des pompiers, l'incendie est déjà maîtrisé par le personnel à l'aide d'extincteurs à poudre. Ils ouvrent les trappes de désenfumage. Le sinistre entraîne une perte d'exploitation de 20 000 colis triés.

Un pack de batteries lithium-ion composé de 156 cellules est à l'origine du départ de feu. Certaines cellules de ce pack se sont violemment enflammées suite à leur chute sur le tapis d'un retourne conteneur. Une dizaine de secondes après la chute, les flammes atteignaient plus de 3 m de haut.

- Exposition aux conditions météorologiques :

Fumées dans une entreprise de stockage de batteries

ARIA 54742 – 25/11/2019 – Pegomas (06)

Naf 46.49 : Commerce de gros d'autres biens domestiques

Un dégagement important de fumées s'échappe d'un site de stockage de batteries. Les pompiers étouffent les flammes au moyen de ciment prélevé sur place. Une société spécialisée prend en charge 40 batteries dans des fûts adaptés. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place et touche 8 entreprises.

L'origine de la fumée est due à l'échauffement des batteries au lithium suite à une réaction exothermique. Cette réaction, consécutive aux fortes pluies survenues les jours précédents, a été provoquée par une entrée en contact avec de l'eau des batteries stockées à l'extérieur.

- Surcourant de charge/décharge, surcharge, décharge profonde :

Feu dans une usine de construction automobile

ARIA 36215 – 27/05/2009 – Aniche (59)

Naf 29.10 : Construction de véhicules automobiles

Un feu se déclare vers 1h30 dans une usine de 8 000 m² fabriquant des véhicules automobiles ; l'alarme incendie se déclenche. La cinquantaine de pompiers mobilisés maîtrise le sinistre vers 2h30 avec 10 lances à débit variable dont 5 sur échelles, puis éteint les foyers résiduels [...] Une surveillance est mise en place et des rondes sont effectuées durant la journée. La halle de production de 5 000 m², qui abritait les machines-outils et des véhicules neufs, est détruite. Le hall "carrosserie" et la partie administrative de l'établissement sont préservés des flammes ; les 26 employés de l'entreprise sont en chômage technique.

Un court-circuit ou une surchauffe sur une batterie au lithium d'un véhicule en cours de fabrication, mise en charge durant la nuit, serait à l'origine de l'incendie.

- Facteurs aggravants/dangers latents: une technique d'intervention inadaptée sur un emballement thermique peut aggraver la situation et conduire à un nouveau phénomène dangereux :

Emballement d'une batterie au lithium dans une usine automobile

ARIA 46083 – 29/12/2014 – Viry-Chatillon (91)

Naf 29.10 : Construction de véhicules automobiles

Une batterie lithium-ion est à l'origine d'un violent départ de feu dans une usine automobile. Suite au constat par un opérateur de la hausse anormale de température de la batterie au moment de sa mise en place sur son moyen d'essai, la batterie a été transportée dans une zone sécurisée et immergée dans un grand volume d'eau prévu à cet effet. Cette immersion a généré une détonation sourde et un violent départ de feu qui n'a fait aucun blessé. Les 40 employés évacuent les lieux.

L'analyse de l'accident montre que le circuit de refroidissement par eau de la batterie accidentée présentait un défaut d'étanchéité. À la mise en eau, un court-circuit interne a engendré un emballement thermique sur une ou plusieurs cellules. En parallèle, l'eau d'immersion était chargée en sel afin d'accroître la décharge de la batterie noyée. Il semblerait que l'eau salée ait amplifié le phénomène d'emballement thermique et généré un fort dégagement d'hydrogène à l'origine de la détonation et de l'inflammation de vapeurs à la surface de l'eau. Par ailleurs aucun dégagement de fluorure d'hydrogène n'a été constaté.

LES CAUSES AVÉRÉES OU SUPPOSÉES

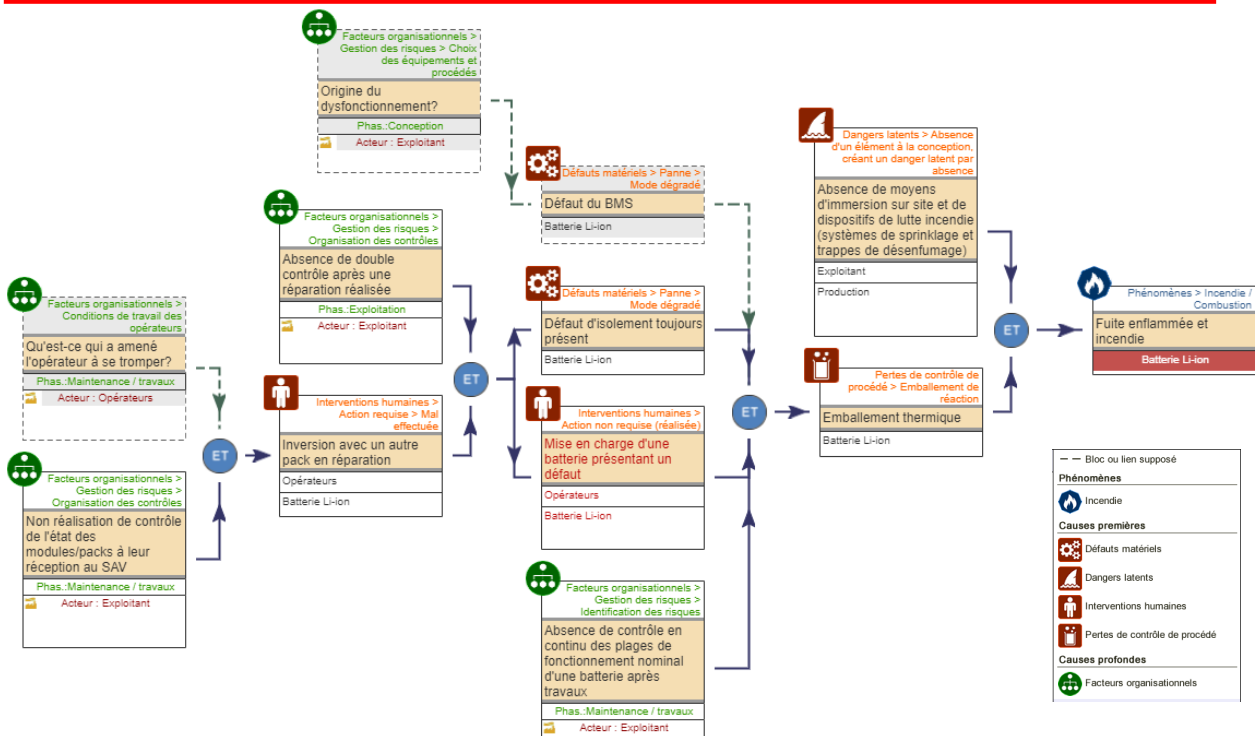
Si le taux de perturbations (défaillances directes) est d'environ 61%, celui des causes profondes n'est que de 25%. Le BARPI considère que l'accès aux causes profondes permet d'identifier les facteurs de fond de l'exploitation qui créent les conditions accidentogènes d'une situation de travail, tels : l'organisation collective, le management, la gestion des priorités, l'environnement social. Ainsi, les perturbations ne sont pas les causes d'un accident, elles n'en sont que les symptômes. La recherche des causes profondes doit permettre, outre de corriger des facteurs techniques, de mettre en place les mesures organisationnelles et humaines afin de réduire l'occurrence des phénomènes dangereux. La recherche des causes profondes appliquée à l'analyse de l'événement ci-dessous a permis de dégager les facteurs ayant conduit à l'emballement thermique.

Fuite enflammée sur un pack de batteries Li-ion

ARIA 54261 – 26/08/2019 – Chasseneuil-du-Poitou (86)

Naf 27.20 : Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques

Un pack de batteries lithium s'enflamme dans un bâtiment du service après-vente d'une usine de production de batteries. Une flamme de 3 à 4 m se crée pendant 10 s. Les 50 salariés présents sont évacués. Une équipe de 1^{ère} intervention du site tente de circonscrire l'incendie avec des extincteurs et un RIA. Un important dégagement de fumée est visible. Les pompiers analysent la toxicité des fumées avant d'intervenir. Après résultats, le local, non pourvu de trappe de désenfumage, est ventilé. Le pack endommagé ainsi que 7 autres ayant pu être soumis au rayonnement thermique sont immergés dans une benne remplie d'eau. Un pompier et 9 salariés, incommodés par les fumées, sont transportés à l'hôpital. La production reprend au bout de 4 jours.



LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Les 36 événements étudiés soulèvent des situations à risque sur l'ensemble du cycle de vie des batteries Li-ion. En prenant en compte les batteries usagées pouvant rester sur un site avant leur prise en charge par une entreprise spécialisée des déchets (NAF 38), le phénomène d'emballement thermique, risque le plus redouté avec les batteries Lithium, a ainsi été rencontré au cours :

- d'étapes de fabrication (ARIA [56182](#), [33658](#)) ou de raccordement (ARIA [56442](#));
- d'essais ou tests divers (charge/décharge, court-circuit) (ARIA [17385](#), [45807](#), [46083](#), [54531](#), [55142](#), [57677](#), [50033](#)), d'échantillons à analyser (ARIA [44998](#));
- d'opérations courantes, par exemple de mise en charge (ARIA [36215](#), [54261](#), [54538](#)), mesure de tension (ARIA [54703](#));
- en cours d'utilisation (ARIA [54822](#), [57740](#));
- de stockage de batteries rebutées (ARIA [32208](#), [50152](#)) ou d'opération de court-circuitage de batteries avant leur mise au rebut (ARIA [38031](#));
- de manutention (ARIA [49658](#));
- d'agressions externes (propagation d'incendie ARIA [54866](#)) ou climatiques du fait d'un stockage inapproprié (ARIA [54742](#)).

L'emballement thermique rappelle que l'électrolyte de ces batteries est composé de solvants aux pressions de vapeurs relativement importantes. Cependant, il ne faut pas en oublier leur caractère souvent toxique et corrosif (blessures lors de la fuite d'électrolyte liquide : ARIA [57677](#)).

Ainsi, toutes les mesures pour se prémunir doivent être prises sur l'ensemble du cycle de vie de la batterie :

- dès la conception : Protection contre les surintensités, contre les surcharges / surdécharges des éléments, contre les courts-circuits (externes, internes à la cellule ou entre éléments), contre les températures élevées...;
- lors de l'utilisation, manutention et/ou stockage de la batterie afin de veiller à toujours conserver les batteries dans leur plage d'utilisation et de fonctionnement sûre (électrique et thermique);
- enfin, lors de leur préparation au rebut : conditions de décharge, court-circuitage, stockage en lieu protégé des agressions externes (météorologique ou température).

Sans préjuger des conclusions des analyses de risques en fonction de la complexité des situations rencontrées ainsi que des plans d'urgence qui en découlent, plusieurs événements mettent en évidence que les dispositifs de prévention et de protection incendie des locaux où sont stockés les batteries ne paraissent pas adaptés :

- dispositifs de désenfumage inexistant (ARIA [54261](#)) ou inefficaces (ARIA [54538](#));
- moyens d'extinction inefficaces (ARIA [56442](#));
- dispositifs d'immersion des batteries Li-ion en cas d'emballement thermique non disponibles sur site (ARIA [54538](#));
- difficulté pour les pompiers de connaître la nature des batteries prises dans un incendie et donc les moyens à mettre en œuvre (eau proscrite sur un feu de batteries Lithium Métal Polymère (LMP) (ARIA [48170](#)).



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale de la prévention des risques
Service des risques technologiques
Bureau d'analyse des risques et pollutions industrielles
5, place Jules Ferry – 69006 Lyon
Tél. +33 (04) 26 28 62 00
Fax +33 (04) 26 28 61 96
barpi@developpement-durable.gouv.fr

Site internet :

<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>
